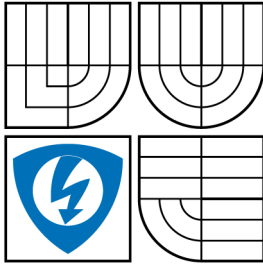


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

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

NÁVRH PROTOTYPOVÉ SMT LINKY S VYUŽITÍM NOVÝCH TECHNOLOGIÍ

PROJECT PROTOTYPE SMT LINE WITH APPLICATION NEW TECHNOLOGY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. RADEK HŮRKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. DANA HANUSOVÁ

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc Radek Hůrka

Bytem: Podolí 42, 664 03, Podolí

Narozen/a (datum a místo): 10.1.1978, Havlíčkův Brod

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Marie Sedlaříková, CSc.

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1 Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce
- jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

.....
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Návrh prototypové SMT linky s využitím nových technologií

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Dana Hanusová

Ústav: Ústav elektrotechnologie

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- tištěné formě – počet exemplářů 2
- elektronické formě – počet exemplářů 2

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - hned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ABSTRAKT:

Tato práce se zabývá návrhem technologických zařízení linky pro povrchovou montáž určenou zejména pro malosériovou a prototypovou výrobu. Součástí projektu je návrh optimálních technologických postupů pro proces bezolovnatého pájení, jejich praktická aplikace a vyhodnocení dosažených výsledků. Získané závěry budou využity k aplikaci nových technologií, rozšíření výroby, zvýšení flexibility a technologických možností firmy.

ABSTRACT:

The general aim is the present proposal of technological machine surface mount line for small lot and prototype production. This project enables to expand production, application of new technology, increase of flexibility in companies which deals with prototype production. The practical part of this work give view on optimization of leadfree process.

Klíčová slova:

Rozšíření výroby, aplikace nových technologií, technologické možnosti, optimalizace procesu, flexibility

Keywords:

Expand production, application of new technology, technological options, optimization, flexibility

Bibliografická citace díla:

HŮRKA, R. *Návrh prototypové SMT linky s využitím nových technologií – diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2008. 42 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Dana Hanusová

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: 29.5.2008

.....

(podpis autora)

Poděkování:

Děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Daně Hanusové za velmi užitečnou metodickou pomoc a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Ing. Zdence Rozsívalové a Ing. Heleně Polsterové, CSc., za jejich metodické vedení a významnou pomoc po dobu celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	ANALÝZA SOUČASNÉ VÝROBY FIRMY	8
2.1	CHARAKTER VÝROBY	8
2.2	TYPY OSAZOVANÝCH PLOŠNÝCH SPOJŮ	8
2.3	OBJEM VÝROBY	9
2.4	VYBAVENÍ PRACOVIŠŤ	10
2.4.1	<i>Vybavení pracovních prostor</i>	10
2.4.2	<i>Přístrojové vybavení firmy</i>	11
2.4.3	<i>Používané materiály pro pájení</i>	11
2.5	SOUČASNÉ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY VE VÝROBĚ.....	11
2.5.1	<i>Příprava desek před osazením</i>	11
2.5.2	<i>Vychystání materiálu</i>	12
2.5.3	<i>Osazení desek</i>	12
2.5.4	<i>Čištění dps po ručním pájení</i>	12
2.5.5	<i>Výstupní kontrola a expedice</i>	12
2.6	PERSONALISTIKA VE FIRMĚ.....	13
3	NÁVRH TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ PRO SMT LINKU	15
3.1	VÝBĚR ZAŘÍZENÍ PRO LINKU	15
3.2	VYBAVENÍ VÝROBNÍCH PROSTOR.....	19
4	NOVĚ NAVRHOVANÉ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY	21
4.1	LOGISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ ZAKÁZKY	21
4.2	TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	23
4.3	TECHNOLOGICKÝ TOK	23
4.3.1	<i>Aplikace pájecí pasty</i>	25
4.3.2	<i>Pájení</i>	26
4.3.3	<i>Opravy</i>	26
4.3.4	<i>Čištění</i>	26
4.4	NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO ZPRACOVÁNÍ.....	26
4.4.1	<i>Rozbor zakázky</i>	26
4.4.2	<i>Volba realizace zakázky</i>	27
4.4.3	<i>Výběr technologie</i>	27
5	MONITOROVÁNÍ VÝROBNÍHO PROCESU	29
5.1	TRENDY VE SLEDOVÁNÍ VÝROBY.....	29
5.2	MONITOROVÁNÍ PRODUKCE	29
5.3	VYUŽITÍ MONITOROVÁNÍ PRO MENŠÍ A STŘEDNĚ VELKÉ FIRMY	30
5.4	NÁVRH SYSTÉMU SLEDOVATELNOSTI	31
5.5	SBĚR DAT	33
5.6	KONTROLA KVALITY A VZDÁLENÝ PŘÍSTUP K VÝROBNÍM DATŮM	33
5.7	NÁVRH APLIKACE SLEDOVÁNÍ VÝROBY VE FIRMĚ	34
6	ZÁVĚR	36
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	38

1 Úvod

Ve své diplomové práci se budu zabývat menší firmou, která je zaměřena na osazování desek plošných spojů (dps). Firma je na trhu již několik let a má stále se zvyšující ambice v zavádění nových technologií, zlepšování kvality a sledování trhu zejména v oblasti prototypové a malosériové výroby. Rozšíření možností výroby a pružnější reakce na požadavky zákazníků s využitím a zhodnocením svých dosavadních zkušeností na trhu. To jsou hlavní myšlenky, které vedou firmu k inovaci a zavádění strojní technologie osazování a pájení pro povrchovou montáž.

Vzhledem k tomu, že jak velikostí, tak zaměřením se jedná o typ firmy, se kterým se v České republice můžeme na trhu v této oblasti běžně setkat, není nutné uvádět její jméno. Výsledky mé práce tak bude možno aplikovat i obecně pro široké spektrum menších a středně velkých podniků, které se potýkají s myšlenkou inovace a rozšíření výroby z důvodů náročnějších požadavků zákazníků, celkového trendu miniaturizace součástek a větší hustoty zástavby na deskách plošných spojů.

2 Analýza současné výroby firmy

2.1 Charakter výroby

Firma je zaměřena zejména na zakázkové osazování. Převážně osazuje a kompletuje vzorky a malé série dps z oblasti sdělovací techniky a zdravotní elektroniky. Další oblastí je zpracování kompletní dokumentace pro výrobu dps. Návrh desek se realizuje v programech OrCAD v.7 a v.9, Powerlogic a PowerPCB. Firma zajišťuje i převod ručně vyrobených schémat do digitalizované podoby a následně návrh layoutu desky včetně její výroby. Tento způsob se osvědčil zejména pro prototypovou výrobu.

Výroba desek je zajišťována v kooperaci podle dodané dokumentace. Osazování a zapájení SMD i vývodových součástek je prováděno ručně vlastními pracovníky.

Některé zakázky firma kooperuje z důvodu technické a časové náročnosti u dalších firem, které jsou vybaveny automatickým osazováním SMD součástek a zařízeními pro strojní pájení, jako je pájecí vlna, průběžná přetavovací pec (reflow oven). Osazení desek vývodovými součástkami a mechanickými díly provádí firma sama.

Expedování osazených desek k zákazníkovi se provádí pomocí přepravních společností nebo si je zákazník vyzvedává osobně.

2.2 Typy osazovaných plošných spojů

Rozměry dps se pohybují od velikosti 30 x 50 (mm) až do velikosti 250 x 400 (mm) a to jak u jednotlivě frézovaných desek tak u násobných motivů v panelech.

Podle poměru použitých SMD a klasických vývodových součástek na desce a počtu osazovaných dps jsou zakázky dále roztříděny podle způsobu zpracování. Z celkového objemu osazovaných dps tvoří přibližně 80% zakázek dps, u nichž je poměr mezi klasickými a SMD součástkami cca 40:60. V ostatních případech se jedná o speciální a konektorové propojovací desky. Ze sortimentu zakázek je patrné, jak zákazníci dávají přednost SMD součástkám při návrhu dps a tím se přizpůsobují dnešnímu trendu postupné miniaturizace a větší hustotě zástavby na deskách. Podle sériovosti, technické a časové náročnosti je u zakázek dále stanoven vhodný postup zpracování. Běžně se zde ručně pájí SMD součástky v pouzdrech 0805 (výjimečně i 0603), 1206, SOD80, SOT23, SOT223, integrované obvody SO8 až SO20, QFP, TQFP, SSOP, TSSOP do rozteče vývodů 0,65mm.

Desky určené k osazování pomocí automatů mají ve svém sortimentu SMD součástky v pouzdrech 0402, TSSOP, SSOP s roztečí 0,4 mm, BGA a μ BGA pouzdra.

V takových to případech jsou desky osazovány a pájeny u kooperačních partnerů. Klasické vývodové součástky se pak osadí na desky opět ve firmě.

Dalším faktorem, který má vliv na technologii zpracování je balení dodaného materiálu. Z celkového objemu výroby se čistě v kooperacích vyrábí asi 30% ze všech zadaných zakázek.

Ekonomické možnosti a technologické vybavení firmy tak ovlivňují technologii a zpracování desek .

2.3 Objem výroby

V současné době firma zpracovává zakázky od 1 do 20 kusů dps až po řádově stovky kusů. Desky jsou dodávány jednotlivě frézované nebo jako násobné motivy v panelech. Počet součástek na desce se pohybuje v průměru do 200 kusů. SMD součástky tvoří zhruba 60%. Nejčastěji jsou používány pasivní součástky v pouzdrech 1206, 0603; integrované obvody (IO) v pouzdrech SO8, SO16, SO20, PLCC 44 a další. Sortiment vývodových součástek tvoří patice pro IO, tranzistory, cívky a konektory.

Při stanovení objemu výroby je nutné zohlednit:

- výrobní dávku
- počet součástek na desce/panelu
- počet osazených pinů vývodových součástek
- čas potřebný k osazení výrobní dávky pomocí ručního nebo strojního osazení

Pro praktickou ukázkou výpočtu objemu výroby jsem zvolil desku se 100 SMD součástkami. Tuto desku je operátorka schopna ručně osadit a zapájet přibližně za 120 minut. V případě použití osazovacího poloautomatu ve spojení s ručním sítotiskem by se doba potřebná pro osazení zkrátila zhruba na 20 minut. Zde je třeba ještě započítat dobu tisku pájecí pasty a cca 4-5 minut pro zapájení v reflow peci. Při zavedení SMT linky s osazovacím automatem s teoretickou rychlostí cca 6000 součástek za hodinu by doba potřebná pro osazení takové desky byla zhruba 1,5 minuty. Dále nutné připočítat čas potřebný pro tisk, pájení v reflow peci, kontrole a případným opravám na deskách. Při zavedení SMT linky by tak došlo k několikanásobnému zrychlení při zpracování zakázek.

Úspory času na lince by vytvořily prostor pro rozšíření výrobní kapacity. Znamená to současně i finanční úsporu nákladů při výrobě v kooperacích, která by při zavedení SMT linky nebyla nutná. Dalším významným aspektem je možnost osazování SMD součástek s menší roztečí jak v pouzdrech BGA, μ BGA, tak v pouzdrech 0603, 0402.

2.4 Vybavení pracovišť

2.4.1 Vybavení pracovních prostor

Pracovní prostory jsou vybaveny v rámci ochrany součástek proti elektrostatickému výboji - vyhrazený prostor ESD (EPA) [6]

- Podlaha ze svařovaných plastových dlaždic rozměru 608 x 608 (mm) z antistatického materiálu položených na síť páskových vodičů z mědi v rastru 500 x 500 (mm)
- Pracovní stoly s antistatickými podložkami s možností připojení pracovníků náramky
- Antistatické plastové stojany pro vkládání hotových nebo rozpracovaných desek
- Antistatické zásobníky pro SMD součástky připravené k osazení
- Skladovací zásobníky a přepravky z vodivého polypropylenu
- Přípravky pro ruční mytí dps, kartáčky, štětce, laboratorní misky
- Speciální kleště na tvarování vývodů do tvaru „C“ a „L“
- Kleště na odizolování kabelů, mikroštípačky pro stříhání vývodů
- Různé tvary antistatických pinzet
- Ruční momentové šroubováky pro jemnou mechanickou montáž
- Elektronická váha usnadňující počítání volně sypaných součástek
- Speciální přípravky pro montáž a upínání dps do montážních celků
- Pro pracovníky je povinné používání antistatických pracovních pláštěů a obuvi

2.4.2 Přístrojové vybavení firmy

- Regulovatelné ruční pájecí stanice

Zařízení jsou vybavena výměnnými hroty pro různé typy pájených pouzder.

Jsou koncipovaná i pro pájení při vyšších teplotách pro technologii

bezolovnatého pájení. Regulovatelná opravárenská stanice s výměnnými

hroty k odpovídajícímu typu opravovaných pouzder je dále vybavena

elektronickou odsávačkou .

- Odsávání zplodin z pájení je řešeno pomocí ventilátoru s textilním filtrem, který odstraňuje hrubé nečistoty
- stereomikroskop pro optickou kontrolu – maximální zvětšení 5x.
- Stolní lupy s osvětlením na rameni se zvětšením 1,75x pro vstupní a výstupní kontrolu desek

2.4.3 Používané materiály pro pájení

Jako pájecí materiál se používá trubičková pájka s tavidlem. Její složení je Sn63Pb37. Tavidlo s označením F-SW 32 je středně aktivním a čištění zbytků po pájení je proto doporučováno. Trubičková pájka se používá v průměrech od 0,1 do 1,5 (mm). Pro snadnější přenos tepla mezi hrotem páječky a pájenou plošku se používá i přídatné tekuté nebo pastovité tavidlo. V souladu s normami RoHS jsou ve firmě zavedeny i pájecí slitiny neobsahující olovo a k nim vhodná tavidla. Jedná se především o pájecí slitiny SAC (SnAgCu). [2]

2.5 *Současné technologické postupy ve výrobě*

2.5.1 Příprava desek před osazením

Desky plošných spojů vyrobené v kooperacích projdou vstupní optickou kontrolou pod stolními lupami se zvětšením 1,75x. Desky, které neodpovídají požadované kvalitě výroby, jsou v přířezích označeny tak, aby nedošlo k jejich osazení. Podle výkresové dokumentace se provádí jednoduchá kontrola správnosti elektrického zapojení plošných spojů pomocí multimetru.

Následující operací je čištění desek v laboratorních vaničkách s isopropylalkoholem. Odstraňují se zbytky nečistot vzniklé při výrobě a manipulaci s deskami. Desky se vysuší pomocí stlačeného vzduchu.

2.5.2 Vychystání materiálu

Součástky pro jednotlivé desky jsou uchovávány v antistatických obalech. Operátorky zajišťují vstupní kontrolu počtu a správnosti typu součástek podle výrobní dokumentace, zejména podle rozpisky součástek a osazovacího výkresu. Přípravují a kompletují dodaný zákaznický nebo vlastní materiál pro osazení desek.

2.5.3 Osazení desek

Ruční osazení SMD součástek podle přiložené dokumentace se provádí zpravidla od nejmenších velikostí pouzder k největším, dále pak až k integrovaným obvodům, nebo podle předchozích praktických zkušeností z výroby. Operátorky k pájení využívají ručních pájecích stanic s regulovatelnou teplotou pájecího hrotu. Teplota se nastavuje podle zvolené technologie. Použití výměnných hrotů je důležité pro pájení různých druhů pouzder a tvarů vývodů součástek. Pro lepší přestup tepla z hrotu pájky se často využívá přídavného tavidla. Při oboustranné montáži se takto osadí obě strany dps.

V případě oboustranné kombinované montáže předchází osazení vývodových součástek opět mytí tavidlových zbytků po pájení. Tato operace je nutná zejména proto, že není možné očistit plně osazenou desku z důvodu velikého počtu součástek na desce.

Dále se podle osazovacího výkresu osadí vývodové součástky. Opět se postupuje od nejmenších (nejnižších) k největším (nejvyšším).

Je-li zákaznickou desku nutno osadit mechanickými díly jako jsou chladiče výkonové součástky apod., provádí se montáž těchto dílů jako poslední krok.

2.5.4 Čištění dps po ručním pájení

Další operací po osazení desek je ruční mechanické čištění tavidlových zbytků a ostatních nečistot na zapájených deskách pomocí kartáčku a isopropylalkoholem.

2.5.5 Výstupní kontrola a expedice

Posledním článkem při ruční výrobě je výstupní optická kontrola desek a montážních celků. Deskám se přiřazují sériová čísla a jsou připraveny k expedici v antistatických obalech. Expedice k zákazníkovi je realizována prostřednictvím přepravních služeb (PPL, DPD, obchodní balík) nebo osobním odběrem na firmě.

2.6 Personalistika ve firmě

Zpracování schémat zapojení, návrh layoutu dps i digitalizace ručně navržených schémat je v kompetenci 2 pracovníků z oddělení návrhu desek plošných spojů. Tito dále vytvářejí například přesné rozpisky použitých součástek včetně jejich pozic, které pak slouží pro předběžnou cenovou kalkulaci zakázky i jako podklady pro samotnou výrobu. Jejich výstupem pro výrobu jsou dokumenty:

- výrobní podklady pro kooperující firmy vyrábějící desky plošných spojů, layout desek, schéma elektrického zapojení, data pro vrtání, atd.
- rozpiska použitého materiálu, v návaznosti na ní se objednává materiál potřebný pro výrobu objednané výrobní dávky
- osazovací výkres pro operátorky, typ pouzdra součástky, přesné označení součástky, pozice na dps, orientace IO, diod a kondenzátorů

Návrh a zajištění výroby jednoduchých mechanických dílů, jako jsou čelní panely, kryty a pouzdra mají na starosti další dva zaměstnanci v oddělení designu a konstrukce.

V současné době firma zaměstnává pro ruční osazování desek plošných spojů šest operátorek. Provádějí kompletní výrobní operace s deskami. Tzn. vstupní kontrolu součástek a materiálu pro osazení, nastavení vhodných pracovních teplot na ručních pájecích zařízeních podle instrukcí pro zvolenou technologii, čištění dps, osazení a mezioperační kontrolu, mechanickou montáž desek, čištění tavidlových zbytků po pájení až po samotnou expedici. Jsou zodpovědné i za opravy na deskách vyrobených ve firmě i v kooperacích a opravami dps dle přání zákazníků.

S příjmem a tříděním nového i zbylého materiálu úzce souvisí pracovní náplň skladníka. Ten obstarává příruční sklad nově přichozích i zbylých součástek z předchozích zakázek, které je pak dále možno zařadit zpět do výroby. Podílí se i na přípravě jednotlivých zakázek pro osazování. Tzn. připravuje a třídí součástky dle rozpisek, aby se pak operátorky snadněji orientovaly v zakázce a využily tak efektivněji svůj pracovní čas.

Počet zakázek objem výroby v oblasti osazování není během roku konstantní. Často se v různých intervalech střídají období, kdy je menší vytíženost jednotlivých pracovníků s obdobími, kdy je naopak třeba využít externí spolupráce dalších pracovníků.

V tomto případě využívá firma dalších několika osob na zkrácený pracovní poměr pro osazování. Vlastní pracovníky pak přesunuje například z práce v oddělení designu a

návrhu desek a využije jejich sil pro vedení zakázek, přípravu materiálu pro výrobu a expedici.

3 Návrh technologických zařízení pro SMT linku

Při návrhu SMT linky vidím jako nejdůležitější požadavek na vhodnou volbu osazovacího automatu. Při výběru bude třeba brát ohled na zaměření firmy (prototypová výroba), podmínky a možnosti dodaného materiálu (balení v kotoučích, tyčích, kusové součástky), vytíženost linky, velikost osazovacích desek, přesnost osazení a v neposlední řadě i na cenu stroje.

3.1 Výběr zařízení pro linku

Pro návrh technologických zařízení pro SMT linku, umožňující osazování prototypových desek a malé série desek různého typu a technologií pájení, je nutné provést následující kroky :

1. analýzu stávajícího stavu strojového vybavení pracoviště
2. stanovení pro jaký účel má být SMT linka používána.
3. stanovení rozsahu investičních nákladů na linku SMT

Add.1

Analýza stávajícího stavu strojového vybavení pracoviště pro osazování byla již provedena v kapitole č. 2.

Add.2

Jak bylo naznačeno v úvodu práce, firma má zájem zvýšit technickou a technologickou úroveň výroby. Tím chce zároveň nabídnout zákazníkům větší kapacitu výroby. V této části diplomové práce se pokusím navrhnout optimální konfiguraci strojů pro SMT linku pro prototypovou a malosériovou výrobu, která by umožňovala pružně a efektivně reagovat na požadavky zákazníků a současně aplikovat nové technologie v oblasti pájení.

Technologická zařízení navržená v SMT lince by měla umožnit :

- Osazování desek jednostranně i oboustranně
- Sortiment osazovaných součástek od pouzder 0402 až po obvody QFP, TSSOP , TQFN do roztečí vývodů 0,4 (mm)
- Technologie pájení : standardní olovnatá i bezolovnatá technologie

- 100% kontrolu osazených dps
- možnost upgrade linky v průběhu následujících pěti let

Add. 3

Při finanční rozvaze investic do nových technologických zařízení by firma měla vycházet ze svých finančních možností. Je třeba určit předpokládanou dobu návratnosti investic. Při konkrétním projektu uvažujeme návratnost většiny investic do 5 let. V návrhu budou uvažovány dvě varianty pro konfiguraci SMT linky.

1. varianta - konfigurace vybavení s minimálními investičními náklady

Sítotiskové zařízení

Navrhované sítotiskové zařízení by mělo splňovat následující parametry.

Stolní poloautomatický sítotisk s vedenou tiskovou hlavou se dvěma stěrkami. Požadovaná šíře stěrek je 300 mm. Zařízení by mělo mít pneumatické ovládání zdvihu stolu pro snadné oddělení desky od šablony, nastavitelné podpurné kolejnice umožňující oboustranný tisk desky. Jako příslušenství je nutné pořídit univerzální rám s vypínáním planžet do 2 stran. Pracovní plocha zařízení by měla být cca 450 x 480 mm.

Osazovací zařízení

Pro osazování prototypových a malých sérií dps je vhodné, aby bylo možné ve výrobě osazovat několik zakázek najednou a nabídnout tak zákazníkům krátké dodací termíny.

Jednou z možností je kombinování osazovacích zařízení. To znamená vybavení linky jak osazovacím poloautomatem, tak automatem. Další možností je volba osazovacího automatu, na kterém je možné realizovat zakázky od jednoho kusu z pohledu efektivnosti výroby. Příprava programu i vychystání součástek je srovnatelné nebo rychlejší než při použití poloautomatu.

Při volbě poloautomatu by měly být zohledněny následující parametry

- podpora PC
- software zařízení podporující operační systémy MS nebo Linux
- vybavení vakuovou pumpou a dispenzerem pro nanášení pájecí pasty

- vodícím ramenem s lokátorem umožňující přesné osazení součástek z motorického podavače
- programování stroje off-line
- možnost osazování součástek od pouzdra 0402 až po součástky o rozměrech 56 x 56 (mm)
- pracovní plocha minimálně 300 x 300 (mm)
- předpokládaná rychlost osazení přibližně 300 součástek za hodinu

Přetavovací průběžná pec

Při výběru pece bylo dbáno na použití pro standardní technologii i na technologii bezolovnatého pájení. Změna teplotních profilů v závislosti na změně technologii pájení by měla být plynulá v krátkém časovém úseku. Další požadované parametry jsou:

- plně konvenční pec o minimální délce topného tunelu 2 metry
- šířka pinového dopravníku se střední podporou cca 400 mm
- maximální výška pájených komponentů 35 mm
- automatické nastavení šířky dopravníku
- vybavení chladicí zónou
- možnost nastavení jednotlivých topných zón a průtoku vzduchu v jednotlivých zónách

2. varianta - konfigurace s vyššími investičními náklady, které umožní větší technické možnosti ve výrobě

Při volbě poloautomatického sítotisku, kde má možnost operátor ukládat tiskové parametry dochází k zajištění lepší opakovatelnosti tisku ve výrobě a tím i k vyšší kvalitě tisku u složitých motivů.

Sítotiskové zařízení

V této variantě uvažuji poloautomatické zařízení s fixním rámem 23 x 23 palců. Zařízení by mělo umožňovat:

- uchycení desek do vodících lišt na pracovním stole s minimálními možnostmi uchycení na hranách dps do 2 mm po obvodu desky
- v případě zapojení do in – line systému je nutné pracovní stůl nahradit dopravníkem
- manuální sesouhlasení motivu desky a planžety pomocí mikrometrických šroubů
- možnost kontroly kvality tisku pomocí vizuálního systému vybaveného CCD kamerami
- softwarové vybavení umožňuje ukládání parametrů jako je přítlak stěrek, rychlost stěrek nezávisle na sobě, odtrh stolu od planžety, nastavení procedur pro jednotlivé typy desek
- jako příslušenství vybavit univerzálním rámem s vypínáním planžet do 4 stran a podpurnými magnetickými piny
- možnost ukládání programů parametry tisku

Osazovací zařízení

Při volbě automatu je důležité vybrat stroj, který má modulární příslušenství, které umožňuje zvýšit jeho technickou úroveň v průběhu užívání (min 5let). Na trhu jsou stroje, kterých lze efektivně a ekonomicky osadit jeden kus, ale řadově desítky, stovky i tisíce kusů dps. Osazovací stroj je jedno z nejdůležitějších zařízení v lince. Zvolené parametry jsou :

- Automatické osazovací zařízení s přesností osazení minimálně 50 µm ve 3 sigma a optickým centrováním
- minimální počet inteligentních zásobníků 100 o šíři 8 mm
- automatická výměna nástrojů
- funkce autoteach pro učení součástek

- automatické vyhledávání referenčních bodů pro lokalizaci desky v automatu
- podpůrný systém s dopravníkem
- rychlost osazování od 5000 součástek za minutu a vyšší
- osazovací plocha 460 x 440 (mm)
- minimální osazovaná velikost součástky od rozměru pouzdra 0201 až 50 x 50 (mm)
- max. výška součástky do 10mm
- možnost použití zásobníků pro kusově balené součástky případně i pro sypané
- možnost kombinace osazovací a dispenzní hlavy pro pájecí pastu v případě, že nebude nutné na desku nanášet pastu přes planžetu nebo síto

Přetavovací pec

Pro tuto variantu uvažuji přetavovací pec stejných parametrů jako v první variantě.

Ke stanovení ceny pro jednotlivá zařízení je třeba znát konkrétní cenové nabídky od dodavatelů zařízení. Vypsát výběrová řízení a dle obdržených nabídek vybrat konkrétní typy jednotlivých zařízení.

3.2 Vybavení výrobních prostor

S ohledem na budoucí návrh SMT linky bude vhodné doplnit stávající vybavení pracovních prostor kromě nových výrobních zařízení ještě o další příslušenství.

- Účinnější odsávání s třístupňovou filtrací s uhlíkovým filtrem - kvůli ochraně zdraví osob s ohledem na škodlivé zplodiny při technologii bezolovnatého pájení k pájecím stanicím pro ruční pájení vývodových součástek.
- Zavedení klimatizace místností s přetavovací pecí, jejíž součástí by měly být vzduchové filtry pro odstranění prachových částic
- Do vyhrazených pracovních prostor umístit kontrolní přístroje pro testování ochranných pracovních pomůcek (ESD).

- Rozmístění technologických zařízení by mělo být off-line pro první variantu, v případě druhé varianty by byla vhodnější varianta in-line

4 Nově navrhované technologické postupy

Jednotlivé kroky vedoucí ke konečnému výsledku (osazené a zapájené desce) je možné rozdělit tři vzájemně provázané podskupiny.

- Logistickou část
- Přípravnou část
- Výrobní část

V praxi se jedná o sled operací, které na sebe navazují a neustále se vzájemně ovlivňují. V konečném důsledku vedou ke společnému cíli, kterým je kvalitní výrobek a spokojený zákazník.

4.1 *Logistické zpracování zakázky*

Celá výrobní operace se začíná přijetím objednávky. Firma zavede zakázku do účetní evidence. V tuto chvíli je nutné odhadnout časovou náročnost zakázky a stanovit předběžný termín dokončení. Dále je nutné vypočítat cenu zakázky. Tu je možné určit zpravidla s ohledem na odhadovanou dobu a technickou náročnost jednotlivých výrobních kroků. Je žádoucí aby se v ceně promítly rovněž odpisy strojů z SMT linky a ostatní vstupní náklady. Firmy mají zpravidla pro jednodušší orientaci při stanovení ceny, zpracovanou cenu za osazenou a zapájenou SMD součástku. V případě smíšené montáže je do ceny zahrnuto ruční pájení vývodových součástek. Zde cena vychází z počtu zapájených pinů do desky. Cena se rovněž odvíjí od počtu kusů ve výrobní dávce. Prototypové desky mají zpravidla cenu vyšší než při sériové opakované výrobě.

Při zadávání zakázky mohou nastat tři varianty.

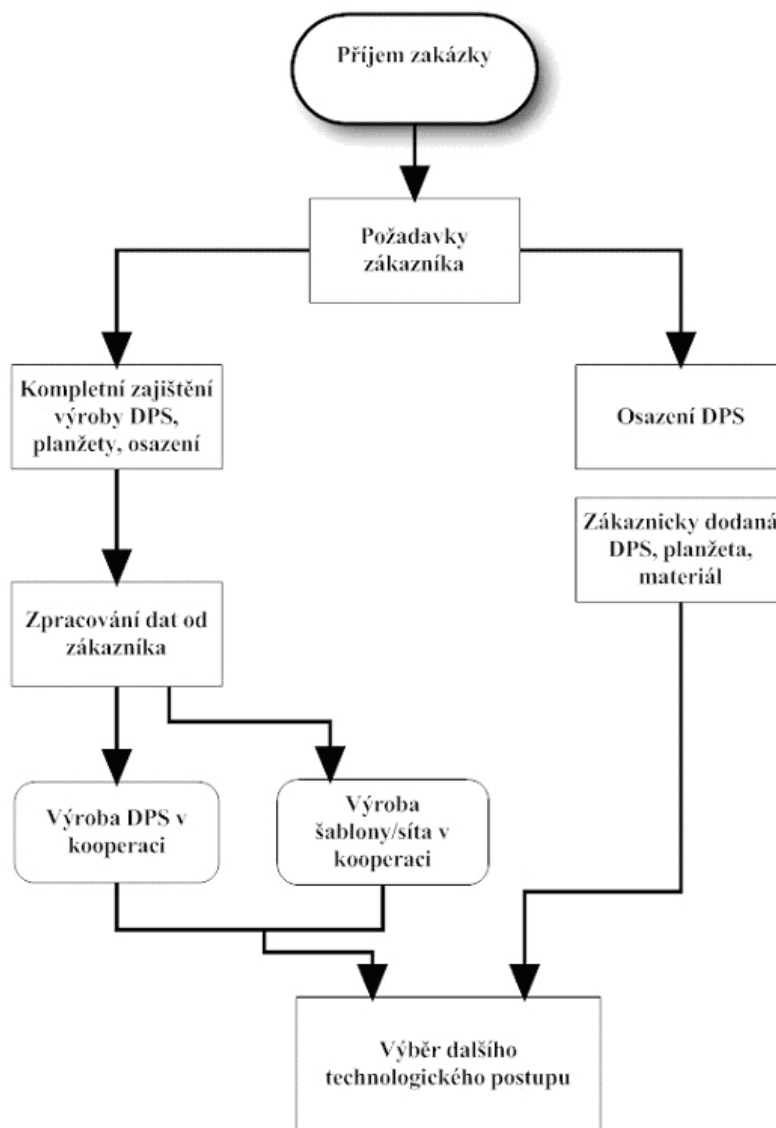
Varianta A – zákazník požaduje návrh plošného spoje s následným zajištěním výroby plošného spoje. Podle typu desky je pak voleno zajišťování planžet pro danou výrobu, z hlediska náročnosti desky.

Varianta B – zákazník požaduje zajištění výroby desek plošných spojů a jejich osazení. Podle sériovosti a náročnosti je zvolen způsob technologického zpracování.

Varianta C – zákazník požaduje pouze osazení desek na dodané desky plošných spojů dle výkresové dokumentace.

Materiál u jednotlivých typů zakázek si zákazník zajišťuje sám. Firma může pouze nabídnout základní řady pasivních součástek (odpory, kondenzátory v řadách E 24, E12, E6 v pouzdrech od 0603 do 1206.

Pro lepší přehlednost jsou jednotlivé operace znázorněny v následujícím na vývojovém diagramu, viz. Obr. 1.



Obr. 1: Vývojový diagram pro technickou přípravu výroby

4.2 Technická příprava výroby

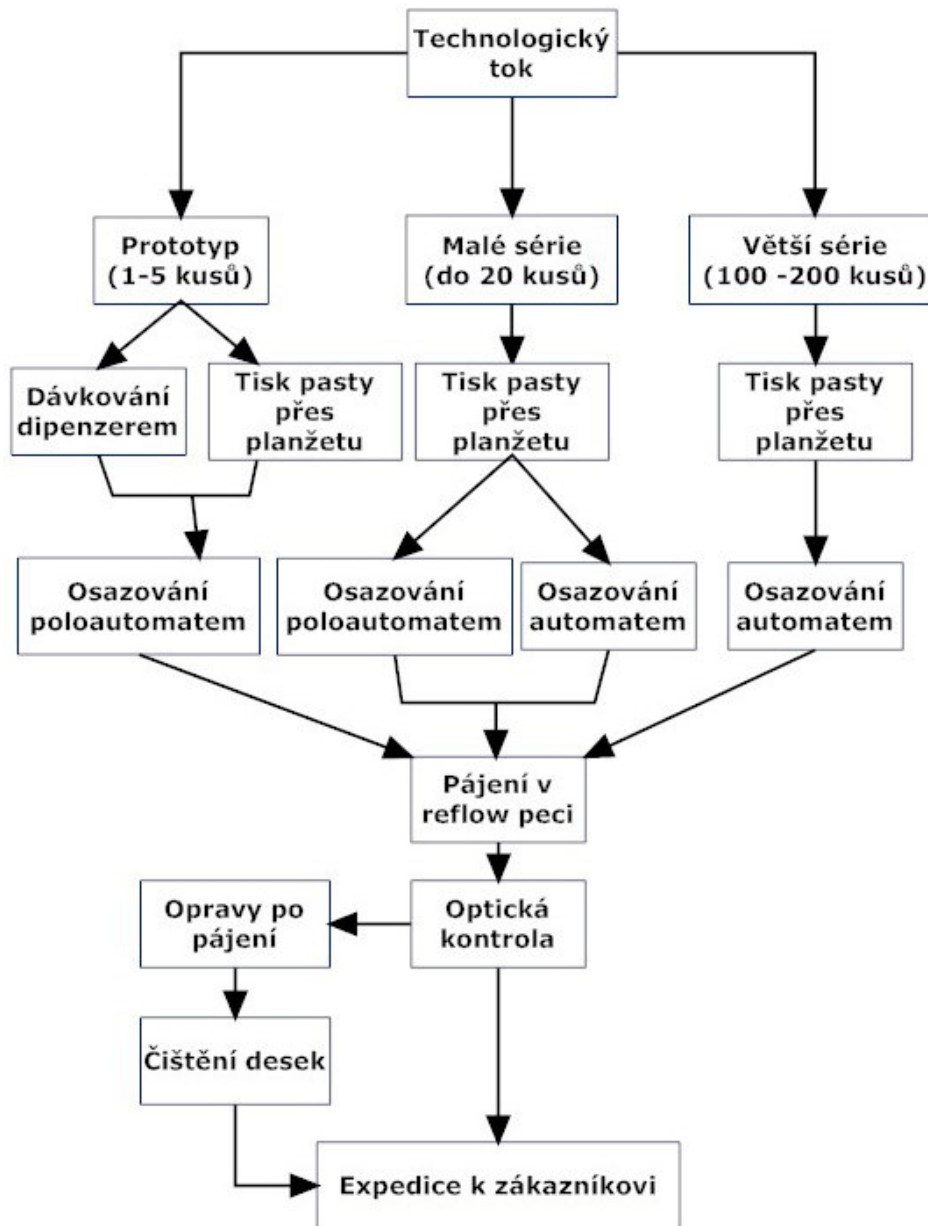
Na základě dodaných podkladů od zákazníka se v oddělení technické přípravy zpracují data pro výrobu plošného spoje u vybraného výrobce plošných spojů, který svými technickými a technologickými možnostmi je schopen zpracovat požadovanou desku. Běžnější je varianta, kdy jsou data připravena v některém z návrhových systémů a dále zpracována pro výrobu. V obou případech probíhá následná kontrola dat, při které je kladen důraz na pravidla elektromagnetické kompatibility (EMC) a na návrhová pravidla pro výrobu desek, jako jsou minimální elektroizolační vzdálenosti mezi jednotlivými vodivými cestami, minimální šířka spoje, průměr vrtání, rozměr technologického okolí. Pro výrobní dokumentaci zadanou do kooperační výroby se připraví data ve formátu Gerber RS-274X nebo Gerber-274D s výpisem D-kódů. Standardním formátem pro vrtání je Excellon s výpisem počtu a průměrů nástrojů pro vrtání. Při výrobě desek plošných spojů je možné volit z mnoha základních materiálů.

Z návrhových systémů se dále vygeneruje soupiska soupisky použitých součástek včetně typu pouzdra a jeho orientace a umístění na dps. Vytvoření osazovacího výkresu. Podle vhodnosti se zváží způsob osazení (ruční nebo strojní). Zpracování podkladu pro kooperační výrobu síta nebo šablony se provede s ohledem na technické možnosti firemního sítotisku.

Zákazník má možnost dodat všechny nebo část součástek pro osazení požadované série desek. Je možné využít skladových zásob firmy, kde jsou především běžné pasivní čipové součástky. Jsou zde rezistory ve standardních řadách E12, E24, E48 případně E48, kondenzátory a běžně používané diody.

4.3 Technologický tok

V tuto chvíli dochází k rozhodnutí o dalším způsobu zpracování zakázky. Technologický postup zvolíme podle počtu osazovaných desek. Sled jednotlivých operací je znázorněn ve vývojovém diagramu pro varianty prototyp (1-5 kusů), malé série (do 20 kusů) a série (100-200). Přehledné zobrazení navržených operací nalezneme ve vývojovém diagramu technologického toku výroby, viz.Obr.2.



Obr. 2: Vývojový diagram pro technologický tok

Všechny desky plošných spojů přijaté z kooperační výroby bez ohledu na další zpracování je nutné před tiskem pájecí pasty dokonale očistit. Pro tuto jednoduchou aplikaci lze s dobrými výsledky s výhodou použít běžně dostupný isopropylalkohol. Odstraní se zejména mechanické nečistoty a mastnota. Pro tento ruční postup se používá bezvlasá textilie, která nezanechává na desce zbytky.

Před aplikací pájecí pasty je nutné desky ještě zbavit přebytečné vlhkosti. U nových desek je zde obsažena zbytková vlhkost ze samotné výroby. U starších desek, které si zákazník přinesl je nutné odstranit vzdušnou vlhkost, kterou deska po dobu skladování částečně absorbovala. Vlhkost uvnitř desek může negativně působit při vstupu desky do přetavovací pece, kde náhlé teplotní změny snadno naruší pájený spoj i samotný substrát.

Desky se suší zpravidla při teplotách cca 70 – 80 (°C) po dobu 24 hodin. Součástky citlivé na vlhko je nutné před osazením rovněž vysušit. Zde by při špatném skladování a nedodržení požadavků na vysušení mohlo při procesu pájení dojít k poškození pouzdra (tzv. popcorn efekt). Další možnou variantou defektu vlivem rozpínání vodní páry jsou mikropraskliny, praskliny, delaminace pouzdřícího materiálu od substrátu. [1]

4.3.1 Aplikace pájecí pasty

Pro aplikaci pájecí pasty na připravenou desku se využívá sítotisk nebo dispenzer. V diagramu vidíme, že volbu použitého zařízení ovlivňuje hlavně ekonomická a stránka zakázky. Při modelové situaci je pro prototypové desky a malé množství zpravidla zvolena aplikace pasty dispenzerem pomocí poloautomatu. Prototypy které mají složitou zástavbu, nebo obsahují součástky malých rozměrů je vhodné natisknout přes planžetu. Podle vhodnosti je možné zvolit i použití síta. V případě použití síta je nutné sledovat velikost apertury síta a použít kompatibilní pájecí pastu. Sledujeme velikost zrn pájky a vhodnou aperturu síta a minimální požadované hodnoty roztečí tisknutých motivů. [2]

Příprava sítotiskového zařízení spočívá v seřízení podle rozměru vyrobeného síta a DPS případně šablony, zvolit vhodný přítlak stěrky, odtrhu síta podle požadovaného množství pájky, která se má nanést na dps a rychlosti pohybu stěrky. Důležitou částí přípravy na tisk je temperování pájecí pasty podle pokynů od výrobce pasty. Pájecí pasta se před použitím musí ustálit na okolní teplotě po dobu nejméně 30 minut.

Automatický sítotisk provádí kontrolu tisku pomocí kamerového systému. V případě varianty poloautomatického, nebo ručního zařízení je nutná následná optická kontrola tisku. Chybné tisky se ručně umyjí a tisk se opakuje. Po tisku jednotlivé série desek je nutné stáhnout zbývající pastu do kelímku a vyčistit. Správné tisky lze uložit do kontejneru a nebo postupně vkládat přímo do osazovacího automatu.

4.3.2 Pájení

Pro obě navrhované konfigurace SMT linky je uvažováno pájení v reflow peci. Pro všechna modelové množství desek uvedená v diagramu toku výroby bude využito pájení v peci. Podle toho jakou zvolí zákazník technologii, bude pro jednotlivé série v peci nastaven optimální pájecí profil. Pro nové zakázky lze zvolit univerzální profil vhodný pro použitou pájecí pastu podle technického listu výrobce a podle výsledků pájení postupně upravit jednotlivé parametry jako je rychlost dopravníku, teploty v jednotlivých zónách.

4.3.3 Opravy

Po pájení optimálně navrženého procesu při dodržení všech zásad pájení není nutno opravovat desky. Nezbytně nutné opravy špatně osazených součástek, případně doosazení vývodových součástek se provádí pomocí regulovatelných pájecích stanic.

4.3.4 Čištění

V případě použití bezoplachových pájecích není nutné desky po projití pájecím procesem dále čistit. Při opravách se nutně využívá přídavného tavidla a desky je proto nutné před expedicí umýt. Technologie mytí je již ve firmě zavedena a není nutné měnit zavedené postupy.

4.4 *Návrh technologického zpracování*

Pro návrh technologického postupu jsem zvolil modelovou desku plošných spojů, kterou firma v průběhu roku opakovaně vyrábí v kooperacích.

4.4.1 Rozbor zakázky

Na desce jsou navržena pouzdra integrovaných obvodů o minimální rozteči 0,5 mm. U desky je zvolena technologie bezolovnatého zpracování. Rozměr desky je 185 x 135 (mm). Deska obsahuje SMD součástky i vývodové součástky na horní straně desky. Povrchová úprava desky je nepájivá maska s potiskem, pájecí plošky jsou pokryty imersním cínem (Sn100).

Pro osazení zde budou použita tato SMD pouzdra:

- čipové rezistory, kapacitory různých hodnot cca 200 kusů v pouzdrech o rozměrech 0805. Dále integrované obvody celkem 14 kusů v pouzdrech:
- TSOP typ 1 – 48 vývodů s roztečí 0,5mm, rozměr pouzdra 12 x 20 (mm) (včetně vývodů)
- SO – 7x typ SO16 s roztečí vývodů 1,27mm
- QFP čtvercové pouzdro se 100 vývody s roztečí 0,5 mm, rozměr pouzdra 14mm, čtvercové pouzdro s 64 vývody s roztečí 0,5mm, rozměr pouzdra 10mm
- Dále pak vývodové součástky (diody, konektory, rezistory elektrolytické kondenzátory) celkem cca 20kusů.

4.4.2 Volba realizace zakázky

Zákazník dodává hotové desky i materiál pro osazení. Desky se budou osazovat v sériích po 30 kusech. Snahou firmy je maximální a efektivní využití nově zřízené SMT linky.

Nejdříve je nutné zkontrolovat jestli je firemní linka schopna osadit v požadované přesnosti modelovou desku. V tomto případě je vyžadováno osazení nejmenší rozteče 0,5 mm. Přesnost osazovacího automatu vyhovuje tomuto požadavku.

Dalším krokem k zajištění efektivity je kontrola způsobu dodávky materiálu k osazení. Integrované obvody jsou dodány v tyčích, SMD čipové součástky v rolích, obvody v pouzdrech QFP. Tato balení bez problémů akceptuje systém podavačů osazovacího automatu.

Zkontrolujeme rozměr desky zda vyhovuje maximálnímu možnému rozměru pro sítotisk. Zde opět vyhovuje.

4.4.3 Výběr technologie

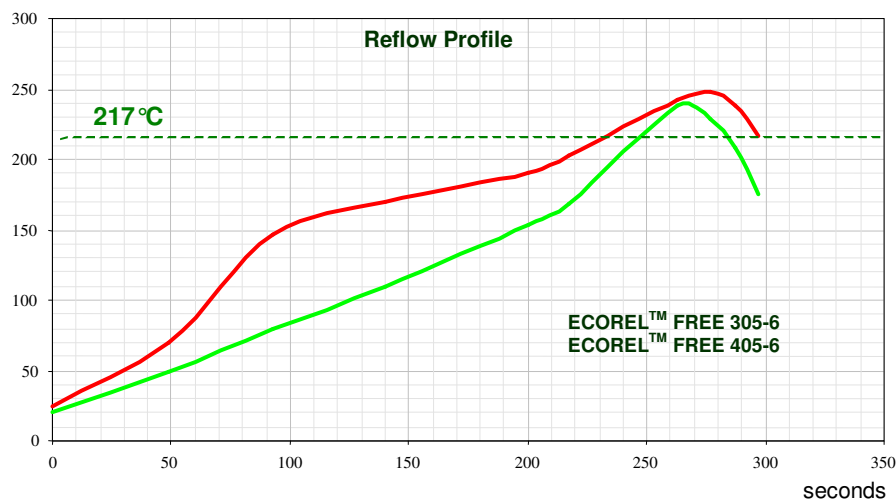
Deska bude zpracovávána v bezolovnaté technologii. Firemní přetavovací pec je uzpůsobena vyšším teplotám nutným k použití bezolovnatých pájecích past. Je tedy možné využít vlastní výrobní kapacity linky. Pro vývodové součástky se uvažuje využití kapacity operátorek pro ruční osazení.

Výběr pájecí slitiny je důležitou částí technologického postupu. Podle požadavků zákazníka je zvolena bezolovnatá pasta SAC 305 (SnAg3Cu0,5). Při sítotisku a použití síta se uvažují hraniční hodnota cca 0,635 mm, což nevyhovuje dané modelové zakázce. [2]

Je tedy nutné použít šablonový tisk. U sítotisku bude vhodné použít 250 mm stěrku. Typickou hodnotou přítlaku pro tuto použitou šířku stěrky bude 3-5 kg a to při rychlosti 30-50 (mm/s).

Naprogramovaný osazovací automat osadí všechny SMD součástky .

V přetavovací peci je třeba nastavit profil doporučený výrobcem pájecí pasty, viz Obr 3.



Obr. 3: Doporučovaný pájecí profil [5]

Vzhledem k použití pájecí pasty, která nevyžaduje čištění, tento krok ve zvolené technologii odpadá.

Po bezchybné výstupní kontrole z přetavovací pece je možné desky expedovat k zákazníkovi.

5 Monitorování výrobního procesu

5.1 Trendy ve sledování výroby

Elektrotechnický průmysl dnes vyžaduje zvýšené požadavky na sledovatelnost materiálu a mezioperační kontrolu výrobků. Konkurenční tlaky na zvyšování jakosti výrobků při současném snížení nákladů vyžadují vyšší kontrolu nad výrobním procesem i nad použitými materiály. S těmito požadavky jsme se dříve setkávali hlavně v oblasti automobilové, letecké a lékařské techniky. Nyní se postupně stávají nezbytné i v jiných odvětvích včetně datových a telekomunikačních systémů. I v rámci firmy produkující malé série je třeba zvážit sledování výrobního procesu a toku materiálu. Vzhledem k tomu, že firma dodává desky do elektrotechnického a zdravotnického průmyslu, kde je vyžadováno kontinuální sledování a dokumentování kvality výroby, nabývá tato problematika na významu. Přispívá k tomu i vývoj využití součástkové základny v povrchové montáži. Zvyšuje se riziko chyb v logistice skladování citlivých součástek. Jedná se zejména o součástky citlivé na vlhko (MSD – moisture sensitive devices). Dalším nepříjemným parametrem je nutnost vyšší teploty potřebné při pájení v bezolovnaté technologii, zmenšování rozměrů pouzder integrovaných obvodů a roztečí vývodů, četné použití hermeticky uzavřených plastových pouzder a významná variabilita výroby

5.2 Monitorování produkce

Proces pájení přetavením je řízený proces definovaný nastavením desítek procesních parametrů. Základem kvalitní výroby je udržení stability procesu, tzn. především zachování výrobního taktu linky a dodržení tolerancí základních parametrů již odladěného procesu. Kvalitu výsledného produktu definují procesní parametry, a proto jejich monitorování umožňuje kontrolovat stav kvality výroby, přestože se ve svém důsledku jedná o sekundární kvalitativní prvky finálního výrobku. V praxi není výjimkou ani požadavek na dokladování konkrétního výrobku časovým průběhem základních parametrů vzniklých v průběhu jeho výroby. Tato situace vyžaduje vysoké nároky nejen na snímání velkého množství dat, ale i na jejich archivaci a zpracování. Pro monitorování a archivaci vstupních dat je nezbytné využít výpočetní techniky a vhodného softwarového vybavení, kterého je na trhu dostatek. Průběžné systémy detekce toku výrobků jsou schopny sledovat, zda jsou

správné výrobky na požadovaném místě a v požadovaný čas. Systémy sledující tok materiálu potřebného k výrobě jsou schopny sledovat skutečný stav součástek a dps na skladě. To eliminuje plýtvání časem při vyhledávání a inventarizaci. V tomto případě lze velmi výrazně finanční prostředky snížit a zamezit nadbytečnému nákupu dalšího materiálu. V zásadě systém zpětného sledování součástek pomáhá zajistit, s ohledem na průmyslové standardy IPC, bezchybné použití MSD součástek ve výrobě. V dlouhodobém horizontu se snižuje riziko vytvoření vad vlivem vlhkosti obsažené v pouzdrech součástek při pájení.

5.3 Využití monitorování pro menší a středně velké firmy

Přestože v elektrotechnickém průmyslu se stále více zdůrazňuje nutnost zavádění sledovatelnosti materiálů, v praxi si každý vykládá tento pojem rozdílně. Pro menší firmy je možné použít nejnižší úroveň sledování toku materiálu. Tato metoda je založena na principu evidence pracovního procesu. Sleduje se to, zda v příslušném zařízení došlo k bezchybnému vykonání stanovené funkce a nastavených parametrů. Současně se vyhodnotí nutné průběžné inspekční kontroly. V případě návrhu monitorování prototypové a malosériové výroby je nutné položit si několik otázek.

- Je třeba sledovat všechny součástky, nebo jenom ty dražší a náchylné k selhání vlivem špatného skladování?
- Je nutné sledovat i ručně osazované součástky?
- Je třeba sledovat všechny parametry zařízení ve výrobní lince?

Odpovědi na tyto a další možné otázky je nutné najít po podrobných jednáních se zákazníky s ohledem na rentabilitu jednotlivých zakázek. Je jistě vhodné mít k dispozici maximální možné informace o jednotlivých procesech, ovšem v praxi zákazníci při menších sériích zpravidla nevyžadují tak obsáhlou znalost a dokladovatelnost jednotlivých kroků, zejména vzhledem k časové i finanční náročnosti tohoto úkolu. Při vyšších požadavcích lze sledovat i historii součástek, kódů jednotlivých strojů kde byl výrobek upravován, seznam použitých pomocných materiálů jako jsou tavidla, pájecí pasty apod. Takový systém obsahuje desítky informací a je lépe využitelný pro velkosériovou výrobu.

5.4 Návrh systému sledovatelnosti

Pro návrh systému sledování toku materiálu je možné se pohybovat ve dvou rovinách.

Je možné volit systém pro velkosériovou výrobu, kde jsou celkově vysoké vstupní náklady na zřízení systému rozpuštěny ve velkých výrobních sériích.

Pro společnost analyzovanou v první kapitole je nutné navrhnout finančně méně náročnou aplikaci vhodného sledování. Jedná se tedy o technicky jednodušší systém, u kterého můžeme použít pouze základních parametrů.

Prvním krokem společným pro obě zmiňované skupiny při zavádění systému sledování výroby je provedení analýzy výroby a zákaznických požadavků. Výsledky analýzy povedou ke stanovení nutného rozsahu systému. Pro identifikaci jednotlivých kusů v sérii je důležité zvolit vhodný způsob označení.

Základním předpokladem je využití jedinečného označení výrobku pomocí strojově čitelného kódu. Tato informace zůstane strojově čitelná v průběhu celé výroby. Za nositele této informace je vhodné zvolit speciální etikety s čárovým kódem. Jejich aplikace je snadná a zvolený materiál zajišťuje dlouhodobou životnost. Pro projekt bude vhodné zvolit některé z průmyslových modelů tiskáren etiket, datové terminály, průmyslová PC a snímače čárového kódu v odolném provedení. Databázový SQL server a webové uživatelské rozhraní tvoří programový základ aplikace po technické stránce. Využití pro malosériové i velkosériové firmy se liší v tomto bodě pouze v množství zařízení. Základní koncepce zůstává identická. [4]

Druhým krokem je třeba určit potřebné množství dat a umístění sběrných míst ve výrobní lince. Nadměrné zpracovávání informací je v případě firmy zaměřené na malosériovou výrobu značně neefektivní a časově náročné. Protože na kvalitu a spolehlivost pájeného spoje jsou kladeny nejvyšší požadavky, je vhodné zvolit některé kontrolní funkce v kritických místech. Pro elektrotechnickou velkosériovou výrobu jsou navrženy ve čtyřech úrovních.

1. kontrola stavu DPS po provedené operaci

Všechny mezioperační kontroly probíhají průběžně po celou dobu osazování. Současně vzniká dokument zahrnující veškeré informace z výroby daného výrobku. Tento dokument vzniká od prvotního označení výchozího jedinečným číslem a je tvořen

postupným zaznamenáváním všech technologických kroků a procesních dat. Systém tak eviduje kdy byla deska osazena, ale také jak a kým se všemi návaznostmi.

2. kontrola údajů z jednotlivých zařízení linky

Lze zjistit, v jakém stavu byly stroje, které provedly jednotlivé technologické operace. Jsou uchovány informace i o tom, kdo a proč povolil původně vadnému výrobku pokračovat v procesu výroby. Velmi rychle a jednoduše systém vyhledá, kdy byl výrobek. Je vhodné aby systém poskytoval přehledy, statistiky a grafy o využitelnosti jednotlivých strojů, vytížení pracovníků, z počtu cyklů stroje se generuje plán údržby, z rozpracovanosti výroby je možno lépe a přesněji plánovat následnou výrobu.

3. vizuální kontrola desek po pájení a určení případných vad po pájení

Po průchodu desky přetavovací pecí a následnou automatickou kontrolou desek jsou odhaleny vady vzniklé při pájení. Systém na základě výstupních dat z kontrolního zařízení vytváří a vyhodnocuje statistiku jednotlivých chyb. Z této statistiky lze zpětně určit příčinu vzniku vad. Systém má navíc zabudovanou logiku pro sledování procesních chyb. S takto nastaveným monitorovacím systémem lze optimalizovat výrobu i logistiku a snížit celkové náklady

4. testování a ožiování osazených desek na výstupu z linky

Před expedicí k zákazníkovi jsou znovu vyhodnoceny všechny informace vzhledem k celé výrobní dávce i informace získané z testování a ožiování desek. Pouze výrobky, které prošly kladnou výstupní kontrolou je možné expedovat.

Vstupní zřizovací náklady na vybudování takového systému jsou pro menší firmu neúnosné. Proto je důležité najít kompromis mezi ideálními možnostmi sběru a analýzy informací a dostačujícími možnostmi. Z celkové koncepce zůstává označení výrobku jedinečným kódem, vstupní kontrola výrobku, výstupní kontrola po aplikaci pájecí pasty, výstupní kontrola na osazovacím automatu je prováděna automaticky přímo kamerovým systémem uvnitř zařízení, a výstupní kontrola po přetavení v peci. V případě nutných oprav po pájení je vhodné provést kontrolu opravené desky připravené k expedici. Vstupní data jsou ručně načítána pomocí čtečky čárových kódů. Je zde ovšem možné riziko zavedení chyby vlivem lidského faktoru.

5.5 Sběr dat

Sledovatelnost je spolehlivá pouze do té míry, jak spolehlivá data je schopna načíst. Z tohoto důvodu by měly být odstraněny možné zdroje ztráty dat a chyb. Rizikovými činiteli jsou špatné umístění zařízení pro sběr dat podél SMT linky, špatně označené desky a v neposlední řadě i lidský faktor. Jak již byl zmíněno v předchozí kapitole je pro levnější aplikace využito ručního snímání identifikačních kódů. Pro omezení vlivu lidského faktoru se dnes využívá například využití rádiové identifikace (RFID). V těchto systémech se automaticky využívá kontrola toku materiálu ze skladu nebo například umístění správných zásobníků součástek do osazovacího automatu. Pro zasílání dat z jednotlivých kontrolních míst se běžně využívá připojení na síť Ethernet, která je celosvětovým standardem a je rozšířena jako běžná komunikační platforma. Data jsou přenášena do serveru, na kterém běží síťová aplikace a ukládají se informace do jednotlivých databází. Podle nároků zákazníků obsahují databáze různou úroveň zaznamenaných údajů. Pro velkosériové firmy jsou zpravidla zaznamenané procesní parametry, stavy cyklů strojů, počty vyrobených kusů dobrých a vadných, stavy zakázek, jednotlivá nastavení strojů pro různé produkty, plánovací kalendář aktuálně upravovaný podle stavu výroby apod. Při levnějších aplikacích vhodných pro méně náročné uživatele není databáze tak propracovaná a obsahuje nezbytně nutné informace se jménem operátora, provedených operacích a výsledcích mezioperačních kontrol. Podle zvoleného systému načítání dat lze podle přiřazeného programu pro konkrétní zakázku dohledat nepřímo i nastavené jednotlivé procesní parametry zadané pro všechna zařízení linky.

Zaznamenané údaje lze přehledně zobrazovat jako aktuální stav nebo jako pohled do historie v chronologickém pořadí událostí. Do systému lze vstoupit pomocí terminálových připojení, kterými jsou standardní PC stanice v počítačové síti. Každé terminálové připojení má definována práva přístupu, tzn. prohlížení, editace nebo zadávání analýz v závislosti s oprávněním uživatele.

5.6 Kontrola kvality a vzdálený přístup k výrobním datům

Informace uložená v databázích je statisticky zpracovávána, čímž vzniká analytický přehled o probíhající výrobě. Sleduje se průběh až 20 parametrů, jako např. délka celého cyklu, teploty v jednotlivých zónách v přetavovací peci, materiálový polštář aj., čímž se

kontroluje stabilita procesu. V případě, že jsou u některého parametru překročeny nastavené tolerance, tzn. že stabilita procesu je v určitém směru ohrožena a je třeba okamžitě reagovat, systém uvědomí obsluhu alarmovým hlášením. Statistické údaje jsou zobrazeny v grafické podobě i hodnotově v tabulkách, popř. je možné data vyexportovat k dalšímu zpracování.

Ke každé zakázce jsou tímto způsobem shromažďována data o stroji, jeho nastavení, o výrobku, použitém materiálu, průběhu procesu výroby. To umožňuje i plánování preventivní údržby strojů. Zadáním referenční hodnoty, například počtu provozních hodin, se kontroluje opotřebení použitých strojů a nástrojů a automaticky se objedná nebo naplánuje potřebná servisní činnost. Napojením síťové aplikace na internet je možné data sdílet a stav výroby je zpřístupněn oprávněným osobám i na dálku pomocí terminálového přístupu. V případě potřeby jsou důležité informace zasílány formou SMS nebo e-mailů. Takto zvolený systém kontroly je schopen pružně reagovat na nové požadavky a trendy v elektrotechnickém průmyslu. [4]

5.7 Návrh aplikace sledování výroby ve firmě

Při zavádění monitorovacích systémů do výroby je nutné si uvědomit, že jde o finančně nákladné projekty, jejichž cenu tvoří pouze zakoupení počítačové aplikace, ale také náklady na dovybavení jednotlivých strojů SMT linky komunikačním rozhraním pro síťové připojení. Nevýhodou tohoto systému je právě poměrně vysoká cena. Pro projektovanou linku, kde se neuvažuje o masivní velkosériové výrobě je možné zvolit některou z méně nákladných variant. Rozmístění sběrných míst pro data při vstupu DPS do samotného výrobního procesu, před vstupem do osazovacího automatu, před vstupem do přetavovací pece a na výstupu z výrobního procesu. Po přihlášení operátorky se sejme čárový kód na desce. Před dokončení jednotlivých technologických operací (sítotisk, osazení, pájení) je třeba sledovat parametry nastavení jednotlivých zařízení a vstupní materiály jako je tavidlo, pájecí pasta apod. Pro zjednodušení sledování desítek možných parametrů bude v praxi výhodné sledovat tato nastavení pouze jako celkové programy na jednotlivých strojích. Tak jak to SMT stroje již podporují. Např. zvolený program č. 1 v přetavovací peci bude vhodný pro bezolovnatý proces. Bude v něm definovaná podpora použité pájecí slitiny, nastavení teploty v jednotlivých zónách, rychlost dopravníku a další informace. Tato informace o zvoleném programu se uloží současně s průběhem procesu s

každou jednotlivou deskou ve výrobě. Tímto způsobem bude možné bezpečně dohledat kdo, kdy, na jakém zařízení a s jakým nastavením parametrů vyrobil daný výrobek.

6 Závěr

Praktické zkušenosti pro tvorbu této diplomové práce jsem získával při praxi ve firmě, která se zabývá prototypovou a malosériovou výrobou. Měl jsem možnost vyzkoušet jednotlivé technologické kroky ve výrobě při realizaci zakázek firmy. Nejprve jsem podílel na logistické části zpracování zakázek a přípravě materiálu pro jednotlivé zakázky. Postupně jsem si vyzkoušel osazení i pájení SMD součástek u jednodušších typů desek. Poznatky z oblasti automatického osazování a pájení jsem čerpal u firem, které se také zabývají malosériovou výrobou. Zde jsem vyzkoušel práci na poloautomatickém sítotisku a mohl sledovat přípravu osazovacího automatu. Dále jsem testoval několik typů pájecích drátů, vhodných pro technologii bezolovnatého pájení a prováděl vyhodnocení testů .

Na základě těchto získaných zkušeností jsem se snažil navrhnout vlastní technologická zařízení a pracovní postupy jako možný návod pro realizaci obdobných úkolů. Firma během přípravy mé práce začala realizovat výběrová řízení na jednotlivá technologická zařízení. Rozhodla se v první etapě pro kombinovanou variantu, což představuje stolní poloautomatický sítotisk, automat, který umožňuje osazení i kusové výroby a plně konveční pec pro pájení. Druhá etapa výběrového řízení nebyla dosud vypsána z důvodu pozastavení možnosti čerpání finančních prostředků určených k realizaci celého projektu.

Dílní cíle stanovené v zadání této diplomové práce, byly splněny. Konkrétní návrhy a výstupy ze zpracované práce mohou být použity jako jedna z mnoha alternativ postupů při navrhování a inovaci výrobních zařízení v malých a středně velkých firmách.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] SZENDIUCH, I. Technologie elektronických obvodů a systémů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2002. 239 stran. ISBN 80-214-2072-3.
- [2] STARÝ, J.,Kahle, P. Plošné spoje a povrchová montáž. VUT Brno: Elektronické skriptum, 2004. 208 stran.
- [3] ŠPINKA, J. Počítačové projektování výrob, logistika a ekologie. Brno: Elektronické skriptum, 2006. 57 stran.
- [4] OREL, D. *MM Průmyslové spektrum : Strojírenský měsíčník* [online]. 2008 , 5. února 2008 [cit. 2008-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/monitorovani-vyroby-a-sber-dat-v-lisovnach-plastu>>.
- [5] *Jami Electronics Slovakia* [online]. c2008 [cit. 2008-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.jamiel.cz/cs/products/materials/avantec/overheat_soldering_avantec_materials.php>.
- [6] *SMtronic : Zařízení a materiály pro elektrotechniku* [online]. 2008 [cit. 2008-05-12].Dostupný z WWW: <<http://www.smtronic.cz/produkty/antistatika/skoleni/skolici-material.htm#>>.

8 Seznam použitých zkratk

BGA (Ball Grid Array)	druh SMD součástek s vývody na spodní straně
CCD (Charge-Coupled Device)	součástka pro snímání obrazové informace
DPD	přepravní společnost
dps	deska plošných spojů
EMC (Electromagnetic Compatibility)	elektromagnetická kompatibilita
ESD (Electrostatic Discharge)	elektrostatický výboj
IO	integrovaný obvod
IPC (Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits)	institut vytvářející průmyslové standardy
MS (Microsoft)	operační systémy pro osobní počítače
MSD (Moisture Sensitive Devices)	součástky citlivé na vlhko
PC (Personal Computer)	osobní počítač
PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)	druh pouzdra integrovaných obvodu
PPL (Professional Parcel Logistic)	přepravní společnost
QFP (Quad Flat Pack)	pouzdro IO s vývody na 4 stranách
RFID (Radio Frequency Identification)	identifikace na rádiové frekvenci
RoHS (Restriction of the use of Hazardous Substances)	je direktiva zakazující použití nebezpečných látek v elektrických a elektronických výrobcích
SAC (SnAgCu)	chemické složení pájky SnAgCu
SMD (Surface Mount Devices)	součástky pro povrchovou montáž
SMT (Surface Mount Technology)	technologie povrchové montáže
SO20 (Small Outline)	druh SMD pouzdra IO – 20 vývodů
SO8 (Small Outline)	druh SMD pouzdra IO – 8 vývodů

SOD 80 (Small Outline Diode)	druh SMD pouzdra pro diodu
SOT 223 (Small Outline Transistor)	druh SMD pouzdra pro transistor
SOT 23 (Small Outline Transistor)	druh SMD pouzdra pro transistor
SQL (Structured Query Language)	jazyk pro práci s databázemi
SSOP (Shrink Small Outline Packages)	druh SMD pouzdra pro IO
TQFP (Thin Quad Flat Pack)	nízké provedení pouzdra QFP
TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package)	nízké provedení pouzdra SSOP
uBGA (Micro Ball Grid Array)	pouzdro BGA s menší roztečí vývodů