

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management

Studijní specializace: N0715A270012S00-0 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Implementace trasovatelnosti výrobků ve výrobě za pomoci kódů

Autor: Bc. Ludvík ŠIBŘINA

Vedoucí práce: Doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Ludvík ŠIBŘINA**
Osobní číslo: **S19N0075K**
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Implementace trasovatelnosti výrobků ve výrobě za pomoci kódů**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Teoretická východiska
3. Popis současného stavu
4. Navržené řešení
5. Popis přínosu řešení
6. Závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **0 výkresů**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. *Integrované řízení výroby: od operačního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
2. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
3. TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.
4. DANĚK, Jan a PLEVNÝ, Miroslav. *Výrobní a logistické systémy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-416-3.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Konzultant diplomové práce: **Ing. Miloš Kozák**
Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ, s.r.o.
Datum zadání diplomové práce: **21. září 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2021**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost během konzultací při zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Miloši Kozákovi z firmy Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o. za cenné rady a odborný dohled v průběhu zpracování diplomové práce. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé rodině za bezmeznou podporu, bez které bych tuto práci nemohl dokončit.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Šibřina	Jméno Ludvík	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Implementace trasovatelnosti výrobků ve výrobě za pomoci kódů		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	101	TEXTOVÁ ČÁST	78	GRAFICKÁ ČÁST	23
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p>STRUČNÝ POPIS</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje návrh projektu implementace traceability výrobků ve výrobě za pomoci kódů pro firmu Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o. Cílem práce je zpracování a navržení systému traceability výrobků, který bude univerzálně použitelný jak na stávající, tak nové výrobky. Zavedením návrhu firma získá důležité informace o parametrech výroby, stavu výrobků, minimalizování času dohledávání v případě reklamací. Návrh zahrnuje optimalizaci pracoviště heftování a elektrického testování, které nebyly pro zavedení traceability vyhovující. V poslední části návrhu je uvedeno zpracování projektu včetně Ganttova diagramu a základního vyčíslení nákladů projektu.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p>	<p style="text-align: center;">Trasovatelnost, projektové řízení, Ganttův diagram, 2D kódy, optimalizace</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Šibřina	Name Ludvík	
STUDY PROGRAMME	N0715A270012 Industrial engineering and management		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Name Milan	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Implementation of traceability a parts in production with the aid of codes		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2021
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	101	TEXT PART	78	GRAPHICAL PART	23
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The thesis contains the design of the project traceability of products in production using codes for the company Mekttec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o. The aim of the work is to process and design a product traceability system that will be universally applicable to both existing and new products. By introducing the design, the company obtains important information about production parameters, product status, minimizing tracing time in case of complaints. The proposal includes optimisation of hefting and electrical testing sites which were not suitable for the introduction of traceability. The last part of the proposal shows the design of the project including the Gantt diagram and the basic costing of the project.</p>
KEY WORDS	Traceability, project management, Gantt chart, 2D codes, optimalization

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Traceability výrobků v automobilovém průmyslu.....	2
2.1	Definice traceability	3
2.2	Požadavky na traceability	3
2.3	Využití traceability v automotive průmyslu	3
2.4	Zavádění systému traceability	3
2.5	GS1 Global Traceability Standard.....	3
3	Typy kódů pro traceability	5
3.1	OCR	5
3.2	1D	5
3.3	2D	6
3.3.1	QR kódy dle ISO/IEC 18004:2015	6
3.3.2	DMC kódy dle ISO/IEC 16022:2006.....	7
3.4	Načítání kódů.....	9
3.5	Verifikace kódů	10
3.5.1	ISO/IEC TR 29158.....	11
3.5.2	Norma ISO 15415	12
3.5.3	Zařízení pro verifikaci kódů.....	13
4	Možné techniky značení kódů dle norem ISO 15415 a ISO/IEC TR 29158	16
4.1	Značení dle ISO/IEC TR 29158	16
4.1.1	Dot Peen	16
4.1.2	Laserování	17
4.1.3	Elektrochemické leptání.....	19
4.1.4	Ink jet marking	19
4.2	Značení dle ISO 15415	19
5	Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o.	20
5.1	Představení společnosti.....	20
5.2	Výrobní činnost společnosti	20
6	Analýza současného stavu v podniku.....	21
6.1	Flexibilní plošný spoj	21
6.2	Výrobní portfolio	22
6.2.1	Rozdělení výrobků	22
6.2.2	Vydávání materiálu na zakázky	22
6.2.3	Přeprava materiálu	22

6.3	Kontrola kvality výrobků.....	23
6.4	Definování procesních operací důležitých pro traceabilitu	23
6.4.1	Heftování a laminace.....	25
6.4.2	Vytvrzení.....	26
6.4.3	Střížné operace	27
6.4.4	Elektrické testování vodivých cest.....	28
6.4.5	Temperování.....	28
6.4.6	Osazování SMT součástek	28
6.4.7	Potting	30
6.4.8	EOL	31
6.4.9	Finální balení.....	31
6.5	Systém výroby kódů.....	32
6.5.1	Tištění kódů.....	32
6.5.2	Laserování	33
6.5.3	Leptání.....	33
6.6	Strojní vybavení jednotlivých stanovišť důležitých pro traceabilitu.....	35
6.6.1	Heftovací stroj.....	35
6.6.2	Laminační lis	35
6.6.3	Vytvrzovací pece.....	36
6.6.4	Elektrické testery.....	37
6.6.5	Temperační pece	37
6.6.6	Osazovací linka	38
6.6.7	Selektivní pájení.....	41
6.7	Aktuální Databáze	41
6.8	Vyhodnocení analýzy	42
7	Výběr systému pro traceabilitu	44
7.1	Integrace SAP ERP a SAP ME.....	44
7.2	Databáze	45
7.3	Požadavky na traceabilitu v SAP ME.....	45
7.4	Návrh workflow systému.....	46
8	Návrh systému traceability.....	47
8.1	Výběr techniky značení	47
8.2	Výběr typu kódů pro traceabilitu.....	48
8.2.1	1D kódy	48
8.2.2	2D kódy	49

8.3	Definování oblasti pro umístění kódu na kusech.....	50
8.3.1	Nepřímé značení.....	51
8.3.2	Přímé značení	52
8.4	Definování kvalitativní požadavků na DMC kódy	54
8.4.1	Přímé značení	54
8.4.2	Nepřímé značení.....	55
8.5	Obsah kódů.....	56
8.6	Výběr značících strojů	57
8.7	Výběr čteček kódů	61
8.7.1	Ruční čtečky.....	61
8.8	Úprava pracovišť pro traceabilitu.....	62
8.8.1	Úprava pracoviště heftování.....	62
8.8.2	Úprava pracoviště elektrických testerů	68
9	Předprojektová fáze.....	70
9.1	Zaujaté strany na projektu	70
9.2	Registr zaujatých stran na projektu	71
9.3	SMARTi cíl	73
9.4	Logický rámec projektu.....	74
10	Zakládací listina projektu	77
11	Rozplánování projektu	78
11.1	Příprava.....	78
11.2	Realizace	78
11.3	Výrobní dokumenty	79
11.4	Předání sériové výrobě.....	79
11.5	Vyhodnocení projektu.....	79
12	Pracovní zdroje projektu	82
12.1	Náklady na pracovní zdroje	83
12.2	Náklady materiálové	83
12.3	Náklady na SAP ME.....	84
13	Vyhodnocení přínosů návrhu	85
13.1	Technickoekonomické zhodnocení návrhu.....	85
14	Závěr.....	87
	Seznam použitých zdrojů	89

Přehled použitých zkratk a symbolů

AOI	Automatic Optical Inspection	Automatická optická kontrola
CSL	Controlled Shipping Level	Úroveň monitorování dodávek
ČSN	Czech technical standard	Česká technická norma
DM	Data matrix	Data matrix
DMC	Data matrix code	Data matrix kód
EN	European standard	Evropská norma
EOL	End of line tester	Konečný testr
EPA	ESD Protected Area	Chráněná oblast ESD
ERP	Enterprise resource planning	Plánování podnikových zdrojů
ESD	Electrostatic Discharge	Elektrostatický výboj
FPC	Flexible printed circuit	Flexibilní plošný spoj
FST	Faculty of Engineering	Fakulta strojní
GS1	Global standards	Globální standard
HW	Hardware	Hardware
ICT	In-circuit test	Zkouška obvodu
IEC	International Electrotechnical Commission	Mezinárodní elektrotechnická komise
IS	Information System	Informační systém
ISO	International Organization for Standardization	Mezinárodní organizace pro normalizaci
POD	Production Operator Dashboard	Výrobní operátorská deska
QR	Quick Response code	Quick Response kód
SAP	Systems Applications Products in data processing	Systémy Aplikace Produkty ve zpracování dat
SMT	Surface-mount technology	Povrchová montáž
SPI	Solder Paste Inspection	Kontrola pájecí pasty
THP	Technical and economic worker	Technickohospodářský pracovník
TR	Technical reports	Technické zprávy
TS	Technical Specifications	Technické specifikace
UPC	Universal product code	Univerzální produktový kód

1 Úvod

Automobilový průmysl ovlivňuje společnost jednak výrobky, které produkuje, ale i nabízenými pracovními místy. Pokud má být podnik nebo korporace úspěšná v dodávání výrobků do automobilového průmyslu, musí splňovat řadu bezpečnostních, právních a kvalitativních požadavků. Velká část těchto požadavků se věnuje problematice bezpečnosti automobilových produktů a jejímu neustálému zvyšování. Téma práce s názvem implementace traceability výrobků ve výrobě za pomoci kódů se týká oblasti podnikových procesů, kde navazuje právě na zvyšování bezpečnosti a sledovatelnosti výrobků.

Zavádění traceability je značně obsáhlé téma, které zasahuje do všech podnikových oblastí od kvality přes technologii až po výrobu a expedici. Zavádění traceability se neprovádí pouze z důvodů zvýšení bezpečnosti, ale i pro uspokojení zákaznických požadavků a přání. Traceability ale dokáže poměrně dobře mapovat a vylepšovat interní procesy.

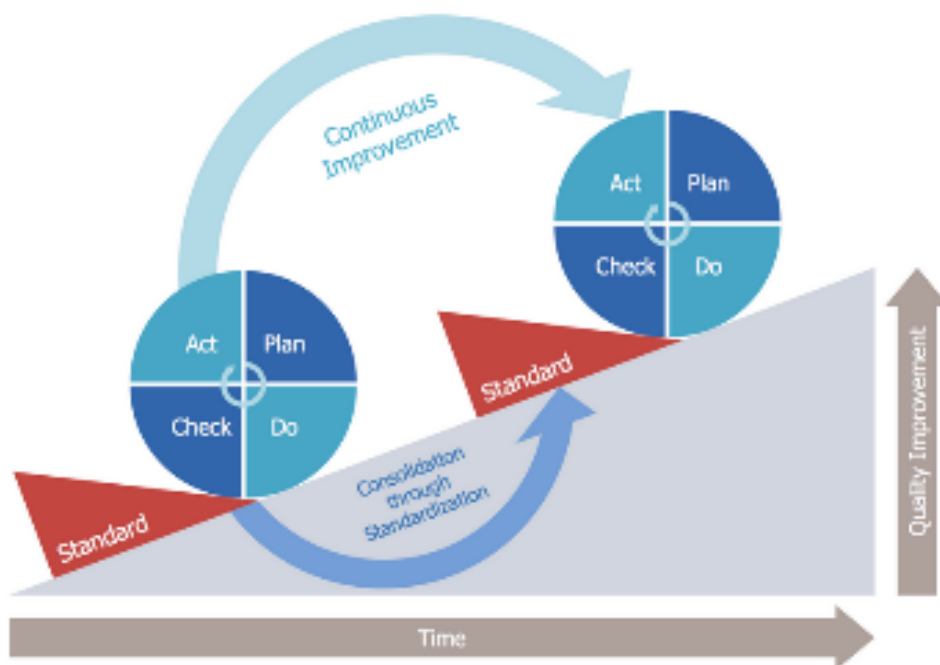
V práci se budu zabývat vytvořením projektu na zavedení traceability do podniku Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o., kdy se budu zabývat traceabilitou výrobků. První část práce popíše nezbytně nutný teoretický základ, který je potřebný pro vypracování praktické části práce a bude se zabývat podnikovou jakostí, problematikou trasování a typy kódů, které jsou dnes pro trasování používány. Teoretická část práce bude uzavřena přiblížením společnosti Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o.

Cílem práce je zpracování projektu implementace trasování do podnikových procesů. Na základě analýz budou definovány problémy a skutečnosti, které omezují zavedení traceability v současné době. Po vyhodnocení analýzy bude vypracován návrh, který následně zpracuji jako projekt, který by měl systematicky objevené problémy vyřešit a zavést traceability do podnikových procesů. Po zpracování projektu může firma trasovat výrobky celým výrobním procesem, který bude vyhodnocen jako důležitý a tím prokazatelně doložit data o svých výrobcích a jejich výrobní historii a kvalitě.

2 Traceability výrobků v automobilovém průmyslu

Vstupní normou pro automobilový průmysl je ČSN EN ISO 9001:2016. Používání a dodržování této normy zajišťuje neustále rozvíjení a zkvalitňování hlavních i podpůrných výrobních procesů. Podnik, který splňuje tuto normu, se neustále vyvíjí, neboť soustavně vyhodnocuje v celém výrobním procesu. Na základě těchto rozborů hledá další možná vylepšení, zdokonalení, zkvalitnění. Je třeba, aby se do toho procesu zapojili pracovníci na všech pozicích, to znamená struktury od nejvyššího managementu po výrobní dělníky. [6, 14]

K neustálému zdokonalování můžeme využít cyklus PDCA, který v rámci cyklu zlepšení generuje na základě výsledků navazující cyklus. Ten to opět zlepšuje, a tím dosáhneme kontinuálního postupu vpřed. PDCA diagram je složený ze čtyř znaků, kdy jednotlivý znak definuje krok. Prvním krokem je Plan. V tomto kroku musíme přesně naplánovat a zformulovat cíl, kterého chceme v rámci zlepšení dosáhnout. Cíl musí být přiměřený a odpovídající danému požadavku na zlepšení. Ve druhém kroku Do již realizujeme a provádíme akce, které povedou ke stanovenému cíli. Ve třetím kroku Check kontrolujeme dosažený výsledek vůči nastavenému cíli z prvního kroku. Poslední krok Act definuje stav, kdy bylo dosaženo zlepšení a je potřeba začít nový cyklus. V tomto kroku bychom měli standardizovat dosažený stav a poté pokračovat opět krokem Plan. [14, 22]



Obrázek 1 PDCA diagram [19]

2.1 Definice traceability

Anglický termín traceability můžeme přeložit volně jako sledovatelnost či trasovatelnost. Traceability definujeme jako jednoznačnou schopnost výrobku být sledován na základě přesného identifikačního znaku. Pomocí identifikačního znaku lze dohledat informace o výrobním procesu jak u odběratele, tak i u dodavatele. Traceability je důležitá z pohledu kvality, technologie výroby i celkových nákladů na výrobu produktů. [6, 14]

2.2 Požadavky na traceability

Moderní výrobní procesy vyžadují jednoduchý systém trasovatelnost výrobků ve kterém se bude bezproblémově orientovat většina uživatelů. Dále je třeba zabezpečit v systému traceability vytvořit taková opatření, aby se eliminovaly jak chyby systémové, tak chyby lidské. [6]

2.3 Využití traceability v automotive průmyslu

Traceability lze využívat neustále. Pokud je využívána efektivně, dokáže zlevnit a zjednodušit podnikové procesy. Na základě dat z traceability můžeme eliminovat pochybení při výrobě a tím předejít reklamacím a ztrátám renomé podniku. Na traceability se dá navázat mnoho dalších metod a postupů, kterými lze dále ovlivňovat výrobu.

2.4 Zavádění systému traceability

Systém traceability má krom benefitů, které přináší, i mnohá úskalí. Těmi jsou hlavně finanční náklady a poměrně velká reorganizace při jeho zavedení. Náklady jsou spojené především s pořízením nových technologií a strojů. Další náklady představují zavedení nebo rozšíření IS podniku, náklady na proškolení operátorů a THP. Reorganizace má dopad na využití dostupné strojní plochy, ale také na reorganizaci personálu. Se zaváděním systému traceability zaniknou nebo se výrazně omezí některá pracovní místa, například pozice manipulants s materiálem, obsluha linek a podobně.[22]

2.5 GS1 Global Traceability Standard

Při zavádění traceability lze využít GS1, globálního německého standardu. Definuje její formální kroky, postupy, kódy a prvky. S těmito standardy pracuje celosvětově více než milion společností ze 115 zemí světa. Nosnou myšlenkou GS1 je vytvoření takového standardu, který usnadní spolupráci v dodavatelském řetězci při traceování zboží. Globální standard sledovatelnosti udává dva koncepty traceability. Prvním konceptem je Critical

Tracking Events. Zahrnuje fyzické operace jako jsou příjem, balení, přeprava zboží. Druhým konceptem je Key Data Elements. Sem řadíme datové prvky. Z těchto dvou konceptů posléze vznikne výsledná traceability. Identifikační Standard GS1 definuje postupy, které používáme ke sledovatelnosti výrobků. Jsou zde jasně definované prvky traceability, které se pohybují napříč dodavatelským řetězcem. [13, 14]

3 Typy kódů pro traceability

Pro traceability používáme 1D, 2D kódy a OCR. Bez 1D se neobejdou především v poštovní, prodejní a potravinářské službách. V průmyslových podnicích se s nimi setkáme především na zakázkových listech, nebo na materiálových štítcích.

2D kódy používáme v průmyslu a všude tam, kde je do kódu potřeba začlenit více dat. 2D kódy jsou čitelné telefony a wearables, proto jsou lépe využitelné i v dnešním všedním životě. 2D kódy zvolna nahrazují 1D kódy a během několika let je ve velké míře zastoupí. Specifickým typem kódů jsou OCR. [33]

3.1 OCR

OCR (Optical character recognition) umožňuje založit systém traceability na základě rozpoznávání alfanumerických znaků. OCR lze tisknout nebo přímo značit na výrobky nebo materiály. Technologie OCR funguje na základě automatického rozpoznávání alfanumerických znaků určitým optickým mechanismem. Nejčastěji se využívají kamery určené ke strojové vidění. OCR dělíme na tři hlavní typy OCR-A, OCR-B a OCR-H. [3, 32]

3.2 1D

1D kódy neboli lineárními kódy používáme především ke značení zboží a při malém objemu kódovaných dat nejčastěji v rozmezí 8 až 15 znaků. Po překročení doporučené hodnoty jsou kódy neúměrně prodlužovány. Typologicky rozpoznáváme 1D kódy UPC-A, UPC-E, EAN-8, EAN-13, Industrial 2 of 5, Interleaved 2 of 5, Code 11, Codabar, Code 39, Code 93 a Code 128. Všechny jmenované kód uvádím na obrázku 2. Nevýhodou 1D kódů je jejich obecná velikost. V porovnání s většinou 2D kódů jsou prostorově několikrát větší než obsahově srovnatelný DMC nebo QR kód. Naopak výhodou je jejich využití při kombinaci statické a dynamické databáze.



Obrázek 2 Příklady 1D kódů [1]

3.3 2D

2D kódy jsou často využívány v průmyslových odvětvích. V několika posledních letech se začínají používat i ve všedním každodenním životě. 2D kódy dělíme na maticové a skládané. Mezi skládané 2D kódy řadíme Code 49, PDF 417, Micro-PDF 417 a GS1 DataBarstacked. 2D skládané kódy by měly postupem času nahradit 1D kódy. Mezi maticové kódy řadíme DataMatrix code, Quick response code, Maxo code, Aztec code. [2]

První dva jmenované kódy jsou nejpoužívanějšími 2D. Budu se jim blíže věnovat v následující části textu, protože jsou důležité pro praktickou část práce. Každý 2D kód je definovaný normou udávající jeho přesné technické specifikace a kvalitativní požadavky. Pokud kód splňuje přísné předepsané normy, můžeme na tomto jasně definovaném základu vytvořit traceability. [2]

3.3.1 QR kódy dle ISO/IEC 18004:2015

QR neboli Quick Response je dvourozměrný maticový kód tvořený čtvercově uspořádanými buňkami. V rozích QR se nachází vyhledávací čtvercové buňky. Zaručují nezaměnitelnost a jedinečnost QR kódu. QR kód může obsahovat až 7089 číslic nebo 4296 písmen. Zahrnuje dokonce i datové sady pro interpunkční znaménka, diakritiku a speciální znaky. Tyto obsahové možnosti umožňují do QR zakódovat slova, věty a díky speciálním znakovým sadám dokonce i internetové adresy. Velikost QR kódu určuje jeho obsah. Čím více kódovaných dat, tím větší rozměry kódu. [20]

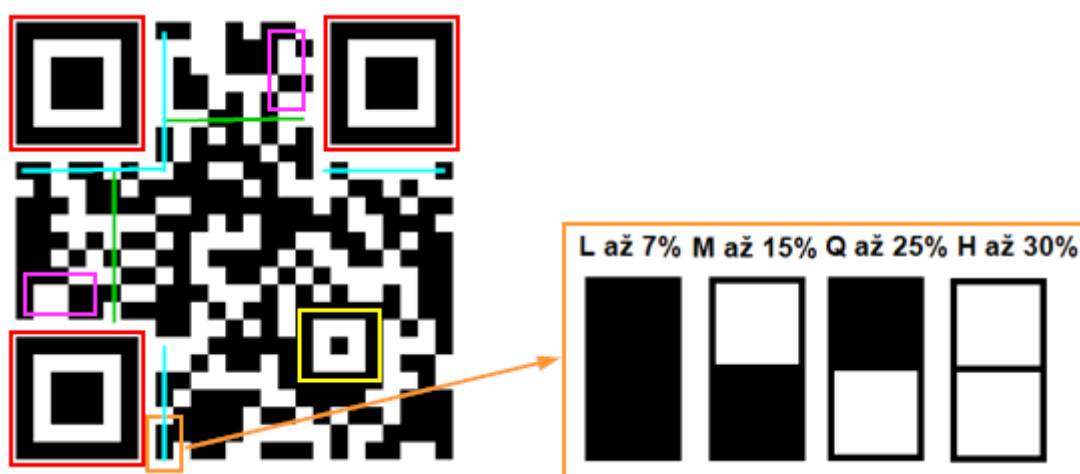
Rozeznáváme tři druhy QR kódů. Prvním je QR Code Model 1, který byl použit jako předloha pro QR kód dle ISO/IEC 18004:2015. QR code Model 2 byl prvním kódem, který vyšel pod ISO/IEC 18004 a definoval velice důležitou specifikaci. Uvedl doplnění naváděcích vzorů pro velké kódy. QR kód dle normy ISO/IEC 18004 druhé vydání již specifikoval kód, jak ho známe z aktuální třetí edice. Navíc přinesl některá další vylepšení. Prvním byla možnost zrcadlení QR kódů a jejich inverzních otočení tak, abychom mohli i QR kódy vytvářet dle požadavků ISO/IEC TR 29158. [20]

Druhou velkou změnou bylo uvedení Micro QR. Má menší množství modulů a omezený rozsah, proto se hodí na přenos menších dat. Právě tato skutečnost umožňuje využití QR kódů v průmyslu s kombinací technologie přímého značení. QR kódy využíváme především v zábavním průmyslu a všude tak, kde je důležité přenést větší objemy dat.

Tělo QR kódu se skládá z několika částí. Nejzřetelnější částí kódu jsou poziční značky určující orientaci kódu. Podle nich bychom měli při aplikaci kódu vycházet. Čtečky a

validátory načítají i kódy otočené jiným směrem. Standardně se kód umísťuje tak, jak můžeme vidět na obrázku 3. Aby bylo načítání co nejefektivnější a čtečka rozeznala dobře velikost kódu, určujeme velikost QR kódu na základě vzdálenosti pozičních značek.

Druhou zřetelnou částí QR kódu je jeho tělo. Skládá z malých čtvercových buňek a obsahuje šifrovaná data. Přesně specifikovaná část těla uvádí verzi kódu. Další částí je orientační značka. Ta se udává v QR kódu od určité velikosti. Čtvrtou částí QR kódu je tichá zóna, která odděluje hranice kódu od okolí. Minimální velikost je doporučena na jednu velikost jedné čtvercové buňky. Další částí QR kódu je označení úrovně chyb, zde rozeznáváme čtyři stavy. [20]



Obrázek 3 QR kód [29]

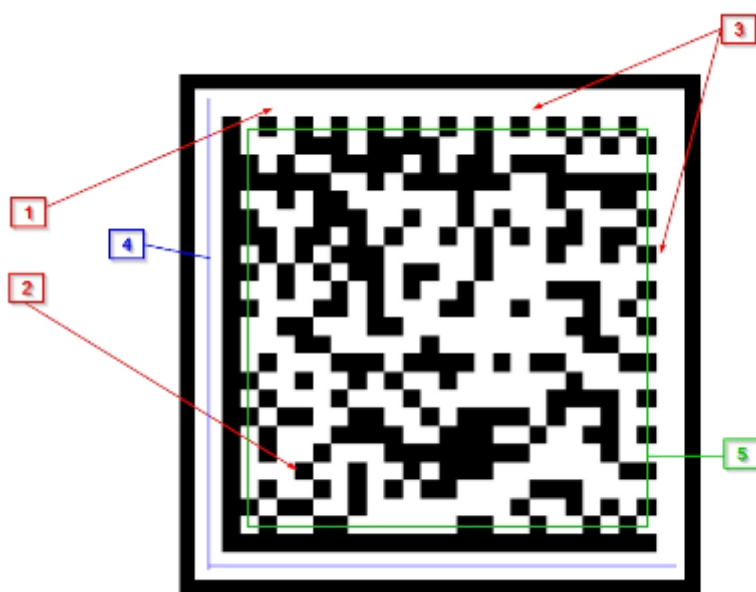
QR kód je dobře čitelný i za horších podmínek za pomoci jednotlivých úrovní opravy chyb. Rozlišujeme čtyři kategorie, které označujeme jako L, M, Q a H. Úroveň L dokáže opravit až 7% poškození, úroveň M dokáže opravit až 15% poškození, úroveň Q dokáže opravit až 25% a nejvyšší level H dokáže opravit až 30% kódu. [29]

3.3.2 DMC kódy dle ISO/IEC 16022:2006

DMC neboli Data Matrix code je dvourozměrný kód, který je vytvořen čtvercovými moduly uspořádanými do určitého čtvercového vzorce. DMC kód používáme především v mnoha průmyslových odvětvích pro jeho vysokou spolehlivost a zaručenou čitelnost. DMC kód můžeme primárně zobrazovat jako tmavé čtvercové moduly na světlém pozadí. Můžeme ho také invertovat, to znamená použít světlý čtvercový modul na tmavém podkladu. Možnost invertování kódu je důležitá především pro technologie značení dle ISO/IEC TR 29158. Norma pro DMC lze použít buď na tištěná DMC nebo na přímo značené DMC. [19, 21]

DMC je složen z několika částí. Nejzákladnějším prvkem kódu je buňka. Na obrázku X je označena číslem 2. Buňka neboli modul musí mít čtvercový rozměr odpovídající výsledné velikosti DMC kódu. V případě použití normy ISO/IEC TR 29158 je možné, aby buňka měla kruhový tvar, zejména při použití technologie Dot Peen. Buňka je důležitá pro přenos dat, protože každá buňka reprezentuje jeden bit binárních dat, tedy 0 nebo 1. [19, 27]

DMC dále obsahuje významný znak, který je na obrázku vyznačen modrou barvou a označen číslem 4. V odborné terminologii ho najdeme označený jako Finder Pattern. Má vždy tvar písmene L. Finder Pattern určuje orientaci DMC, neboť roh písmene L najdeme vždy vlevo dole. Pokud se řídíme tímto pravidlem, není možné načíst kód chybně v situaci, kdy je zrcadlově otočen.

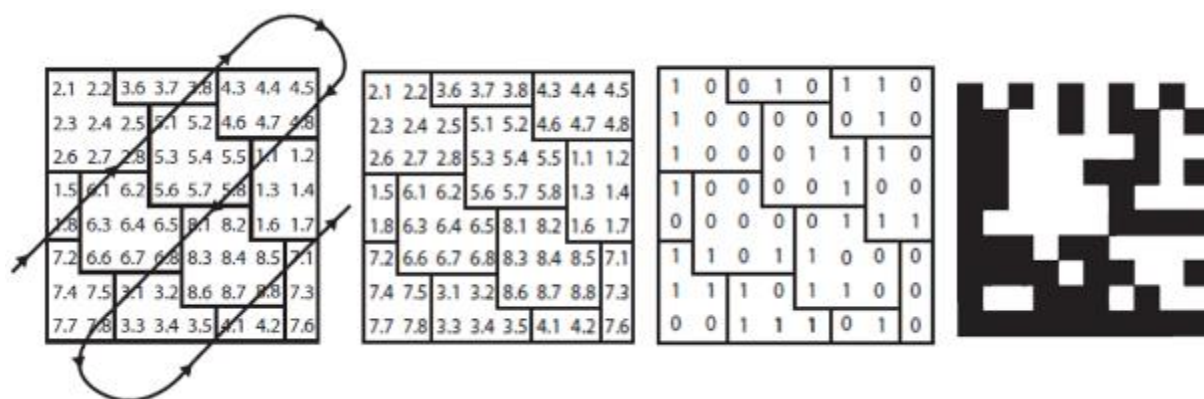


Obrázek 4 Části DMC [19]

Dalším významným znakem je takzvaný Clocking Pattern umístěný na protilehlých stranách vůči Finder Patternu. Tvoří střídající se tmavé a světlé buňky. Mají velice důležitý význam, protože udávají počet řádků a sloupců v kódu. DMC kód musí mít stanovenou takzvanou Quiet Zone. Funkcí Quiet Zone je oddělovat kód od okolí a to co nejrovnoměrnějším odstínem barvy invertní k buňce kódu. Na obrázku je tato oblast označena číslem 1. Standardně dodržujeme rozměr na jednu až dvě buňky z důvodu co nejkomfortnějšího načítání. Poslední a zcela neodmyslitelnou oblastí kódu je oblast označena číslem 5. Do oblasti je vložen obsah kódu, na jehož základě volíme rozměry DMC kódu. DMC kód s rozměry 10 x 10 říká, že DMC kód má 10 sloupců a 10 řádků použitelných pro kódování. Tomuto rozdělení náleží ekvivalent velikosti možných dat, která lze do kódu vložit.

V případě rozměru 10 x 10 máme možnost využít šest číslic nebo tři alfanumerické znaky ASCII. [19]

Aby byl DMC kód co nejspolehlivější, obsahuje funkci opravy chyb Reed-Solomon. Reed-Solomon zaručuje, aby byl kód i při částečném poškození čitelný. Postup kódování má daná pravidla, stanovená normou ISO/IEC 16022:2006. Prvním krokem je určení správné velikosti kódu (Příloha 3). Data, která chceme zakódovat, musíme převést mezi ASCII, decimálními a binárními hodnotami. Následujícím krokem je přesný zápis dle metodiky znázorněné na obrázku 5. Výsledné binární hodnoty mají hodnotu 0 a 1 což v grafickém zápisu znamená tmavou barvu pro hodnotu 1 a světlou barvu pro hodnotu 0. Finálním krokem při generování je umístění Finder pattern, Clocking Pattern a Quiet Zone. [19]



Obrázek 5 Kódování DataMatrix dle ISO normy [19]

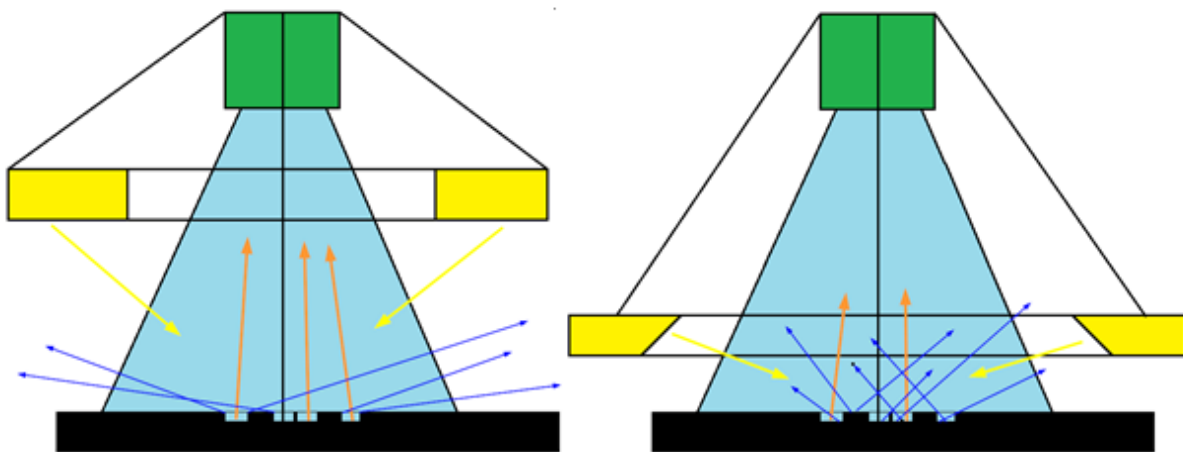
3.4 Načítání kódů

Načítání kódů funguje na poměrně jednoduchém principu. Světlo generované zdrojem čtečky dopadne na povrch označeného kusu nebo materiálu a je vráceno zpět do čtečky. Kód má kontrastní barvu, takže světlo na tmavších oblastech je částečně absorbováno a na světlejších místech je absorbováno méně. Do čtečky se vrací obraz kódu a jeho pozadí. Kód lze následně dekódovat a přečíst data. [25]

Při načítání kódů se snažíme dodržovat dvě základní pravidla. Prvním pravidlem je vytvoření maximálně kontrastního prostředí, tedy takového prostředí, kde budou potlačeny světelné zdroje okolí. Druhou podmínkou je eliminace irelevantních prvků během procesu čtení. Pro splnění těchto dvou pravidel je zcela zásadní správná volba načítacího světla anebo kombinace více světlených zdrojů. Pro načítací světlo musíme vybrat relevantní barvu osvětlení, světlené filtry, intenzitu světla a jeho polarizaci. Základní veličinou při volbě správného načítání kódů je vlnová délka světla. Na základě odrazivosti a barvě povrchu stanovujeme vhodnou barvu světleného zdroje. Velká většina moderních čteček obsahuje více

barevných diod, které mají zelenou, modrou, červenou a bílou barvu. Diody se dají nastavit jednotlivě nebo společně tak, aby splňovaly výše jmenované podmínky. Intenzita světla musí být regulována dle povrchu materiálu a jeho odrazivosti. Polarizované filtry používáme v případě, kdy je potřeba potlačit či zvýšit určitou barvu spektra.

Správné světlené podmínky pro načítání musí být nastaveny podle toho, jakou oblast chceme načítat, jestli světlou část, nebo tu tmavou. Na základě volby musíme umístit světelný zdroj do určité pozice od zdroje. Nejpoužívanější řešení je na obrázku 6 vlevo, kdy chceme osvětlit maximálně světlou oblast kódu. Kamera je umístěna nad kód. Osvětlení je umístěno tak, aby pokrylo oblast kolem kódu. Při osvětlení oblasti kódu na jeho povrch dopadnou světlené paprsky, které se začnou od povrchu odrážet. Většina odražených paprsků jde zpět rovnoběžně s vyznačenou osou zpět do kamery. To znamená, že objekty, které jsou ke kameře natočeny přibližně v pravém úhlu, jsou pro ni viditelné. V závislosti na typu materiálu a jeho struktuře povrchu se musí vzdálenost mezi světlem, kamerou a kódem upravit pro co nejlepší výsledky pro čtení kódu. [25]



Obrázek 6 Načítání kódů

Druhou variantou je osvětlení tmavé části kódu. Je to komplikovanější aplikace, nicméně v některých případech nevyhnutelná a v případě technologie přímého značení Dot peen jediná použitelná. Osvětlení je umístěno tak, aby se paprsky dopadající na materiál neodrazily rovnoběžně s osou, ve které je kamera. Dochází k opačnému efektu. Hrany jednotlivých buněk kódu jsou viditelné pro kameru, protože světlo se odráží rovnoběžně s osou kamery.

3.5 Verifikace kódů

Verifikace kódů je nedílnou součástí problematiky značení kódy. Verifikace určuje, zda a jak je kód kvalitní pro načítání. Je důležité, aby na začátku každého trasovaného dílu byla

stanovena minimální známka kódu, tedy jeho nejnižší kvalita. Aby byla orientace v určování kvality kódu co nejjednodušší, řídíme se ISO normami ISO 15415 a ISO 29158. ISO 15415 lze použít na vyhodnocení přímého i tištěného značení součástí. Je pravděpodobné, že lepší korelace mezi jednotlivými výsledky měření bude dosažena s ISO/IEC TR 29158. Z toho vyplývá, že tištěné kódy je možné vyhodnocovat na základě ISO 15415 a jiné technologie značení vyhodnotit dle ISO/IEC TR 29158. [4, 17, 21]

3.5.1 ISO/IEC TR 29158

Norma ISO/IEC TR 29158 se zabývá takzvaným DPM (direct part marking), což v českém překladu znamená přímé značení dílů. DPM zahrnuje oblast technologií důsledkem které pozmění díl nebo jeho povrch fyzicky tak, aby vytvářel dvě různě barevné oblasti. Oblasti ideálně co nejvíce kontrastní. Tuto změnu lze provést několika různými způsoby, například technologií jako je Dot Peen, laserováním, Ink jetem a elektrochemickým leptáním. [21]

Oblast měněného povrchu nazýváme značkou. Oblast, která obsahující kód a jeho pozadí nazýváme symbolem. Když světlo z čtečky osvětlí symbol, odráží se odlišně v závislosti na tom, zda dopadá na pozadí součásti nebo na fyzickou změnu. Z toho důvodu je důležité, aby byla značka co nejvíce kontrastní, protože ve většině prostředí pro skenování čárových kódů jiných, než značených metodou DPM, se světlo odráží od hladkého povrchu zpět do čtečky.

Pro co nejlepší výslednou kvalitu značeného kódu musí být alespoň jeden z povrchů odražený tak, že úhel dopadu se rovná úhlu odrazu. Pokud tato zásadní podmínka nebude dodržena, velká část čteček nebude kódy stabilně načítat. [21]

V některých případech se může stát, že jeden povrch produkuje zrcadlovou odrazivost. Ta vede k signálu řádově většímu než signál z difúzní odrazivosti. Poměrně velkou komplikací je značení tečkami. Některé technologie k vytvoření jednotlivých buněk značky místo čar využívají tečky, například technologie dot peen nebo laser. To způsobuje poměrně velké problémy při načítání a validaci. Načítací zařízení mohou kód nepřesně algoritmovat, a tím se stává kód nečitelný. Nespolehlivé bývají především levné čtečky protože nemají speciální funkce pro načítání. [21]

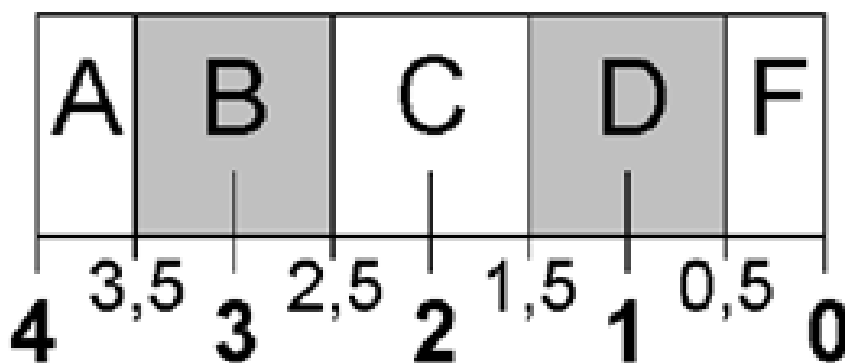
Norma ISO IEC TR 29158 nabízí daleko více možností jak pro validaci, tak pro načítání. Při načítání nebo validaci je možné nastavit čtení pod úhlem 30, 45 a 90 stupňů, kdy se dá kód načíst často i pouze s nasvícením dvou stran. Norma ISO IEC TR 29158 je mnohem benevolentnější než norma ISO 15415 a do určité míry se dá upravit přímo na značenou technologii. [21]

3.5.2 Norma ISO 15415

Norma ISO 15415 specifikuje testování kvality tisku dvourozměrných kódů. Norma udává přesné specifikace pro určování kvality kódů. Určování probíhá na základě dvou metodik měření specifických atributů dvourozměrných kódů. První metodika je určena víceřádkovým kódům a druhá metodika je určena maticovým kódům. Na základě těchto dvou metodik norma definuje celkové hodnocení kvality kódu. [17]

Dle celkového vyhodnocení je kódu přiřazena známka A až F, kdy A je nejlepší možný výsledek a F nejhorší výsledek.

V numerickém vyjádření je nejlepší možný výsledek určen číslem 4,0 a nejhorší výsledek 0,0. Aby byla zachována co nejjasnější metrika, používáme pro co nejkvalitnější vyhodnocení alfanumerické označení dle obrázku 7. Norma mimo jiné poskytuje informace o možných příčinách odchylky od optimálních metrik, aby pomohla uživatelům při úpravách kódů.



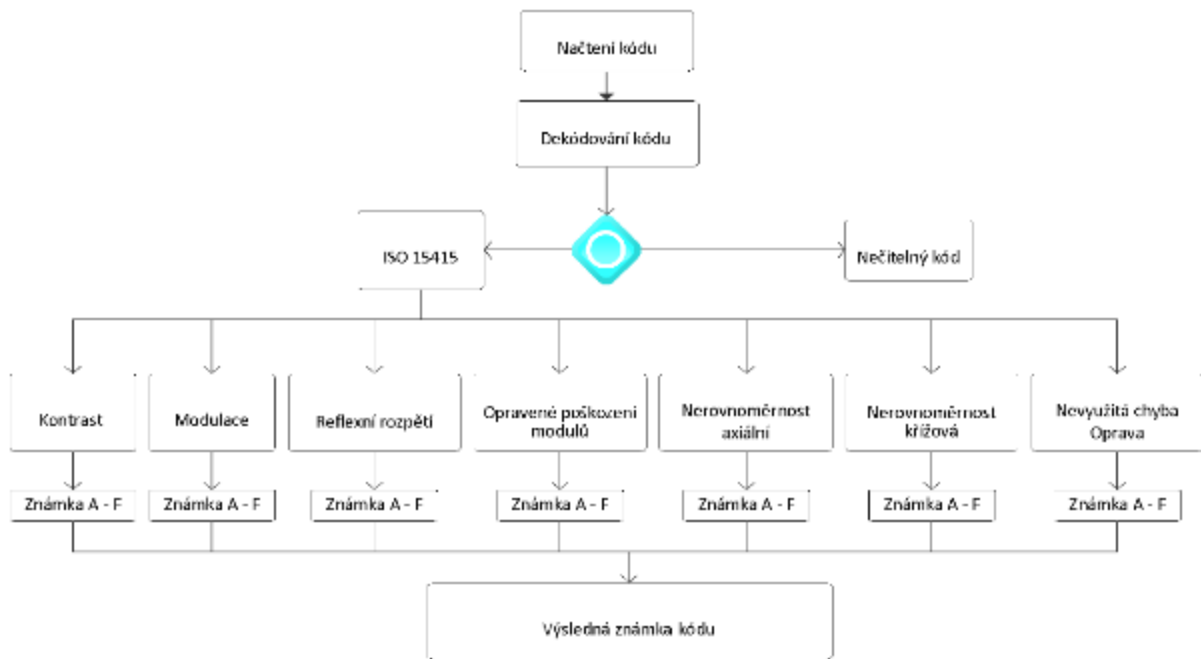
Obrázek 7 Druhy tříd dle ISO 15415 [17]

Verifikace samotná probíhá v několika krocích, které jsou znázorněny na obrázku 7. V horní části obrázku je znázorněno načtení kódu a jeho dekódování, to znamená část verifikace, kdy je k rozkódování použitý standardní referenční dekódovací algoritmus. Po dekódování je důležité, jestli je kód čitelný, nebo nečitelný. [17]

Pokud je kód nečitelný, je poškozen do takové míry, že jej nebylo možné dekódovat, nebo validace nebyla provedena správně. V tom případě kód dostane automaticky známku F. Pokud byl kód načten je verifikován dle sedmi stěžejních kvalitativních požadavků normy. Podle kontrastu, modulace, reflexního rozpětí, opraveného množství modulů, axiální nerovnosti, křížové nerovnosti a nevyužitých chyb. Každý jednotlivý požadavek je vyhodnocen dle známkovacího systému.

Výsledná známka kvality kódu je nejhorší dosažená. To znamená, že pokud by všechna kritéria byla hodnocena jako A, ale kontrast by hodnocen ve třídě C, bude výsledná známka

kvality C. Pro přehlednost jednotlivých hodnotících metrik jsem vytvořil v programu Aris jednoduchou tabulku, která zjednodušeně popisuje hodnocení dle normy ISO 15415. [17]



Obrázek 8 Verifikační postup dle ISO 15415 [15]

3.5.3 Zařízení pro verifikaci kódů

Zařízení pro verifikaci nazýváme verifikátor. Na trhu existuje několik firem, které nabízejí tato zařízení. Aby zařízení splňovalo ISO standardy pro verifikaci, musí být postaveno dle ISO/IEC 15426-2. Z ISO/IEC 15426-2 vychází metriky ISO 15415 a ISO/IEC TR 29158. ISO/IEC 15426-2 určuje zkušební metody a minimální kritéria a přesnosti verifikátorů. Pokud verifikátor nebyl postaven dle ISO 15426-2 a není certifikovaný dle této normy, nehodí se k verifikaci tištěných ani přímo značených 2D kódů. [18]



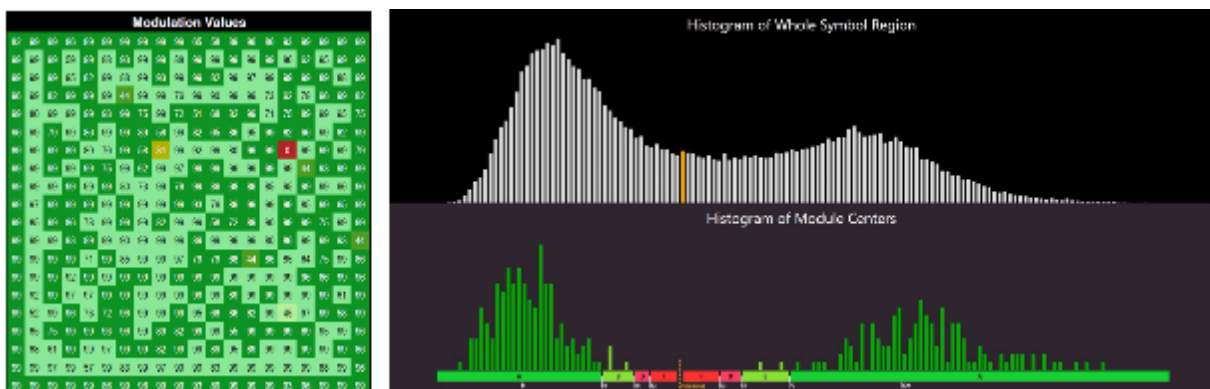
Obrázek 9 Validátor

Pro co nejmenší ztrátu vlastností kódu při verifikaci by měl verifikátor obsahovat přesný stojánek spojený s jemným nastavením vzdálenosti. Verifikátor musí být během verifikace umístěn kolmo nad kódem. Při zaměřování kódu musí být verifikátor umístěn do takové vzdálenosti, aby byl verifikovaný kód co nejlépe zaostřen. V tomto případě se vyplatí zvolit takový model verifikátoru, který obsahuje laserové zaměřování.



Obrázek 10 Validátor

Poslední důležitou částí verifikátoru je jeho softwarové rozhraní. Výstupy měření zpracované kvalitním softwarovým rozhraním zajistí odpovídající podklady pro budoucí úpravu kódu nebo potvrzení jeho kvality. Mezi prvky softwaru, které využíváme k určení kvality, jsou histogramy verifikovaného kódu. Viz obrázek 10. Celý záznam reportu je uveden v Příloze 2.



Obrázek 11 Report z verifikace kódu [8]

Rozlišujeme dvě kategorie validátorů, a to linkové a stacionární. Stacionární typ validátoru lze umístit například do laboratoře nebo na pracoviště. Verifikace stacionárním verifikátorem probíhá po spuštění na jednotlivých kódech. Linkové typy jsou přímo implementované do linek a dokáží verifikovat několik kódů zároveň. Oba typy mají své nezastupitelné místo a musejí být při zavádění traceability využívány.

4 Možné techniky značení kódů dle norem ISO 15415 a ISO/IEC TR 29158

V minulé kapitole jsem definoval jednotlivé druhy kódů a jejich specifikace. Následně teoreticky přiblížím možné značící technologie, které odpovídají normám ISO 15415 a ISO/IEC TR 29158. [10, 21]

4.1 Značení dle ISO/IEC TR 29158

Jak je uvedeno v předchozí kapitole, značící metody dle ISO/IEC TR 29158 nazýváme přímé. Značení je umístěno přímo na značeném materiálu, nebo součástce.

4.1.1 Dot Peen

Technologie Dot peen je metoda přímého značení, při které dochází k trvalé změně povrchu značeného kusu. Značení typu Dot Peen se využívá především pro tvrdé materiály, a to s tvrdostí až kolem 63 HRC.

Technologie značení funguje na principu poháněného značkovacího zařízení, především kolíku nebo jehly, které vytvářejí do povrchu materiálu nebo dílu důlky. Nejlepší volbou pohonu je pětifázový krokový motor, který zajistí přesnost a stejnou hloubku ražení. Metoda je dobře využitelná, protože osy se pohybují nezávisle na sobě, což znamená, že jsme schopni jednak vytvořit poměrně přesnou matici, ale i křivky. [28]



Obrázek 12 Dot peen značení [31]

Hloubku značení lze upravit na základě zvoleného typu značícího zařízení. Rozeznáváme pneumatické, elektrické, popisovací (s kombinací umístění buď stacionárním, nebo ručním) typy značících zařízení. Pro metodu přímého značení je nejlepší jako aplikační materiál použít kovy, nekovy a plastické hmoty a to především pro zařízení pneumatické a elektrické. Popisovací typy zařízení na značení umí vytvořit kódy na hladké a syntetické povrchy.

Pneumatická zařízení jsou přesnější než elektrická, ale stále ne jako popisovací. Pneumatická jsou spíše využívána jako stacionární zařízení. Nejpřesnější zařízení jsou popisovací, která jsou pouze stacionární a dokáží vytvořit opravdu přesné kódy to je zapříčiněno tím, že předchozí dvě metody vytváří jednu buňku jedním důlkem a popisovací zařízení dokáží místo jednoho důlku čtyři malé. To znamená, že kód má daleko lepší čitelnost, protože takto vytvořený tvar buňky lépe vyplní maticovou mřížku. Výsledná kvalita značení je závislá na zvoleném typu značícího pinu. Značící pin má hrot se sklonem nejčastěji pod úhlem 60°, 90° a 120°. Sklon 60° používáme především pro nejtvrďší materiály, kdy má výsledný důlek průměr ≤ 0.25 [mm]. Sklon 90° a 120° používáme pro méně tvrdé materiály, kdy velikost výsledného důlku bývá ≤ 0.31 [mm]. [28, 31]

Výhody technologie Dot Peen je především rychlost a poměrně nízká pořizovací cena. Velkou výhodou je stabilita kódu, kdy je kód čitelný i po větším mechanickém poškození povrchu. Nevýhodou je menší přesnost, než u dalších technologií. Další nevýhodou je menší spolehlivost načítání a to především levnějšími čtecími zařízeními.

4.1.2 Laserování

Patří k technologicky nejpreferovanější variantě přímého značení. Materiál, nebo díl značený laserem se díky interakci paprsku a materiálu se na jeho povrchu vytvoří kontrastní vrstva. Kontrastní vrstva je vytvořena buď ablací, nebo změnou vlastností laserovaného povrchu. Laserování používáme jak pro 2D kódy, tak i pro OCR. Výslednou kvalitu vytvořeného kódu ovlivňují jsou výkon laseru, rychlost značení a vlnová délka laserového paprsku.

Lasery pro vytváření kódů jsou účinné. Například CO₂ laser dosahuje účinnosti pouze kolem 30 %, ale jodové lasery mají účinnost i kolem 80 %.

Lasery rozlišujeme dle prostředí, ve kterém vzniká laserovací paprsek. Pro značení používáme především typy jako CO₂ plynový laser, polovodičový laser a vláknový laserem. Plynové lasery se používají zejména pro přímé značení syntetických materiálů a skla. Polovodičové lasery jsou vhodné zejména pro značení kovy, ale i syntetické materiálů a skla. Vláknové lasery jsou velice efektivní a spolehlivé. V dnešní době patří k možné typové špičce značících technologií.

Značení laserem je ovlivněno jednak typem laseru, jednak metodou značení. Rozeznáváme celkem sedm značících metod.

Ablace

Prvním typem je ablace tedy odtavení povrchu do té míry, než vznikne jinak barevná vrstva. Tento typ značení používáme na kovy, eloxovaný hliník a kompozitní materiály.

Gravírování

Druhou poměrně dost rozšířeným typem laserování je gravírování. Gravírování se používá na značení tam, kde není možné vytvořit dobře kontrastní povrch. Ačkoliv je gravírování bezbarvý proces, tak při dopadu paprsku se částečně odpaří materiál. Reakce okolního prostředí a částečné odpaření vytvoří kontrastní povrch.

Popouštění

Třetím typem je popouštěcí typ laseru. Funguje na principu zahřátí určité oblasti materiálu pod bodem tání. To má za následek změnu barvy povrchu. Samozřejmě tato metoda je preferovaná, pokud se již s materiálem, nebo kusem tepelně nepracuje. V případě, že bude materiál zahřátý nad teplotu kolem 200 °C kontrastní povrch se bude měnit v závislosti se použitou teplotou. Do 200 °C jsou žíhané kódy poměrně dobře čitelné.

Bělení

Bělení je poměrně neznámý pojem průmyslovém pojetí ve spojení s technologiemi laserování. Základ fungování tohoto typu přímo značení je ve změně, nebo rozpadu určitých složek materiálu. Z hlediska použitelnosti je nejlepším a nejstálejším materiál pro tento typ PVC, syntetický materiál a fólie. Touto metodou lze značit i kovové materiály, nicméně ne tak efektivně jako v minulé větě jmenované.

Karbonizace

Karbonizace je metoda laserového přímého značení, které funguje podobně jako popouštění, nicméně při této metodě se zpracovávávaný materiál napění. Karbonizace není určena téměř žádným materiálům kromě určitých syntetických materiálů.

Vnitřní gravírování

Vnitřní gravírování je poměrně neobvyklá realizace přímého značení. Využívá se především pro skla a plexiskla. Obrovská výhoda je, že značení je kryto materiálem, takže má stejnou životnost jako materiál samotný. Využívá se především pro značení čelních skel a světel.

Lámání

Lámání je stejně jako vnitřní gravírování poměrně neobvyklá realizace přímého značení. Je využitelná pouze pro sklad a to především číře průhledná. Značící laserový paprsek vytvoří

mikropraskliny na povrchu, kdy těmito prasklinami vznikne kontrastní materiál. Tato metoda je nejméně přesná a kódy jsou špatně čitelné čtečkami.

4.1.3 Elektrochemické leptání

Elektrochemické leptání je poměrně běžnou technologií pro přímé značení. Technologie funguje na základě chemického odstranění vrstev materiálu za pomoci elektrolýzy. Kontrastní plocha je vytvořena tak, že povrch po chemickém odstranění a elektrolýze eroduje, což znamená, že buď světlo absorbuje, nebo odráží. Výhodou je poměrně dobrá využitelnost a pořizovací cena je oproti ostatním technologiím vyšší. Běžně se používá pro vysokopevnostní materiály.

4.1.4 Ink jet marking

Metoda inkoustového značení není ve strojírenství a automotive v tak velké míře nevyužívá jako ostatní technologie pro přímé značení dílů. Technologie funguje na základě inkoustového paprsku, který aplikuje jednotlivé tvary nástřikem přímo na povrch materiálu, nebo kusu. Inkoust se skládá z chemicky stálých látek, které obsahují speciální rozpouštědla. Rozpouštědla po vypřechání zanechají inkoust na povrchu a tím vznikne kód. Metodu Ink jet rozdělujeme na dvě skupiny a to Drop on demand a Continuous method. Ani jedna z metod nejsou příliš přesné pro tisk 2D kódů a největší nevýhodou jsou speciálních sad inkoustů, protože pro každý materiál musí být přesně specifikovaný typ inkoustu. [12]

4.2 Značení dle ISO 15415

Metoda značení dle ISO je preferována jediná a tou je tištění. Tištění probíhá na tiskárnách, které používají odolnější směsi tiskařských náplní, aby byly tištěné kódy co nejvíc stálé. Tisk jako takový musí odpovídat normě ISO 15415, takže u tiskárny můžeme nastavit pouze velikost kódu a jemnost. Tato dvě kritéria nejvíce ovlivňují to, jak budou kódy po vytištění vypadat a do jaké třídy se budou řadit. Obrovskou výhodou tištění kódů, je naprosto bezkonkurenční cena jak nákladů, tak spotřebního materiálu. Poměrně výkonné tiskárny určené pro nepřetržitý provoz se cenově pohybují okolo 50 000 Kč a spotřební materiál v nejlepší kvalitativní kategorii stojí v řádu stokorun. Nevýhodou je bezesporu fakt, že štítky nejsou tak stálé a lze je snadno odstranit z výrobků.

5 Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o.

Rozrůstající se společnost Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o. je dceřinou firmou skupiny Nippon Mektron. Firma vyrábí tištěné plošné spoje pro automotive, zdravotnictví další průmyslová odvětví. Filozofickým heslem společnosti je „THINK GLOBAL, ACT LOCAL“. Toto heslo se společnost snaží prosazovat kombinací lokálních znalostí, globálním designem a vysokými výrobními standardy, na základě kterých, deklaruje zákazníkům tu nejlepší kvalitu a spolupráci. Cílem společnosti je být i nadále světovým lídrem v poskytování inovativních a nákladově efektivních flexibilních plošných spojů pro automobilový průmysl.

5.1 Představení společnosti

Společnost Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o. (dále jen Mektec) působí v České republice od roku 1997. V roce 2004 Mektec splnil požadavky certifikace ISO/TS 16949:2002 a stal se dodavatelem do automobilového průmyslu. V roce 2010 Nippon Mektron získal 100% podíl skupiny Freudenberg Mektec Europa GmbH a následně zařadil Mektec do celosvětové skupiny. Společnost Mektec má v Evropě několik závodů v Německu, České republice a Maďarsku. Společnost disponuje důležitými certifikáty, jako jsou DIN EN ISO 14001, BS OHSAS 18001 a DIN EN ISO 50001.

5.2 Výrobní činnost společnosti

Hlavním produktem firmy je flexibilní plošný spoj (dále jen FPC) vyráběný v mnoha typových úpravách. FPC se skládá z několika vrstev materiálů, které jsou k sobě spojeny specifickým technologickým postupem. Mezi další technologie patří osazování FPC komponenty v ESD chráněných oblastech a aplikace speciálních těsnění.



Obrázek 13 Logo Mektec

6 Analýza současného stavu v podniku

Prvním krokem k úspěšnému systému traceability je analýza současného stavu. V analýze se budu zabývat aktuální situací traceability a výrobními operacemi, které musí být zahrnuty do traceability.

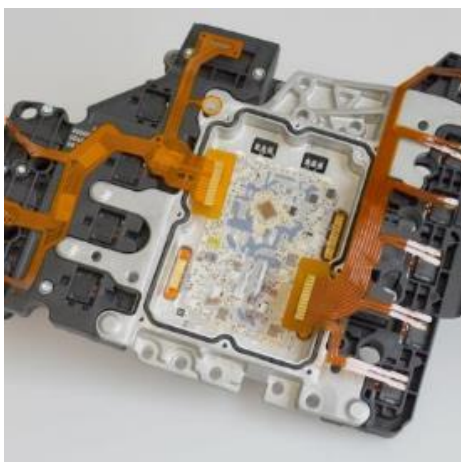
6.1 Flexibilní plošný spoj

Flexibilní plošný spoj se skládá z několika materiálů, které jsou definovány na obrázku XXX jednotlivými vrstvami. Polymer tvoří dohromady s lepidlovou vrstvou cover foil, tedy krycí fólii. Měděná fólie, lepidlo a polymerová vrstva tvoří základní materiál. Všechny tyto vrstvy jsou spojeny teplotou a tlakem. Díky těmto materiálům lze takto vyrobený flexibilní plošný spoj ohýbat a poměrně dobře ho natvarovat do finální sestavy. Vodivost spoje je zajištěna měděnou fólií, do které jsou vyleptány jednotlivé cesty.



Obrázek 14 Řez flexibilním plošným spojem

Přístup k mědi je možný z obou svou stran, tedy to znamená, že jednotlivé komponenty lze osadit z obou stran, nebo provést výsledné elektrické zapojení z obou stran kusu. Příklad



Obrázek 15 Finální montáž výrobku s FPC

aplikace montáže řídicí jednotky převodovky můžeme vidět na obrázku 15. Jednotlivé výrobní postupy jsou uvedeny v kapitole 2.3.

6.2 Výrobní portfolio

6.2.1 Rozdělení výrobků

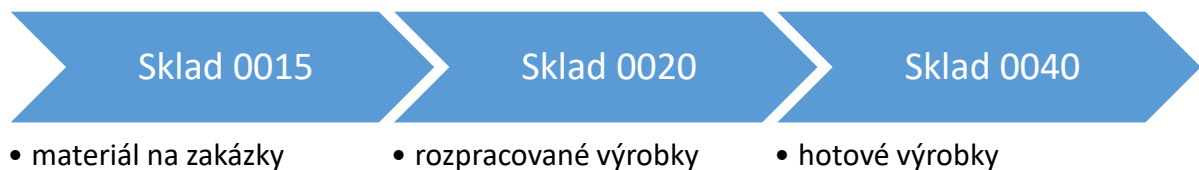
Pro traceabilitu je důležité, v jakém stavu se nacházejí výrobky ve vztahu k jejich rozdělení. Ve výrobě se můžeme setkat se dvěma důležitými stavy, a to jednotlivými kusy a panely.

Panely obsahují jednotlivé kusy, které jsou v průběhu střížných operací vystříhány a tím uvolněny. Stav v panelu má své výhody, ale samozřejmě i nevýhody. Mezi výhody řadím především snazší manipulaci a požadavky na manipulaci. Na druhou stranu, pokud je v panelu zmetek, musí projít všemi výrobními operacemi až po konečný stříh. Tedy musí projít všemi operacemi jako ostatní dobré kusy.

Jednotlivé kusy vznikají po konečném stříhu a to tak, že jsou postupně rozstříhány s ohledem na přesnost a kvalitu stříhu. Po konečném stříhu jsou roztříděny na dosavadní označené zmetky a dobré kusy. Manipulace s kusy je časově náročnější, ale oproti panelu je tu výhoda možnosti třídít zmetky.

6.2.2 Vydávání materiálu na zakázky

Do materiálového toku vstupuje několik dodavatelů, nicméně traceabilita podstatná pro podnik začne vydáním všech materiálů ze skladu označeného 0015. Dále je pak nahrán do skladu 0020, který je určen pouze pro materiály vydané na zakázky. Sklad 0040 je expediční sklad, ze kterého se kusy odesílají zákazníkům ve finálním balení.



6.2.3 Pře prodej materiálu

Ze skladu 0015 se vydává materiál na jednotlivé zakázky na základě údajů v zakázkových listech do skladu 0020. Zakázkové listy posílá do skladu plánovač výroby. Toto je první impuls k začátku výroby. V tomto kroku je zakázce přiřazena šarže a její číslo. Kusovník a pracovní postup je závislý na materiálovém čísle. To znamená, že materiálové číslo se opakuje, ale šarže a číslo zakázky je vždy originální. Dále jsou v zakázkových listech

doplněna jednotlivá množství, která se na zakázku mají vydat. Materiál do výrobního skladu 0020 je vždy vydán pohromadě a za pomoci vláčku je rozvezen na všechna pracoviště.

Ze skladu 0020 do skladu 0040 jsou přeprodány již finální výrobky. Jedná se výrobky, u nichž byl dokončen výrobní postup a jsou zabaleny ve finálních obalech. Ve skladu 0040 jsou poté vytvořeny expediční jednotky a ty jsou na základě objednávek odeslány zákazníkovi.

6.3 Kontrola kvality výrobků

Kvalita výrobků je v Mektec vyhodnocována dvěma dokumenty, na základě kterých jsou nastaveny výstupy jednotlivých procesů a operací. Prvním je katalog obecných vad a standardů a druhým je kontrolní návodka, která je vytvořena na základě požadavku zákazníka a jeho reklamací. Na základě kvalitativních požadavků a procesních parametrů jsou stanoveny procesní operace důležité pro traceabilitu.

6.4 Definování procesních operací důležitých pro traceabilitu

Procesní operace, které budou zařazeny do systému traceability, musí splňovat několik kritérií. Prvním kritériem je detekovatelnost procesní operace na kuse, nebo detekovatelnost operace samotné.

To znamená, že je identifikovatelná ve vztahu k jednomu kusu jako je například elektrický test, teplota, tlak a podobně. Druhým kritériem je možnost implantace čtecího zařízení pro kódy, nebo možnost získat data ze stroje o probíhající operaci.



Obrázek 16 Definice pracovišť pro traceabilitu

Třetím kritériem je takové řešení procesní operace, aby nebylo možné obejít systém načítání, nebo ho provádět chybně. Ideální možností je implementace Poka Yoke do procesní operace. Jde například o využití jigů, fixtur pro manipulaci s díly, nebo panelů, kde je pouze jedna možnost založení.

Jak v případě kusu, tak v případě panelu je možné využívat osové souměrnosti, protože čtecí zařízení se defaultně zaměřují na určité oblasti.

Čtvrté kritérium je možnost doinstalování systému pro traceabilitu do operačního systému stroje přes dodaný, nebo implementovaný terminál. Datové výstupy musí být možné převádět do databázového systému.

Postup a sled jednotlivých operací je vždy závislý na konkrétním výrobku. Operace jsou spojeny buď do linek nebo probíhají v technologických centrech. Procesní operace důležité pro traceabilitu jsou ovlivněny specifickou měřitelnou, nebo detekovatelnou hodnotou, která je důležitá pro výrobek odpovídající specifikaci a kvalitativnímu požadavku zákazníka.



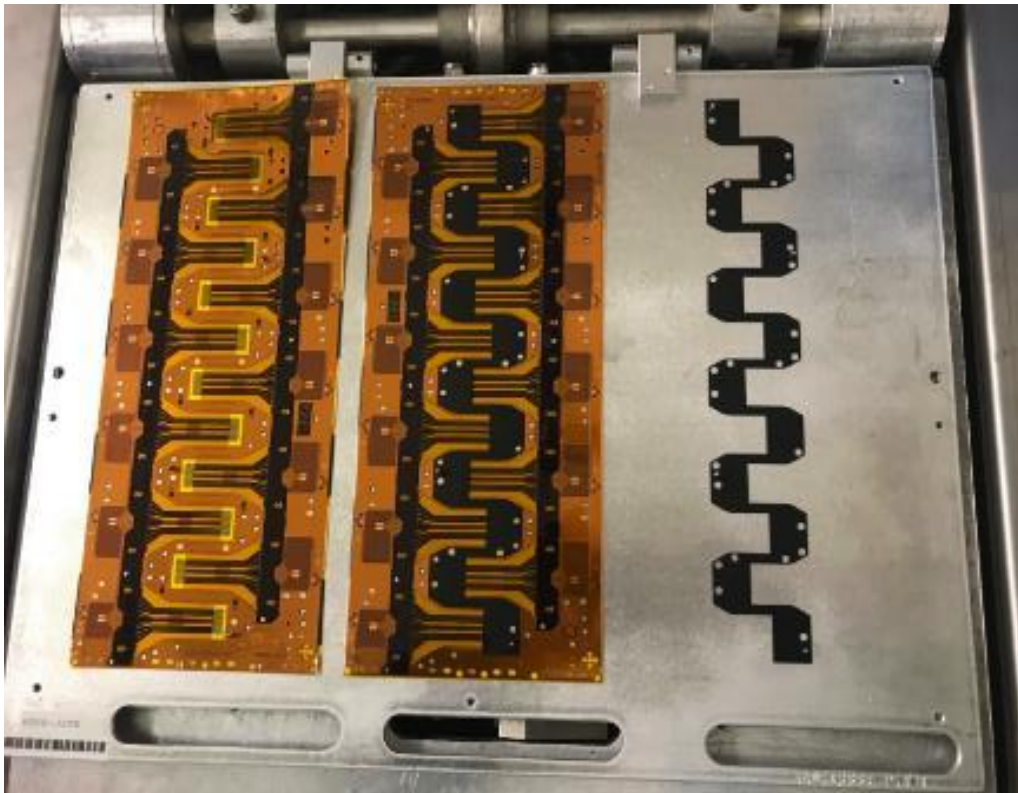
Obrázek 17 Sled operací

6.4.1 Heftování a laminace

Heftování a laminace jsou obvykle prvními operacemi prováděnými na kusech. Jsou součástí linek i technologického uspořádání. V těchto procesech dochází k vytvoření adheze za pomoci chemické vazby mezi lepidlem a lepeným materiálem.

Heftování

Je proces, při kterém je na panel nanášen pruh pomocného materiálu. Za použití určité teploty, krátkého času a nízkého tlaku je přichycen na panel. Dochází zde tedy k částečné adhezi. K přesnému provedení heftování je použitý přípravek s kolíky, na který je postupně umístěn pomocný materiál a panel. Pomocný materiál je opatřen buď lepidlovou vrstvou, nebo je lepidlo nanášeno samostatně. Příklad umístění je uveden na obrázku 18.



Obrázek 18 Heftování - umístění na jig

Lepidlo je vždy v pevném stavu a je aktivováno pouze částečně díky nižší teplotě do 100 °C. Během určeného času a tlaku je pomocný materiál přichycen takovým způsobem, že drží v určené oblasti, ale není plně přilepen.

Laminace

Na heftování navazuje laminace. Při teplotě od 100 °C do 200 °C je lepidlo téměř plně aktivováno a dochází k plné adhezi. Pevnost lepeného spoje ale není stále ideální. Z tohoto důvodu laminaci navazuje operace vytvrzení. Příklad nalaminovaného materiálu je uvede na obrázku 19.



Obrázek 19 Příklad laminace

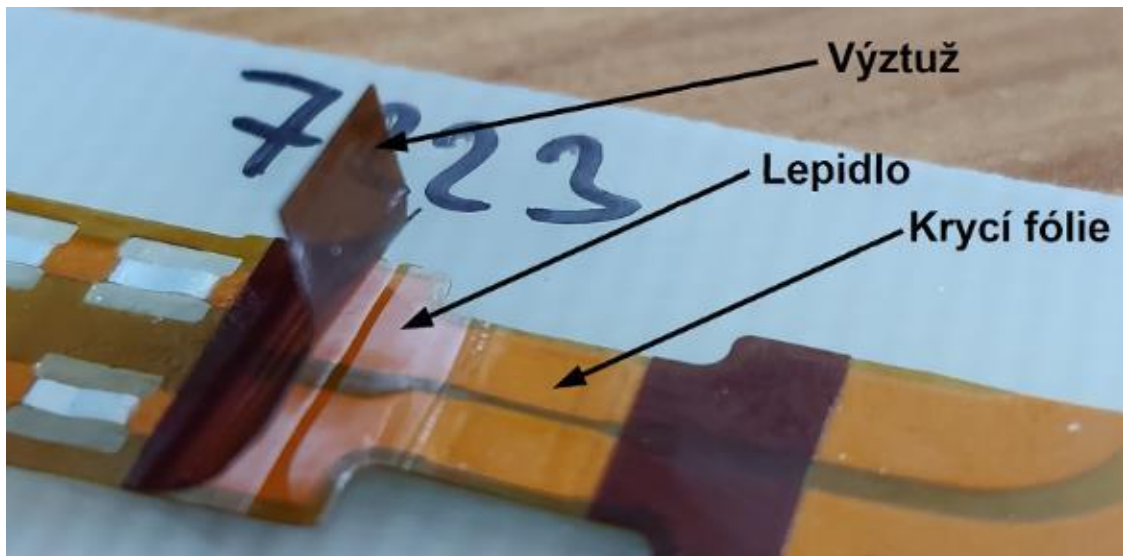
6.4.2 Vytvrzení

Při vytvrzení je dosaženo koheze, tedy vyšší přilnavosti lepidla než při adhezi. Tím pádem dojde k vyšší pevnosti spoje a samotné pevnosti lepidla. Tato operace trvá několik hodin. Vytvrzovací křivka je určena v závislosti na typu lepidla a materiálu FPC. V případě, že by na kusech neproběhla tato operace, materiály by od sebe začaly odpadávat, nebo by a neměly požadované vlastnosti.

Správně provedená operace se pozná například výsledkem trhací zkoušky tak, že lepidlo je přilepeno ke krycí fólii a není na podpurném materiálu – výztuži. Příklad úspěšného vytvrzení je uveden na obrázku 20.

Z procesního hlediska používáme dva druhy pecí s kyslíkovou nebo dusíkovou atmosférou. Dusíková pec je postupně plněna dusíkem, který vytlačí kyslík a po dosažení optimální atmosféry je na základě křivky spuštěn vytvrzovací program. U kyslíkové pece se vytvrzovací program spouští ihned, takže probíhá rychleji.

Dusíková pec je používána především pro určité kombinace materiálu, které by mohly v průběhu programu zoxidovat, nebo by mohla být oxidací narušena jejich struktura. Kusy nebo panely jsou během této operace uloženy na plechách po několika vrstvách.

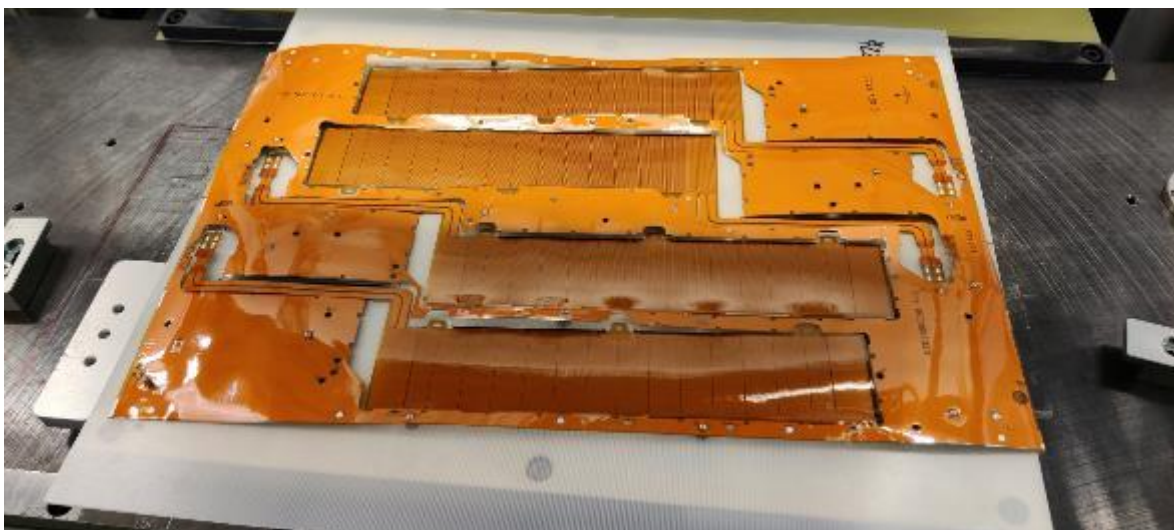


Obrázek 20 Příklad úspěšného vytvrzení

6.4.3 Střížné operace

Střížné operace se využívají k rozstříhu panelů na kusy. Stříhy následují v sekvenci několika stříhů za sebou. Konečný stříh uvolní všechny kusy z panelu. Panel před konečným stříhem je vidíme na obrázku. U stříhů sledujeme jejich přesnost a návaznost. Jestli byl panel správně rozstřížen, kontrolujeme při testování.

V testerové vložce se nachází samostatně umístěná speciální jehla, která testuje speciální bod na panelu, kam je umístěn stříh.



Obrázek 21 Panel po konečném stříhu

6.4.4 Elektrické testování vodivých cest

Elektrické testování probíhá na pokovených kontaktních ploškách mezi jednotlivými vodivými cestami. Z naměřených hodnot je vygenerován výsledek oproti specifikovaným hodnotám a na základě těchto dat je určen výsledek testu.

6.4.5 Temperování

Temperování se používá před osazením SMT součástkami, nebo na speciální požadavek zákazníka. Temperace ovlivní výslednou vlhkost materiálu, kdy vlhkost materiálu ovlivňuje kvalitu osazování. Křivka temperace je kratší než u vytvrzení a probíhá za teploty do 100 °C.

6.4.6 Osazování SMT součástek

Osazování SMT součástek je vždy řešeno linkou umístěnou v ESD prostoru. V těchto linkách se nachází nejvíce sledovaných parametrů na jednom místě. Linka je řešena tak, aby operátor nemusel do procesu zasahovat. Kusy, nebo panely jsou umístěna na speciální přípravek – fixturu, která obsahuje kolíky a magnety. Kolíky slouží k správnému umístění kusů nebo panelů na definované místo na fixtuře. Magnetů je ve fixtuře umístěno několik desítek a v kombinaci s přiloženou magnetickou dekou zajistí adekvátní vyrovnání osazovaných kusů nebo panelů na fixtuře. Takto připravená fixtura je umístěna na dopravník, který prochází celou linkou.

Tisk pasty

První operací je sítotisk pasty, tedy automatické nanesení pasty printerem na základě vyhotovených otvorů v sítu. Pasta je nanášena s vysokou přesností a výsledné nanesení je kontrolováno SPI. Dle programu pro určený výrobek je zkontrolováno nanesení, výška, tvar a množství pasty. Na obrázku můžeme vidět, jak vypadá samotné srdce printeru pro tisk pasty.



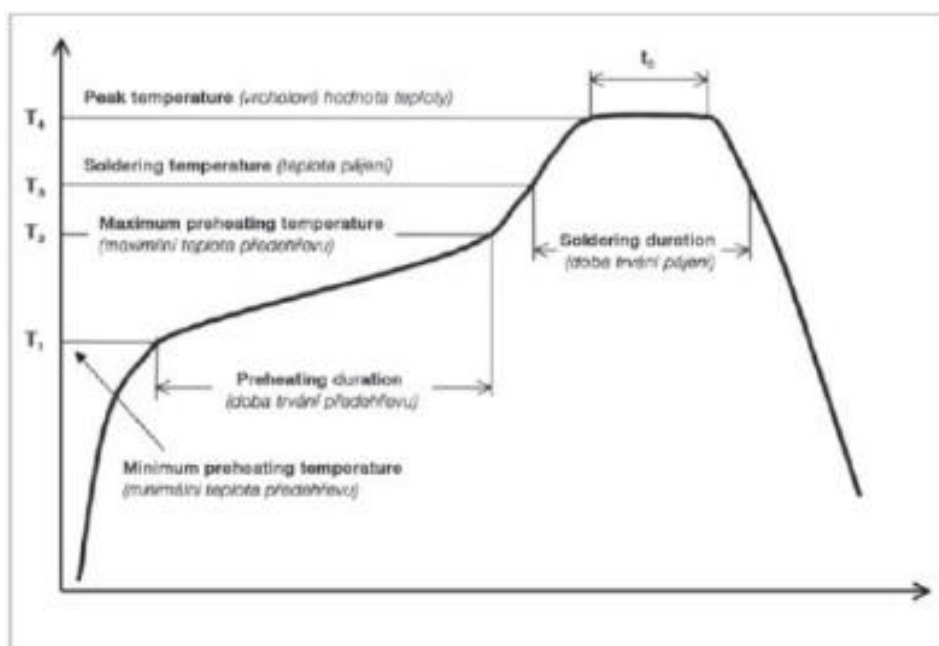
Obrázek 22 Tisk pasty

Osazení komponentů

Druhou operací je umístění komponent osazovací hlavou na programem definované místo. Osazovací hlava jednotlivé komponenty odebírá z kotoučů a pokládá je na ta místa, kde byla v předchozím kroku nanášena pasta.

Reflow

Třetím krokem je přetavení pájecí pasty v reflow peci. Na základě definované křivky, kdy se v maximální teplotě pohybujeme kolem 250 °C, je pasta přetavena a komponent pevně spojený s ploškou. Reflow je zároveň nejpomalejší částí celé linky. Projetí fixtury reflow pecí trvá od 5 do 15 minut.



Obrázek 23 Reflow profil dle ISO [5]

AOI

Čtvrtým krokem je AOI kontrola. AOI kontroluje správnost osazení SMT komponentami a detekuje jejich kvalitativní správnost. AOI nasnímá povrch flexibilního plošného spoje, který převede do 3D. Na základě 3D dat z optického snímacího zařízení se porovnají získané informace s vytvořeným programem.

ICT

Pátým krokem je ICT, které je určeno k elektrickému otestování jednotlivých osazených komponent. ICT měří zkratky, odpory, kapacity a další veličiny, které musí osazená součástka splňovat. Dále ICT může testovat světelné vlastnosti LED součástek.

Selektivní pájení

Selektivní pájení je řešeno pomocí mini vln. Jedná se o pájení za pomoci nozzlu. Zakládání kusů do stroje je na speciálních fixturách, které jsou vloženy na dopravník. U výstupu stroje na selektivní pájení je AOI (Automated Optical Inspection), které detekuje a vyhodnocuje kvalitu zapájení komponent.



Obrázek 24 Selektivní pájení

6.4.7 Potting

Potting zalévá komponenty epoxidovou pryskyřicí, aby byla zajištěna jejich vyšší ochrana a odolnost. Potting je řešen jako linka, která v sobě obsahuje AOI kontrolu a vytvrzovací pec.



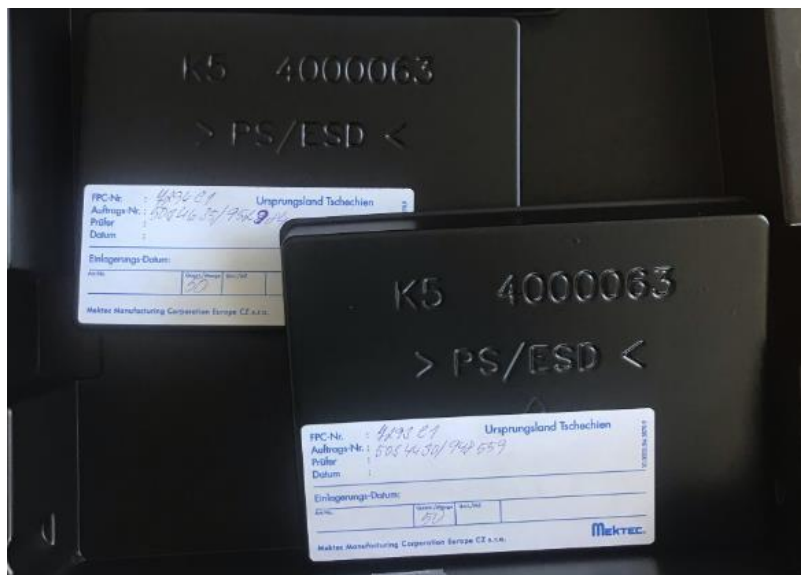
Obrázek 25 Zalítí kusu epoxidovou pryskyřicí

6.4.8 EOL

EOL (end of line) tester je určen k finální kontrole funkčnosti dílů. EOL je posledním testerem v případě procesních operací.

6.4.9 Finální balení

Finální balení probíhá na kompletaci, nebo na poslední operaci. Krabice, blister, nebo jiná manipulační jednotka jsou označeny šarží a číslem zakázky. Označení je vypsáno operátorem na lepící štítek. Na obrázku je uveden příklad finálního balení do K5 PS / ESD boxů s vypsáním počtu kusů, číslem zakázky a šarží.



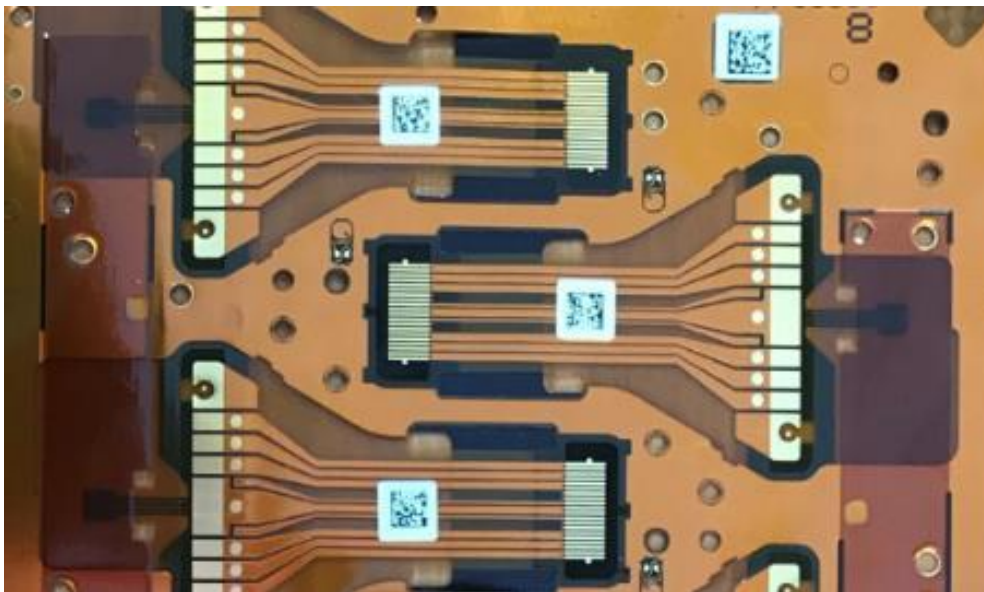
Obrázek 26 Příklad finálního balení

6.5 Systém výroby kódů

Kódy se ve společnosti Mektec vyrábí pomocí tištění, laserování a leptání. 1D kódy na zakázkových listech jsou tisknuty přímo do pracovních postupů.

6.5.1 Tištění kódů

Prvním způsobem výroby kódů je tištění. Je určeno pouze pro osazovací stroje. Tištění probíhá za pomoci tiskáren, kdy je kód natisknut na roli se štítky. Následně je vložen na feeder a ten je zasunut do osazovacího stroje.



Obrázek 28 Tištěné kódy

Druhým způsobem je tištění materiálových štítků ve skladu. Nalepení štítku se uskutečňuje po naskladnění zboží. Na štítku jsou základní informace o materiálu a jeho doba použitelnosti.



Obrázek 27 Příklad značení materiálu

6.5.2 Laserování

Druhým způsobem je laserování kódů do krycí fólie. Laserovým paprskem se vytvoří jemné dráhy, které představují jednotlivé buňky kódu. V současnosti se laserují kódy na řezacím laseru, proto výroba kódu trvá dlouho.



Obrázek 30 Laserovaný kód

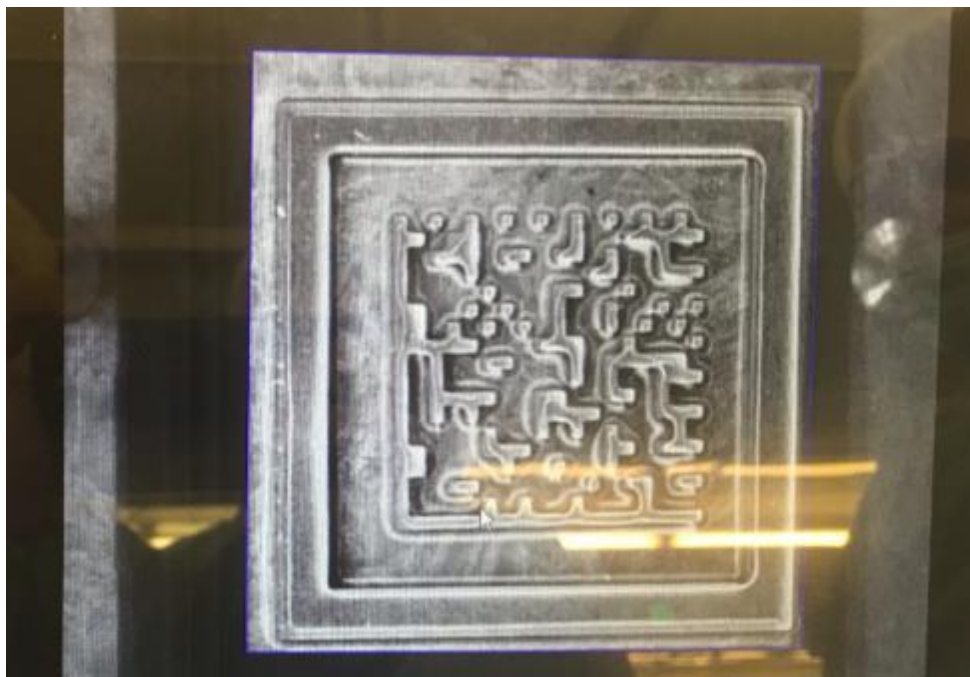
6.5.3 Leptání

Kódy je možné vyrábět také leptáním. Leptání není prozatím plně funkční a není dořešeno jak procesně, tak kvalitativně.



Obrázek 29 Leptaný kód

Leptaný kód způsobuje mnoho problémů, zejména implementovaným čtečkám v osazovacím stroji.



Obrázek 31 Leptaný kód po načtení

Je to způsobeno tím, že povrch načítané oblasti není stejnoměrný a dochází tak k odleskům v průběhu čtení. Při dopadu světla se povrch pro čtecí zařízení začne slévat a vytvářet opticky jinou strukturu kódů.

6.6 Strojní vybavení jednotlivých stanovišť důležitých pro traceabilitu

V této části analýzy se zaměřením především na stroje a jejich vybavení pro traceabilitu, protože strojové vybavení pro načítání je nedílnou součástí řešené problematiky. Analyzována budou ta stanoviště, na kterých se provádí procesní operace důležité pro traceabilitu.

6.6.1 Heftovací stroj

Heftování probíhá na strojích označených TACK300 a TACK500. U heftování nebyla prozatím nijak řešena traceabilita a ani detekovatelnost jednotlivých kusů. Stroje nemají terminál, pouze PLC modul.



Obrázek 32 Heftovací stroj

Na každý stroj je připojena protahovací měřka. Měřka je navržena tak, aby zamezila naskládání více pruhů pomocného materiálu na sebe. Sledované parametry procesu heftování jsou čas a teplota. Tlak je u stroje konstantní a není důležité ho sledovat. Výstup ze strojů je možný přes NC program. Záznamy se neukládají.

6.6.2 Laminační lis

Pro laminaci s vakuovým lisem je důležitý tlak, na základě kterého je vytvořeno vákuum. U tohoto druhu stroje nebyla prozatím nijak řešena traceabilita. Stroje nemají žádný terminál, pouze PLC modul. Sledované parametry procesu heftování jsou čas, teplota a tlak. Výstup ze strojů je možný přes NC program. Záznamy o teplotě, tlaku a čase se zaznamenávají na

papírové archy. U laminačních lisů nemusíme detekovat pozice jednotlivých kusů, ale veličiny teploty a tlaku v průběhu zakázky.



Obrázek 33 Laminační lis

6.6.3 Vytvrzovací pece

Pro vytvrzení využíváme několik modelů pecí. Protože se kusy vytvrzují po několika plechách a v plechu je až 10 vrstev, není možné detekovat jednotlivé kusy. Důležitá je informace, na jakou křivku a teplotu byly kusy vytvrzeny. Pece jsou napojeny na program, ze kterého je možné získat data ve formátu XML a to data. Jedná se o data o teplotě a nastavené křivce. Záznamy se ukládají do samostatné databáze výsledků.



Obrázek 34 Vytvrzovací pece

6.6.4 Elektrické testery

Na základě testovací vložky v testeru a programu se provádí elektrický test s dvěma výsledky. Prvním je úspěšný test. Kus je elektricky v pořádku a může pokračovat dál do výroby. Neúspěšný výsledek testu, může detekovat několik možných chyb.

Výstupem zkoušky je oznámení výsledku testu na dotykovém monitoru testeru. Výstup lze transformovat na kódový výstup, kdy je zjištěná chyba reprezentována samostatně. Na základě toho lze dobře zaznamenávat každý výsledek elektrické zkoušky. Pozice kusu není nijak určena. Testery nemají čtečky kódů. Testery mají svůj software, ze kterého lze získat data ve formátu XML, ASCII, nebo CSV přes TCP/IP protokoly. Záznamy se neukládají.



Obrázek 35 Elektrické testery

6.6.5 Temperační pece

Pro temperaci využíváme několik modelů pecí. Protože se kusy temperují po několika plechách a v několika vrstvách na plechu, není možné detekovat jednotlivé kusy. Důležitá je informace, na jakou křivku a teplotu kusy byly vytvrzeny. Pece jsou napojeny na program, ze kterého je možné získat tato data ve formátu XML.

6.6.6 Osazovací linka

Tisk pasty

Tisk pasty nemá integrovanou čtečku. Na základě nastavení programu dávkuje množství pasty. Informace může být přenesena do databáze. Ačkoli stroj nemá žádné čtecí zařízení zná pozici fixtury, takže na základě výstupních dat lze určit pozice a problémy na tisku. Datovým výstupem stroje je CSV přes TCP/IP protokoly.



Obrázek 36 Tisk pasty

SPI

Kontroluje kvalitativní vlastnosti nanesené pasty. Stroj obsahuje speciální měřicí zařízení, které je schopné měřit jak ve 2D, tak ve 3D. Na základě získaných údajů se data propisují do databáze. Výstupní databázi lze připojit přes TCP/IP protokoly.



Obrázek 37 SPI

Osazovací stroj

V osazovacím stroji je umístěna hlava, která obsahuje čtečku. Osazovací hlava pracuje na principu pick and place, tedy nabere z feedru komponent a umístí ho na přesně definované místo na základě dat z programu. Čtečka po umístění kódů načte jejich obsah.

Značení probíhá tak, že jsou jednak označeny kusy, jednak je přiřazeno i panelové označení, protože musí být jasná orientace kusu na panelu. Panelové DMC by nemuselo být použito v případě, že by kódy byly aplikovány před osazovacím strojem.



Obrázek 38 Osazovací stroj

Ve stroji se dále využívá takzvaný auto-booking, který umí přiřadit data o vstupním materiálu do vytvářené databáze.

Vstup je zadáván operátorem, který načte kód na kotouči. Odepisování materiálu není nastaveno plně automaticky, takže SAP pracovník musí ručně odehrát spotřebované komponenty do systému. V případě, kdy SAP pracovník není přítomen nebo během víkendové směny, není dobře vidět aktuální zůstatek komponent na skladě. Tím může dojít k zastavení linek z důvodu nedostatku materiálu.

Osazovací stroj umí určit pořadovou pozici na kotouči, takže umí dopočítat, kolik komponent odebral a kolik jich zbylo v aktuální zásobě na kotouči. Výstupem dat z osazovacího stroje je databáze přímo od výrobce stroje, která zaznamenává především výrobní data, procesní parametry, kódy panelu a kusu. Z umístěných a načtených kódů je přesně nadefinována pozice kusu na fixtuře. Výstup dat ze stroje je zajištěn za pomoci XML, ASCII, nebo CSV přes TCP/IP protokoly.

Reflow

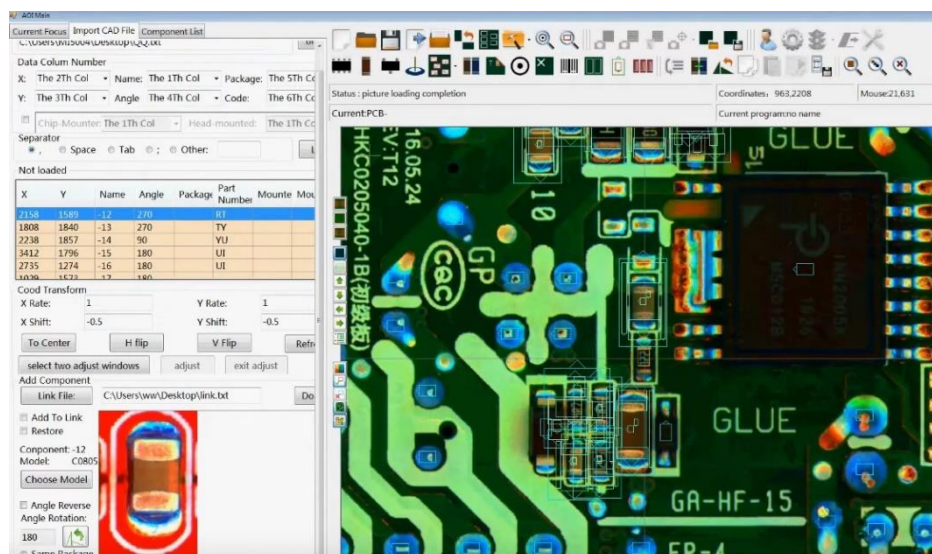
Reflow má určený teplotní profil, na základě kterého dochází k přetavení pájecí pasty. Data sledovatelná z reflow jsou především teplota a pozice jednotlivých fixtur, abychom mohli přesně určit, v jakém teplotním pásmu se fixtura nacházela. Reflow neobsahuje žádné čtecí zařízení. Traceování je možno díky známé pozici fixtury, která projíždí strojem. Stroj a jeho výstupy budou připojeny do databáze za pomoci XML, ASCII, nebo CSV přes TCP/IP protokoly. Po reflow následuje AOI a ICT.



Obrázek 39 Reflow

AOI

AOI je součástí každé osazovací linky. Kontrola probíhá vůči nadefinovanému programu po nasnímání plochy kontrolovaného kusu. AOI má v sobě zabudovanou čtečku, takže načítá a ukládá informace o kontrole k posuzovanému kusu. Aby AOI správně přiřazovalo data i ke zbytku záznamů, komunikuje i s předchozími stroji v osazovací lince.



Obrázek 40 AOI program

6.6.7 Selektivní pájení

Stroj pro selektivní pájení je samostatné pracoviště a obsahuje dva terminály. Levým terminálem je ovládán stroj a pravým terminálem lze ovládat AOI. Čtečka kusů je implementována pouze v AOI. Možnost výstupu ve formátu XML, ASCII, nebo CSV přes TCP/IP protokoly. Záznamy se částečně ukládají do základní SQL databáze.



Obrázek 41 Selektivní pájení

Potting

Potting je stejně jako selektivní pájení samostatně stojící pracoviště. Stroj obsahuje AOI kontrolu, která je umístěna po reflow peci. Pozici kusů ve stroji, respektive jejich data sledujeme přes RFID. Systém funguje tak, že na začátku stroje jsou načteny kódy a následně je zaznamenána pozice kusu ve fixtuře. Tím mohou být data napojena na sebe a tvoří další díl traceability. Datové výstupy stroje jsou CSV a lze je přenášet přes TCP/IP protokoly.

EOL

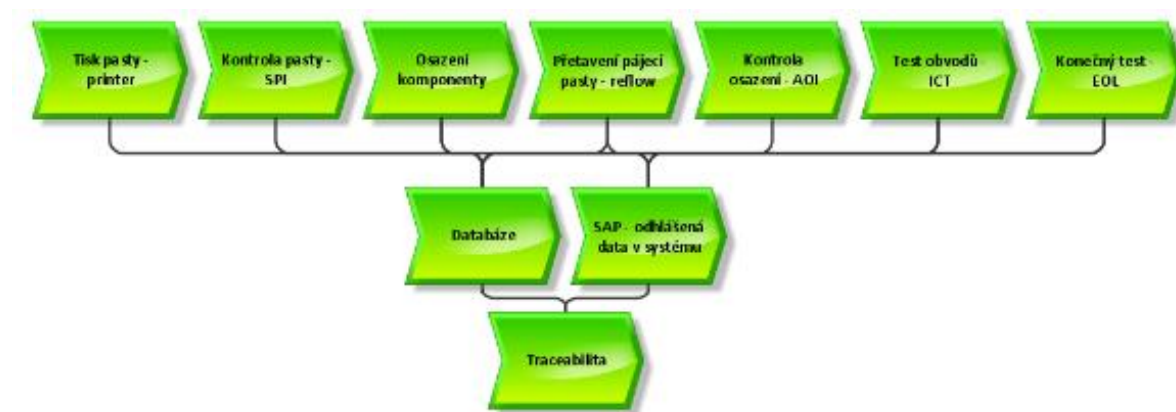
Je posledním testerem, který je v případě požadavku zákazníka vložen jako poslední procesní operace. Každý tester je originálně upravený dle specifikované kontroly. Nicméně výstupy stroje pro traceabilitu zůstávají stejné. Každý tester obsahuje sadu čteček, nebo kamer která po načtení definují pozici v testeru se kterou je následně spojen výsledek testu.

6.7 Aktuální Databáze

Aktuální nastavení databází funguje tak, že každý stroj má svou vlastní databázi. Pokud není zaznamenán díl v databázi, neměl by se dostat na další stanoviště, respektive by se na něm neměly provádět další výrobní procesy. Tento systém ale přestává fungovat ve chvíli, kdy

jsou kódy nečitelné a díly je nutné vyrobit, aby byl uspokojen zákazník. Tím se celý systém traceability přerušuje a poté je téměř nemožné detekovat a zaznamenávat relevantní výrobní data.

Dále musíme počítat s tím, že proces může ovlivnit operátor, kdy může načítání upravit a tím znehodnotit data. Například zápis dat z AOI má dvě fáze. V první fázi je kus vyhodnocen AOI. Pokud vyjde kus jako NOK následuje další fáze vyhodnocení vady operátorem. V případě testování jak na EOL, tak ICT je možné kusy několikrát retestovat. Tím je zbytečně databáze zahlcena a do jisté míry je ovlivněn i výsledek testu. Přehled aktuálního schématu sběru dat je vidět na obrázku 41.



Obrázek 42 Flow osazovací linky

6.8 Vyhodnocení analýzy

Aktuální stav traceability je roztrženo do několika malých na sobě nezávislých databází, kdy je každé jednotlivé řešení svým způsobem malým systémem. Neexistuje žádná ucelená systémová databáze, která by spolehlivě uchovávala data o traceabilitě. Většina souborů s daty je vytvořena v SQL nebo v Notepadu. V těchto souborech se musí poměrně složitě hledat podle materiálových čísel, čísel zakázky a šarží.

Většina souborů je závislá na spolehlivosti operátorů. Během zadávání informací a dat mohou udělat několik chyb. Každou chybou je značně ovlivněna správnost a pravdivost informací v databázi. Při reklamaci je velice pracné tyto informace dohledat v čase, který je stanoven na vypracování 8D reportu.

Traceabilita je částečně zavedena hlavně v osazovací oblasti, kde jsou sledovány elektrické zkoušky jednotlivých komponent a kvalita osazovaných dílů. To znamená, že některá osazovací zařízení nejsou plně zapojena do systému traceability tak, aby propisovala všechna získaná data do databáze.

Všechny procesy před osazováním nejsou sledované za pomoci kódů, ale pouze záznamy v SAP. Stanoviště nemají vybavení pro traceabilitu. Z analýzy vyplývá, že řešení systému traceability je důležité nakoupit stroje pro oba typy značení. Je nutné vybavit stroje jak terminály, tak kamerami a čtečkami. Čtecí zařízení musejí být zabudovaná do stroje nebo před stroj s důrazem na jednoduchou obsluhu a automatický chod.

7 Výběr systému pro traceabilitu

Z důvodu aktuálního využití systému SAP ve společnosti Mektec je nejlepší volbou pro integraci systému trasovatelnosti využít systémové řešení opět od SAP a to SAP ME. SAP ME je ucelený systém, který sleduje veškerá dostupná data z výroby a na základě jednotlivých transakcí je vyhodnocuje.

SAP ME (Manufacturing Execution) poskytuje systémové řešení pro výrobu. Ve společnosti Mektec bude v první řadě využíván pro sběr a sledování údajů z výroby a konfigurovatelnost pracovních terminálů.

Obecně by měl být SAP ME stanovena pravidla a předpisy pro modelování výrobních procesů. To je umožněno především proto, že SAP ME zajišťuje rozšiřování a správu kmenových a transakčních dat a integraci se samotným SAP ERP. Pro tuto integraci má SAP ME standardizované rozhraní založené na SAP MII, tzv. SAPMEINT.

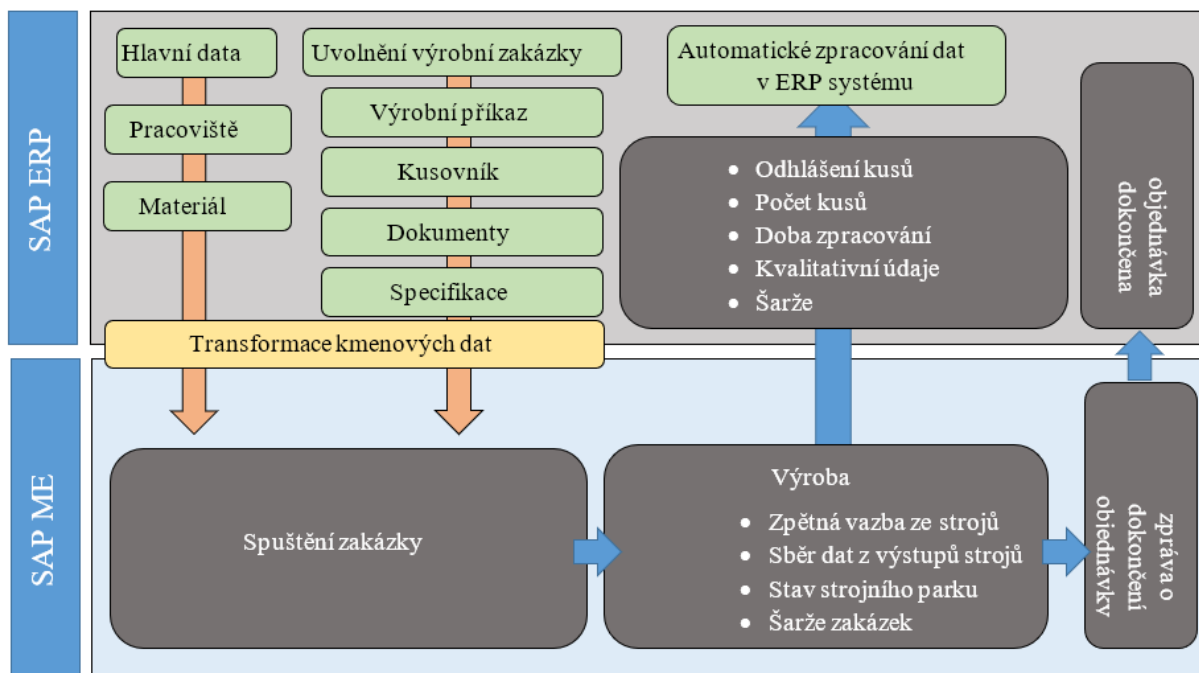
Nedílnou součástí SAM ME je SAP PCo (Plant Connectivity), který obsahuje funkční moduly pro připojení provozních procesů výrobních prostor k technické infrastruktuře. SAP PCo tak umožňuje integraci a sledovatelnost procesů v reálném čase.

Další nedílnou součástí SAP ME, je POD (Production Operator Dashboard). Zajišťuje, aby se jednotlivé terminály daly navrhnout individuálně. Proto je důležité využívat u procesů, začleněných do traceability v nejlepším případě All in one PC s dotykovou obrazovkou, abychom využili plný potenciál POD. POD je možné využívat i pro zobrazení potřebných informací prostřednictvím pracovních pokynů.

Tyto pracovní pokyny lze propojit s různými objekty SAP ME a zobrazit přímo v POD. Jde například o textové soubory, PDF, krátká videa a v neposlední řadě i 3D modely s jednotlivými kroky. Pracovní pokyny lze připojit k následujícím objektům materiálovému číslu, pracovní operaci nebo pracovišti.

7.1 Integrace SAP ERP a SAP ME

Na obrázku můžeme vidět, jak bude fungovat SAP ERP a SAP MES. Toto propojení je důležité ze dvou důvodů. Vzhledem k obsáhlosti výrobního portfolia nelze okamžitě převést všechny výrobky do traceability. Nicméně výrobky, u nichž se traceability vyžaduje, lze okamžitě po zavedení systému používat. Převod zbytku výrobků by mělo být řešeno po dokončení první části výrobků.



Obrázek 43 SAP ERP a SAP ME

7.2 Databáze

Z provedení analýzy je patrné, že aktuální databáze nejsou vhodné pro začlenění do systému SAP ME, protože není zaručena jejich funkčnost, spolehlivost a rychlost. Domnívám se, že bude nejvhodnější vytvořit nové databáze přímo pod SAP ME, který tuto funkci obsahuje.

7.3 Požadavky na traceabilitu v SAP ME

Pro správnou funkčnost systému je důležité, aby výstupy byly v takových formátech, jak předepisuje SAP ME. Je potřeba do systému nadefinovat kódy dle normy ISO 15434, která definuje správné syntaxe kódů pro automatickou identifikaci. Dále specifikuje techniky sběru dat běžně používané v 2D čárových kódech, jako je DMC a podobně. V normě je přesně uvedeno, jaké netisknutelné řetězce se musí pod ASCII použít, aby výstup odpovídal požadovanému formátu kódování. Pokud tedy v tomto formátu vytvoříme data, není problém se získáváním dat z čteček kódů a jejich zanesení do databáze pod SAP ME.

Aby bylo možné správně párovat materiálová data, musí být správně vytvořený Barcode Parser. V okamžiku, kdy operátoři na dílně začnou skenovat kódy na dokumentech, štítcích, obalech nebo součástech za účelem nahrání materiálu na zakázku, vytvoří potřebnou skupinu dat o materiálech, které použili na zakázku.

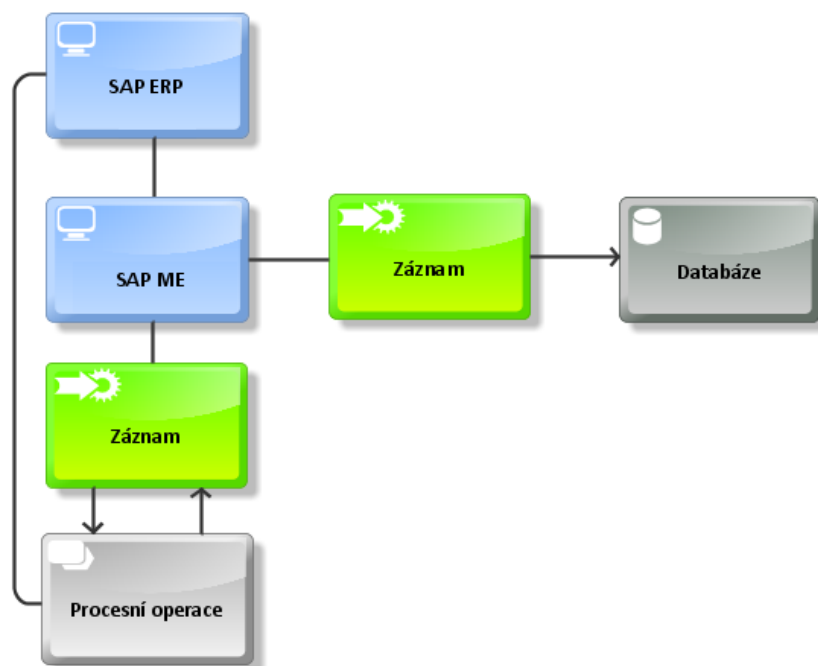
Dalším krokem je správné nastavení kusovníků, kdy se musí definovat přesná množství a spotřeby materiálu na jeden kus. Z těchto dat se následně vytvoří montážní operace. Podstatné nastavení je možnost přeskočení, nebo výběru alternativní komponenty. V tomto případě je ve

společnosti Mekttec často používán alternativní kusovník ve vztahu s osazovacími komponenty. Při načítání materiálu lze k ověření s kusovníkem použít alternativní komponent, aniž by nastal problém s odehráváním materiálu ze skladu. V neposlední řadě lze nastavit systém aplikace komponent, tedy hlídání, zda je díl po správné operaci. To znamená, že pokud není záznam v databázi o provedení elektrické zkoušky vodivosti cest, nebude komponent osazen, protože je jasné, že buď je kus zmetkový, nebo byla přeskočena předchozí operace.

Na základě dat a informací sesbíraných ze strojů, kódů a operátorských záznamů lze v MES vytvořit přehledný report. Report lze sestavit z několika různých úrovní, a to dle SFC čísla (na základě kódu), SFC dat (na základě šarže), volitelných dat (lze nastavit vícero potřebných filtrů), pracovních návodek (materiálová čísla) a dle operátora (číslo dělníka).

7.4 Návrh workflow systému

Jedná se o schématický návrh, který vypovídá, jak budou systémy napojeny na sebe. Je důležité, aby do databáze mohl vstoupit jak SAP ERP, tak samozřejmě i SAP ME.



Obrázek 44 Workflow systému

8 Návrh systému traceability

Návrh samotného systému se skládá z několika částí, ze kterých posléze bude připraven návrh projektu. Základem pro zpracování systému je analýza a SAP ME. Systém budu navrhovat tak, aby ho bylo možné měnit a doplňovat podle jednotlivých požadavků.

8.1 Výběr techniky značení

Značící zařízení je prozatím nahrazeno v podniku Mektec UV Laserem s femto laserovým zdrojem, který je primárně určen na polyamidové fólie. Z tohoto důvodu je důležité pro projekt počítat i s novým značícím zařízením, jak vyplynulo z analýzy.

Po důkladné rozvaze jsem vybral jako značící techniku přímé značení laserem a nepřímé značení štítky. Volil jsem podle pořizovací ceny, dostupnosti zařízení a dosavadní zkušeností s technologií.

Laserové značení je především pro díly, které musí být čitelné po aplikaci ve zhoršených podmínkách. Jedná se především o kusy, které jsou například umístěny v různých olejích a jejich kód musí být čitelný i po rozebrání sestavy. S laserovanými kódy se pojí několik možných variant, které blíže rozvedu v definování oblasti pro umístění kódů.

Štítkové značení bude využito pro kusy, které nebudou namáhány v náročnějším prostředí a budou například v elektronických sestavách či strojích, kde nehrozí poškození štítku. Dále lze štítkové značení dobře využít i na neautomotive produkty u kterých zákazník nevyžaduje traceabilitu, ale pro podnikové dohledání výrobních dat je dobré, u těchto produktů traceabilitu začlenit.

V případě obou vybraných metod je důležitý nákup nových zařízení. Rozhodl vybrat jednoúčelová zařízení s velkou kapacitou, která budou sloužit jako univerzály pro veškerou produkci. Stroje vybrané pro značení blíže popíšu a specifikuji v následující kapitole.

Aby stroje mohly pracovat s veškerými panely a díly, které je potřeba značit, je důležité, aby se unifikovalo několik věcí. Jsou to především volby pozic a obsahy jednotlivých kódů. Přesné definice a návrhy uvedu v další části této kapitoly.

Možnost použití techniky leptání jsem vyloučil. Není natolik stabilní, aby se na něm dal vytvořit pevný základ pro traceabilitu. Navíc kvalitativní problémy kódů vytvořených leptáním by mohly být v případě implementovaných čtecích zařízení velkou překážkou.

8.2 Výběr typu kódů pro traceabilitu

Výběr typu kódu pro traceabilitu jsem volil na základě zkušeností, zaběhlých standardů a požadavků zákazníků.

8.2.1 1D kódy

1D kódy budou v systému použity především z nastavení aktuálního SAP ERP. U zakázek je za pomoci 1D kódů ze SAP vygenerováno číslo zakázky, šarže a materiálové číslo.



Fachheit 72	Fertigungsauftrag Original		Auftragsnummer 5034890	
Länge 220	Erzeugnisbezeichnung FPC 6819 [MU] B1-DS			
Breite 200	Disponent D60 Musterbau	Fertigungssteuerer F01 Musterbau	Auftragsart ZM01 Musterbau	Auftragsmenge 4 320,000 STK 60 NU
	Lagerort 0020 Produktion	Werk MMCZ MMCE-CZ	Warengruppe 1032 FERT Muster unbest.	Start Ende KW 06. 2021 KW 07. 2021
	Materialnummer 706787	Charge 0000958295		
				

Obrázek 45 1D kódy v zakázkových listech

Dále jsou 1D kódy označeny i nástroje, které jsou využívány při výrobě. Na značení jsou nakoupeny speciální tiskárny i čtečky. Datové výstupy lze bez problémů využít i pro SAP ME, takže je zbytečné systém značení nástrojů měnit.



Obrázek 46 1D kód na nástroji

8.2.2 2D kódy

Značení vstupního materiálu ze skladu je aktuálně řešeno 2D kódem PDF 417. Většina čteček tento kód nespolehlivě rozlišuje, proto novým výstupem značení materiálu budou použity QR kódy. Značení QR kódem zůstane ve stejné pozici, jako je aktuálně PDF 417.



Obrázek 47 2D kód na balíčku materiálu

Pro značení dílů jsem vybral DMC, protože tento kód byl vytvořen jednak pro technické aplikace, jeho značení je rychlé a přesné. Velká většina zákazníků ho ve svých požadavcích preferuje. Alternativou může být QR kód. QR kódy umí značit jak štítkovací, tak i laserovací stanice.

Finální balení nepoužívá žádné kódy, pouze ručně vyplněné standardizované lepicí štítky. Abych udržel systémovost značení materiálů, zvolil jsem QR kódy. Pro co nejjednodušší a konzistentní značení se budou na finální balení tisknout stejné štítky, jako na materiálu ze skladu. Přínosem bude jeden vstupní formát nakupovaných špulek se štítky.

8.3 Definování oblasti pro umístění kódu na kusech

Oblast pro označení dílu musí být konzultována se zákazníkem a musí být určena tak, aby byla co nejméně ovlivněno procesními operacemi, bylo na co možná nejrovnější ploše strukturálně stejného materiálu. Místo musí být dobře přístupné ze všech stran.

Příkladem pro špatné umístění je obrázek. Na obrázku můžeme vidět, jak konektor vytváří stín na kódu, tedy výrazně snižuje jeho výslednou třídu čitelnosti.



Modulation Values																			
98	88	96	90	98	92	100	88	90	85	84	71	74	71	73	68	76	69	73	73
93	82	87	85	80	67	92	64	80	69	63	75	68	87	53	77	60	87	61	71
90	87	87	72	64	88	95	87	73	74	77	63	61	85	79	60	83	96	77	68
90	85	88	85	92	90	92	85	83	73	66	66	87	53	60	63	57	96	47	60
90	85	84	69	92	70	80	71	85	66	85	60	96	80	87	75	52	98	79	52
90	85	77	82	88	79	93	77	66	65	93	58	87	47	96	42	47	90	36	52
90	90	88	85	74	74	83	68	71	87	85	52	42	44	93	46	47	38	82	49
88	88	87	95	77	77	76	83	58	87	52	46	82	33	95	41	80	58	39	49
88	88	66	83	84	74	70	95	85	57	57	39	95	87	93	41	38	42	80	46
85	91	75	80	90	79	80	95	85	57	46	87	95	93	93	36	88	36	36	46
84	88	69	82	84	74	74	88	46	55	87	87	95	90	95	31	100	93	80	47
85	90	82	70	64	74	74	55	80	47	87	36	93	31	98	83	100	93	31	47
88	88	83	76	82	85	73	77	44	80	38	41	95	36	93	25	98	22	83	44
87	85	73	88	90	69	74	61	63	47	87	85	91	87	23	91	93	90	31	44
84	88	72	82	85	73	87	72	66	83	88	87	26	98	90	96	25	93	79	44
82	90	93	77	74	70	69	66	66	88	53	50	88	91	96	96	87	34	36	44
82	90	91	77	91	65	77	77	72	50	63	58	95	42	93	96	90	38	79	42
84	90	90	74	90	76	93	95	49	58	58	52	93	52	46	95	42	90	47	50
85	83	90	74	88	74	90	93	77	75	75	74	88	77	74	88	79	90	75	60
90	77	74	74	76	74	76	68	52	52	53	55	55	57	55	57	55	55	58	65

Obrázek 48 Špatně umístěný kód

Vzhledem k aplikaci na flexibilní plošný spoj je důležitá barevnost materiálu polyamidu a jeho stálost. Na výběr jsou dvě techniky značení, kdy je výsledná verze komunikována se zákazníkem a je brán ohled především na to, v jakém prostředí bude výsledný výrobek používán.

8.3.1 Nepřímé značení

Nepřímé značení má výhodu v tom, že se nemusíme zabývat kontrastností kódu, protože tiskneme černou barvou na bílý štítek.



Obrázek 49 Kus s tištěným štítkem

Pro co nejširší použitelnost metody nepřímého značení jsem vybral univerzální štítky o rozměru 6,35 x 6,35 mm. Štítky jsou dostatečně velké pro DMC kódy. Lze na ně tisknout kódy 6 x 6 mm, kdy při správném centrování bude po tisku kódu zachována volná zóna.



Obrázek 50 Kus s přípravou na kód

Štítek s kódem lze umístit dvěma způsoby. První variantou je umístění do předem specifikované oblasti odleptaným rámečkem. Návrh rámečku je na obrázku X. Místo označené rámečkem je dostatečně signifikantní. Rámeček dokáže částečně řešit i problematiku s okolím kódu, kdy se zmenší možnost umístit kolem kódu například vysoký konektor a podobně, jako je tomu na obrázku X.

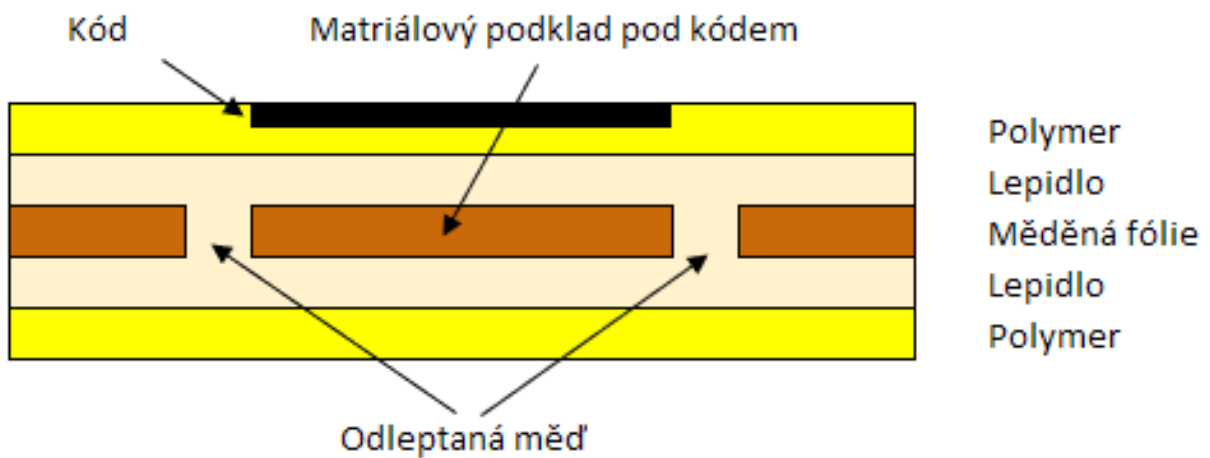
Druhou variantou je požadavek zákazníka umístit kód na předem přesně specifikované místo. Ne vždy je možné na kusy vyleptat navrhovaný rámeček, ale je stále důležité mít okolí kolem

kódu volně. Proto návrh zákazníka musí být dobře konzultován a musí být vhodný pro obě strany. Příklad ideálního umístění kódu je na obrázku X.

8.3.2 Přímé značení

Oblast s podkladovou vrstvou

Oblast s podkladovou vrstvou je aktuálně používána na všech produktech, které jsou značeny přímou cestou. Je tou nejjednodušší možností, kterou lze pro její spolehlivost využít. Jako podkladová vrstva je použita měď, která je po obvodu odleptaná a není tedy spojena se zbytkem měděných ploch v kuse.



Obrázek 51 Oblast s podkladovou vrstvou - návrh

Při načítání se daným světlem se dá vysvítit, nebo naopak zatmavit její barva použitím speciálních filtrů. Značnou nevýhodou je její barevná nestálost, protože během teplotních operací její barva tmavne. Potom nelze kamery nastavit stejně a jejich nastavení se musí upravit.

Ani barevná škála průřezem zakázek není stejná. Záleží například i na pozici, kde se nacházel daný kus při vytvrzovací křivce.

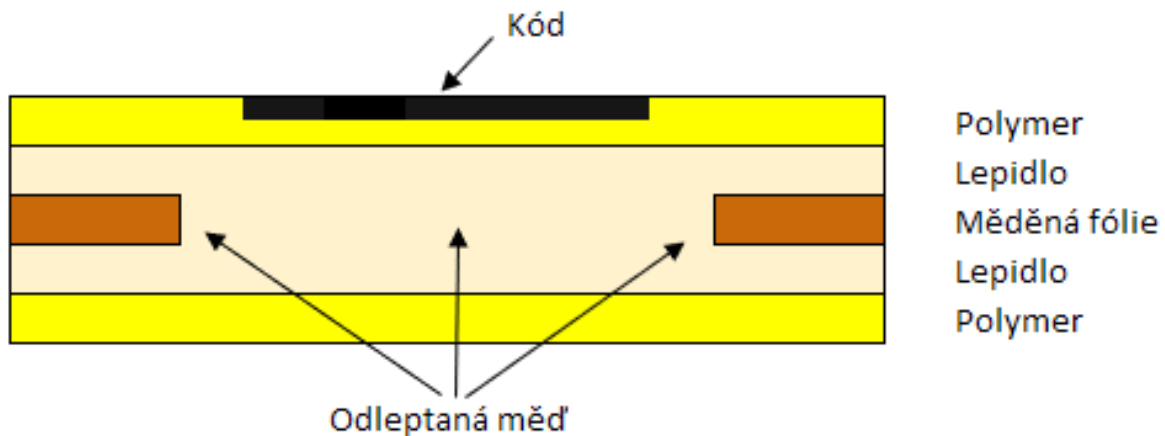


Obrázek 52 Oblast s podkladovou vrstvou

Poslední nevýhodou je kvalita spojení materiálů. Pokud je spojení materiálu během trhací zkoušky u dolní tolerance, stane se, že při detailnějším pohledu je povrch oblasti kódu zrnitý. Při načítání vzniká tak poměrně velký problém, protože takováto struktura poměrně zásadně láme dopadající světlo a čitelnost kódů tím rapidně klesá. Poslední zásadnější nevýhodou je možnost načítání pouze ze směru čtení.

Oblast bez podkladové vrstvy

Oblasti kódu bez podkladové vrstvy nebylo prozatím použito ani u jednoho projektu, protože první projekty byly založeny právě na verzi kódu s podkladovou vrstvou. Mnou navrhované řešení má několik zásadních výhod, které dle mého názoru převýší jeho nevýhody. Schématický návrh můžeme vidět na obrázku.



Obrázek 53 Oblast bez podkladové vrstvy

Jak je ze schématického návrhu patrné, měď je odleptaná pod celým kódem. Největší výhodou vidím v tom, že kód je možné číst z obou stran. V případě správné orientace kódu je možné ho načítat například i z druhé strany. V porovnání s klasickou podkladovou vrstvou je načítání ze spodní strany nemožné, protože při otočení je v čtecí oblasti pouze měď. Nevýhodou je průhlednost v tom smyslu, že první odrazová vrstva pro volné buňky v kódu je podklad, na kterém kus leží.

Kvalitativní standard v Mektec udává, že k manipulaci s kusy by se měla používat tmavě hnědá fenolová podkladová deska se speciálním bílým potahem. To znamená, že načítání na kontrolních operacích je v tomto směru bezproblémové. Co se týká strojů, panely, nebo kusy jsou vždy položeny na jigu, nosiči, fixtuře a podobně. Zde záleží na konkrétním designu panelu a kusu a na tom, jak je manipulace s kusy zamýšlena. Proto je důležité s využitím oblasti pro značení počítat již v prvních designových návrzích.

Standardizace obou variant

Pro obě varianty značení definovaných míst je důležité, aby byly začleněny už do počátečního návrhu designu kusu a panelu. Vytvoření takzvaného designového pravidla, které přesně udává požadavky a omezení pro oblast značení, zajistí, aby byl vždy dodržen správný postup značení bez zbytečných chyb.

8.4 Definování kvalitativní požadavků na DMC kódy

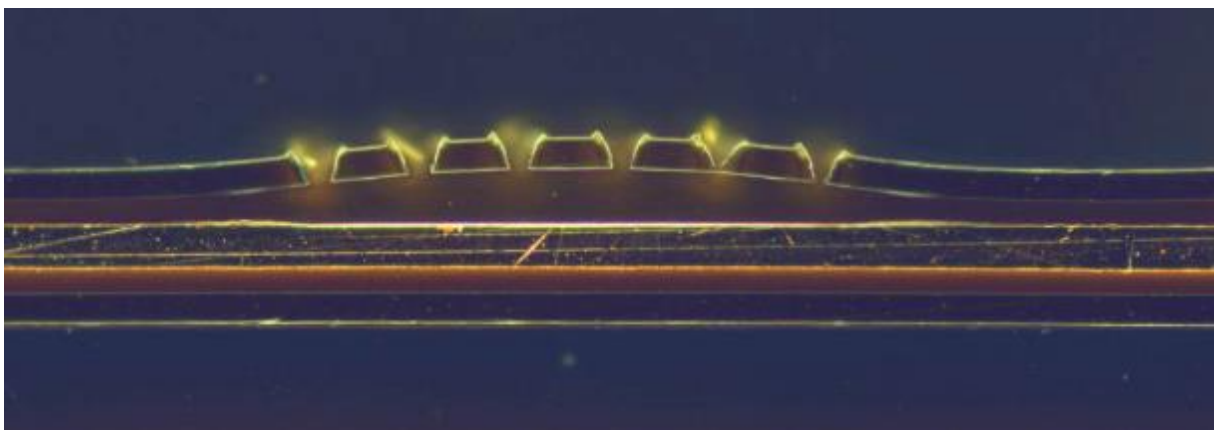
8.4.1 Přímé značení

Kódy musí mít předepsanou kvalitu dle ISO/IEC TR 29158. V případě aplikace na flexibilní plošné spoje je důležitá samotná hloubka laserování, tedy hloubka, do které je přetvořen materiál. Pokud bude použit flexibilní plošný spoj v převodovce, kde bude vystaven sloučeninám oleje a namáháním příliš „rozlaserovaný“, uvolní se z oblasti z DMC měď a může tak zkracovat životnost komponent v převodovce.

Dalším problémem by byla detekce dílu v případě poruchy, protože měď tvoří podklad DMC. Načítání by bylo v tomto případě velice komplikované. Je proto důležité zaměřit se jak na parametr čitelnosti, tak i hloubky samotného laserování.

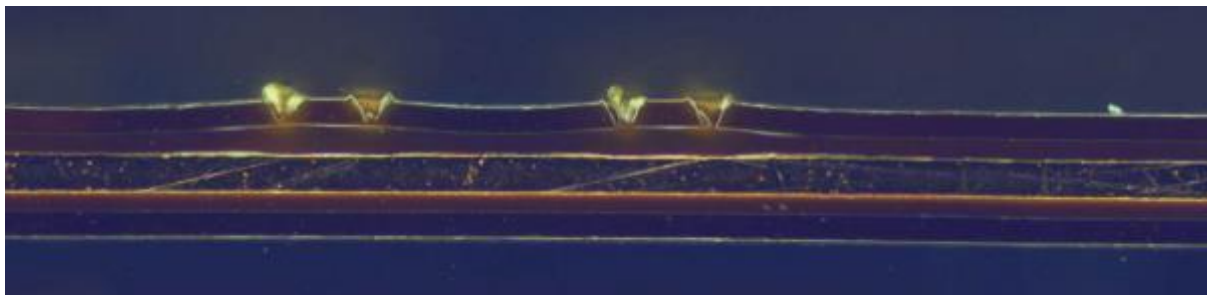
Pro nastavení správných parametrů jsem vytvořil několik vzorků, které budou použity při poptávkách strojů a definování výsledného laserovacího procesního nastavení.

První obrázek ukazuje velice dobrou čitelnost pod jakýmkoliv úhlem, nicméně hloubka prolaserování je neakceptovatelná. Z obrázku je jasně patrné, že byl použit vysoký výkon, protože lepidlový materiál se přehřál a vytvořil puchýř.



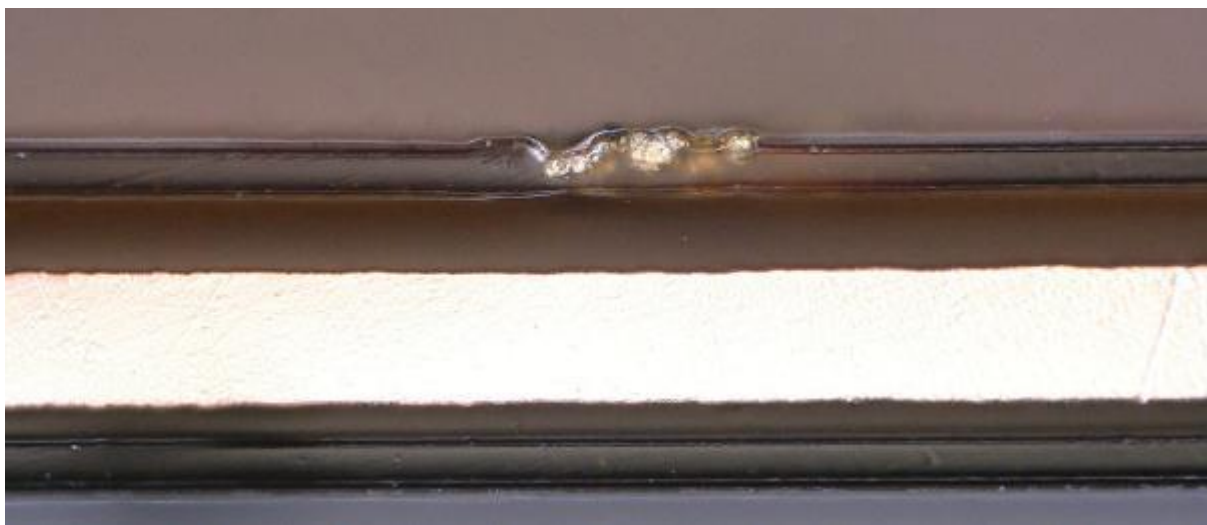
Obrázek 54 Hloubka laserování - velká

Druhá fotka ukazuje vylaserované místo jinými parametry, kde je první fóliová vrstva neporušená a je celistvá. Kód je poměrně dobře čitelný, nicméně musí být upravena světla kamer a čteček pro načítání. Je tedy akceptovatelná pro sériové využití.



Obrázek 55 Hloubka laserování - střední

Obrázek 55 ukazuje nejlepší výsledek jak z pohledu kvality načítání, tak z pohledu hloubky laserování. Vrstva vrchní fólie je tepelně přetvořena tak, že je povrchově silně opálena, což tvoří dobrou kontrastní plochu. Buňky jsou při této metodě černé a volné buňky mají barvu podkladu. Takže výsledné DMC je černo oranžové, kdy se za pomoci správného nasvícení čtečkami, či kamerami a použití správné vlnové délky a intenzity světla oranžová mění téměř na bílou.



Obrázek 56 Hloubka laserování - malá

8.4.2 Nepřímé značení

Nepřímé značení oproti přímému má nižší kvalitativní požadavky z toho důvodu, že probíhá mimo oblast aplikace. Dvěma styčnými body pro kvalitu nepřímého značení tiskem je kvalita štítků a kvalita tištěného kódu.

Štítky mají vždy jednu stranu opatřenou lepidlovou vrstvou, aby se daly přichytit na místo výsledné aplikace. Kvůli stálosti barvy musíme u štítků sledovat především jejich tepelnou

odolnost ve skokovém i stálém teplotním zatížení. Je proto důležité dělat namátkovou vstupní kontrolu materiál štítků, abychom predikovali problémy při značení.

Tištění probíhá přes takzvaný ribbon, kdy jeho barevná stálost určuje kvalitu výsledného značeného kódu.

Aby byla omezena co nejvíce kombinace možných odstínů ribbon musí odpovídat délce štítků. Toto opatření zkrátí i přestavovací čas, protože oba materiály se vymění ve stejnou dobu.

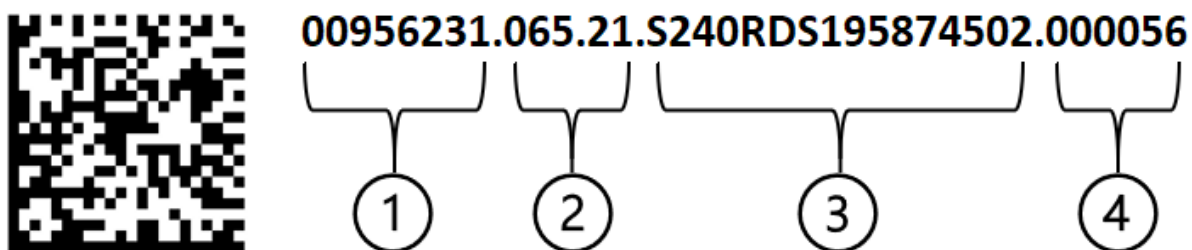
8.5 Obsah kódů

Obsah kódu je zásadní pro dobrou orientaci v systému traceování. Na jeho obsahu se musí domluvit obě strany, výrobce a zákazník. Z pohledu výroby je dobré mít pro rychlou identifikaci vloženou šarži a poté nakombinovat požadavek zákazníka. Co nesmí rozhodně chybět, je časová známka. Pro uspořádkování místa v kódu může být uveden den v roce s kombinací posledního dvojčíslí roku. Velmi důležité je počítadlo kusů.

V kombinaci s denní časovou známkou je to v poměru vůči obsahu kódu nejlepší volba. Standardně se vytváří kódy s obsahem 15 až 52 znaků, pokud je důležité mít alfanumerickou kombinaci. V případě numerických hodnot se pohybujeme v rozmezí do 72 v případě maximálního rozměru pro přímé DMC 8,2 x 8,2 mm.

Standardizování obsahu kódů

Tak jako v případě standardizace oblasti pro značení je důležité jasně stanovit pravidla pro tvorbu obsahu kódů. Aby byl obsah kódu pro všechny jednoznačně srozumitelný, je důležité tato pravidla zachovat a standardně používat. Všechny číselné kombinace se hodí oddělovat například tečkami, nebo lomítky, aby bylo možné po načtení kódu snadno detekovat, kde končí jedna číselná sekvence a začíná další.



Obrázek 57 Návrh obsahu kódu

Mnou navrhovaný obsah by měl obsahovat dohromady do 43 alfanumerických znaků. Prvních 8 pozic je vyhrazeno pro šarži. Ze šarže můžeme dohledat číslo zakázek a materiálové číslo. Druhou číselnou kombinací v obsahu kódu je časová známka, kterou nám tvoří kombinace dne v roce a posledního dvoučíslí roku. V tomto případě to znamená 6. března 2021. Třetí a zároveň tou nejdelší číselnou kombinací je označení zákazníka.

Dle mého názoru je pro toto označení nejlépe využít číslo zákaznického výkresu včetně indexu. Na obrázku můžeme vidět alfanumerické označení S240RDS195874502, kdy je poslední dvojčíslí indexem výkresu.

Poslední čtvrtou kombinací je počítadlo. To nám společně s časovou známkou dá naprosto jasnou informaci o kusu. Díky počítadlu je zajištěna unikátnost kódu. Restart počítadla by měl být možný jak při změně šarže, tak automaticky každý den v 23:59:59, tedy v dobu změny dne v roce.

8.6 Výběr značících strojů

Výběr strojů je podmíněn metodami značení, které jsem vybral v předchozí části. Laserovací stanice by se měla využívat především pro projekty, kde je oblast s kódem vystavena působení okolních vlivů. Například v převodovkách, nebo strojních zařízeních do těžkého průmyslu. Štítkovací stanice by se měla využívat především pro kusy, kde není potřeba značit kódy přímo a lze použít štítky.

Štítkovací stanice

Štítkovací stanici bude tvořit samostatně stojící stroj s dopravníkem, obsahujícím plastové nosiče, které budou vybaveny pozičními kolíky.



Obrázek 58 Dopravník štítkovací stanice [22]

Plnění dopravníku lze pokrýt plně automatizovaným ramenem, které bude ukončeno přísavkami pro rovnoměrné nabírání panelů. Vyprázdnění dopravníku bude řešeno ztrátou talku, kdy dojde k uvolnění kusu nebo panelu v přesně definovaném místě.

V místě, kde se panel uvolní sjedou po plechovém sjezdu. Plechový sjezd na bude panely překládat do bufferu. Poziční kolíky budou upraveny tak, aby umožňovaly osazení pozičních jigů, které budou uzpůsobeny jednotlivým panelům, nebo kusům. Samotný značící výkon je přímo závislý na uspořádání a množství kusů.

Rychlost dopravníku je do 15,24 m/min a je plně variabilní, lze ji tedy upravovat v závislosti na rychlosti lepení štítků. Štítky budou nabírány na pohyblivou hlavu s přísavkou.

Hlava bude odebírat jednotlivé štítky z podavače. Štítky budou do podavačů umístěny na



Obrázek 59 Štítkovací stanice [23]

plastových špulkách. Obsah kódů bude vytištěn na externí tiskárně přímo na pásky se štítky. Čas na jeden panel o rozměru 345 x 260 [mm], kdy jeden panel obsahuje 4 ks je stanoven na 9,5 s. Maximální výkon za hodinu činí přibližně 1516 kusů při rychlosti štítkovací hlavy 0,105 m/s. Cena štítkovací stanice se pohybuje v závislosti na aktuálních cenách jednotlivých komponent kolem 94 000 € při osazení validátorem a kompletním zprovozněním. Cena jednoduchých pozičních jigů se pohybuje od 70 € do 120€ dle velikosti a požadavku na přesnost.

Laserovací stanice

Laserovací stanice by měla být samostatně stojící stroj, který bude společně se štítkovací stanicí tvořit základ systému traceování. Laser bude určen pro kusy, které je důležité značit pouze do určité hloubky a použití štítků u nich nepřipadá v úvahu. Laserovací stanice umí vypálit jak DMC, tak i QR kódy. Velikost kódů je od 1 mm x 1 mm



Obrázek 60 Laserovací stanice [12]

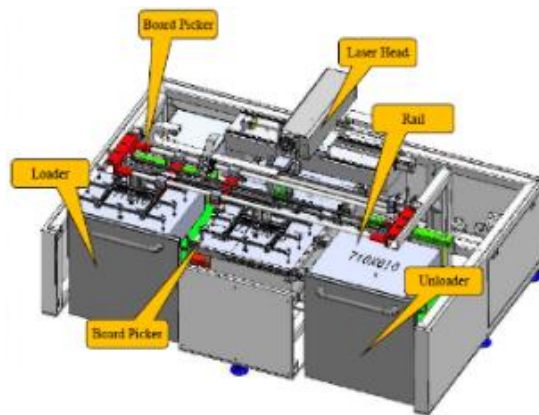
Výroba na stroji je řešena dvěma zásobníky a vakuovým stolem. Nad stolem se pohybuje rameno s přísavkami, které manipuluje s panely. Panel se založí do zásobníku, odkud si ho rameno nabere.

Protože je rameno uzpůsobeno pro oba stoly, při nabrání panelu ze zásobníku, nebere rameno i hotový kus z prostřední pozice. Rameno s přísavkami se posune doprava, čímž hotový panel



Obrázek 61 Rameno s přísavkami [12]

umístí do výstupního zásobníku. Rameno se vrací zpět a celý proces manipulace se opakuje. Do zásobníku lze naložit až 50 kg při výšce 300 mm. Tyto parametry zajišťují bezproblémové zpracování zakázky, která se pohybuje v rozmezí 800 – 1200 ks s kavitou 4 tedy 200 – 300 panelů o rozměru 345 x 260 [mm]. V případě zakázky o 1200 kusech je výška štosu panelů kolem 250 mm a zakázka váží mezi 6 až 11 kg v závislosti na složení flexibilního plošného spoje.

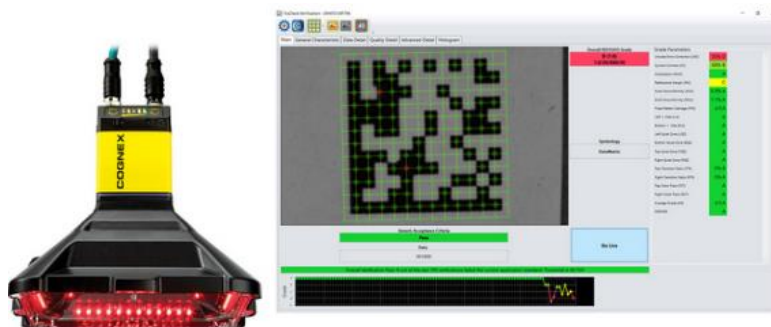


Obrázek 62 Vnitřní uspořádání laserovací stanice [12]

Čas cyklu na jeden panel byl stanoven na 16 s. To znamená, že celá zakázka 1200 ks bude zpracována za 80 min. Současná technologie umožňuje značit 1200 ks za 840 min. Samotné laserování jednoho DMC trvá kolem přibližně 2 s a na panelu jsou celkem čtyři. Zbytek času je určen na zaměření panelu na stole a pohyby stroje. Cena laserovací stanice je 150 000 €.

Kontrola kvality ve značících strojích

Kontrola kvality v obou strojích by měla být zabezpečena validátorem na výstupu stroje. Validátor dokáže vyhodnotit až 10 kódů za sekundu a díky ethernetovému rozhraní dokáže odeslat výsledky do PLC, databáze nebo na FTP server. Nebude tedy brzdít ani jedno značící zařízení a vytvoří první záznam do databáze. Velkou výhodou je, že validátor lze spojit s ovládáním stroje a při poklesu výsledné třídy čitelnosti stroj zastavit. Cena jednoho validátoru včetně instalace a zapojení je 9500 €.



Obrázek 63 Validátor pro značící stanice [8]

8.7 Výběr čteček kódů

Čtečky kódu je důležité vybrat jak pro stroje, tak pro operátory. Ruční čtečky by měly být co nejuniverzálnější, aby bylo možné načíst jakýkoliv 1D a 2D kód používaný v Mektec.

8.7.1 Ruční čtečky

Nejnáročnější pracoviště je rework, kde se opravují kusy po osazu a projde zde mnoho různých typů výrobků. Pro co nejlepší využití by měly být čtečky co nejvíce univerzální, měly by bezproblémově číst i ve výrobním prostředí, kde nejsou vždy ideální světelné podmínky. V úvahu připadají čtečky, které samostatně upravují nastavení parametrů pro načítání, umí načítat kódy nezávisle na podkladu a úhlu natočení kusu či samotné čtečky.

Čtečka by měla být bezdrátová a měla by mít zvýšenou odolnost proti pádu. Každé reworkové pracoviště navíc bude vybaveno základním all in one PC, do kterého čtečka bude připojena a bude přes uživatelské rozhraní komunikovat s databází. Pro osaz jsem zvolil čtečku DataMan 8700DX od firmy Cognex, protože bezchybně načítá kódy vyprodukované přímým značením.



Obrázek 64 Čtečka DataMan 8700DX

DataMan 8700DX je vybaven speciálními dekódovacími algoritmy, technologií HDR, integrovaným osvětlením, tekutými vysokorychlostními čočkami a vícejádrovým procesorem pro čtení kódů za méně než 150 milisekund. Pro reworkové stanice budou stačit dvě čtečky.

Linková pracoviště není nutné vybavovat takto drahými čtečkami. Nicméně kapitáni jednotlivých výrobních lodí je potřebují pro kontrolu kódů a správnosti načítání. Kapitán je pro každou loď jeden a všechny linky, které by měly spadat do projektu, řídí jeden kapitán. Katalogová cena jedné čtečky je 2595 €, cena all in one počítače je 540€.

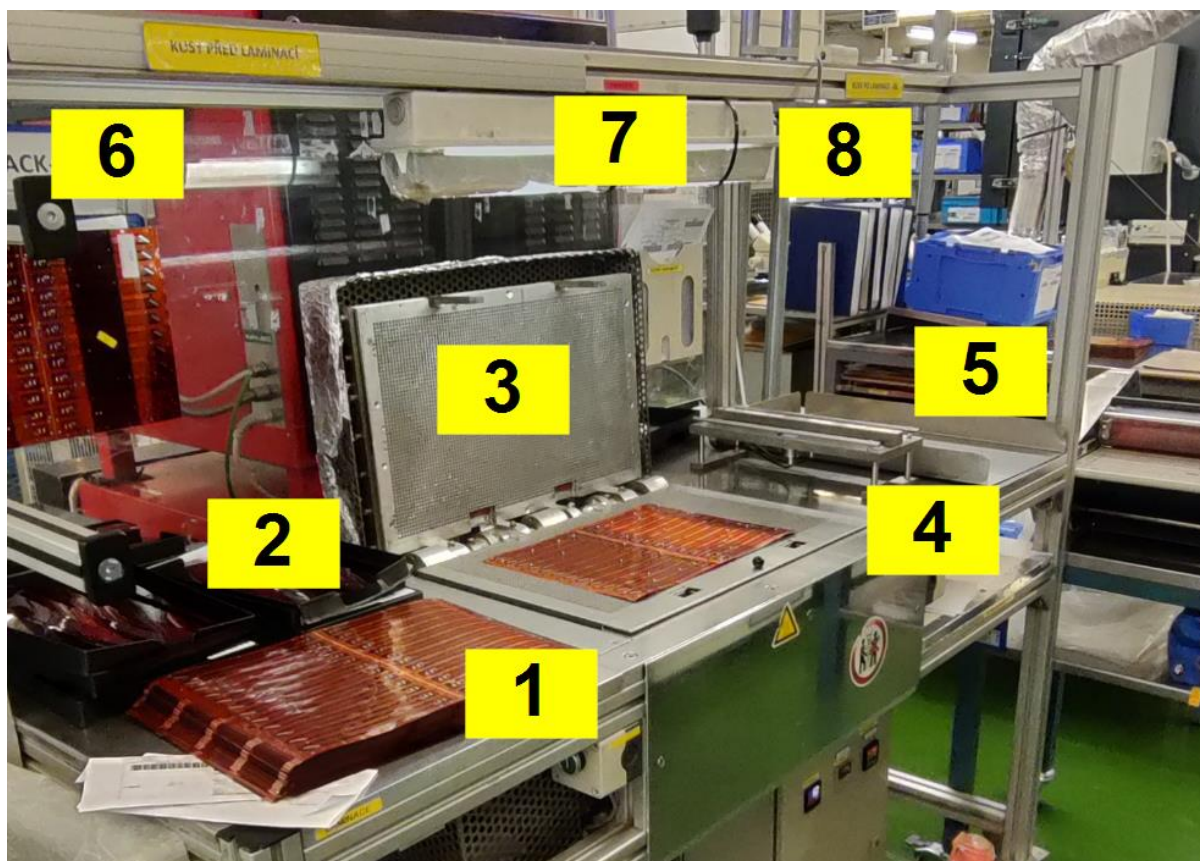
8.8 Úprava pracovišť pro traceabilitu

Pracoviště musejí být upravena tak, aby buď data získávaly z výstupů stroje, nebo je načítaly pomocí čteček a kamer. Respektive aby bylo možné sledovat dané znaky procesu.

8.8.1 Úprava pracoviště heftování

Aktuální rozvržení pracoviště pro heftování nevyhovuje standardu pro traceabilitu. Chybí zde jakákoliv detekce a možnost záznamu. Samotné heftovací pracoviště je součástí laminačního celku, kdy k tomu pracovišti náleží i čtyři vakuové lisy.

Dále můžeme vidět, že pracoviště nemá dořešenu metodiku 5S, kdy jsou krabičky s podpůrným materiálem označené číslem 2 ve špatné pozici a vstupní materiál ve formě panelů také. Číslem 3 je označen stroj na heftování. Číslem 4 je označena protahovací měřka a číslem 5 je označeno výstupní místo. Čísla 6 a 8 jsou určeny pro čtečky a kamery. Číslo 7 je přídavné světlo na pracovišti, které bude lépe namontováno souběžně s profilem tak, aby operátorovi nesvítilo do očí, ale přímo na pracovní plochu.

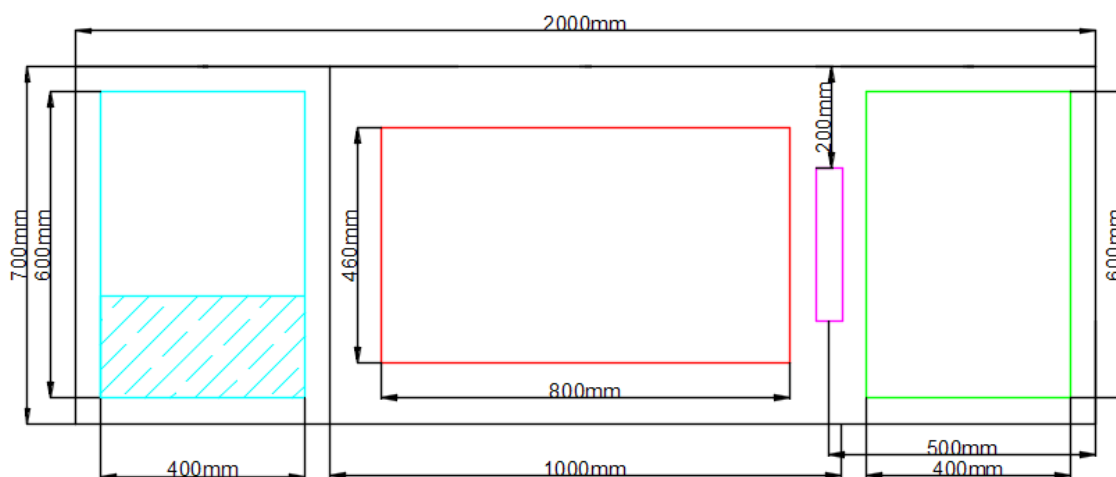


Obrázek 65 Heftovací pracoviště

První úpravou je lepší definování zón a to tak, že levá strana, kde vstupuje materiál, bude rozdělena jasně na oblast pro vstup podpůrného materiálu a panelů.

Vyšrafovaná část bude sloužit pouze pro vstupní materiál, který je v krabičkách. Na pracoviště může vstupovat i materiál, který je navinutý na špulce, ten má jasně stanové místo na přípravných stojanech. V nevyšrafované části budou umístěny jednotlivé panely. Tato optimalizace pracoviště přináší dva benefity. Prvním je dobrá uspořádanost pracoviště, čímž se zpřehlední a jasně definují obě oblasti. Druhou je vliv na manipulaci s materiálem.

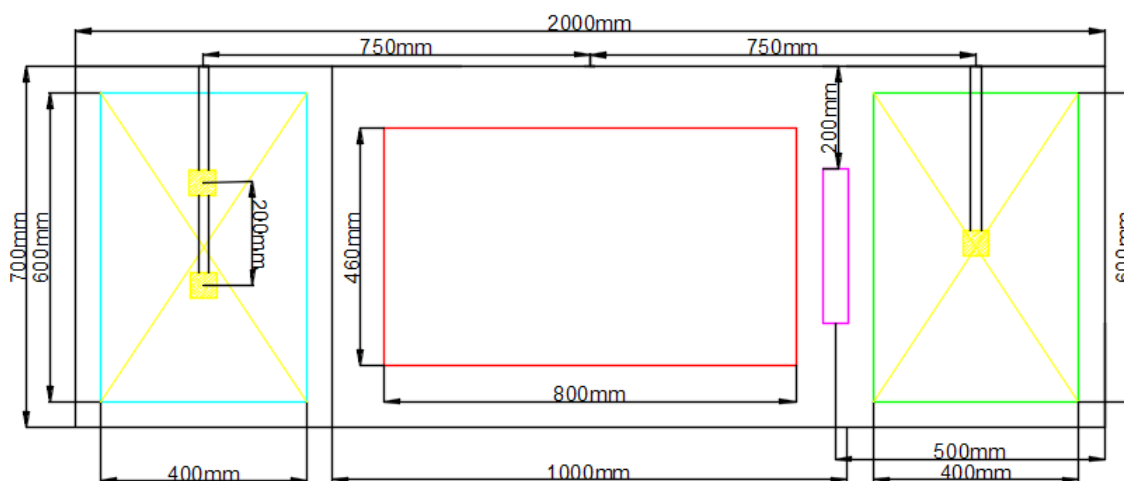
Pro panel operátor bude muset natáhnout dál, ale pomocný materiál bude mít ihned vedle ruky. Tato verze je výhodnější v tom, že panel se umísťuje pouze jednou, zatímco pomocný materiál v rozmezí od 2 až 30 kusů pomocného materiálu.



Obrázek 66 Layout pracoviště heftování

Výběr čtečky

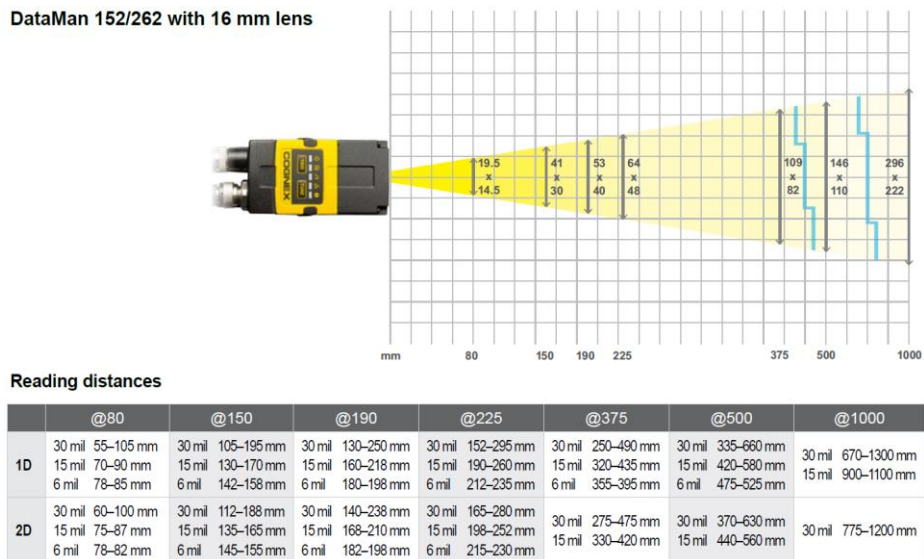
Podstatnou částí úpravy je doplnění čtečky a kamery do layoutu pracoviště. Nejprve jsem zakreslil na pozice do layoutu pracoviště místo pro kameru a čtečku. Čtečka bude na levé



Obrázek 67 Layout pracoviště heftování s čtečkami

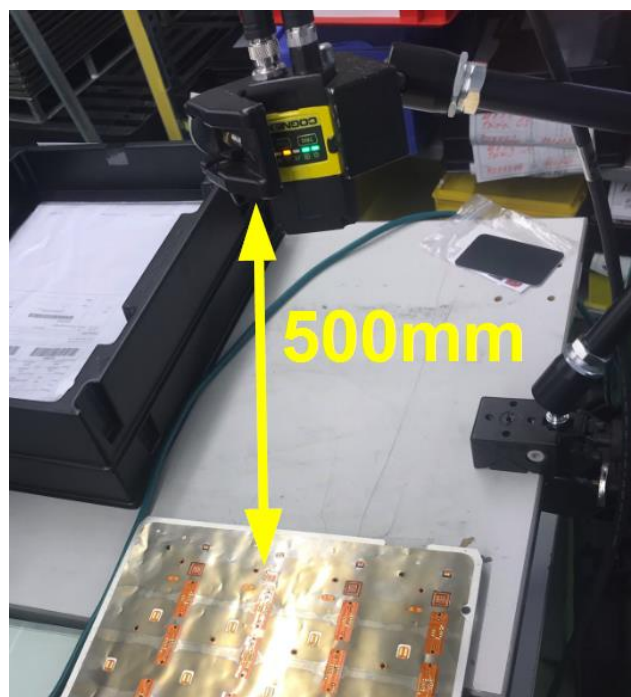
straně a kamera na pravé. Obě jsem centroval na prostředek tak, aby pokryly co největší místo na definované ploše.

Kódy budou načítat dvě DataMan 152/262 čtečky s 16 mm čočkou, které budou pokrývat celou plochu levé strany, kam vstupují označené panely. Instalace kamery bude ve výšce cca 400 až 500 mm od pracovního stolu. V této výšce budou dostatečně čitelné jak laserované, tak tištěné kódy.



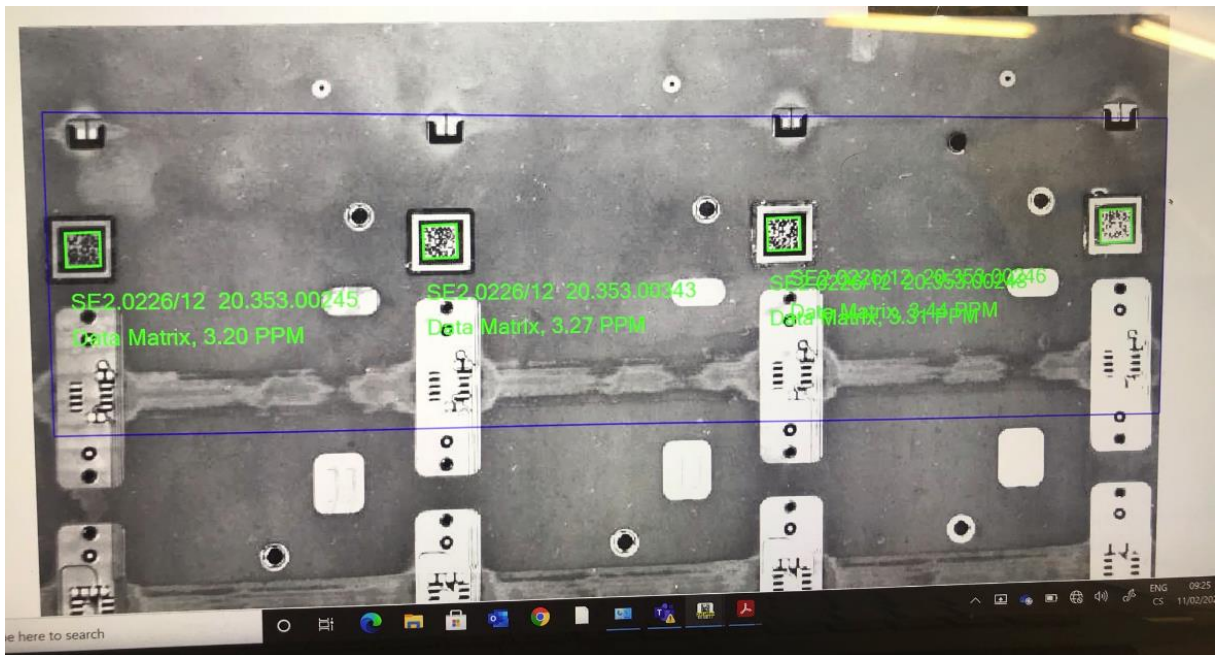
Obrázek 68 DataMan 152/262 [6]

Načtení kódů z požadované výšky proběhlo v několik sekvencích, kdy byly nasimulovány podmínky běžného provozu, bez dalších doplňků na čteče.



Obrázek 69 Testování načítání

Vzhledem k možnosti nastavení bylo ladění poměrně rychlé a výsledky dobře replikovatelné. Na obrázku můžeme vidět záznam ze simulace načítání.



Obrázek 70 Výsledek načítání

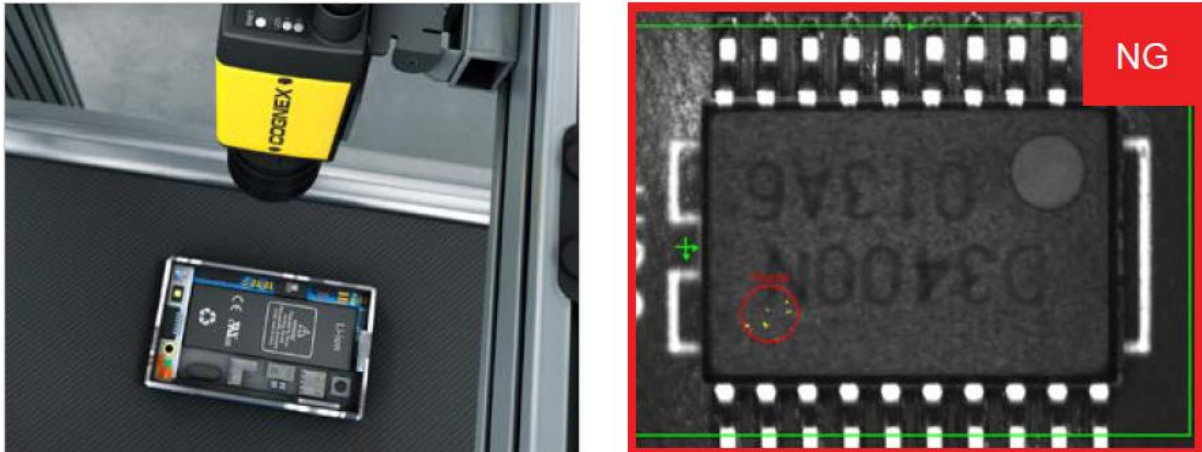
Vzhledem k tomu, že panely nebude jednoduché vždy udržet naprosto rovné a ve stejné pozici, bylo důležité otestovat i boční náklon, respektive zkusit načíst panel pod úhlem. Ten jsem simuloval náklonem o 45° od nominálu panelu. Takto velké nahnutí v reálu není téměř možné, ale výsledek ukazuje dostatečnou rezervu v případě i takto extrémního prohnutí.



Obrázek 71 Testování náklonu

Výběr kamery

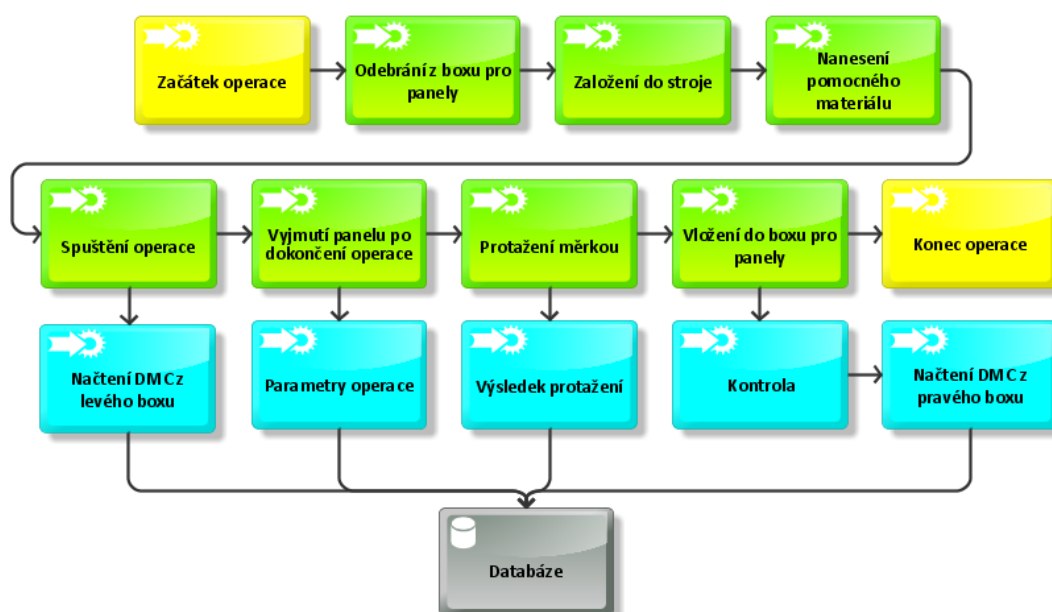
Na výstupní kontrolu operace jsem zvolil 2D kameru Cognex In – Sight 9000, která bude umístěna na pravé straně pracoviště. Kamera zvládne načítat kódy, ale také kontrolovat díly. Tato obojetnost je velice důležitá, protože velká část reklamací se týká posunu pomocného materiálu na panelech.



Obrázek 72 Kamera Cognex [16]

Flow pracoviště

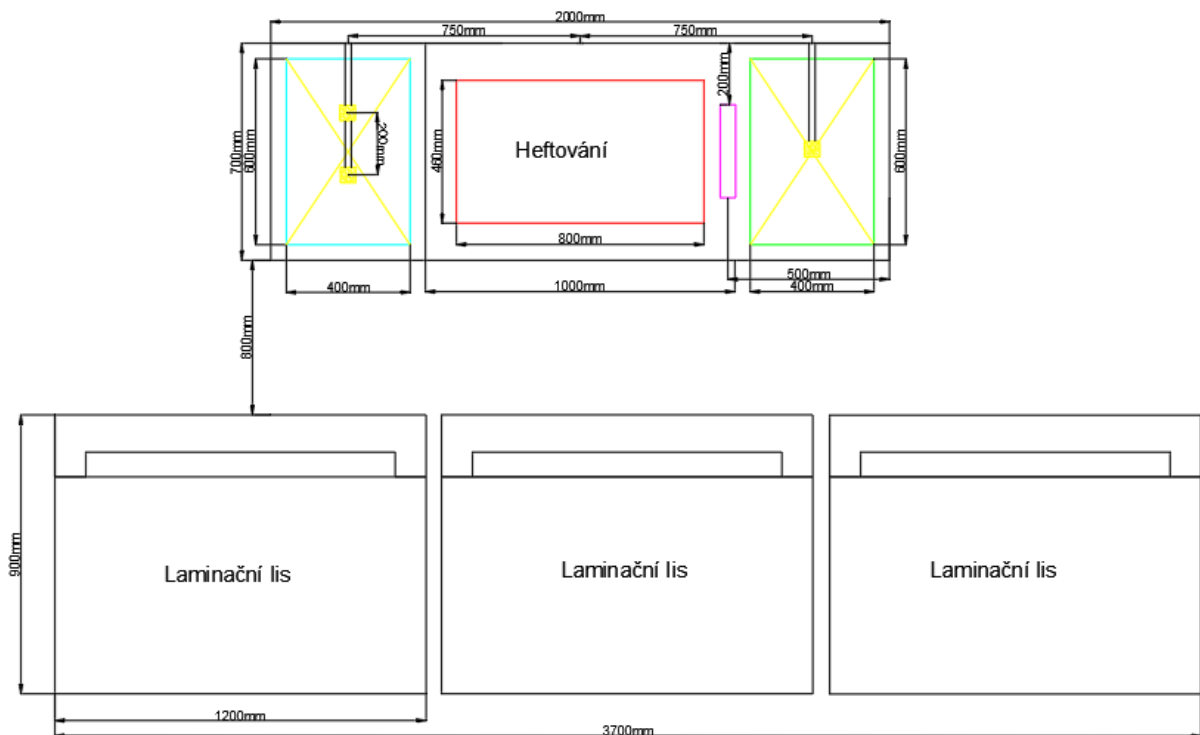
Flow pracoviště jsem znázornil na obrázku. Od začátku operace až do nanesení pomocného materiálu se systém pro traceabilitu nezaznamenává. Prvním záznamem je spuštění stroje, kdy operátor stiskne tlačítka pro start a ve chvíli spuštění načtou kamery na vstupu panel. Tuto sekvenci jsem zvolil proto, abych eliminoval násobné načítání na stejné operaci. Výsledek se ukládá do databáze.



Obrázek 73 Flow pracoviště heftování

Po dokončení cyklu stroje se zaznamenají parametry procesu, tedy čas a teplota. Následuje krok protažení měrkou a záznam protažení. Poslední operací je umístění do boxu pro výstup z operace. Zde proběhne nejdříve kontrola a poté načtení DMC. Tato sekvence musí zůstat zachována, aby byla správně zaznamenána informace o pozici pomocného materiálu na panelu. Protože se pomocný materiál málokdy používá pouze pro jeden kus, bude muset být v programu pro detekci chyb vytvořené rozložení každého typu panelu. To znamená detekovat kusy, kterým náleží špatně přichycený pomocný materiál.

Po úspěšném heftování následuje laminace, která je zastoupena třemi laminačními lisami. U laminačních lisů je nastavena konstantní teplota a standardně se nemění. Navíc rozevření lisu brání umístění čtečky. Proto bude do systému traceability zařazeno pouze parametrické sbírání dat. Layout celého pracoviště vypadá takto.



Obrázek 74 Layout celého pracoviště

8.8.2 Úprava pracoviště elektrických testerů

Dalším strojem, který není plně připravený na traceabilitu, je elektrický tester. Ve firmě se nachází několik modelů, nicméně řešení bude koncipováno tak, aby bylo využitelné pro všechny stroje

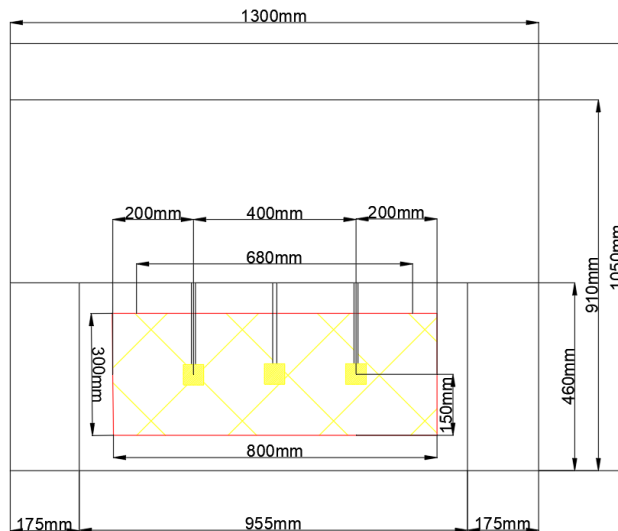


Obrázek 75 Elektrický testr

Na obrázku stroje můžeme vidět hlavní zóny pro traceabilitu. Číslem 1 je ovládací panel stroje, kde je možné provádět jeho nastavení. Číslem 2 je označen monitor napojený přímo na počítač testeru. Informuje obsluhu o výsledku testu. Číslem 3 je označena vložka s panelem. Číslem 4 je označeno místo, které jsem vybral pro umístění čtečky.

Na výběr jsem měl dvě možnosti. Umístit čtečky buď přímo do stroje, nebo před stroj. První možnost jsem zamítl z několika důvodů. Pokud by se čtečka nacházela ve stroji, při každém seřízení testeru by se musel znovu seřizovat, protože by přes ni nebylo možné vyjmout celou vložku testeru ven. Druhou nevýhodou je minimum prostoru pro zabudování čtečky vůči výšce, ze které je možné kódy spolehlivě načítat.

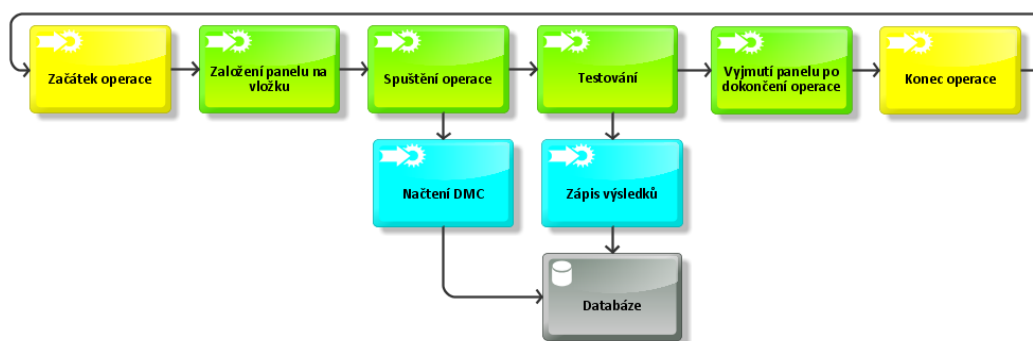
Proto jsem se rozhodl umístit tři čtečky, které by měly pokrýt z výšky 700 až 800 mm celou vložku testeru. Pro co největší univerzálnost jsem opět zvolil čtečky DataMan 152/262 s 16 mm čočkou, které budou pokrývat celou plochu vložky, tedy oblasti, kde bude panel. Výstup ze stroje bude řešen výstupem XML, ASCII, nebo CSV přes TCP/IP protokoly.



Obrázek 76 Layout pracoviště testru

Flow pracoviště

Flow pracoviště jsem znázornil na obrázku. První záznam do databáze se provede po spuštění stroje, kdy operátor stiskne tlačítka pro start. Po zmáčknutí následuje načtení a ve chvíli spuštění načtou kamery na vložce panel. Poté panel na vložce zajede do testru. Započne testování a jeho výsledek je zapsán do databáze. Po vyjetí vložky z testeru ven se označí špatné kusy a proces se opakuje s novým panelem. Všechny tři čtečky lze vzájemně propojit a tím zajistit načtení celého panelu v jednom kroku. Protože kusy načteme po startu operace, není možné, aby operátor ovlivnil výsledek načítání. Po startu se totiž automaticky spustí světelné závory. Jakékoli narušení strojního cyklu stroj zastaví. Další výhodou je, že tester zná pozice kusů, které testuje, respektive zná hodnoty mezi jednotlivými testovanými body. K této pozici lze přiřadit DMC kód. Tím vzniká vazba kódu a výsledku testování vůči kusu.



Obrázek 77 Flow pracoviště testru

9 Předprojektová fáze

9.1 Zaujaté strany na projektu

Základním prvkem projektu je definování zaujatých stran a jejich zastávané role. Pro přehlednost jsem uvedl zadavatele, zákazníka, investora, realizátora a další zaujaté strany na projektu.

Role zaujatých stran	
<i>Zadavatel</i>	Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s.r.o.
<i>Zákazník</i>	Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s.r.o.
<i>Investor</i>	Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s.r.o.
<i>Realizátor</i>	Projektový tým Traceabilita 2021, Externí firma
<i>Zaujaté strany na projektu</i>	Zákazníci, Operátoři, Technologové, Kvalitáři, IT, Externí firma (dodavatel SAP ME)

Tabulka 1 Role zaujatých stran

Po určení zaujatých stran jsem definoval jejich samotná očekávání od projektu. Důležitost tohoto dokumentu tkví v tom, že kdykoli v průběhu projektu bude potřeba se ujistit, nebo seznámit s očekáváním jednotlivých stran, bude zaznamenána myšlenka očekávání ze startu projektu. Nebude tak možné překrucovat informace v průběhu projektu. Samozřejmě pokud se změní očekávání stran nebo dojde k jejich úpravě, nové informace musejí být zřetelně a ideálně verzovaně uloženy a kdykoli přístupné.

Zaujaté strany v projektu a jejich očekávání	
Strana	Očekávání
<i>Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s.r.o.</i>	Splnění zákaznických požadavků Zvýšení konkurenceschopnosti Uvolnění kapacit THP zaměstnanců Ucelenější celopodnikové softwarové řešení
<i>Zákazníci požadující traceabilitu</i>	Bezchybná traceabilita systému Správná a vypovídající data o nakupovaných dílech Možnost návaznosti traceability
<i>Oddělení výroby</i>	Jednoduchost a přehlednost systému Jasně a jednoduché zadávání
<i>Oddělení technologie</i>	Jednoduché a rychlé vyhledávání v systému

	Možnost komunikace stroje a database
<i>Oddělení kvality</i>	Sledovatelnost zmetků a jejich detekce Jednoduché a rychlé vyhledávání v systému
<i>Oddělení IT</i>	Možnost úpravy metadata systému Rychlost a spolehlivost systému
<i>Externí firma</i>	Přístup k databázi v domluvených termínech Podpora SAP senior Mektec Zapojení od začátku do systému

Tabulka 2 Zaujaté strany v projektu a jejich očekávání

9.2 Registr zaujatých stran na projektu

Posledním důležitým prvkem při tvorbě projektu ve vztahu k zaujatým stranám je bližší definování zástupce strany a jeho vlivu na projekt. Dále je nutné zvážit postoj k řešeným problémům a v neposlední řadě samotná strategie zainteresování stran do projektu. U zástupce lze uvádět jméno, ale z mých vlastních zkušeností je lepší uvádět pracovní pozici, respektive funkci, která může dělat rozhodnutí. Vliv na projekt je rozdělen do 3 kategorií a to velký, nízký a střední. Jde tedy o to, kdo jak má velké rozhodovací pravomoci. Například oddělení výroby bude mít vliv nízký, protože s traceabilitou musí pracovat a není zásadně důležité nechat zástupce výroby nechat ovlivňovat vyšší měrou.

Naopak externí firma, která bude připravovat data pro SAP ME musí mít vliv na projekt velký, protože na základě jejich rozhodnutí bude systém fungovat. Postoj vůči projektu jako takovému je také důležitý. U většiny zaujatých stran není čistý postoj krom externí firmy, pro kterou znamená především zisk za odvedenou práci. Na druhou stranu oddělení kvalit má neutrální až kladný. Neutrální proto, že ne všechna stanoviska a postoje musí zaujmout, nicméně kladně musí hodnotit postoj k výstupu projektu, kdy na základě traceability bude jejich získávání dat a vyhodnocování o moc snazší.

Zaujatá strana	Zástupce	Vliv na projekt	Postoj	Strategie zainteresování do projektu
Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s.r.o.	Jednatel společnosti	Velký	Neutrální až kladný	Vysoká míra informovanosti Významné čerpání finančních prostředků Pozvání na schůzku při dosažení milníků Oficiální zahájení a ukončení projektu
Zákazníci	Určený	Velký	Kritický	Vysoká míra informovanosti na

	zástupce zákaznickou stranou		až neutrální	periodické bázi Oficiální zahájení a ukončení projektu Komunikace výsledků testů a odesílání vzorků Vysoké požadavky kvality
Oddělení výroby	Určený zástupce z managementu výroby	Nízký	Kritický až neutrální	Základní míra informovanosti Oficiální zahájení a ukončení projektu Poskytnutí operátorské základny
Oddělení technologie	Určený zástupce z managementu technologie	Velký	Neutrální až kladný	Vysoká míra informovanosti Komunikace na periodické bázi Poskytnutí technologické základny Pozvání na schůzky na periodické bázi Komunikace s externími dodavateli
Oddělení kvality	Určený zástupce z managementu technologie	Střední	Neutrální až kladný	Vysoká míra informovanosti Komunikace na periodické bázi Poskytnutí kvalitářské základny Pozvání na schůzky na periodické bázi Komunikace s externími dodavateli
Oddělení IT	Určený zástupce z managementu IT	Střední	Neutrální až kladný	Vysoká míra informovanosti Komunikace na periodické bázi Poskytnutí kvalitářské základny Pozvání na schůzky na periodické bázi Komunikace s externími dodavateli
Externí firma	Určený zástupce z externí firmy	Velký	Kladný	Vysoká míra informovanosti Komunikace na každodenní bázi Pozvání na schůzky na periodické bázi Předání Know how o systému

Tabulka 3 Registr zainteresovaných stran

9.3 SMARTi cíl

Určení cílů je alfou omegou každého projektu. Pro co nejlepší formulování cílů jsem je zpracoval podle SMARTi. Cíle by měly být specifické, měřitelné, přidělitelné, dosažitelné, časově ohraničené a integrované do organizační strategie. Pro SMARTi jsem se rozhodl především proto, že pokud bude cíl definován a mnou chápán, tak ostatním zúčastněným na projektu se může pod tímto definováním vybavit něco jiného. Dále metoda SMARTi přináší metodiku, která je vhodná pro tento typ projektu, protože se v ní konkretizuje, měří, dosahuje, posuzuje realističnost, časové ohraničené a hodnotitelné cíle projektu.

Cíl 1 – Funkčnost systému

Prvním cílem je funkčnost systému, kdy ho budeme měřit podle nulové systémové chybovosti. Nesmí se stát, že systém bude chybně přiřazovat informace o jednotlivých traceovaných. Chyby způsobené nesprávným ručním zadáváním vstupních informací nebudou zohledněny ve vyhodnocení.

Cíl 2 – Unifikovaný výstup

Druhým cílem je unifikovaný výstupní report. Report musí obsahovat materiálové číslo, šarži a číslo zakázky. Tělo dokumentu musí obsahovat každou traceovanou operaci s časovou známkou. Report bude posléze doplněn k reklamaci, ověření skutečností nebo pro řešení a zdokumentování řešených neshod

Cíl 3 – Orientace v systému

Třetím cílem je jednoduchá orientace v systému při vyhledávání. Tento cíl je tvořen dvěma podmínkami. První je možnost zadat načtený kód do systému. Výsledek vrácený systémem bude minimálně šarže zakázky se základními informacemi. Druhou podmínkou je po zadání šarže bude vrácený výsledek systémem výčet všech kusů na zakázce a základních informací o zakázce.

Cíl 4 – Systém navázání kódů

Systém musí mít dvě verze možnosti navázání kódů. První verze musí obsahovat zákaznický kód vůči Mektec šarži. Tedy kód, který zákazník uvede ve schválené výkresové dokumentaci, na který se následně budou vazbit data z výroby. Druhá verze bude vázána přímo na kód, který bude obsahově vytvářet Mektec. Ve formátu materiálové číslo, šarže a časová známka.

Cíl 5 – Reworkované kusy

Každý kus, který je typově reprezentován materiálovým číslem bude mít svůj vlastní kód, který se nebude měnit v průběhu výroby. V případě, že kus bude reworkován musí být

záznam uveden v systému. Záznam musí obsahovat jméno operátora, časovou známku a důvod reworku.

Cíl 6 – Přiřazování materiálu

System musí umožňovat na základě kódu přiřadit materiál pro daný kusovník a tuto skutečnost zkontrolovat. System musí rozeznat alternativní komponenty a umožnit jejich přiřazení i po spuštění zakázky.

Cíl 7 – Značící stanice

V projektu musí být řešeny obě verze značení, jak přímé, tak za pomoci štítků. Kapacita strojů musí být naddimenzována minimálně o 60% týdenní kapacity z důvodu převedení dalších výrobků po skončení projektu pro zavedení traceability.

9.4 Logický rámec projektu

Logický rámec projektu jsem vytvořil především pro přehledné představení projektu a snadné objasnění jednotlivých cílů a potřeb, které z nich vyplývají.

	Popis	Objektivně ověřitelné ukazatele	Způsob ověření	Kým	Předpoklad k realizaci
Cíl	Funkčnost systému	System nebude špatně přiřazovat materiály	10 prvních zakázek, poté namátkově alespoň 4x za rok 2022	Vedoucí logistiky	Plně funkční system SAP ME
	Unifikovaný výstup	Report obsahuje stanovené informace ze zakázky a samotném kusu	Report obsahuje materiálové číslo, šarži, číslo zakázky se seznamem operací kde se díl vyráběl s časovou známkou	Vedoucí kvality	Plně funkční system SAP ME se správně nastavenými filtry
	Snadná orientace v systému	Po zadání zakázky, nebo načtení kusu jdou dohledat všechna data	Při převzetí systému výběr z náhodných testovacích zakázek	Vedoucí projektu	Plně funkční system SAP ME
	Obojetná návaznost kódů	Volitelný obsah DMC při zachování unikátnosti kódů	Při převzetí systému výběr z náhodných testovacích zakázek	Vedoucí projektu	Plně funkční system SAP ME

	Reworkované kusy	Záznam každého reworku s požadovanými informacemi	Při převzetí systému výběr z náhodných testovacích zakázek	Vedoucí projektu	Plně funkční systém SAP ME
	Přiřazování materiálu	Materiálový štítek se musí automaticky ověřit s kusovníkem i alternativním	Při převzetí systému výběr z náhodných testovacích zakázek	Vedoucí projektu	Plně funkční systém SAP ME
	Značící stanice	V projektu musí být vyřešeny obě verze a jejich kapacita musí disponovat alespoň 60%	Při převzetí systému výběr z náhodných testovacích zakázek	Vedoucí projektu	Plně funkční systém SAP ME
Výstupy projektu	Zavedení nového systému	Nakoupeny licence SAP ME	Evidence majetku	Vedoucí projektu	Plně funkční systém SAP ME
	Funkční traceability výrobků	Možnost dohledání informací o kusech	Záznamy v systému SAP ME	Vedoucí projektu	Plně funkční systém SAP ME
	Připojení strojů do systému traceability	Možnost sledování a vytíženosti strojů v systému	Výpočet OEE ze systému, který bude odpovídat realitě	Vedoucí projektu	Plně funkční napojení strojů na systém
	Značící stanice pro přímé i štítkovací značení	Kvalifikace strojů dle směrnice Mektec	Předání strojů do sériové výroby	Vedoucí projektu	Plně funkční stroje
Hlavní skupiny činností	Popis	Zdroje	Hrubý časový rámeček		Zodpovědný
	Příprava inženýrských sítí	IT pracovník a Údržbář	1 týden		IT pracovník
	Objednání systému SAP ME	Vedoucí projektu	1 týden		Vedoucí projektu
	Objednání Cognex	Vedoucí projektu	1 den + 8 týdnů		Vedoucí projektu

	Objednání strojů na značení	Vedoucí projektu	1 týden + 7 týdnů	Vedoucí projektu
	Kvalifikace strojů	Technolog	4 týdny	Technolog
	Nastavení SAP ME	Externí pracovník	6 týdnů	Externí pracovník
	Instalace SAP ME	Externí pracovník	3 týdny	Externí pracovník
	Testování	Kvalitář, Technolog, Operátoři, Externí pracovník	12 týdnů	Vedoucí projektu
	Předání sériové výrobě	Kvalitář, Technolog,	2 týdny	Vedoucí projektu
	Vyhodnocení projektu	Všichni	1 den	Vedoucí projektu

Tabulka 4 Logický rámec projektu

10 Zakládací listina projektu

Zakládací listina projektu, která definuje jeho nejdůležitější prvky. Pro projektový tým bude sloužit jako základní přehled o projektu a jeho výstupech a cílech.

Název projektu	Traceability 2021		
ID projektu	TRB-01-01		
Priorita projektu	4		
Přínos projektu	Zvýšení konkurenceschopnosti podniku díky možnosti traceability kusů za pomoci specializovaného software SAP ME		
SMARTi Cíle projektu	Funkční systéme traceability, který bude mít unifikovaný výstup se snadnou orientací. Systém umožně obojetnou návaznost kusech, bude obsahovat řešení reworkovaných kusů, řešit přiřazování materiálů. Posledním cílem je úspěšné pořízení a následná kvalifikace značících zařízení.		
Výstup projektu	Zavedení nového funkčního systému traceability za předpokladu připojení požadovaných strojů za pomoci přímého a štítkového značení kódy.		
Plánované interní časové náklady	3000 hodin	Plánované externí časové náklady	750 hodin
Plánované náklady na interní zdroje	600 000°Kč	Plánované materiálové náklady	17 000 000 Kč
Předpokládaný start projektu	12.04.2021	Předpokládané dokončení projektu	26.11.2021
Milníky projektu	Červenec 2021 Srpen 2021 Září 2021 Listopad 2021	Kvalifikace značících zařízení Napojení všech strojů na SAP ME První plně traceovaná zakázka Předání sériové výroby	
Kritéria úspěšnosti projektu	Úspěšné zavedení systému do firmy Mektec Založení traceability systému ve společnosti Mektec Dodržení harmonogramu projektu Dodržení rozpočtu projektu Traceability dílů na určených místech		
Výjimky projektu	Omezení a z nich plynoucí zdržení projektu budou akceptovány na základě aktuální epidemiologické situace		

Tabulka 5 Zakládací listina projektu

11 Rozplánování projektu

Pro rozplánování projektu jsem použil MS Project, kdy jsem se u jednotlivých bodů řídil předprojektovou fází. Jako předpokládaný start projektu jsem zvolil datum 12.04.2021 a jako předpokládané dokončení projektu 26.11.2021. Pracovní zdroje na projektu byly stanoveny na základě projektového týmu a byly doplněny o externistu, který bude zajišťovat zavedení SAP ME. Ganttův diagram je uveden v příloze 1 na konci diplomové práce.

11.1 Příprava

První částí projektu bude příprava, která začíná prvním meetingem respektive zahájením projektu. Na této schůzce bychom měli probrat jednotlivé body dle návrhu WBS a prodiskutovat jednotlivé milníky a harmonogram projektu. Časový rozsah pro přípravnou část je 58 dní, tedy od 12. dubna 2021 až do 1. července 2021.

Následujícím krokem je příprava síťových požadavků pro zavedení systému, respektive úprava layoutu inženýrských sítí. Po změně layoutu je možné rozvést kabeláž po hale a připravit tak stroje na připojení do systému. V pořadí třetím krokem je úprava postupů a doplnění systémových hlásících bodu, a to především pro nové značící stroje.

Čtvrtým krokem je samotná instalace SAP ME a to především jeho napojení na aktuální verzi SAP a doinstalování potřebných prvků systému. Nedílnou součástí tohoto kroku je nastavení metadat, které je zásadní pro správnou funkčnost systému. V neposlední řadě zde bude důležité proškolení logistiků, kteří budou se systémem pracovat. Poslední částí přípravy bude objednání čtecích zařízení od firmy Cognex a značících zařízení.

11.2 Realizace

Prvním krokem realizace projektu je kvalifikace nových strojů. Kvalifikace se řídí dle interních směrnic a je důležitým bodem pro úspěšné dokončení projektu. Po dokončení kvalifikace strojů lze začít instalovat systém na jednotlivé stroje a do jejich terminálů. Po dokončení instalací je čas na první test. Testy jsou důležité pro správné nastavení systému. Na každý test je vyhrazeno 24 dní a každý test bude obsahovat zpracování tří výrobních zakázek. Test, který je označen jako 1 bude sloužit především pro nastavení systému.

V průběhu tohoto testování se budou odstraňovat zásadní nedostatky a vyhodnocovat správnost dat. Test označený jako 2 bude navazovat na test 1 v tom smyslu, že bude řešit spolehlivost nastavení a v průběhu této fáze by mělo probíhat finální ladění. Třetím testem je zátěžový test a zároveň je to poslední část realizační části. Zátěžový test by měl ukázat jak

spolehlivost systému, ale i stability systému a v neposlední řadě odolnost vůči operátorským chybám.

11.3 Výrobní dokumenty

Jak jsem popisoval již v kapitole návrhu systému, tak SAP ME disponuje možností zobrazení návodů ať kvalitářských, nebo výrobních které lze zobrazovat a promítat na terminálech ve výrobě. Nicméně současné návody nepočítají s využitím, respektive použitím plné systémové traceability. Úprava těchto dokumentů je plně v kompetenci pracovního zdroje technologa a kvalitáře. Dokončení tohoto korku je podmínkou pro předání do sériové výroby.

11.4 Předání sériové výroby

Předání sériové výrobě bude probíhat ve dvou krocích. Prvním krokem bude proškolení operátorů, respektive zaškolovatelů, kteří budou pracovat se systémem. Po zaškolení odpovědných pozic bude možné vyrobit zakázku plně v režii sériové výroby pod dohledem kvalitáře a technologa.

11.5 Vyhodnocení projektu

Na vyhodnocení projektu by se měl podílet celý projektový tým. Tato schůzka bude vyhodnocovat úspěchy na projektu a úspěšnost zavedení systému traceability. Nedílnou součástí této schůzky by mělo být vyhodnocení cílů.

Konec projektu je plánován na 26. listopadu 2021, kdy by měly být všechny plánované akce dokončeny v plném rozsahu a systém traceability plně funkční.

WBS	Název	Začátek	Konec	Předchůdci	Rezerva [den]	Celkem [hod]
1	Traceabilita	12.04.21	26.11.21		25,88	3 688
1.1	Příprava	12.04.21	01.07.21		25,88	472
1.1.1	Zahájení projektu	12.04.21	13.04.21		26,88	64
1.1.1.1	První meeting	12.04.21	13.04.21		26,88	64
1.1.2	Příprava síťových požadavků	13.04.21	21.04.21	4	76,88	72
1.1.2.1	Upravení stávajícího layoutu	13.04.21	15.04.21	4	76,88	16
1.1.2.2	Příprava kabeláže	15.04.21	16.04.21	6	76,88	8
1.1.2.3	Rozvedení kabeláže po hale	16.04.21	21.04.21	7	76,88	48
1.1.3	Úprava pracovních postupů	13.04.21	15.04.21		80,88	16

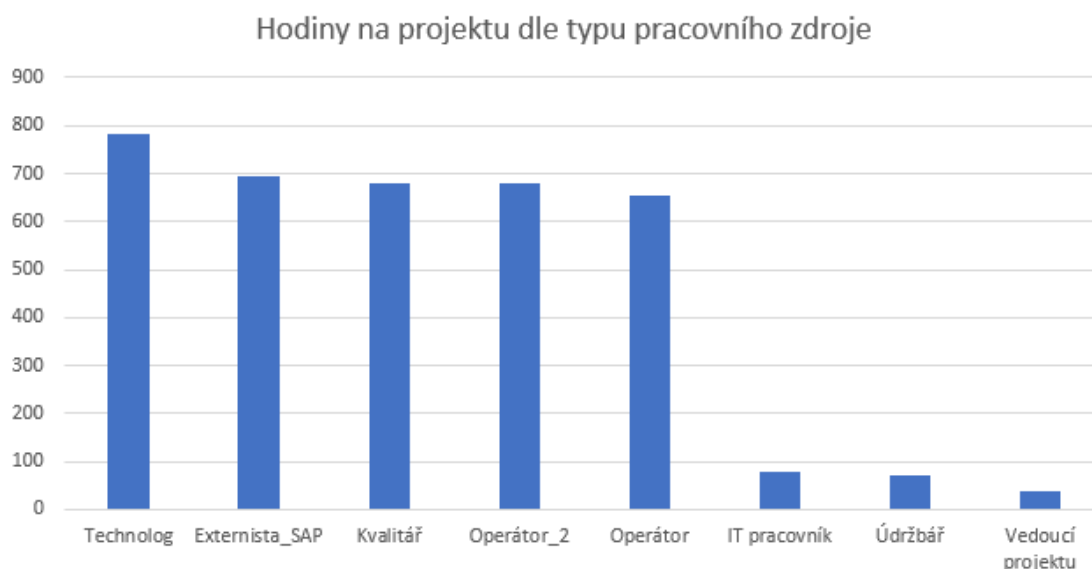
1.1.3.1	Doplnění operací v SAP APLAN	13.04.21	14.04.21	4	80,88	8
1.1.3.2	Doplnění hlásících bodů strojů	14.04.21	15.04.21	10	80,88	8
1.1.4	Nastavení SAP ME	13.04.21	08.06.21	4	42,88	320
1.1.4.1	Instalace systému	13.04.21	11.05.21		42,88	160
1.1.4.2	Řešení značení materiálu	11.05.21	18.05.21	13	42,88	40
1.1.4.3	Nastavení metadat	18.05.21	01.06.21	14	42,88	80
1.1.4.4	Základní školení	01.06.21	08.06.21	15	42,88	40
1.1.5	Objednání Cognex	19.04.21	01.07.21	3	25,88	0
1.1.6	Objednání značících zařízení	13.04.21	30.06.21	4	26,88	0
1.1.6.1	Objednání laseru	13.04.21	30.06.21		26,88	0
1.1.6.2	Štítkovací stanice	13.04.21	30.06.21		26,88	0
1.2	Realizace	01.07.21	02.11.21	2	25,88	2 768
1.2.1	Kvalifikace strojů	01.07.21	27.07.21		113,88	144
1.2.1.1	Vybalení laseru	01.07.21	06.07.21		117,88	48
1.2.1.2	Připojení laseru na inženýrské sítě	06.07.21	07.07.21	23	117,88	16
1.2.1.3	Kvalifikace laseru	07.07.21	14.07.21	24	117,88	40
1.2.1.4	Kvalifikace štítkovačky	14.07.21	21.07.21	25	117,88	40
1.2.1.5	Kvalifikace hotova	27.07.21	27.07.21		113,88	0
1.2.2	Instalace SAP ME na stroje	01.07.21	23.07.21		25,88	128
1.2.2.1	Heftování a laminace	01.07.21	05.07.21		25,88	16
1.2.2.2	Laser	01.07.21	05.07.21		25,88	16
1.2.2.3	Štítkovací stanice	05.07.21	07.07.21	29	25,88	16
1.2.2.4	E tester	07.07.21	09.07.21	30	25,88	16
1.2.2.5	Vytvrzovací pece	09.07.21	13.07.21	31	25,88	16
1.2.2.6	Osazovací linka	13.07.21	15.07.21	32	25,88	16
1.2.2.7	Potting	15.07.21	19.07.21	33	25,88	16
1.2.2.8	Seho	19.07.21	21.07.21	34	25,88	16
1.2.2.9	EOL	21.07.21	23.07.21	35	25,88	16
1.2.2.10	Napojení všech strojů	23.07.21	23.07.21	36	115,88	0
1.2.3	Test 1 - testování nastavení	23.07.21	26.08.21	36	25,88	960

1.2.3.1	Zkouška 1 zakázka	23.07.21	04.08.21		25,88	320
1.2.3.2	Zkouška 2 zakázka	04.08.21	16.08.21	39	25,88	320
1.2.3.3	Zkouška 3 zakázka	16.08.21	26.08.21	40	25,88	320
1.2.4	Test 2 - testování spolehlivosti	26.08.21	29.09.21	38	25,88	768
1.2.4.1	První plně traceovaná zakázka	26.08.21	26.08.21		49,88	0
1.2.4.2	Zkouška 1 zakázka	26.08.21	07.09.21	41	25,88	256
1.2.4.3	Zkouška 2 zakázka	07.09.21	17.09.21	44	25,88	256
1.2.4.4	Zkouška 3 zakázka	17.09.21	29.09.21	45	25,88	256
1.2.5	Test 3 - zátěžový test	29.09.21	02.11.21	42	25,88	768
1.2.5.1	Zkouška 1 zakázka	29.09.21	11.10.21	46	25,88	256
1.2.5.2	Zkouška 2 zakázka	11.10.21	21.10.21	48	25,88	256
1.2.5.3	Zkouška 3 zakázka	21.10.21	02.11.21	49	25,88	256
1.3	Výrobní dokumenty	02.11.21	04.11.21	47	25,88	32
1.3.1	Aktualizace pracovních návodek	02.11.21	04.11.21	50	25,88	16
1.3.2	Aktualizace kontrolních návodek	02.11.21	04.11.21	50	25,88	16
1.4	Předání sériové výrobě	04.11.21	24.11.21	51	25,88	368
1.4.1	Proškolení operátorů	04.11.21	11.11.21		25,88	80
1.4.2	První sériová zakázka	11.11.21	24.11.21	55	25,88	288
1.5	Vyhodnocení projektu	24.11.21	26.11.21	56	25,88	48
1.5.1	Vyhodnocení výstupů	24.11.21	25.11.21		25,88	40
1.5.2	Konec	25.11.21	26.11.21	58	25,88	8

Tabulka 6 WBS

12 Pracovní zdroje projektu

Pracovní zdroje jsou téměř pokryty z interních zdrojů firmy Mektec, jedinou výjimkou je externí pracovník, který bude zodpovědný za instalaci, nastavení a realizaci v domluveném rozsahu. Protože pracovní zdroje jsou interní, lze naplánovat jejich aktivity tak, aby nedoházelo k jejich přetěžování.



Obrázek 78 Hodiny na projektu dle typu pracovního zdroje

Nejvytíženější osobou na projektu je technolog s téměř 800 hodinami. To je způsobeno tím, že musí obstarat úkoly ohledně strojů doplněné o zaškolování a zpracování dokumentace. Pochopitelně druhým nejvytíženějším zdrojem je externista, který bude nastavovat a pracovat se systémem. Jeho práce není důležitá přímo na místě, nicméně musí mít umožněný přístup k systému. Je plánováno, že většina práce lze provést přes vzdálený přístup, nicméně časová vytiženost je i zde stále platná. Externistova práce je odhadnuta na přibližně 700 hodin práce. Třetí nejvytíženější osobou na projektu je kvalitář. Jak je patrné z rozdělení jednotlivých projektových kroků, kvalitář musí být především u výrobních částí projektu což činí téměř 72 dní, pokud zohledníme pouze testování. Celkový plánovaný počet hodin kvalitáře je 680 hodin. Dalšími dvěma zdroji, které téměř odpovídají rozsahu kvalitáře jsou operátoři. Je jasné, že na práci operátorů v průběhu testování musí dohlížet i kvalitář, proto se jejich hodiná dotace na projektu mnoho neliší. Poslední tři místa ve vytižení mají pracovní zdroje IT pracovník, údržbář a vedoucí. IT pracovník bude v projektu nasazen především na podporu instalace a inženýrských sítí, kdy mu bude pomáhat údržbář. Posledním a nejméně vytiženým zdrojem je vedoucí projektu. To je samozřejmě způsobeno tím, že nemusí být u každého jednotlivého úkolu a má ve firmě vícero projektů, které musí řídit.

12.1 Náklady na pracovní zdroje

Náklady na pracovní zdroje jsou závislé na doplněné hodinové sazbě a počtu odpracovaných hodin. Předpokládané náklady na pracovní zdroje jsou 565 360 Kč. Externí pracovník v nich není zahrnutý, protože náklady na jeho práci jsou zohledněny ve smlouvě s externí firmou.

	Název zdroje	Hodinová sazba	Počet hodin	Předpokládané náklady na práci	% z nákladů na práci
1	Technolog	295,00 Kč	784	231 280,00 Kč	41
2	Kvalitář	200,00 Kč	680	136 000,00 Kč	24
3	Operátor_2	90,00 Kč	680	61 200,00 Kč	11
4	Operátor	90,00 Kč	656	59 040,00 Kč	10
5	Vedoucí projektu	1 250,00 Kč	40	50 000,00 Kč	9
6	IT pracovník	240,00 Kč	80	19 200,00 Kč	3
7	Údržbář	120,00 Kč	72	8 640,00 Kč	2
Celkem				565 360 Kč / 21 660 €	

Tabulka 7 Náklady na pracovní zdroje

12.2 Náklady materiálové

Největšími materiálovými náklady jsou značící zařízení, kdy z předpokládaných nákladů na materiál pro dokončení projektu tvoří celkem

	Název	Kusů	Cena 1	Cena 2	% z nákladů na materiál
1	Laserovací stroj	1	150 000,00 €	3 883 500,00 Kč	50,19
2	Štítkovací stroj	1	98 000,00 €	2 537 220,00 Kč	32,79
3	Validátor	2	12 400,00 €	642 072,00 Kč	8,30
4	Čtečka ruční	3	2 595,00 €	201 553,65 Kč	2,60
5	Kamera	1	5 200,00 €	134 628,00 Kč	1,74
6	Čtečka	5	2 400,00 €	310 680,00 Kč	4,02
7	Počítač	2	540,00 €	27 961,20 Kč	0,36
Celkem				7 737 615 Kč / 296 460 €	

Tabulka 8 Náklady materiálové

12.3 Náklady na SAP ME

Náklady na zavedení SAP ME jsou závislé na počtu a druhu licencí, rozsahu potřebných transakcí a v neposlední řadě i různým cenovým politikám jednotlivých firem, nabízejících zprostředkování SAP ME. Ceny uvedené v této části jsou orientační a byly určeny na základě předchozích nabídek a katalogových cen, protože náročnost nastavení instalace každého modulu jsou odlišné. Většina firem nabízející zavedení systému jej rozdělí do tří kroků. Prvním krokem je instalace základního softwaru a příprava databází. Velká část práce je provedena mimo firmu, kdy je provedeno programování jak uživatelského rozhraní, tak samotných transakcí. Tato první část se pohybuje kolem 230 000 €, kdy zahrnuje pouze nezbytný základ pro fungování systému. Druhou částí je instalace na stroje, kdy je tato instalace daleko snadnější než první fáze, nicméně tento krok se odhaduje na 80 000 €. Na každý jednotlivý stroj je potřeba doinstalovat rozhraní a správně přiřadit výstupy k databázi. Třetím krokem je testování a zkoušení systému, kdy jsou vyladěny poslední nesrovnalosti a systém je připraven na použití. Náklady na tento krok jsou rozpočítány v první částce. Celková cena je kolem 310 000 € tedy 8 030 000 Kč.

13 Vyhodnocení přínosů návrhu

Základním požadavkem práce bylo navrhnutí systému traceability do firmy Mektec na základě zjištěných dat z analýzy. Celkově rozříščené ostrůvky trasovatelnosti jsem nahradil systémem, který umí nejen naplnit požadavky traceability, ale zároveň nabízí další možnosti pro zvýšení konkurenceschopnosti podniku. Systém SAP ME je používán jak zákazníky, tak i dodavateli, takže využitelnost systému bude z této stránky věci rozhodně zvýšena.

Nespornou výhodou SAP ME je i možnost reportingu a živého sledování výroby. Zejména reporting je dnes velice důležitý. Přehledně a jasně podat unifikované výsledky tak, aby jim porozuměli například i kolegové z ostatních závodů Mektec je někdy těžké, protože unifikovaný report neexistuje.

Systém SAP ME je pro firmu inovativní v tom, že nabízí možnost vytvoření a promítání důležitých dokumentů přímo na terminálu stroje. Zde je možné si prohlédnout a připomenout postupy, které je si potřeba oživit. Dále bude zásadní pro zaučovatele a zaučovatelky na linkách při popisování jednotlivých výrobních kroků, které musí operátor provést.

Celé řešení systému SAP ME bude poptáno u externí firmy, kdy je do určité míry tímto krokem zajištěna funkčnost a využitelnost systému. Pro správné pochopení systému je důležité, aby se firma Mektec postupně seznamovala se systémem a při spuštění prvních testů byla většina zodpovědných zaměstnanců připravena se systémem pracovat. Samotné používání systému není odlišné a koresponduje s aktuálně používaným systémem SAP.

Rozdíly jsou pouze při vytváření základních dat o produktu ve specifických transakcích a maskách pro SAP ME. Nicméně i v těchto transakcích je stále systém vyhledávání a zadávání na stejném principu, jako u aktuálně používané verze SAP.

13.1 Technickoekonomické zhodnocení návrhu

Zhodnocení návrhu jsem se snažil vyjádřit následujícím způsobem. Protože traceability má za úkol především sledovat výrobu, minimalizovat dopady reklamací a v budoucnu jim předcházet, tak jsem při propočítávání vzal v úvahu reklamace za rok 2020.

Za rok 2020 bylo celkem 121 uznaných reklamací, kdy průměrná cena reklamace byla stanovena na 2 851 €. Reklamace mají výrazně velký rozptyl, kdy od těch nejlevnějších, které začínají kolem 10 € za vystavení jsou částky paušální až například pod CSL 15 000 € měsíčně. Celková výše jednotlivých reklamací je dále závislá na množství dílů, závažnosti a v neposlední řadě i místu, kde k přebírání dochází. Z celkových 121 uznaných reklamací by

měl navrhnutý systém řešit 72 reklamací. Takže předpokládaná úspora za jeden rok na reklamacích je 205 272 €.

Dalším aspektem je ušetření nákladů THP pracovníků především kvalitářů a technologů. Celkem úspora za měsíc za 3 kvalitáře každého po 5 hodinách práce týdně a 2 technologů každého po 2 hodinách týdně vychází 16 000 Kč. Což je ročně 192 000 Kč tedy 7 385 €.

Celkově ušetřené náklady za rok jsou odhadovány na 212 657 €. Celkové náklady na projekt jsou 653 846 €. Z toho vyplývá, že návratnost je přibližně v horizontu 3 let.

Vytvoření pracovních návodků

Dalším přínosem je možnost promítání na pracovních návodků, nebo kontrolních návodků na terminálech určených pro SAP ME. Ve společnosti Mektec se používá pro řízení dokumentů několik systémů, nicméně pro pracovní návodky, kontrolní návodky, seřizovačské nebo údržbářské návodky se používá systém SharePoint. Tento systém umožňuje výše jmenované návodky exportovat do PDF, tedy souboru, který SAP ME podporuje a umí ho promítat na terminálech. Po nastavení správných výstupů SharePointu lze využít již plně online řešení přes SAP ME, kdy stačí HTTP:// URL nebo file:// URL a návodky lze využívat z databáze.

U reklamací je poměrně častým řešením i doplnění či upravení stávající náplně kontrolní či pracovní návodky. Pokud je dokument správně revidovaný, tak lze na základě systému SAP ME rozpoznat, která návodka byla zobrazena operátorem.

14 Závěr

V diplomové práci se zabývám traceabilitou výrobků firmy Mektec za pomoci kódů. První část diplomové práce je teoretická. Zabýval jsem se v ní základními směry a ideami traceability, jejím využitím v automobilovém průmyslu. Na tuto kapitolu jsem navázal typologií 1D a 2D kódů. Popsal jsem jednotlivé typy kódů, ale i jejich načítání a verifikaci. Velkou pozornost jsem věnoval kvalitě kódů s ohledem na normy ISO 15415 a ISO/IEC TR 29158. Přiblížil jsem také několik možných technologií, které lze pro značení dle norem ISO 15415 a ISO/IEC TR 29158 dobře využít.

Celou teoretickou část práce jsem uzavřel kapitolou o společnosti Mektec Manufacturing Corporation Europe CZ s. r. o., pro kterou byl návrh zpracovaný. Uvedených teoretických podkladů jsem využil při vypracování praktické části diplomové práce.

V praktické části jsem nejdříve v několika podkapitolách podrobně analyzoval současný stav traceability ve společnosti Mektec, abych si ujasnil priority vedoucí k dalšímu řešení dané problematiky. Samotný flexibilní plošný spoj je poměrně specifický výrobek, proto jsem mu věnoval úvodní pasáž analýzy. Dále jsem zmapoval a vyhodnotil důležité informace pro návrh systému ve vztahu k použitým procesům, technologiím a strojům. Věcnost a správnost analýzy jsem řešil se zaměstnanci společnosti Mektec, zejména pak s konzultantem panem Ing. Milošem Kozákem. Na základě výsledků analýzy jsem pro traceabilitu ve společnosti Mektec zvolil systém SAP ME.

Pro traceabilitu bude velkým přínosem, neboť místo aktuálního nekonzistentního řešení s mnoha jednotlivými databázemi bude fungovat jako jeden ucelený systém. Návrh jednotlivých řešení traceability ve vztahu k procesům jsem uvedl v kapitole 8. V jejím závěru optimalizuji pracoviště tak, aby odpovídala požadavkům na traceabilitu. V kapitolách 9 až 12 popisují návrh projektu, podle kterého by se implementace traceability měla realizovat. Práci uzavírá kapitola 13, kde jsou blíže specifikovány přínosy práce pro společnost Mektec.

Mnou navrhovaný systém a projekt traceability splnil zadaný cíl práce a vykazuje propojení několika samostatných částí do uceleného řešení, které může pomoci firmě Mektec odstranit aktuální problémy. Projekt přináší několik dalších výhod především interního charakteru, kdy lze SAP ME použít na ucelený reporting, živé sledování produkce a v neposlední řadě i na sledování OEE pracovišť a linek. Z globálního pohledu přináší výstupy projektu zvýšení konkurenceschopnosti společnosti Mektec a lepší nastavení obchodních i partnerských

podmínek s dodavateli a odběrateli. Návratnost investice řešení byla stanovena na 3 roky s předpokládanými náklady 653 846 €.

Implementace projektu byla odložena na třetí kvartál roku 2021 z důvodu provozních potíží a změny priorit ostatních klíčových projektů ve společnosti Mektec.

Seznam použitých zdrojů

- [1] 1D codes [online]. 2021 [cit. 2021-5-26]. Dostupné z: <https://www.adeso.com/userfiles/image/1D%20Barcodes.jpg>
- [2] 2D-Codes: The two-dimensional barcode [online]. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.smart-tec.com/en/auto-id-world/2d-codes>
- [3] Bureš, V. & Otčenášková, T. Barcode and Optical Character Recognition Reading in Automation: The Automotive Industry Case Study, Global Journal on Technology [Online]. Dostupné z: www.awer-center.org/pitcs
- [4] CARL, W a . Verifying 2-D Data Matrix codes [online]. EE-Evaluation Engineering: Endeavor Business Media, 2007, 2007 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA164997892&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=01490370&p=AONE&sw=w>
- [5] ČSN EN 60749-21: Polovodičové součástky - Mechanické a klimatické zkoušky Část 21: Pážitelnost. 2011. Brno.
- [6] CZERWIŃSKA, Karolina a Andrzej PACANA. Analysis of the implementation of the identification system for directly marked parts - DataMatrix code. Production Engineering Archives [online]. 2019, 23(23), 22-26 [cit. 2020-12-01]. ISSN 2353-7779. Dostupné z: [doi:10.30657/pea.2019.23.04](https://doi.org/10.30657/pea.2019.23.04)
- [7] DataMan 150/260: SERIES BARCODE READERS. Www.cognex.com [online]. Ireland, 2021 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/products/barcode-readers/fixed-mount-barcode-readers/dataman-150-260-series/models-and-specs>
- [8] DataMan 475V Series: Inline Barcode Verifiers [online]. [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/en-cz/products/barcode-readers/barcode-verifiers/dataman-475v-series/specifications>
- [9] DataMan 8700 Series: Handheld Barcode Readers. Www.cognex.com [online]. Ireland, 2021 [cit. 2021-5-09]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/products/barcode-readers/handheld-barcode-scanners/dataman-8700-series>
- [10] DEUIL, Detlef, Steffen NÜBLING a Florian ENDRES. Competence Guide Direct Part Marking. Germany, 2007.
- [11] DOLEŽAL, Jan. Projektový management: komplexně, prakticky a podle světových standardů. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5620-2.

- [12] Direct Part Marking: Direct Part Marking with Continuous Inkjet [online]. 2020 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.printsafe.co.uk/applications/direct-part-marking/>
- [13] GS1 BarCodes: GS1 DataMatrix. GS1 Czech Republic, 2017.
- [14] GS1 DataMatrix Guideline: Overview and technical introduction to the use of GS1 DataMatrix. 2018.
- [15] HGlaser LCE10G: Laser marking system, CE specification [online]. [cit. 2021-5-26]. Dostupné z: <http://www.hglaser.com/product/fpcrouxingdianlubanjiguangqiegeji.htm>
- [16] In-Sight 9000: Vision Systems. Www.cognex.com [online]. Ireland, 2021 [cit. 2021-5-26]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/products/machine-vision/2d-machine-vision-systems/in-sight-9000-series>
- [17] ISO/IEC 15415:2011. Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Bar code symbol print quality test specification — Two-dimensional symbols: Information technology — Automatic identification a. 2. Švýcarsko: ISO copyright office, 2011-12.
- [18] ISO/IEC 15426-2:2015: Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Bar code verifier conformance specification — Part 2: Two-dimensional symbols. 2. Švýcarsko: ISO copyright office, 2015.
- [19] ISO/IEC 16022:2006: Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Data Matrix bar code symbology specification. 2. Švýcarsko: ISO copyright office, 2009.
- [20] ISO/IEC 18004:2015: Information technology — Automatic identification and data capture techniques — QR Code bar code symbology specification. 3. Švýcarsko: ISO copyright office, 2015.
- [21] ISO/IEC TR 29158:2011: Information technology — Automatic identification and data capture techniques — Direct Part Mark (DPM) Quality Guideline. 2. Švýcarsko: ISO copyright office, 2012.
- [22] KRPEC, Pavel. Optimalizace traceability v podmínkách dané firmy: Optimization of Traceability in Conditions of the Company. Ostrava, 2014. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie. Vedoucí práce Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

- [23] KUNCOVÁ, Martina, Jakub NOVOTNÝ a Radek STOLÍN. *Techniky projektového řízení a finanční analýza projektů nejen pro ekonomy*. I. vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-26-2.
- [24] Label machine [online]. 2021 [cit. 2021-5-26]. Dostupné z: <https://www.jabil.com/capabilities/precision-mechanics.html/label>
- [25] MAREK, Michal. *Optimalizace načítání DMC kódu na montážní lince: Optimization of DMC Code Loading on the Assembly Line*. Ostrava, 2020. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie. Vedoucí práce Ing. Ondřej Hilšer.
- [26] MOEN, Ronald; NORMAN, Clifford. *Evolution of the PDCA cycle*. 2006.
- [27] MOSS, Chantrice, Suman CHAKRABARTI a David W. SCOTT. *Parts quality management: Direct part marking of data matrix symbol for mission assurance*. 2013 IEEE Aerospace Conference [online]. IEEE, 2013, 2013, , 1-12 [cit. 2020-12-01]. ISBN 978-1-4673-1813-6. Dostupné z: doi:10.1109/AERO.2013.6497372
- [28] *Portable Dot Peen Marking Systems* [online]. Pittsburgh: Pannier Corporation [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.pannier.com/stamping/dot-peen/portable/>
- [29] QR Code: Error Correction [online]. 2011 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://blog.qrstuff.com/2011/12/14/qr-code-error-correction>
- [30] *Single-sided FPC: Single-sided flexible printed circuits* [online]. [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://mektec.de/technologies/single-sided-fpc.html>
- [31] SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management: systémový přístup k řízení projektů*. 3., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-0075-0.
- [32] Thomas, B.S., Koppu, S., Madhu Viswanatham, V., Manoj Williams, S., & Deepak, C. (2013). *Optical character and object recognition using artificial neural network*, *International Journal of Applied Engineering Research*, 8(9), 1021-1033. [https://doi.org/10.1016/S0169-7161\(82\)02032-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7161(82)02032-X)
- [33] *What Is the Difference Between 1D and 2D Barcode Scanning?* [online]. 2015 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://lowryolutions.com/blog/what-is-the-difference-between-1d-and-2d-barcode-scanning/>
- [34] *What is Dot Peen Marking?* [Www.pryormarking.de](http://www.pryormarking.de) [online]. 2017, 2021 [cit. 2021-5-26]. Dostupné z: <https://www.pryormarking.de/knowledge-centre/blog/what-is-dot-peen>

Seznam obrázků

Obrázek 1 PDCA diagram [19].....	2
Obrázek 2 Příklady 1D kódů [1]	5
Obrázek 3 QR kód [29]	7
Obrázek 4 Části DMC [19]	8
Obrázek 5 Kódování DataMatrix dle ISO normy [19].....	9
Obrázek 6 Načítání kódů.....	10
Obrázek 7 Druhy tříd dle ISO 15415 [17].....	12
Obrázek 8 Verifikační postup dle ISO 15415 [15]	13
Obrázek 9 Validátor	13
Obrázek 10 Validátor	14
Obrázek 11 Report z verifikace kódu [8]	14
Obrázek 12 Dot peen značení [31]	16
Obrázek 13 Logo Mektec	20
Obrázek 14 Řez flexibilním plošným spojem	21
Obrázek 15 Finální montáž výrobku s FPC	21
Obrázek 16 Definice pracovišť pro traceabilitu	23
Obrázek 17 Sled operací	24
Obrázek 18 Heftování - umístění na jig	25
Obrázek 19 Příklad laminace	26
Obrázek 20 Příklad úspěšného vytvrzení	27
Obrázek 21 Panel po konečném střihu	27
Obrázek 22 Tisk pasty.....	28
Obrázek 23 Reflow profil dle ISO [5].....	29
Obrázek 24 Selektivní pájení	30
Obrázek 25 Zalítí kusu epoxidovou pryskyřicí	30
Obrázek 26 Příklad finálního balení.....	31
Obrázek 27 Příklad značení materiálu	32
Obrázek 28 Tištěné kódy.....	32
Obrázek 29 Leptaný kód	33
Obrázek 30 Laserovaný kód.....	33
Obrázek 31 Leptaný kód po načtení.....	34
Obrázek 32 Heftovací stroj	35
Obrázek 33 Laminační lis	36
Obrázek 34 Vytvrzovací pece	36

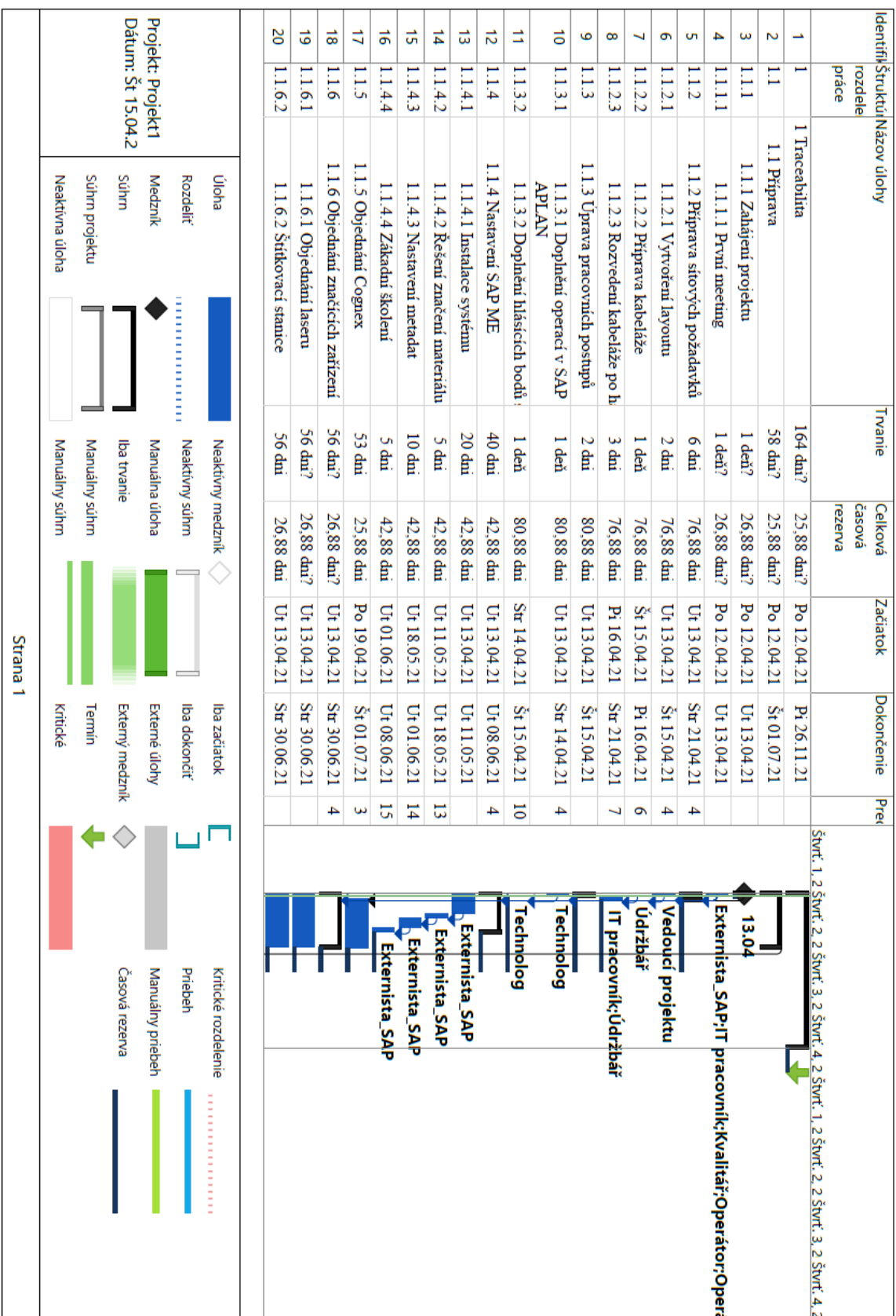
Obrázek 35 Elektrické testery	37
Obrázek 36 Tisk pasty	38
Obrázek 37 SPI.....	38
Obrázek 38 Osazovací stroj.....	39
Obrázek 39 Reflow.....	40
Obrázek 40 AOI program.....	40
Obrázek 41 Selektivní pájení	41
Obrázek 42 Flow osazovací linky	42
Obrázek 43 SAP ERP a SAP ME.....	45
Obrázek 44 Workflow systému.....	46
Obrázek 45 1D kódy v zakázkových listech	48
Obrázek 46 1D kód na nástroji.....	48
Obrázek 47 2D kód na balíčku materiálu	49
Obrázek 48 Špatně umístěný kód.....	50
Obrázek 49 Kus s tištěným štítkem.....	51
Obrázek 50 Kus s přípravou na kód	51
Obrázek 51 Oblast s podkladovou vrstvou - návrh	52
Obrázek 52 Oblast s podkladovou vrstvou	52
Obrázek 53 Oblast bez podkladové vrstvy.....	53
Obrázek 54 Hloubka laserování - velká	54
Obrázek 55 Hloubka laserování - střední	55
Obrázek 56 Hloubka laserování - malá	55
Obrázek 57 Návrh obsahu kódu	56
Obrázek 58 Dopravník štítkovací stanice [22]	57
Obrázek 59 Štítkovací stanice [23]	58
Obrázek 60 Laserovací stanice [12]	59
Obrázek 61 Rameno s přísavkami [12]	59
Obrázek 62 Vnitřní uspořádání laserovací stanice [12]	60
Obrázek 63 Validátor pro značící stanice [8].....	60
Obrázek 64 Čtečka DataMan 8700DX.....	61
Obrázek 65 Heftovací pracoviště	62
Obrázek 66 Layout pracoviště heftování	63
Obrázek 67 Layout pracoviště heftování s čtečkami	63
Obrázek 68 DataMan 152/262 [6].....	64
Obrázek 69 Testování načítání	64

Obrázek 70 Výsledek načítání.....	65
Obrázek 71 Testování náklonu.....	65
Obrázek 72 Kamera Cognex [16].....	66
Obrázek 73 Flow pracoviště heftování.....	66
Obrázek 74 Layout celého pracoviště	67
Obrázek 75 Elektrický testr.....	68
Obrázek 76 Layout pracoviště testru.....	69
Obrázek 77 Flow pracoviště testeru	69
Obrázek 78 Hodiny na projektu dle typu pracovního zdroje	82

Seznam tabulek

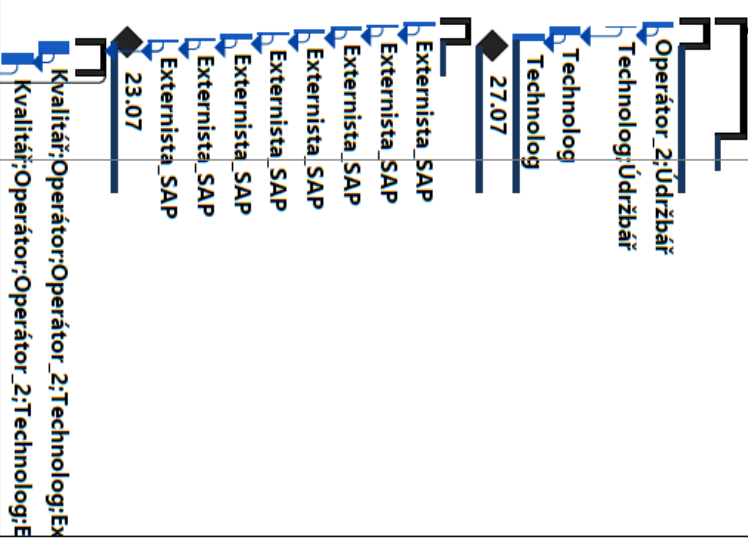
Tabulka 1 Role zaujatých stran	70
Tabulka 2 Zaujaté strany v projektu a jejich očekávání.....	71
Tabulka 3 Registr zaujatých stran	72
Tabulka 4 Logický rámec projektu	76
Tabulka 5 Zakládací listina projektu.....	77
Tabulka 6 WBS	81
Tabulka 7 Náklady na pracovní zdroje	83
Tabulka 8 Náklady materiálové	83

PŘÍLOHA 1 - Ganttův diagram



Identifikačné údaje	Štruktúra práce	Názov úlohy	Trvanie	Čelková časová rezerva	Začiatok	Dokončenie	Prehľad
21	1.2	1.2.Realizace	88 dni	25,88 dni	Št 01.07.21	Út 02.11.21	2
22	1.2.1	1.2.1.Kavliřkace stroju	18 dni	113,88 dni	Št 01.07.21	Út 27.07.21	
23	1.2.1.1	1.2.1.1.Vybaleni laseru	3 dni	117,88 dni	Št 01.07.21	Út 06.07.21	
24	1.2.1.2	1.2.1.2.Připojeni laseru na inženýrské síte	1 deň	117,88 dni	Út 06.07.21	Št 07.07.21	23
25	1.2.1.3	1.2.1.3.Kvalifikace laseru	5 dni	117,88 dni	Št 07.07.21	Št 14.07.21	24
26	1.2.1.4	1.2.1.4.Kvalifikace řitkovacřky	5 dni	117,88 dni	Št 14.07.21	Št 21.07.21	25
27	1.2.1.5	1.2.1.5.Kvalifikace hotova	0 dni	113,88 dni	Út 27.07.21	Út 27.07.21	
28	1.2.2	1.2.2.Instalace SAP ME na stroje	16 dni	25,88 dni	Št 01.07.21	Pi 23.07.21	
29	1.2.2.1	1.2.2.1.Laser	2 dni	25,88 dni	Št 01.07.21	Po 05.07.21	
30	1.2.2.2	1.2.2.2.řitkovacř stanice	2 dni	25,88 dni	Po 05.07.21	Št 07.07.21	29
31	1.2.2.3	1.2.2.3.E tester	2 dni	25,88 dni	Št 07.07.21	Pi 09.07.21	30
32	1.2.2.4	1.2.2.4.Vyřvřzovacř pece	2 dni	25,88 dni	Pi 09.07.21	Út 13.07.21	31
33	1.2.2.5	1.2.2.5.Ořazovacř linka	2 dni	25,88 dni	Út 13.07.21	Št 15.07.21	32
34	1.2.2.6	1.2.2.6.Porřng	2 dni	25,88 dni	Št 15.07.21	Po 19.07.21	33
35	1.2.2.7	1.2.2.7.Seho	2 dni	25,88 dni	Po 19.07.21	Št 21.07.21	34
36	1.2.2.8	1.2.2.8.EOL	2 dni	25,88 dni	Št 21.07.21	Pi 23.07.21	35
37	1.2.2.9	1.2.2.9.Napojeni vřech stroju na	0 dni	115,88 dni	Pi 23.07.21	Pi 23.07.21	36
38	1.2.3	1.2.3.Test 1 - testovani nastaveni	24 dni	25,88 dni	Pi 23.07.21	Št 26.08.21	36
39	1.2.3.1	1.2.3.1.Zkouřka 1 zakazka	8 dni	25,88 dni	Pi 23.07.21	Št 04.08.21	
40	1.2.3.2	1.2.3.2.Zkouřka 2 zakazka	8 dni	25,88 dni	Št 04.08.21	Po 16.08.21	39

Štvrt': 1. 2 Štvrt': 2. 2 Štvrt': 3. 2 Štvrt': 4. 2 Štvrt': 1. 2 Štvrt': 2. 2 Štvrt': 3. 2 Štvrt': 4. 2



Projekt: Projekt1
Dátum: Št 15.04.2

Úloha

Rozdeliť

Medznik

Súhm

Súhm projektu

Neaktívna úloha

Neaktívny medznik

Neaktívny súhm

Manuálna úloha

Iba trvanie

Manuálny súhm

Manuálny súhm

Iba začiatok

Iba dokončiť

Externé úlohy

Externý medznik

Termín

Kritické

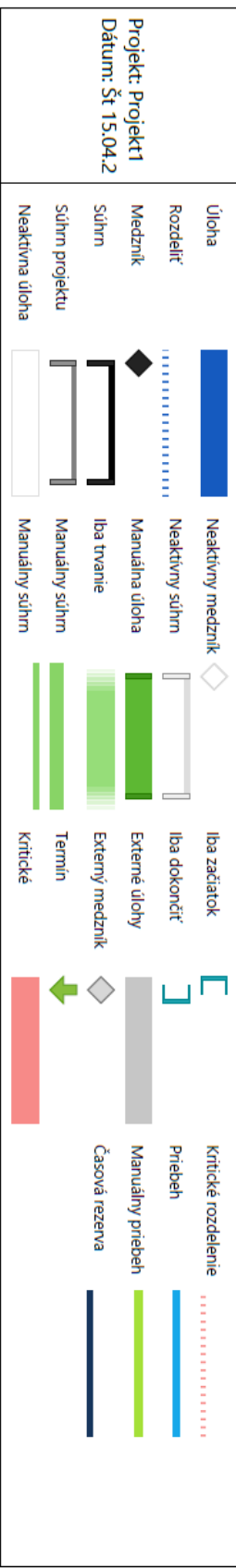
Kritické rozdelenie

Priebeh

Manuálny priebeh

Časová rezerva

Identifikačné údaje	Štruktúra / Názov úlohy	Trvanie	Celková časová rezerva	Začiatok	Dokončenie	Pre
41	1.2.3.3 Zkouška 3 zákazka	8 dní	25,88 dní	Po 16.08.21	Št 26.08.21	40
42	1.2.4 Test 2 - testovanie spoľihivosť	24 dní	25,88 dní	Št 26.08.21	Št 29.09.21	38
43	1.2.4.1 Prvá plne tracenovaná zaľ	0 dní	49,88 dní	Št 26.08.21	Št 26.08.21	
44	1.2.4.2 Zkouška 1 zákazka	8 dní	25,88 dní	Št 26.08.21	Ut 07.09.21	41
45	1.2.4.3 Zkouška 2 zákazka	8 dní	25,88 dní	Ut 07.09.21	Pi 17.09.21	44
46	1.2.4.4 Zkouška 3 zákazka	8 dní	25,88 dní	Pi 17.09.21	Št 29.09.21	45
47	1.2.5 Test 3 - záťažový test	24 dní	25,88 dní	Št 29.09.21	Ut 02.11.21	42
48	1.2.5.1 Zkouška 1 zákazka	8 dní	25,88 dní	Št 29.09.21	Po 11.10.21	46
49	1.2.5.2 Zkouška 2 zákazka	8 dní	25,88 dní	Po 11.10.21	Št 21.10.21	48
50	1.2.5.3 Zkouška 3 zákazka	8 dní	25,88 dní	Št 21.10.21	Ut 02.11.21	49
51	1.3 Výrobné dokumenty	2 dni	25,88 dní	Ut 02.11.21	Št 04.11.21	47
52	1.3.1 Aktualizace pracovnich návrh	2 dni	25,88 dní	Ut 02.11.21	Št 04.11.21	50
53	1.3.2 Aktualizace kontrolních návrh	2 dni	25,88 dní	Ut 02.11.21	Št 04.11.21	50
54	1.4 Předání sériové výroby	14 dní	25,88 dní	Št 04.11.21	Št 24.11.21	51
55	1.4.1 Proškolení operátorů	5 dní	25,88 dní	Št 04.11.21	Št 11.11.21	
56	1.4.2 První sériová zákazka	9 dní	25,88 dní	Št 11.11.21	Št 24.11.21	55
57	1.5 Vyhodnocení projektu	2 dni	25,88 dní	Št 24.11.21	Pi 26.11.21	56
58	1.5.1 Vyhodnocení výstupů	1 deň	25,88 dní	Št 24.11.21	Št 25.11.21	
59	1.5.2 Konec	1 deň	25,88 dní	Št 25.11.21	Pi 26.11.21	58



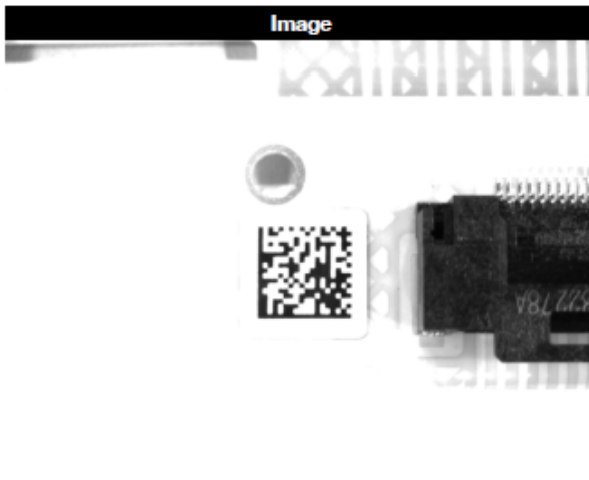
PŘÍLOHA 2 - Report



DataMan DM8072V Verification Report
 Software Version: 6.7.7_sr4, Unit Serial: 1A2036PP416477
 Verified: 06.04.2021 17:45:32, Last Calibrated: 17.09.2020 14:08:37
 Page 1 of 2

Report Summary	
Data	PA42002;7249;A21091133239A
Symbology	DataMatrix

Verification Grades					
Standard	Grade	Aperture	Wavelength	Lighting	Formal Grade
ISO 15415	A (4.0)	5	680	45	4.0/05/680/45
Generic	Pass				



General Characteristics	
Matrix Size	18x18 (Data: 10x10)
Horizontal BWG	-14%
Vertical BWG	-13%
Encoded characters	20
Total Codewords	32
Data Codewords	18
Error Correction Budget	14
Errors Corrected	0
Error Capacity Used	0
Error Correction Type	ECC 200
Image	Black on white
Nominal X Dim	0.4 mil
Contrast Uniformity	58 at module(0,10)
MRD	00% (100% - 31%)

ASCII Values	
080 065 052 050 048 048 050 059 055 050 052 057 059 065	
050 049 048 057 049 049 051 051 050 051 057 065	

ISO15415 Quality Parameters				
1. Unused Error Correction (UEC)	A	100%		PASS
2. Symbol Contrast (SC)	A	100%	Rl/Rd (100/11)	PASS
3a. Modulation (MOD)	A			PASS
3b. Reflectance Margin (RM)	A			PASS
4. Axial Nonuniformity (ANU)	A	1.4%		PASS
5. Grid Nonuniformity (GNU)	A	10.2%		PASS
6. Fixed Pattern Damage (FPD)	A	4.0		PASS
7. Left 'L' Side (LLS)	A			PASS
8. Bottom 'L' Side (BLS)	A			PASS
9. Left Quiet Zone (LQZ)	A			PASS
10. Bottom Quiet Zone (BQZ)	A			PASS
11. Top Quiet Zone (TQZ)	A			PASS
12. Right Quiet Zone (RQZ)	A			PASS
13. Top Transition Ratio (TTR)	A	0%		PASS
14. Right Transition Ratio (RTR)	A	0%		PASS
15. Top Clock Track (TCT)	A			PASS
16. Right Clock Track (RCT)	A			PASS
17. Average Grade (AG)	A	4.0		PASS
18. DECODE	A			PASS

Codewords	
51 42 AC 82 33 3C CA B3 3C 42 97 8B 8D A3 99 3A 42 81 E2	
4E 03 56 C7 4B E9 FF AC 5F 55 EB 80 FF	
*=-Fixed by Error Correction	

Encodation Analysis		
Codeword	Mode	Result
51	ASCII	F
42	ASCII	A
AC	ASCII	42
82	ASCII	00
33	ASCII	2
3C	ASCII	:
CA	ASCII	72
B3	ASCII	40
3C	ASCII	:
42	ASCII	A
97	ASCII	21
8B	ASCII	00
8D	ASCII	11
A3	ASCII	33
99	ASCII	23
3A	ASCII	0
42	ASCII	A
81	ASCII	ASCII PAD
E2, 4E, 03, 50, C7, 4B, E0, FF, AC, 5F, 55, EB, 80, FF	ECC	

Modulation Values																			
102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
102	83	102	77	102	76	102	75	102	74	102	80	102	84	102	84	102	92	102	102
102	80	102	84	67	102	102	102	102	102	84	102	102	87	79	102	92	93	84	102
102	77	102	102	102	102	102	102	87	102	102	102	90	102	102	102	102	97	102	102
102	76	102	79	102	80	76	102	84	102	79	102	93	79	84	78	102	95	90	102
102	78	102	102	102	102	91	80	102	102	90	102	83	102	91	102	102	93	102	102
102	83	88	84	80	80	84	102	102	88	77	102	102	102	85	102	102	102	93	102
102	81	80	87	102	102	102	83	102	87	102	102	82	102	80	102	83	58	102	102
102	80	102	84	102	81	80	84	77	102	102	102	91	78	84	102	102	102	92	102
102	85	80	102	102	102	102	90	77	102	102	84	87	81	84	102	80	102	102	102
102	79	102	102	102	82	102	90	102	102	83	82	81	84	82	102	98	100	92	102
102	75	79	75	69	102	80	102	83	102	80	102	84	102	85	82	95	93	102	102
102	76	68	102	102	102	102	83	102	81	102	102	87	102	88	102	95	102	92	102
102	69	102	102	102	80	77	102	102	102	87	80	79	77	102	92	91	94	102	102
102	70	71	102	102	102	84	77	102	84	78	76	102	92	84	87	102	96	87	102
102	76	84	102	83	76	102	102	102	83	102	102	87	81	87	80	80	102	102	102
102	81	81	102	87	102	84	85	75	102	102	102	88	102	80	80	87	102	88	102
102	83	84	102	84	102	87	90	102	102	102	102	86	102	102	92	102	92	102	102
102	76	82	79	82	79	88	80	83	80	82	76	79	74	73	84	86	80	84	102
102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102

PŘÍLOHA 3 – Tabulka velikostí kódů dle ISO/IEC 16022:2006

Počet numerických znaků	Alfanumerické znaky podle ASCII	Tištěná oblast	Velikost matice
6	3	3.4 x 3.4 mm	10 x 10
10	6	4.1 x 4.1 mm	12 x 12
16	10	4.8 x 4.8 mm	14 x 14
24	16	5.4 x 5.4 mm	16 x 16
36	25	6.1 x 6.1 mm	18 x 18
44	31	6.8 x 6.8 mm	20 x 20
60	43	7.5 x 7.5 mm	22 x 22
72	52	8.2 x 8.2 mm	24 x 24
88	64	8.8 x 8.8 mm	26 x 26
124	91	10.9 x 10.9 mm	32 x 32
172	127	12.2 x 12.2 mm	36 x 36
228	169	13.6 x 13.6 mm	40 x 40
288	214	15.0 x 15.0 mm	44 x 44