

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Změna layoutu v části výroby ve vybrané firmě

Michaela Vinšová

Bakalářská práce

2024

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michaela Vinšová**
Osobní číslo: **D21161**
Studijní program: **B1041A040002 Technologie a management v dopravě**
Specializace: **Logistika**
Téma práce: **Změna layoutu v části výroby ve vybrané firmě**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod

1. Analýza současného stavu – představení firmy a problému
2. Návrh opatření a změn
3. Zhodnocení/ výsledky

Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **35-45**
Rozsah grafických prací: **3-4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

dle pokynů vedoucí/ho práce

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Michaela Krbálková**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **3. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2024**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem „**Změna layoutu v části výroby ve vybrané firmě**“ jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 13.5.2024

Michaela Vinšová v.r.

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomohli v realizaci bakalářské práce. Zejména děkuji vedoucí práce Mgr. Michaele Krbákové za připomínky a čas, který mi věnovala. Na závěr bych vyjádřila také velké díky mé rodině, která mi byla velkou oporou po celou dobu mého studia.

ANOTACE, KLÍČOVÁ SLOVA

ANOTACE

Bakalářská práce navrhuje změnu umístění strojů v části výrobní haly, kde probíhá výroba daného projektu. V první kapitole je představena vybraná firma a její výrobní proces. Práce dále popisuje řešení s problémovým rozložením strojů. Na konci práce je zhodnocen aktuální stav. Ve výsledku je shrnuto, zda je efektivnější tok materiálu a rychlejší i kvalitnější výroba.

KLÍČOVÁ SLOVA

Layout, změna layoutu, přemístění strojů, změny ve výrobě

TITLE

Layout change in the production section of a selected company

ANNOTATION

This bachelor thesis proposes a change in the location of machine in part of the production hall, where the production of the project takes place. The first chapter introduces the selected company and its production process. The thesis then describes the solution with the problem of machine layout. At the end of the thesis the current situation is evaluated. In the results, it is summarized whether there is a more efficient material flow and faster as well as higher quality production.

KEYWORDS

Layout, change of layout, relocation of the machines, changes in production

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	10
ÚVOD.....	11
1 Představení firmy a výroby.....	12
1.1 Proces výroby	14
1.1.1 Řez	15
1.1.2 Broušení a stripování	16
1.1.2.1 Stripování.....	17
1.1.2.2 Broušení.....	17
1.1.3 Pertlování	18
1.1.3.1 První pertlovací stroj	18
1.1.3.2 Druhý ATL stroj	20
1.1.4 Zapékání.....	21
1.1.5 Značení.....	21
1.1.6 Ohyb.....	22
1.1.6.1 Údržba	24
1.1.7 Kompletace	24
1.1.8 Výrobní dokumentace	26
1.2 Skladování materiálu, manipulace s ním ve výrobě a jeho evidence	26
1.2.1 Skladování materiálu	26
1.2.2 Manipulace s materiálem	27
1.2.3 Doplnování materiálu ze skladu do výroby	28
1.2.4 Evidence výrobního materiálu	29
1.2.4.1 Zmetky.....	30
1.3 Před expedicí.....	30
1.3.1 Kontrola	31
1.3.2 Umístění trubek a svazků do obalu.....	31
1.3.2.1 Obalové hospodářství	32
1.4 Expedice.....	33
1.5 Plánování výroby	34
2 Aktuální situace, návrh změn	35

2.1	Teoretická část	35
2.1.1	Sestavení nového layoutu	35
2.1.2	Návrh výrobního prostředí.....	36
2.1.2.1	Metody pro rozmístění jednotlivých pracovišť	37
2.2	Počáteční stav	38
2.3	Návrhy	40
2.3.1	První návrh.....	40
2.3.2	Druhý návrh	42
2.4	Transformace prostoru – současnost.....	42
2.4.1	Detailní návrh výrobního úseku.....	43
2.4.2	Kompletační stoly	44
2.4.3	Návrh konstrukce stojanů do výroby	45
2.4.4	Prostor 100% kontroly	47
3	Zhodnocení a výsledky	49
3.1	Zhodnocení	49
3.2	Výsledky	50
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Schéma organizační struktury ve vybrané firmě	12
Obrázek 2 - PP vrstva na trubce po řezu.....	14
Obrázek 3 - Materiál dodaný na cívce (coil)	16
Obrázek 4 - Svazek nařezaných trubek.....	16
Obrázek 5 - Nastripované trubky	17
Obrázek 6 - Nabroušené trubky	18
Obrázek 7 - Napertlované trubky z prvního ATL stroje.....	19
Obrázek 8 - Jiný typ pertlu (bead) z druhého ATL stroje.....	20
Obrázek 9 - Trubky připravené v šabloně na zapečení.....	21
Obrázek 10 - Typy značení	22
Obrázek 11 - Ohnutá krátká singl trubka.....	23
Obrázek 12 - Ohnutá dlouhá trubka připravená pro kompletaci	23
Obrázek 13 - Příklad komponentů ke kompletaci svazků	25
Obrázek 14 - Pohyblivý stromečkový regál se svazky trubek.....	28
Obrázek 15 - Pevný regál se spádovým válečkovým dopravníkem	29
Obrázek 16 - Příklad červené nádoby na vyrobené NOK kusy	30
Obrázek 17 - Zkompletovaná svazek.....	31
Obrázek 18 - Příklad dílů připravené v balení k expedici	32
Obrázek 19 - Prázdné obaly připravené pro výrobu	34
Obrázek 20 - Schéma počátečního stavu	39
Obrázek 21 - Návrh rozložení strojů v dolní polovině přední části haly	41
Obrázek 22 - Schéma rozmístění strojů na horní polovině přední části haly	42
Obrázek 23 - Detailní návrh prostoru výroby daného projektu	43
Obrázek 24 - Schéma prostoru s kompletačními stoly a 100% kontrolou.....	45
Obrázek 25 - Schéma navrženého rozložení strojů s detaily o typech skladovacích regálů	46
Obrázek 26 - Hrubý náčrtek skladovacího regálu krakorcového typu	47
Obrázek 27 - Náčrtek využití prostoru výstupní kontroly	48

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ATL	Automatická tvářecí linka
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CNC	Stroje řízené počítačem (Computer Numerical Control)
HR	Human resources, v tomto případě označuje personální oddělení
KLT	Přepravka na malý náklad (Kleine Ladung Transporter)
PWB	Powerbender = ohýbací stroj

ÚVOD

V dnešní době je velmi těžké průmysl, zejména jeho výrobu, jakkoliv zdokonalit z technologického hlediska. Každá společnost má své již zažité postupy, které jen velmi nerada mění. Prioritou je ale vždy dodat produkt co nejkvalitnější, vyrobit jej za co nejmenší čas a prodat ho za co nejvyšší cenu. Proto je důležité zaměřit se ve výrobním procesu na úzká místa a snažit se jej zdokonalit.

V této bakalářské práci se autorka zabývá změnou layoutu části výroby neboli přesunu strojů a skladovacích prostor v rámci konkrétní části výroby ve vybrané firmě. K přesunu by mělo dojít z důvodu zefektivnění výroby a plynulému toku materiálu skrz jednotlivé výrobní procesy. Umístění strojů ve výrobě vybrané firmy je nevhodné právě z důvodu zdlouhavého a obtížného přesunu materiálu ke strojům a následné manipulaci s ním v rámci doplňování zásobníku.

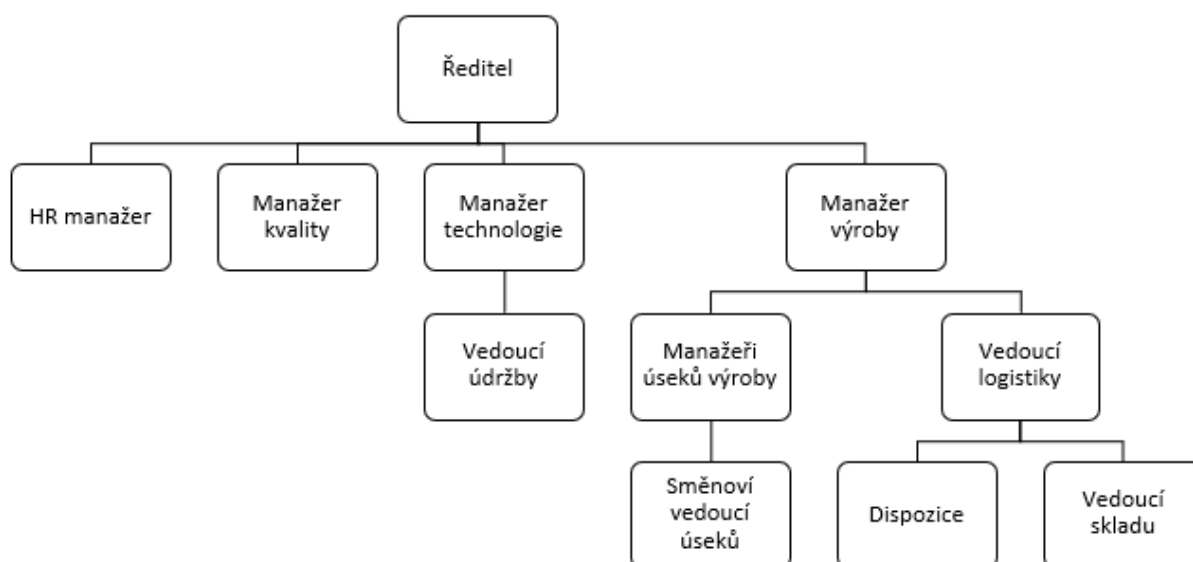
V první části práce je představen proces výroby vybrané firmy, text pokračuje popisem procesu aktuální situace a návrhu na zlepšení. Ve třetím oddílu se nachází zhodnocení a výsledky celého projektu.

Firma, ve které popisované procesy probíhají, si nepřeje, aby ji autorka jmenovala. Tato společnost se zabývá se výrobou komponentů do automobilového průmyslu, zejména vedením brzdových a palivových kapalin. Pobočka, kterou autorka vybrala, je součástí nadnárodní společnosti, kterou vlastní majitel s kořeny ve Spojených státech amerických. Skupinu tvoří několik divizí, z nichž autorka uvádí pouze dvě hlavní, a to část zabývající se výrobou palivového a brzdového vedení a část, která vyrábí palivové nádrže a různé aplikace s nimi související. Z hlediska bezpečnosti se společnost řadí mezi kritické dodavatele – díly, které společnost vyrábí, zásadně ovlivňují bezpečnost vozidla. (1)

1 Představení firmy a výroby

Tato společnost vyrábí brzdové a palivové vedení kapalin pro provoz automobilů. Tyto komponenty se zasílají buď přímo do automobilových výrobních závodů nebo do logistických center zákazníků, či k dalšímu opracování do jiných firem. Dle přijaté objednávky se svazky či jednoduché rovné trubky nabalují do kovových rámců, plastových skládacích boxů nebo jednoduchých plastových i kovových beden a vyskladňují se buď přímo na lince pro montáž nebo v prostoru výroby pro další úpravu. Mezi exportní oblasti patří nejbližší trhy v rámci Evropské unie, nicméně některé výrobky končí i v dalších částech světa. (1) Portfolio zákazníků je obsáhlé – produkty putují do většiny známějších automobilek jako je Ford, Volkswagen Group, Toyota, Mercedes Benz, Volvo a další.

Níže v náčrtku (viz Obr. 1) je možné zhlédnout organizační strukturu vybrané firmy. V jejím čele je jednatel společnosti, kterému je podřízený management kvality, HR, výroby a technologie. Přidružené k nim je vedoucí logistiky a jednotliví manažeři výrobních úseků. Nyní vybraná firma nemá aktuálně jmenovaného manažera výroby, takže tuto funkci zastává ředitel závodu. Pod tyto manažery a nižší management již spadají jednotliví vedoucí oddělení, kteří pokud jsou ve výrobě, pracují na směny. Vedení závodu má tedy v podstatě zeštíhlenou podobu.



Obrázek 1 - Schéma organizační struktury ve vybrané firmě

Zdroj: (2)

Společnost má nastavené zásady chování dle jejich interních předpisů, jež se každý zaměstnanec zavazuje dodržovat. Jejich hlavním cíle jsou zodpovědný a solidární přístup k zákazníkovi, sociální odpovědnost ke kolegům na pracovišti, ochrana člověka a zdraví v rámci BOZP, ochrana dobrého jména společnosti a zájem o životní prostředí. (3)

Vybraná pobočka je certifikována podle následujících norem (3):

- IATF 16949:2016 - Systém managementu kvality v automobilovém průmyslu
 - Naprosto nezbytné pro jakoukoliv výrobní společnost se zaměřením na automobilový průmysl.
- ČSN EN ISO 14001:2016 - Systémy environmentálního managementu
 - Norma je určena všem podnikatelům (výrobci, dodavatelům), kteří chtějí snižovat dopad jejich činností na životní prostředí a je dobrovolná.
- ČSN ISO 45001 - Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití
 - BOZP = Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
- ČSN 73 0804 - Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty

Politika kvality a cíle kvality se určují proto, aby nasměrovaly pozornost organizace.

Politika i cíle kvality určují očekávané výsledky a pomáhají organizaci využívat své zdroje na dosažení těchto výsledků. (4 s. 191) S ohledem na kvalitu je nutné zajistit pracovníkům výroby dostatečnou ochranu v rámci BOZP. Všichni zaměstnanci jsou pravidelně proškolení na tyto zásady, a i tento systém je pravidelně kontrolován a aktualizován dle normy ČSN ISO 45001. Ve vybrané firmě také probíhají ročně audity na výše uvedené certifikáty.

Výrobu v tomto závodě lze rozdělit na dvě části. V první části se vyrábí jednoduché trubky i komplikované svazky z dodané a na míru nařezané tvrdší směsi plastu, která se hned v prvním kroku tvaruje v horkovzdušných pecích na dle výkresů specifikovaný tvar pomocí šablon. Tyto trubky fungují jako vedení do klimatizačních systémů nebo vedení kapalin do ostřikovačů. Druhá část se specializuje na výrobu z kovové směsi materiálu, který tvarují ohýbací stroje a které slouží pro vedení paliv a brzdových kapalin. Jedná se tedy o životně důležité komponenty.

Kovovou část výroby lze ještě rozdělit do několika oddělení, a to dle zákaznické destinace. Vždy se jedná o podobný proces výroby, logicky tedy se výroba soustřeďuje do jednoho uceleného prostoru. Tuto část výroby od plastové pomyslně odděluje velký

skladový paletový regál, kde jsou uskladněny některé hotové výrobky připraveny k expedici, a menší příhradový, kde je naopak uskladněný nakupovaný materiál.

Část výroby, které se práce věnuje, je samostatný proces výroby pro jednoho zákazníka a jednu koncovou destinaci. Zákazník objednává celkem 14 různých dílů a je žádoucí, aby kompletní výroba těchto dílů probíhala na jednom úseku s minimem manipulace. Všechny tyto trubky jsou ohnuté do požadovaného tvaru, některé jsou dodávány jako jednoduché jednotrubkové tzv. singl, pak i komplikovanější svazky s mnoha komponenty, které se montují na kompletačních stolech. Všechny tyto výrobky musí na závěr projít kompletní kontrolou postupu dle technologických předpisů výroby.

1.1 Proces výroby

V tomto projektu se pracuje s jedním materiálem o třech různých průměrech. Materiálově se jedná o slitinu kovů s plastovou povrchovou úpravou černé barvy, kde nejvyšší zastoupení má zinek. Pracuje se s průměry 4,76 mm, 6,35 mm a 8 mm. Na dvou z těchto uvedených se vyskytuje ještě tzv. PP vrstva (viz Obr. 2). To znamená, že trubka má na vnějším povrchu navlečenou směs plastu a gumy a tím také navyšuje průměr dané trubky. Celkem se jedná o výrobu se čtyřmi různými materiály.



Obrázek 2 - PP vrstva na trubce po řezu

Zdroj: (5)

Dle dostupných technologií může výroba začít nakupovanou trubkou, která je od dodavatele nařezána na požadovanou délku nebo přímo napertlována¹, či je možné trubky nařezat přímo z cívky, která je opět zaslána od dodavatele a nazývá se coil. Dalším nakupovaným materiálem jsou pak ostatní komponenty – plastové klipy sloužící k uchycení trubek do zádržného systému v karoserii, převlečné matice, které se používají k upevnění trubky do požadované polohy z výchozího do cílového bodu v kapalinovém systému auta nebo plastové smršťovací návleky, které ochraňují povrch trubky a jsou dodávány také na cívkách.

Výroba probíhá ve třísměnném provozu na řezacích a pertlovacích přístrojích, nepřetržitě na ohýbacích strojích a nárazově na strojích s nižšími požadavky na výrobu.

1.1.1 Řez

Z hlediska procesu výroby lze považovat za počáteční krok řez trubky na požadovanou délku, který proběhne na řzacím stroji. Řezání probíhá za pomoci automatického odvíječe, který je součástí každé pily nacházející se v tomto závodě a odmotává materiál z cívky (viz Obr. 3), a podávacího zařízení, které posouvá trubku na pásu ven z přístroje. Pomocí laseru pila odměří předem nastavenou délku a trubku poté vysune na posuvný pás do zásobníku. Dále řezné kotouče trubku zakrátí a ta je pak pomocí pásu dopravena do zásobníku, kde je volně přístupná operátorovi, který jej odebere a zkontroluje na povrchové vady materiálu. Délka může být rozdílná. Maximální délka, se kterou stroje v této firmě pracují, se pohybuje mezi 338 mm a 6 m, avšak v tomto projektu se délka nařezané trubky pohybuje do vzdálenosti maximálně 2,9 m. Veškeré řezné délky v rámci výroby jsou odvozeny z finální podoby zobrazené ve výkresu. Pro jednodušší manipulaci s velkým množstvím trubek se kusy svazkují po 50 nebo 100 kusech – záleží na průměru a délce (viz Obr. 4). Řezání je velmi důležitý proces, bez kterého nemůže začít výroba. Proto je důležité obsadit stroje pracovníky na tři směny v klasickém pětidenním pracovním týdnu.

¹ Pertlování je typ zakončení trubky, kde se nachází těsnicí plocha. Jde o tvarování za studena s přidáním převlečnými maticemi.



Obrázek 3 - Materiál dodaný na cívce (coil)

Zdroj: (5)



Obrázek 4 - Svazek nařezaných trubek

Zdroj: (5)

1.1.2 Broušení a stripování

Nářezaný materiál ve svazcích operátor umísťuje na posuvné konzolové regály, ihned poté následuje převoz trubek ke strojům pro další operace.

1.1.2.1 Stripování

Strip je proces výroby, při kterém na jednom z materiálů s PP vrstvou dojde ke krácení právě této vrstvy z konců trubky (viz Obr. 5). To usnadní postup v dalších procesech výroby. Stroj má jednoduchý zásobník, který doplňuje operátor. Uvnitř stroje pak pomocí automatického podavače dochází k přesunu materiálu po jednotlivých kusech ve článkovém dopravníku až ke koncovému žlabu. Zhruba uprostřed podavače dochází ke krácení PP vrstvy pomocí malých nožičků a zároveň i stáhnutí zkráceného materiálu. Z koncového zásobníku jsou trubky vyjmuty operátorem a připraveny k dalšímu procesu. Tento proces probíhá pouze u jednoho ze čtyř materiálů, tzn. zhruba jedné čtvrtiny celkového objemu výroby. Stroj tedy není tak často využíván, jedná se o zhruba pět směn týdně.



Obrázek 5 - Nastripované trubky

Zdroj: (5)

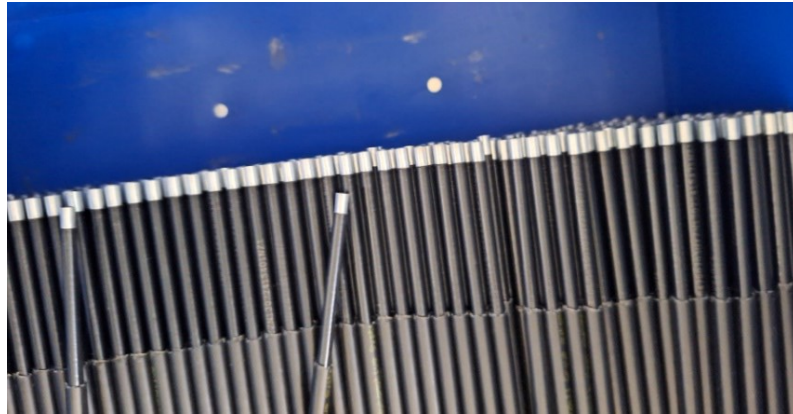
1.1.2.2 Broušení

Materiál ze stripování dále musí projít procesem broušení, stejně jako další dva druhy materiálu. V přístroji se nachází automatický podavač v podobě malého Ferisova kola², který dopravuje opět jednotlivě trubku po trubce na dopravník. V jednotlivých krocích dopravníku pak probíhá začištění řezu, obroušení černého povrchu obou konců trubky (viz Obr. 6)

² Ferisovo nebo také ruské kolo je technické zařízení, kde se využívá vertikálně umístěného kola k podávání nebo přemístění předmětů

a kontrola zbroušeného povrchu. Vizuální kontrolu provede i operátor pracující u stroje. Trubka je poté připravena k pertlování.

Stroj je potřeba plně obsadit v klasickém pracovním týdnu, tj. pět dní po třech směnách. Vzhledem k tomu, že stripování je proces před broušením a oba stroje se nachází hned za sebou, pracuje na nich vždy jeden operátor současně.



Obrázek 6 - Nabroušené trubky

Zdroj: (5)

1.1.3 Pertlování

Pro pertlování jsou k dispozici v tomto projektu dva stroje. Liší se od sebe typem výrobní technologie, tj. typem pertlu a tím i materiálem, který se dá na stroji zpracovat. Základní pracovní proces je ale stejný.

1.1.3.1 První pertlovací stroj

První ATL stroj pracuje s průměry 4,76 mm a 6,35 mm a 4,76 mm s PP vrstvou.

Trubky rovné, nabroušené operátor připraví do zásobníku na pertlovacím stroji, kde se používá článkového dopravníku pro posun k jednotlivým krokům výroby. Podle výrobního postupu, který je specifikován dle výkresové dokumentace, seřizovač stroje nastaví stroj na potřebné parametry pro výrobu, tj. požadovanou vzdálenost podavačů (dle délky

trubky), připraví do vibračních podavačů šroubů³ převlečné matice pro oba konce trubky, případně nastaví odvíjení hadice pro návlek. Na stroji v procesu probíhá začistění obou konců trubky a grotování⁴, tzn. prvotní úprava obou konců, případně návlek hadice, kterou stroj umí nařezat přímo na danou délku. Opět je zde využito automatické odvíjení, neboť hadice je dodávána na cívce. Stroj navleče na trubku převlečné matice a na závěr výrobního procesu stroj na konce trubek vytvoří pertl s těsnicí plochou.

Posledním krokem ve stroji je kontrola, která je tvořena ze tří částí:

- Kamerová – při které stroj rozpoznává typ a polohu matice
- Kalibrová kontrola – stroj rozeznává velikost pertlu a délku trubky
- Kontrola průchodnosti trubky – probíhá pomocí vpravování vzduchu, kdy čidlo na druhém konci trubky rozezná, zda je trubka průchozí

Kontrolní čidla hodnotí trubku jako vyrobenou správně anebo s nesprávným komponentem či neprostupnou. Pokud stroj díl identifikuje jako nesprávně vyrobený, nůžkami ho přestřihne a trubka pak spadne do žlabu pro výrobní šrot. Správně napertlované trubky se ještě kontrolují operátorem (tedy obsluhou stroje), který určuje pohledem, zda jsou v pořádku pertly a těsnicí plochy. Hotové rovné napertlované trubky (viz Obr 7) se svazkují po 25 nebo 50 kusech – opět záleží na délce a průměru trubek. Za směnu je ATL stroj schopný vyrobit kolem 3 500 ks. Tento stroj pracuje s jedním typem pertlu a se třemi druhy převlečných matic. Tento stroj pracuje ve volném režimu v nepřetržitém provozu ve dvanáctihodinových



Obrázek 7 - Napertlované trubky z prvního ATL stroje

Zdroj: (5)

³ Vibrační podavače šroubů jsou zásobníky na šrouby ve tvaru misek, ze kterých díky třesu a dopravníku šrouby dostanou do podavače ve stroji. Šrouby do zásobníku doplňuje seřizovač nebo dělník výroby.

⁴ Grotování je úprava konce trubky, při které je na koncové ploše trubky zaříznuta těsnicí plocha po určitým úhlem.

směnách. Pokud je výroba schopná stroj obsadit na tři směny denně, pak výroba o víkendu není potřeba.

1.1.3.2 Druhý ATL stroj

Druhý ATL stroj používá jiné dva typy pertlu a pracuje s průměrem materiálu 6,35 mm s PP vrstvou a 8 mm. Proces výroby i kontroly a výsledek je v podstatě totožný. Rozdíly jsou pouze v tom, že tento ATL stroj neumí navlékat hadici. Na trubkách na tento projekt se nepoužívají převlečné matice a na konci procesu se navlékají ochranné plastové trubičky, tzv. čepičky. Trubky dále získají na koncích výroby tzv. bead (viz. Obr. 8), což je v překladu z angličtiny výrobní korálek, u kterého se umísťují další komponenty (např. zacvakává klip), případně se skrz tuto zvláštní koncovku upevní při montáži do zařízení. Na tomto ATL se také vytváří a operátorem kontroluje těsnicí plocha. Vzhledem k využívání tohoto stroje ještě v jiném projektu, pro výrobu vybraného projektu stačí asi dvě směny denně.

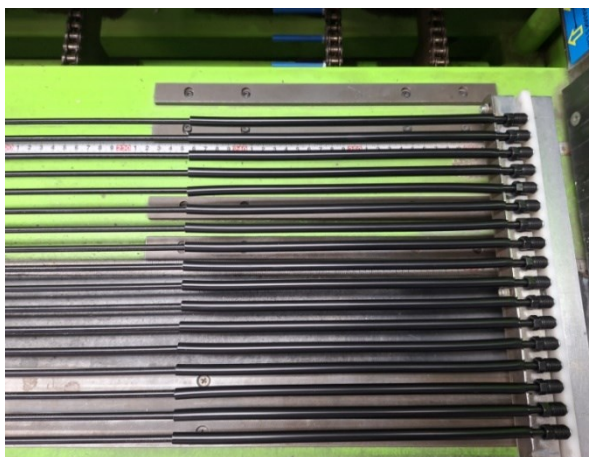


Obrázek 8 - Jiný typ pertlu (bead) z druhého ATL stroje

Zdroj: (5)

1.1.4 Zapékání

Trubky, na které je v předchozím kroku (pertlování) navlečena smršťovací ochrana, pokračují poté na zapékací pec, kde se pod vlivem vyšší teploty plastový návlek smršťí v požadované pozici na trubce. Operátoři zde opět pracují s výrobní dokumentací, ve které je přesně stanoveno, kde se má návlek nacházet a jaká teplota má být nastavena na peci. Podle této instrukce nastaví rám, trubky do ní umístí a posunou návlek do přesné pozice (viz Obr. 9). Poté dojde k přesunu takto upravených trubek na jednoduchý řetězový dopravník, který prochází samotnou pecí, kde je právě nastavena vhodná teplota pro zapékání. Ve spojení s vyšší teplotou a zahřátím povrchu, ke kterému dojde při otáčení trubek přímo na řetězu, se hadice smršťí přímo k povrchu a vznikne tak nehybná ochrana trubky, se kterou se trubka bez problémů ohne. Pec je také jedna z těch méně vytížených strojů, protože není nutné vyrábět všechny druhy trubek. Provoz pece je potřeba pouze na čtyři až pět směn týdně.



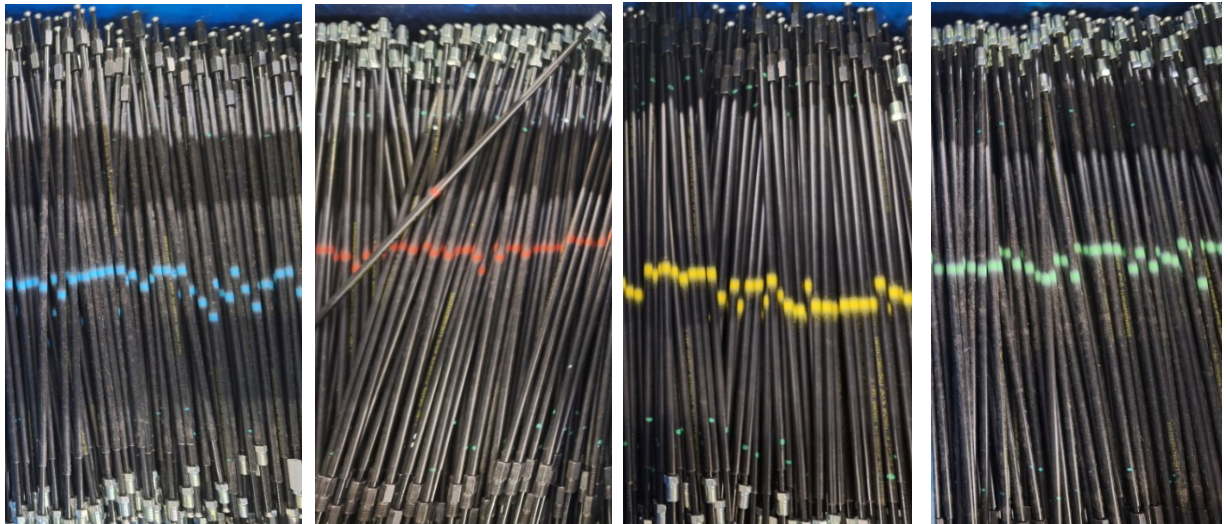
Obrázek 9 - Trubky připravené v šabloně na zapečení

Zdroj: (5)

1.1.5 Značení

Výroba trubek pak pokračuje značením. V tomto případě jde opět o jednoduchý stroj, který po vložení trubky nastříká na zvolené místo v celé délce trubky barevný proužek (viz Obr. 10). Ten je důležitý pro rozlišení jednotlivých kusů trubek určených jak do kompletace svazků, ale také pro rozlišení pravostranných a levostranných singl trubek.

Záleží vždy ale na požadavku zákazníka, jestli potřebuje tento identifikační proužek v procesu výroby. Stroj není potřeba držet v provozu nepřetržitě. Pracuje zhruba tři až čtyři směny v týdnu.



Obrázek 10 - Typy značení

Zdroj: (5)

1.1.6 Ohyb

Pro ohýbání je už připraveno v předešlých krocích několik druhů trubek. Některé mají zapečený návlek, některé barevnou značku, některé ani jednu ze zmíněných možností. Ale všechny jsou napertlované, i když různými způsoby. Ohyb probíhá na několika CNC strojích – záleží na průměru a typu materiálu a dostupné technologii. Ty nejjednodušší stroje se nazývají Powerbendery. Jedná se o přístroj s několika zafixovanými rameny a malým zásobníkem, proto tyto stroje ohýbají vždy pouze jeden konkrétní díl. Ohýbají se jak krátké singl trubky (viz Obr. 11), které se pak rovnou umisťují do KLT boxů k expedici, tak i dlouhé trubky do kompletů či na náhradní díly (viz Obr. 12).

Složitější CNC stroje mají již samostatnou paměť na jednotlivé programy, na ohýbacích hlavách lze měnit různé nástroje a mohou tak ohýbat i více různých dílů, tzn. více druhů materiálů i délek. Díly, na kterých je potřeba vytvořit ohyb, nejsou tak komplikované, jedná se o zhruba tři až pět ohybů na krátkých a maximálně dvacet ohybů na dlouhých trubkách. Tudíž požadavek na CNC stroje, které se pro tento projekt využívají, není velký. Stroje mají buď jednu, dvě nebo čtyři hlavy. Právě dle specifik polotovaru (materiál, délka, počet ohybů, počet kusů) je vybrán ohýbací stroj. Díl následně technologický inženýr nasimuluje v programu

a dle simulace vytvoří na stroji program. Podle výsledků prvního ohybu se jednotlivé ohyby dílu finálně doladí a naladěný díl se kompletně předá do sériové výroby. Podle potřeby plynoucí z objednávek zákazníků se ohýbá předem určené množství do kompletů.



Obrázek 11 - Ohnutá krátká singl trubka

Zdroj: (5)



Obrázek 12 - Ohnutá dlouhá trubka připravená pro kompletaci

Zdroj: (5)

Při každém započetí výroby se první kus vždy nechává kompletně zkontrolovat dle výrobního postupu a kontrolního přípravku. Ten je vyroben dle výkresové dokumentace a je kontrolován a často i vlastněn zákazníkem. Kontrolní přípravek je šablona, do které se díl usadí a pohledem se zkontroluje, zda je vše v pořádku. Jedná se o kovovou desku se žlábků, do kterých se trubka umístí pro kontrolu tvaru, a se závitníky na konci, které se zašroubují pro kontrolu závitů u převlečných matic. V této šabloně jsou pomocí výše zmíněných žlábků vyznačeny tolerance pro jednotlivé ohyby, ale i místa, kde má být nastříkaný identifikační proužek či být osazeny komponenty v procesu kompletace svazků. Dle dalších dohodnutých

opatření je po ohybu kontrolován každý nebo každý 5. kus, ale i každý 25. kus nebo každý 50. kus.

1.1.6.1 Údržba

Oddělení údržby je nedílnou součástí každé výrobní společnosti a jeho role je velmi důležitá v udržení chodu celého výrobního procesu. Obzvláště v této společnosti, kde je hlavní úlohou nejen opravovat možné poruchy přístrojů při výrobě, ale i stroje seřizovat a nastavovat výrobní proces při změnách ohybu dílů.

K tomu se vztahuje i vytváření programu ve strojích. Na základě výkresové dokumentace je technologickým inženýrem v počítačovém programu nasimulovaný ohyb dílu na vytipovaném stroji. Na základě této simulace je vytvořen program a ten je pak nahrán do ohýbacího stroje. S tímto programem se pak pracuje při každém nasazení dílu do ohybu. Bohužel stroje jsou již staré a nástroje v nich nejsou tak stabilní, aby po nasazení daného dílu stroj rozjel ohyb dílu bez komplikací. Vždy se musí program doladit a tento úkol je právě na technikovi z údržby. Pro jistotu správnosti ohybu je vždy každý první kus kontrolován v kontrolním přípravku a jeho kontrola je zapsána i v evidenci o výrobě stroje.

1.1.7 Kompletace

Procesem kompletace lze nazvat doplnění dalšího nakupovaného materiálu na ohnutou trubku. Jedná se o plastové klipy, gumové gromety⁵, papírové lepící štítky (viz Obr. 13) či vytvoření svazku ze samostatných ohnutých trubek pomocí vícecestného plastového klipu.

V případě jednoduché singl trubky se většinou přidávají pouze gumové gromety. Jsou k tomu potřeba speciální kovové kleště, kterými se střed gromety roztáhne, a operátor ji pak může na trubku umístit dle specifikace.

⁵ Grometa je gumový kotouček, který se navlékne na trubku.



Obrázek 13 - Příklad komponentů ke kompletaci svazků

Zdroj: (5)

Když jsou nachystány všechny trubky do svazku, v poslední části tohoto výrobního úseku může začít kompletace na kompletačních stolech. Jedná se o kovovou desku s nohama a zásobníky na jednotlivé komponenty, včetně ohnutých trubek, umístěných na držácích na desce, která je připevněna kolmo na zadní straně stolu. Na stole se nachází žlábkové držáky pro klipy i trubku s upínacími kleštičkami i pákami, které napomáhají správnému uchycení trubky a instalaci komponent na správném místě na trubce. Stůl je plně elektrizovaný z důvodu umístění velkého množství různých kontrolních zařízení, které zabraňují operátorovi obsluhující stůl vynechat nějakou komponentu nebo ji vsadit špatně do držáku. Pro každý svazek je zkonstruován právě jeden kompletační stůl, který má svoje nástavce pro všechny komponenty. K výrobě je potřeba pouze obsluha operátorem, který vsadí komponenty do příslušných držáků ve správné poloze, pokračuje trubkami, všechny zádržné systémy (v tomto případě páčky a pojistky) řádně docvakne. Zařízení na kompletačním stole pak provede poka-yoke⁶ kontrolu – tedy prověří, zda jsou všechny komponenty v držácích a správně zacvaknuty na trubce, kompletní svazek dle potřeby označí barevnou fixou na předem určeném místě, vyjme z nástavců a umístí na pojízdný stojan.

Výkon výroby v procesu kompletace není velký. Je to způsobeno vyššími počty komponent, kterými je nutno trubky osadit a poté jednoduchou trubku s komponenty umístit

⁶ Poka-yoke z japonštiny znamená „chybě-vzdorný“. Jedná se o mechanismy ve výrobním prostředí, kterými se zabraňuje lidským chybám (6).

do velkého svazku. Za směnu je zkušený operátor schopný vyrobit 40 kusů velkých složitějších svazků.

1.1.8 Výrobní dokumentace

Pro každý díl a všechny jeho operace inženýr technologie zhotoví výrobní instrukci, která se nachází na každém dotčeném pracovišti. Obsahuje název a číslo dílu, dále název a parametry stroje pro výrobu, název a číslo materiálu potřebného pro výrobu a stručnou informaci o všech krocích výroby. Souběžně s touto dokumentací vzniká v systému i strukturovaný kusovník, na jehož základě se odečítá materiál na nižší úrovni díky zahlášení jednotlivých operací výroby.

1.2 Skladování materiálu, manipulace s ním ve výrobě a jeho evidence

V této kapitole se práce zmiňuje o přidružených skladovacích technologiích, které je ve výrobě potřeba k plynulému fungování a pomáhají v orientaci ve stavu výroby vedoucím pracovníkům.

1.2.1 Skladování materiálu

Skladování materiálu pro výrobu probíhá v oddělených prostorech skladu, který se rozděluje na vstupní a výstupní. Materiál je vyskladňován ze vstupního neboli příjmového skladu, který využívá většinu dostupných typů skladování.

Coily jsou uskladněny na podlaze v řádkové formě, stohované maximálně dva na sobě. Materiál je chráněn konstrukcí koše cívky, která se dá stohovat a zároveň slouží i v procesu odmotávání na řezacím stroji.

Komponenty jsou skladovány v paletových regálech v manipulační jednotce⁷, která je složená většinou z jednotlivých kartonů dle balicího množství dohodnutého s dodavatelem. Dále jsou skladovány i v příhradových regálech pouze v obalech, tj. kartonech od dodavatele. Z obou možností operátor vyskladňuje do menších přepravek dle potřeb výroby.

⁷ Manipulační jednotka jsou vhodně sdružené výrobky, polotovary, materiály, případně jednotlivé výrobky, schopné manipulace bez dalších úprav. (7 s. 374)

Vše se eviduje v centrálním systému. Příjem probíhá hned po příjezdu materiálu na základě objednávky z oddělení dispozic a dodacího listu, který dorazí s materiálem. Takto zaevidovaný materiál se může postupně vyskladňovat převodem mezi jednotlivými lokacemi nebo se může vyskladnit celá dávka najednou. Výroba má jen jednu lokaci, je tedy jednoznačně identifikovatelné, kde se materiál nachází. Všechn materiál je vyskladňován metodou FIFO⁸.

1.2.2 Manipulace s materiálem

Vzhledem k tomu, že vybraná firma zpracovává hlavně trubky, je zapotřebí celá řada speciálních regálů, které jsou přesně vyvinuty pro skladování tohoto typu materiálu. Můžeme zde jmenovat přesně tyto druhy (8 s.102):

- A-stojany
- Krakorcové⁹ regály (s přečnávajícím koncem)
- Stromečkové regály
- Voštinové regály

Pro nařezané trubky je použito A-stojanů, na přesun k dalším procesům pak pohyblivých stromečkových regálů (viz Obr. 14). Mezi jednotlivými procesy, a tedy i jejich stroji, se vyskytují regály voštinové, kde je uskladněn hlavně rozpracovaný materiál. Regály jsou mohutné kovové vždy jednoduché konstrukce s ochrannými prvky, které zamezují kontaktu kovového povrchu trubky s konstrukcí rámu, a tedy možným povrchovým vadám. Jsou přizpůsobeny většímu množství trubek a mají vyšší nosnost.

⁸ FIFO (First In, First Out) je způsob vyskladňování, kdy se nejdříve vyskladňuje komponenta, která byla první zaskladněná.

⁹ Krakorec je nosný podpůrný prvek s tvarem hranolu, který je vysunutý vodorovně do prostoru ze zdi nebo jiného nosníku nebo stojanu.



Obrázek 14 - Pohyblivý stroměčkový regál se svazky trubek

Zdroj: (5)

1.2.3 Doplnování materiálu ze skladu do výroby

Jak již bylo v práci dříve zmíněno, komponenty ke kompletaci se skladují v prostorech skladu v jejich evidenci. Doplnovány jsou systémem odvozeným z principu Kanban¹⁰. Je využito malých bedýnek a pevných regálů = zásobníků se spádovým válečkovým dopravníkem (viz Obr. 15), který podporuje způsob vyskladňování FIFO. Šetří prostor tím, že není potřeba vytvářet žádné speciální uličky pro doplňování nebo odebírání materiálu a vedoucí výrobního úseku má výborný přehled o stavu zásob.

Krabičky malých rozměrů jsou naplněny ve skladu komponenty v dané dávce. Ta je určena pomocí nejvyšší možné vhodné kapacity krabičky, tzn. aby komponenty při manipulaci nevypadávaly z boxů. Počet krabiček, které jsou v oběhu pro komponenty, je stanoven na základě objemu výroby odvozeného z jednotlivých objednávek zákazníka pro daný finální výrobek.

¹⁰ Kanban (v japonštině karta nebo štítek) je způsob, jak vybalancovat průběh výroby s materiálovým tokem. Na základě přesné informace z výroby reaguje sklad splněným požadavkem.

Operátor u kompletačních stolů si celou výrobní dávku, tj. krabičku s díly vezme z jedné strany regálu na stůl a sestavuje svazky. Pokud komponenty operátor spotřebuje, prázdnou krabičku dá buď na dopravník vedle regálu nebo na místo předem určené, kde se prázdné krabičky sbírají. Z druhé strany si prázdné nádoby vyzvedne pracovník skladu, který je odveze, naplní a poté již plné komponentů umístí do regálu se zásobami. Ty se samospádem po válečkách dopraví k rukám operátora ve výrobě.



Obrázek 15 - Pevný regál se spádovým válečkovým dopravníkem

Zdroj: (5)

1.2.4 Evidence výrobního materiálu

Každá trubka, ať už nařezaná, napertlovaná či ohnutá, je evidována v centrálním systému díky zadávání operátorem do terminálu na pracovišti. Data v terminálu nastavuje pracovník systémové podpory na základě informace z projektového oddělení, dispozic anebo také podle konkrétních poznatků vedoucích směn na výrobním úseku.

Operátor po dokončení výroby zadá do terminálu číslo dílu, čímž díl jednoznačně identifikuje a zároveň tím zaznamenává celkový počet vyrobených kusů. Systém na základě nastavených dat celkový počet trubek rozdělí dle zadaných výrobních dávek na počet svazků. Pro každý svazek trubek pak tiskárna vytiskne štítek a dělník výroby tyto štítky přiřadí k jednotlivým vyrobeným balíkům.

Tato evidence je nastavená pro každý krok výroby na základě informace o manipulaci s daným typem a průměrem materiálu. Na evidenčním štítku jsou uvedeny i informace o dalším

výrobním kroku nebo i o expedičním boxu. Pro každý díl je také sestaven strukturovaný kusovník, který obsahuje všechny informace dostupné z dokumentace výroby. V kusovníku má každá operace i materiál své jedinečné číslo, které je používáno napříč všemi terminály na výrobních úsecích vybrané firmy. Na základě zahlášení výroby na terminálu se daný počet komponent pak odečte z celkového množství na dané lokaci skladu.

1.2.4.1 Zmetky

U každého kroku probíhá také evidence špatně vyrobeného materiálu, tj. zmetků. Kusy, které vyřadí stroj nebo operátor se při výrobě dávky soustřeďují do jednoduchých červených nádob (např. na Obr. 16) vhodné velikosti a označených popiskem „NOK materiál“. Na konci výroby je pracovník spočítá a zaeviduje v systému společně s příčinou vzniku. Oddělení kvality je poté schopno zanalyzovat proces výroby, najít případnou chybu a s pomocí např. techniků údržby ji napravit.



Obrázek 16 - Příklad červené nádoby na vyrobené NOK kusy

Zdroj: (5)

1.3 Před expedicí

Svazky, které byly zkompletovány (viz Obr. 17), jsou nachystány na stojanech. Nyní jde o finální manipulaci s nimi – tedy kontrolu a zabalení do expedičního obalu.



Obrázek 17 - Zkompletovaná svazek

Zdroj: (5)

1.3.1 Kontrola

Po několika reklamacích na velkých svazcích trubek, které byly v projektu zaznamenány, byla oddělením výrobní kvality nastavena 100% kontrola trubek před expedicí. To znamená, že podle předem vytvořené instrukce z oddělení kvality se svazky na stojanu kompletně celé vizuálně zkontrolují a operátor je označí štítkem, který tuto kontrolu potvrzuje. Pracovník úseku tedy musí každý kus dílu zkontrolovat jednotlivě na přítomnost všech přídatných komponentů a jejich kvalitu, typu trubky nebo případné povrchové vady trubky. Kompletní svazky se již nevkládají do kontrolního přípravku.

U krátkých singl trubek se 100% kontrola nepožaduje. Vizuálně se díly kontrolují pouze na tvar, tj. zda sedí v kontrolním přípravku, na správnost převlečné matice a na poškození povrchu.

1.3.2 Umístění trubek a svazků do obalu

Na stojanech se díly připravují v předem dohodnutém expedičním množství, které patří do zákaznickem zvoleného obalu, a ten je zároveň i manipulační jednotkou. Díly jsou připravené na stojanu již ze 100% kontroly. Balicí množství jednotky se kdykoliv může změnit. Vše je konzultováno mezi zákazníkem a zástupcem logistiky, který se zabývá obalovým hospodářstvím.

U velkých svazků se zpravidla díly balí do velkých kovových beden přesně dle balicí instrukce. Je to z důvodu zamezení kontaktu vyrobené trubky právě se samotným kovovým rámem bedny kvůli nevelkému prostoru pro manipulaci. Je tedy nezbytné vzít v úvahu vnější rozměry bedny a rozměry svazku. Po zabalení balicího množství se svazky zajistí ještě bezpečnostní gumou, aby při transportu nevypadly do prostoru auta. Samotná kovová bedna má pak ještě plachtu, takže je docíleno ochrany proti povětrnostním vlivům. Menší svazky se balí do menších kovových beden také s jisticími gumičkami a ochranou plachtou. Krátké singl trubky do plastových KLT boxů vhodných rozměrů opět s ochranou v podobě palety a víka. Příklady balicích jednotek jsou uvedeny na Obr. 18.



Obrázek 18 - Příklad dílů připravené v balení k expedici

Zdroj: (5)

1.3.2.1 Obalové hospodářství

Expediční bedny jsou navrhovány už v předsériové – návrhové části projektu, kdy zákazník ve spolupráci s dodavatelem obaly vyvíjí a nastavuje balicí proceduru. Obaly v tomto projektu jsou v kompletní evidenci a majetku zákazníka. Tedy zákazník stanovuje podmínky uskladnění prázdných obalů a jejich dodávání i expedice. V tomto projektu dopravce na základě jejich zákaznické objednávky přiveze prázdné obaly, které se ve výrobním závodě složí na určené místo a ihned se naloží plné obaly s díly, které kamion odveze zpět do skladu k zákazníkovi.

Z ekonomického hlediska je navržený obal co nejmenších rozměrů, aby bylo možné jich na kamionu odvézt co nejvíce a tím tak šetřit místo nejen na jednotlivých jízdách,

ale nakonec i ve skladu. Obal ale musí být naopak dostatečně velký, abychom zabránili kontaktu samotných trubek s ním a tím tak i poškození povrchu, komponent nebo i tvaru trubky.

1.4 Expedice

Kovové bedny (viz Obr. 19) sloužící jako obal jsou zároveň také manipulačními jednotkami, která jsou pomocí vysokozdvížného vozíku nakládány na přistavený kamion.

KLT boxy se dávají na paletu, zakryjí se víkem a zapáskují. Tím tedy tvoří také manipulační jednotku, která je v tomto komoaktním stavu naložena na kamion vysokozdvížnou technikou. Obě tyto jednotky musí být označeny identifikačním štítkem, který je určený zákazníkem a který je pro každý box jedinečný.

Mezi dodavatelem (v tomto případě vybraná firma) a zákazníkem funguje dodávání materiálu systémem JIT, neboli Just-in-Time. (7 s. 158) Hlavní princip dodávek probíhá na základě nakládek v přesně stanovených časových oknech a s nimi související přesně daná vykládková okna v distribučních skladech, které jsou často v těsném dosahu výrobních hal. Jakmile naložený kamion přijede na vykládku do skladu zákazníka, zhruba do hodiny až dvou od přijetí do skladu putují první kusy z tohoto dodaného materiálu přímo na výrobní linku a zpracovávají se při montáži.

Jako dokumentace o expedici slouží dodací list, který je generován zákazníkem a v předstihu zaslán. Součástí dodacích listů jsou jedinečné kódy, které identifikují materiál k uskladnění na předem určených pozicích v distribučních skladech.



Obrázek 19 - Prázdné obaly připravené pro výrobu

Zdroj: (5)

1.5 Plánování výroby

Díky umožněné evidenci každého mezikroku výroby lze také všechny kroky výroby sousledně plánovat. Děje se tak na základě objednávek, plnění předešlých plánů a také i stavu skladu jednotlivých položek. Na základě těchto vstupních dat a hodnot plánovač výroby vyhodnotí stav výroby a podle potřeb zákazníka naplánuje posloupnost dílů, případně materiálu na další období pro daný stroj. Tyto data získává právě z centrálního systému a jeho napojení na terminály. Vstupní informace se dají stáhnout z portálu v tabulkovém formátu Excel, se kterými plánovač dále pracuje v dalších jím vytvořených nástrojích, nejčastěji právě v excelových tabulkách. Bohužel zatím plánování v systému společnosti není používáno, i když nástroje přístupny jsou.

2 Aktuální situace, návrh změn

2.1 Teoretická část

V následujícím oddíle práce zmiňuje poznatky z odborné literatury.

2.1.1 Sestavení nového layoutu

Obecně při plánování layoutu proudové¹¹ výroby, tedy při změnách ve výrobním prostředí, je třeba brát v potaz tyto faktory:

- Produkt (výrobní program)
- Výrobní prostředky (stroje)
- Výrobní proces
- Pracovní síly (zaměstnanci)

Produkt klade určité požadavky na určitý prostor. Tyto požadavky vyplývají z jeho velikosti, hmotnosti, konstrukčního provedení a jeho postavení ve struktuře výrobního programu. Velikost a hmotnost limitují plošnou potřebu pro zpracování a konfiguraci přepravy, materiálových toků a skladování. (9 s. 99)

Výrobní prostředky ovlivňují svou velikostí, hmotností a svým technologickým dimenzováním právě layout. Současně kladou také požadavky na stanovištní prostor z hlediska potřebných ploch, aby bylo zajištěno bezporuchové provádění výkonů, a na kvalitu. (9 s. 99)

Výrobní proces je limitující pro tvorbu výrobních postupů, výběru období a střediska, kde se má vyrábět plánované množství výrobků. Výrobním postupem se označují různé množství organizačního uspořádání výrobního procesu prostřednictvím prostorového sdružování. (9 s. 99)

Pracovní síly kladou určité nároky na humánní konfiguraci a uspořádání pracovních míst. Pod humánním je nutno chápat takové pracoviště, které přináší zaměstnanci pracovní uspokojení a dobré zdravotní podmínky. První z nich lze dosáhnout tehdy, umožňuje-li profil činnosti zaměstnanci dostatečně velké pole působnosti při výkonech, rozhodování a kontrole.

¹¹ V proudové výrobě se hromadně vyrábí jeden nebo několik vysoce příbuzných výrobků, aniž by se jednotlivé výrobní fáze rozpojovaly pomocí mezioperačních zásob. (9 s. 24)

Dobré zdravotní podmínky se vytvářejí prostřednictvím barevného řešení, osvětlení, klimatizace, větrání, omezení hlučnosti, případně přiměřenou konfigurací pracoviště. (8 s. 100)

Prostorová situace (layout) a zařízení jsou zcela přizpůsobeny výrobku. Pro vytvoření návrhu celého systému výroby je potřeba přemýšlet o vyloučení mezioperačních zásob, o přehledné prostorové situaci a o celkovém rozvržení výrobní linky jako celku, nikoliv pro jednotlivá pracoviště. (10 s. 25)

2.1.2 Návrh výrobního prostředí

Návrh výrobního prostředí s vyjádřením souvislostí a zákonitostí výrobního procesu je vhodné sestavit z modelu výroby, který je tvořen z (10 s. 52):

- Modelu pracoviště, které je základní výrobní a organizační buňka výrobního procesu. Je prostorově omezená, vybavená výrobními zařízeními, za jejichž pomoci pracuje síla (výrobní dělník nebo operátor) uskutečňuje vymezenou část postupných přeměn materiálových prvků
- Výrobního úseku, tj, soustava pracovišť tvořící výrobní a organizační celek, v němž se vyrábí uzavřený počet dílců
- Sdružení několika výrobních úseků, jimiž se uzavírá výrobní proces montážního celku nebo souboru těchto celků

Formy rozmístění pracovišť mohou být (10 s. 54):

- Technologické (skupinové) = charakteristické pro výrobní proces, kde se výrobní operace sloučí podle jejich příbuznosti
- Předmětné = typické pro svou orientaci na výrobek a vytvoření menších výrobních jednotek pro kompletní zpracování části výrobků nebo celého výrobku

Správný projekt materiálového toku by měl splňovat následující (8 s. 142):

- Jednotnost směru toku
- Minimalizovaná transportní vzdálenost
- Výrobní prostředky musí být uspořádány tak, aby se co nejflexibilněji mohly přizpůsobit krátkým i dlouhým možným variantám výrobního programu.

Hlavní problém ale spočívá v optimální rozmístění na základě opravdu různorodých, někdy i protichůdných hledisek, u kterých i již uvedené grafické a matematické metody selhávají.

Do vytváření plánu výroby je třeba zahrnout také požadavky na bezpečnost práce, ergonomické požadavky manipulace s materiálem i konkrétní prostorové podmínky. (11 s. 54)

2.1.2.1 Metody pro rozmístění jednotlivých pracovišť

Základní metody pro prostorové rozmístování výrobních jednotek, tzn. výrobní dílny, stroj či pracoviště jsou (10 s. 60):

- *Analytické*
 - *Šachovnicová tabulka – znázorňuje materiálové přesuny (zpravidla v hmotnostních jednotkách) za určité časové období mezi jednotlivými vnitropodnikovými útvary*
 - *Trojúhelníková metoda – slouží k rozmístění pracovišť, u nichž není třeba brát v úvahu stále umístění*
 - *Metoda souřadnic – stávající spotřebitelské nebo naopak dodavatelské objekty se umístí do souřadnicové sítě a centrálně dodávající nebo naopak spotřebitelská pracoviště se přeřadí po nalezení nových souřadnic, které jsou váženým průměrem souřadnic výchozích objektů.*
 - *Senkeyův diagram – graficky znázorňuje průběh materiálového toku mezi objekty. Tloušťka čáry znázorňuje objem výroby za určitou časovou jednotku, délka vzdálenost mezi objekty, šipky směr toku, šrafování druh materiálu a frekvence se znázorňuje orientovanou úsečkou.*
- *Metoda CRAFT – technika sestavení vzájemné polohy pracovišť, kde je cílem stanovit takové rozmístění, aby celkové náklady na manipulaci s materiálem byly co nejnižší. Metoda pracuje i se vzdáleností mezi objekty a pořadím technologického postupu výroby. Pracoviště se mění tak dlouho, dokud není nalezeno řešení, které již nelze zlepšit.*
- *Simulace – metoda představující hypotetický vývoj zkoumaných jevů ve zvolených podmínkách. Uplatňuje se tam, kde skutečné zkoušení systému je velmi náročné a přináší značné ztráty. Z těchto důvodů je optimální simulaci použít k vyjasnění jednorázových rozhodnutí nebo posouzení strategie. Významná je tato metoda při zjišťování účinků určitých rozhodnutí, např. změny vytížení kapacit, změny priority zakázek, změny objednávek apod.*

Při použití simulace je třeba napodobit výskyt jednotlivých jevů jako je přísun materiálů, změny zakázek, vyjasňování v zakázce, změny poptávek apod.

- *Heuristický přístup – řešení se hledá pomocí algoritmu, o kterém je možno se domnívat, že vede ke koncovému řešení, ale není možno toho dosáhnout exaktní metodou a formulací. Výsledek sice nemusí být optimální, ale může být dostačující. Omezení může být ve zmenšení prostoru uvažovaného pro řešení nebo zmenšení předmětného objektu.*

Každé pracoviště by mělo být projektováno a realizováno s těmito podmínkami (11 s. 55):

- Vhodně a účelně vybaveno pro danou práci
- Umožňuje vykonávat práci s co nejmenší námahou a v co nejkratším čase
- Dokonale využije výrobní plochu dílny
- Přispívá k vysokému časovému využití strojů a zařízení
- Splňuje všechny požadavky na bezpečnost a hygienu práce

2.2 Počáteční stav

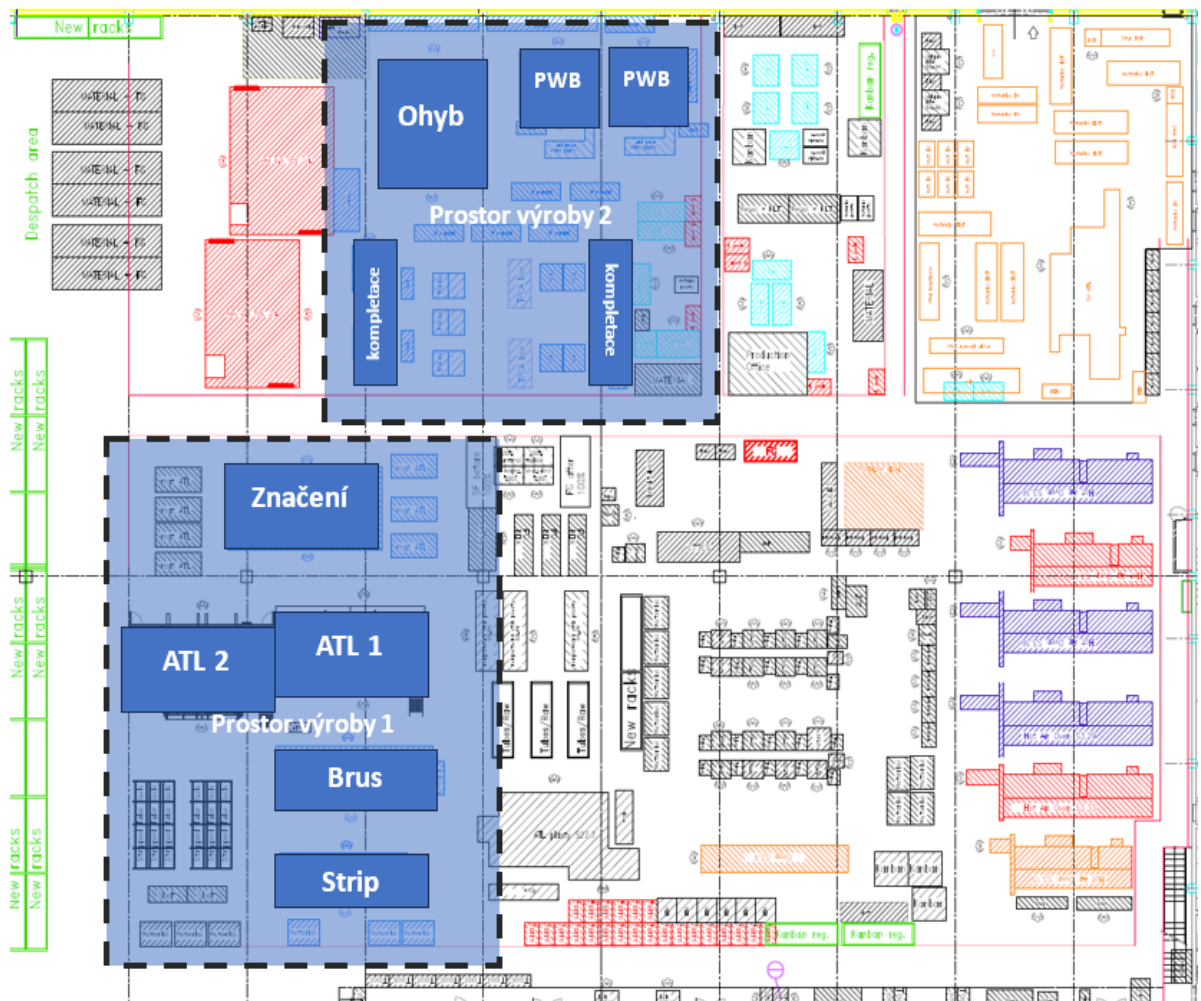
Původní rozmístění strojů se uzpůsobilo volnému prostoru v hale při zahájení výroby předchozího projektu, ale pro aktuální výrobu je absolutně nevhodné – viz Obr. 20.

Řezací pily jsou poměrně rozlehlé a tím tak náročné na prostor, proto byly ponechány se v druhé části haly. V úvahu pro změnu připadá pouze úsek, ve kterém jde o výrobu konkrétních, již nařezaných, trubek s různými postupy výroby. Dále se ve vzdálenější části haly nachází jednohlavý CNC stroj pro ohyb, který by bylo vhodné také umístit do společného prostoru.

Cílem je dále nalézt vhodný způsob pro skladování materiálu připraveného ke kompletování svazků a najít ještě prostor pro finální vizuální kontrolu.

V prvním prostoru se nacházely stroje pro broušení a stripování, obě ATL a značení. V druhém prostoru za manipulační uličkou byly stroje pro ohyb, kompletace a také se připravovala expedice nabalováním dílů. Manipulace s materiálem, a hlavně jeho převozy k dalším krokům výroby probíhaly po (manipulační) komunikaci, ale hlavně přes ní. I manipulační technika při vývozu beden připravených k expedici musela vjet do průchozí

uličky, poté naložit bednu a vycouvat. Proto bylo sjednocení prostoru hlavní změnou chystanou v tomto prostoru.



Obrázek 20 - Schéma počátečního stavu

Zdroj: (2)

Kontrolní přípravky jsou skladovány centrálně ve speciálním automatickém vertikálním zakladači, který v tomto případě hlavně šetří místo v už tak dost stísněných prostorech výrobní haly.

Dle v této práci popsaného postupu výroby, popisku stavu rozmístění a uvedeného náčrtku je potřeba sjednotit prostor pro níže uvedené stroje:

- Strip
- Brus
- ATL stroje 2x
- Zapékací pec

- Ohýbací CNC stroje – 4x jednohlavé, 1x dvouhlavé
- PWB stroje 2x
- Kompletační stoly
- Prostor 100% kontroly
- Manipulační prostor

2.3 Návrhy

Vzhledem k nutné manipulaci rozměrných a těžkých beden s pomocí vysokozdvížného vozíku je vhodné prostor výroby umístit co nejbližší k prostoru expedičnímu. Eliminuje se tím riziko kontaktu s bednou při manipulaci s obaly, kdy operátor téměř nepřijde do úzkého kontaktu s těžkými kovovými boxy a urychlí se i čas přesunutí bedny do skladu.

Zachován by měl být i smysl výroby. To znamená, že na počátku toku materiálu výrobou by měl být stroj, jehož procesem se výroba zahajuje. V tomto případě je počátek procesu výroby u broušení a stripu. Firma má dvě možnosti, kam přesunout výrobu tohoto projektu. Buď do spodní poloviny přední části haly nebo do horní poloviny. Vzhledem k možným dispozicím obou volných prostorů je možné stroje muset umístit ve dvou řadách. Ohýbací stroje jsou – až na malé výjimky – mezi sebou kompatibilní. Z toho tedy vyplývá, že vhodné bude je soustředit v jednom úseku. Navazující prostor s kompletačními stoly pak musí mít dostatek skladovacích prostor pro ohnuté trubky. Je vhodné použít pevné stojany, ale i regály s místem pro KLT boxy, ve kterých se skladují krátké singl trubky. Je také potřeba poskytnout i volný prostor pro manipulaci s prázdnými i plnými stojany.

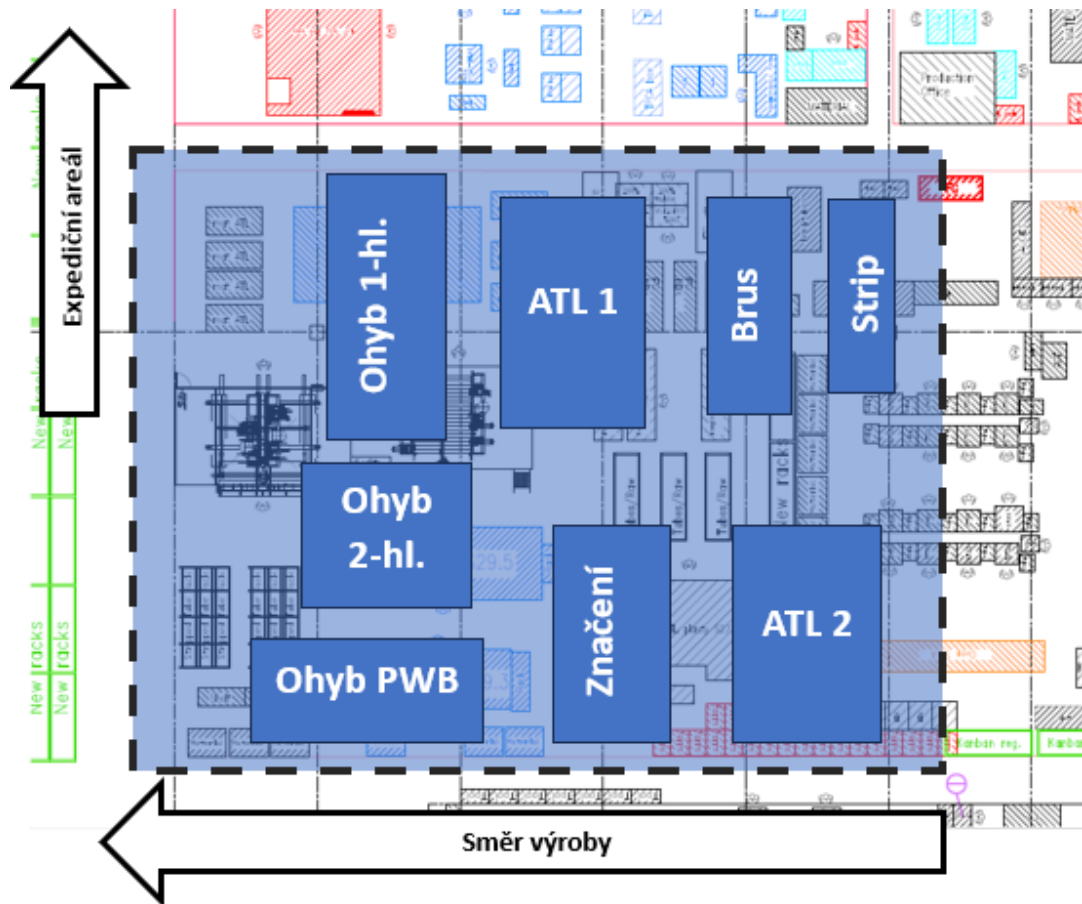
Pro modelaci návrhů byla využita metoda heuristického přístupu, popsána v předchozí kapitole.

2.3.1 První návrh

Na Obr. 21 je vytvořeno schéma, které naznačuje jeden z návrhů, který byl zamítnutý vedením vybrané firmy.

Počáteční procesy výroby byly zařazeny na začátek toku materiálu daného pracovními postupy. Po obou stranách úseku je manipulační ulička, kterou lze stroje zásobovat, proto je žádoucí rozmístit přístroje do dvou řad. ATL stroje na sobě nejsou závislé, mohou být

odděleně. Ohýbací stroje tvoří skupinu, tedy je docíleno podobné vzdálenosti ke stojanům na uskladnění ohnutých trubek a ke kompletačním stolům, které byly plánovány do zbylého prostoru.



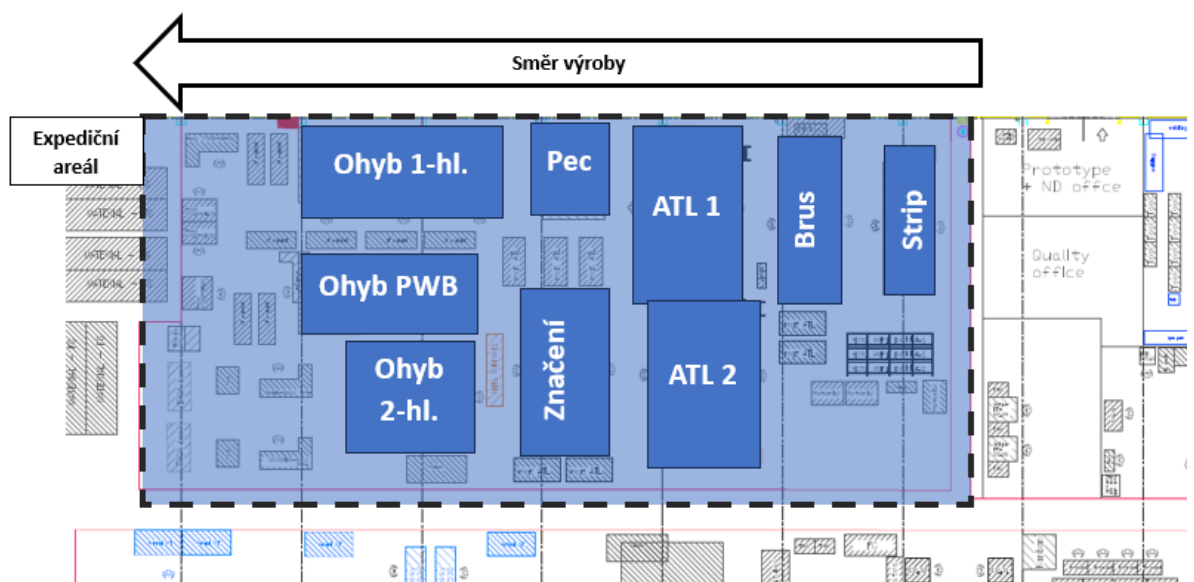
Obrázek 21 - Návrh rozložení strojů v dolní polovině přední části haly

Zdroj: (2)

Návrh byl nevyhovující v nedostatečném prostoru pro kompletační stoly, také vzdálenost pro navážení prázdných obalů, a naopak pro vyvážení plných beden do skladu byla moc dlouhá. Také by se musel uvolnit prostor v prostřední části haly, který je využit pro skladování meziproductů z druhé části výroby, aby mohlo docházet k pohodlnému zavážení prázdných obalů ke kompletačním stolům. Hlavním důvodem pro zamítnutí bylo ale nakonec rozhodnutí vedení o umístění nových velkých ohýbacích CNC strojů, a tedy i příchod nových projektů a zakázek.

2.3.2 Druhý návrh

Druhý návrh pracující s prostorem horní poloviny haly (viz Obr. 22) je nakonec jediný prostor, který může být využit pro výrobu tohoto projektu. Na začátku prostoru, nejdále od expedičního úseku, jsou stále stroje pro broušení a strip. V dalším kroku pak ATL stroje, které tentokrát v návrhu figurují těsně vedle sebe. Dále následuje zapékací pec na stejné úrovni se strojem pro značení a dále v procesu je prostor pro ohýbací CNC stroje. Ve větších volných prostorách se počítá se skladovacími regály a stojany. Navážení materiálu je možné z prostřední manipulační uličky haly, expediční obaly je možno navážet z prostoru skladu, který plynule navazuje na sklad expediční. Kompletační stoly navazují plynule na prostor s ohyby a vyrobené svazky jsou ihned umísťovány do beden, které vysokozdvíhné vozíky mohou bezpečně odvážet. Prostor pro výstupní kontrolu zatím není vyhrazený.



Obrázek 22 - Schéma rozmístění strojů na horní polovině přední části haly

Zdroj: (2)

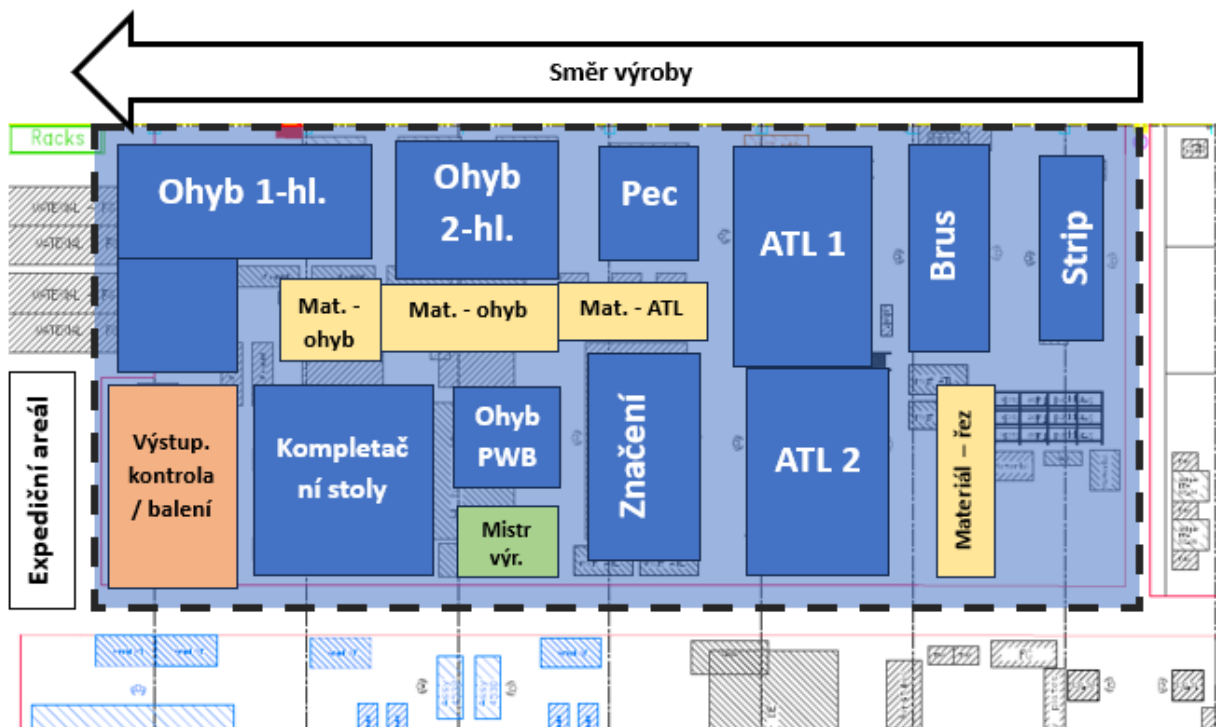
2.4 Transformace prostoru – současnost

Po specifikaci požadavků a vytvoření návrhu se začalo s přesunem velkých strojů. Vzhledem k reklamacím, které byly na tomto projektu zaznamenány, je potřeba doplnit

do návrhu prostor pro 100% kontrolu, tzn. dostatek místa pro stojany se svazky, stůl se štítky, které tuto kontrolu potvrzují, a v nejlepším případě i dostatek světla.

2.4.1 Detailní návrh výrobního úseku

Autorkou práce byl zhotoven detailní návrh prostoru, který je Obr. 23. Směr výroby – tedy postup trubek přes stroje – je zachován. Jednoznačně je vymezen prostor pro skladování trubek pro všechny výrobní kroky. Upraven je prostor s ohýbacími stroji. Dále je úsek doplněn o chybějící jednohlavé CNC, které je odebráno ze vzdálené zadní části haly. Všechny jednohlavé stroje mají přístup pouze z jedné strany. Tím je pak manipulace s materiálem jednodušší a není zapotřebí tolik prostoru kolem samotného stroje.



Obrázek 23 - Detailní návrh prostoru výroby daného projektu

Zdroj: (2)

Stejně tak je to i s ohybem na Powerbenderu. Navíc tento ohyb je zastupitelný právě dvouhlavým na strojním ohybu. Je tedy možné jeden PWB přístroj odstranit, čehož návrh využívá, a prostor využít pro uskladnění materiálu.

Dvouhlavý ohyb musí ale mít přístup ze dvou protilehlých stran. U pece je to stejné, ale její umístění je v tento moment neměnné, a tím je tak jasný jeden ze dvou potřebných přístupů.

Prostor s kompletačními stoly je pouze naznačen, grafické znázornění je vysvětleno v další kapitole této práce.

Vzhledem k nevelkému, ale volnému prostoru, který ještě zbývá, je vhodné jej využít jako pracovní místo pro vedoucí směny a také umístění výrobního terminálu s tiskárnou. Prostor lze tedy využít pro tolik potřebné a důležité reportování problémů z jednotlivých směn či vyrobených kusů vedoucího výroby managementu se stolem a počítač, případně pro skříň s dokumentací, která se vztahuje na celé pracoviště tohoto projektu a je důležitá pro každý proces výroby.

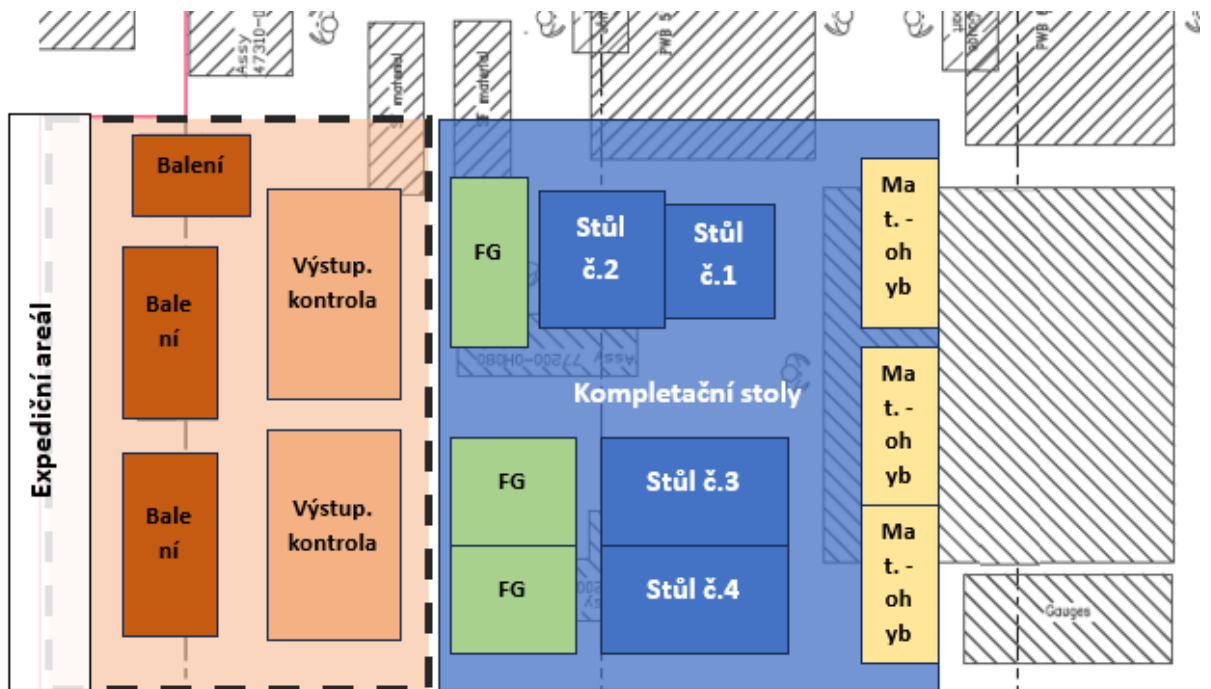
Změny, které tato práce navrhuje, jsou zatím ve fázi diskuse s ostatními odděleními ve firmě.

2.4.2 Kompletační stoly

Prostor s kompletačními stoly musí být důkladně využit. Potřeba je umístit čtyři kompletační stoly se zásobníky na materiál. Stoly mají přístup pouze z jedné, a to přední strany, a aby byla práce efektivní, zásobník na materiál musí být v těsném dosahu. U stolu se nachází pouze zásobníky na pár kusů komponent, ale i trubek. Toto řešení tedy vyžaduje regál s větší kapacitou.

Na úseku 100% kontroly musí být prostor pro prázdné obaly, do kterých dělník na této pozici umístí zkontrolované díly, na kterých není shledána žádná vada. Tento prostor musí být průchozí. Na kontrolní úsek musí být umožněn přístup stojanům se zkompletovanými svazky, a naopak přístup z druhé strany musí být i pro vysokozdvížnou techniku, která přiváží prázdné a odváží plné obaly do skladu.

Výše popsaným skutečnostem vyhovuje návrh na Obr. 24.



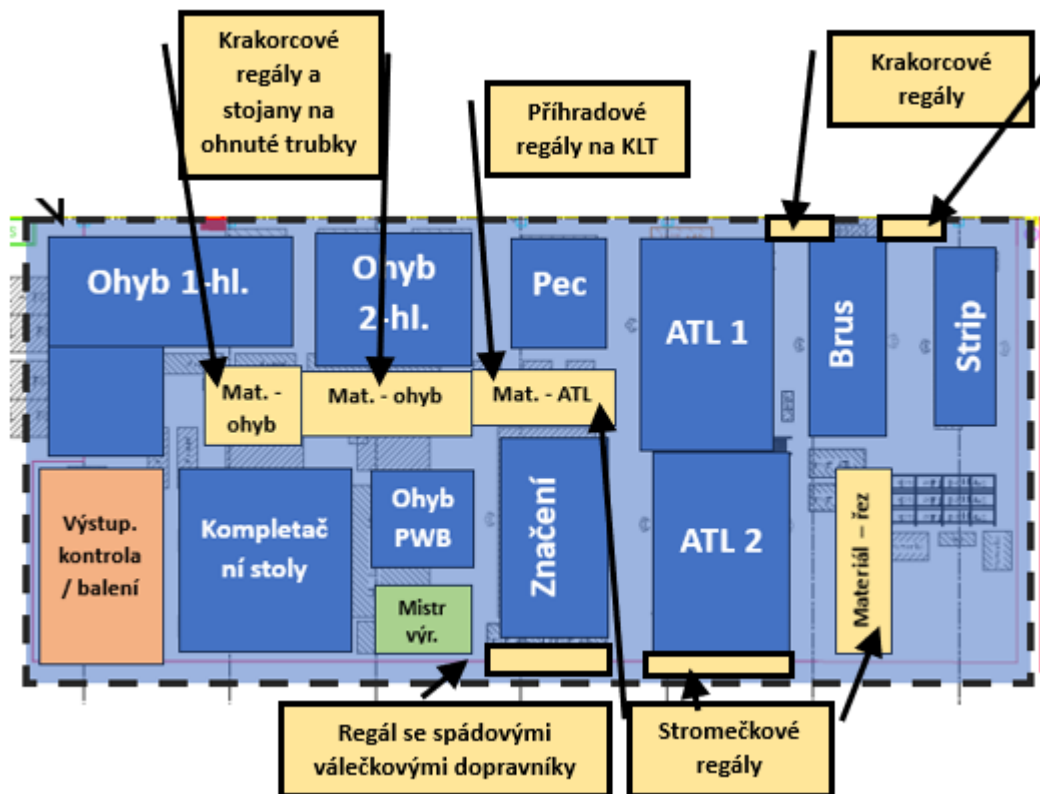
Obrázek 24 - Schéma prostoru s kompletačními stoly a 100% kontrolou

Zdroj: (2)

2.4.3 Návrh konstrukce stojanů do výroby

Vzhledem k maximálnímu využití prostoru ve výrobě je tak vhodné pracovat na návrhu skladovací technologie (viz Obr. 25). Protože materiál, který je k výrobě dílů využíván, je z většiny kov, je potřeba, aby veškeré skladovací regály nebo stojany byly pevné, odolné a měly velkou nosnost. Tedy nejlepší volba materiálu je také kov. Nevyhnutelná, právě z důvodu použitého kovového materiálu na stojany, je také potřeba využít ochranné prvky z důvodu možného poškození povrchu trubek.

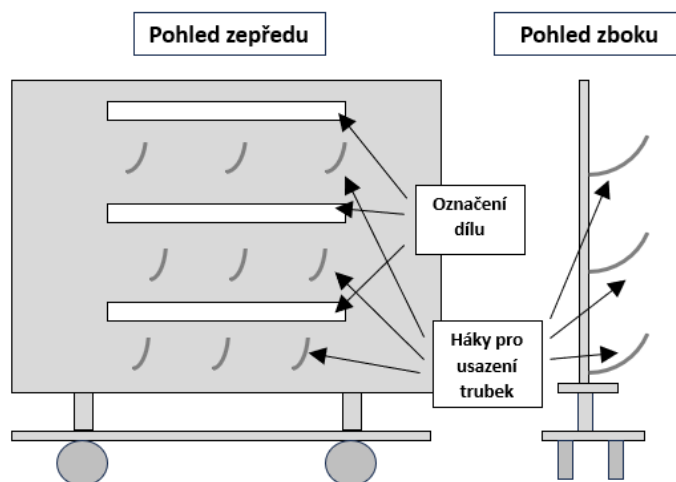
Rozpracovaný materiál je možné umístit do několika druhů regálů. Pro krátké rovné trubky je vhodné KLT středního rozměru 60x40x30 cm, do kterého se vejde až 1000 kusů krátkých trubek délky do 600 mm. Využití tohoto skladování je hlavně pro krátké rovné singl trubky před ohybem – tedy po řezu, brusu, pertlu, značení. Navíc pro skladování KLT boxů menších rozměru je vhodné využít regál se spádovými válečkovými dopravníky, který ušetří místo v prostoru a zároveň je díky němu pohodlnější manipulace s boxy při přípravě materiálu pro expedici. Pro delší rovné trubky je vhodné použít jiný druh regálů – např. v prostoru mezi stroji se dobře umístí stromečkové a u stěny krakorcové regály.



Obrázek 25 - Schéma navrhovaného rozložení strojů s detaily o typech skladovacích regálů

Zdroj: (2)

Pro ohnuté trubky se výborně hodí regály krakorcového typu, a to navíc se stěnou, která je vhodná pro označení trubky, a s vyčnívajícími háky, kde je možné trubky zavěsit (náčrtek na Obr.26). Postavení držáků pro díly je možné různě uzpůsobit např. k manipulaci nebo k dobré čitelnosti štítku a identifikaci dílu nebo je možné na stojanu umístit více různých dílů a nakombinovat držáky tak, aby tvary mezi sebe zapadly.



Obrázek 26 - Hrubý náčrtek skladovacího regálu krakorcového typu

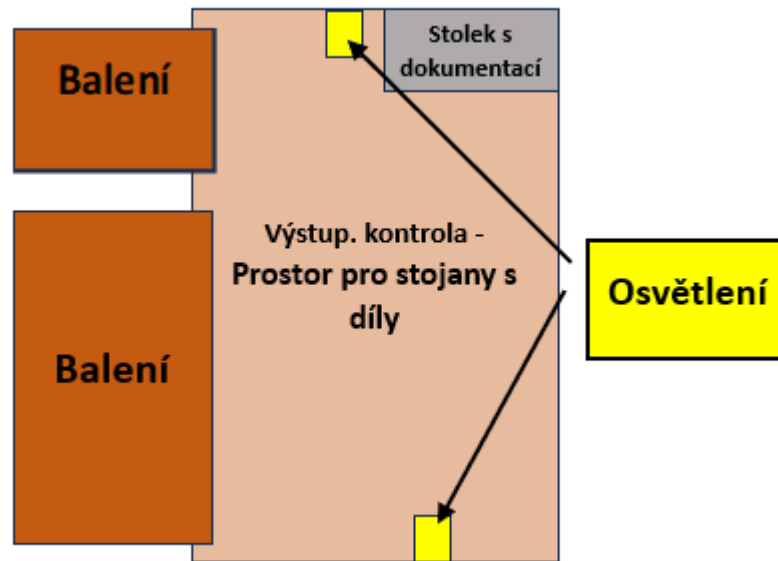
Zdroj: (2)

2.4.4 Prostor 100% kontroly

Jak autorka ve své práci uvádí, bohužel v tomto projektu se v nedávné době zaznamenalo několik reklamací. Proto oddělení kvality navrhlo a schválilo prostor pro 100% kontrolu, což (jak bylo v práci zmíněno) znamená vizuální kontrolu všech komponent a kontrolního značení.

K bezchybnému provedení takovéto kontroly je třeba maximálně uzpůsobit pracovní prostředí. Je potřeba prostor pro dokumentaci, která tuto detailní kontrolu předepisuje a popisuje. Dále se musí stanovit prostor pro umístění plného stojanu s díly, označit místo pro prázdné bedny, do kterých se zkontrolované díly umístí, a hlavně je třeba tento prostor dostatečně osvětlit. K tomu by mohla sloužit stojná lampa s vhodnou svítivostí žárovky a flexibilním ramenem na obou stranách prostoru kontroly.

Pro tuto kontrolu, vzhledem k četným reklamacím, nakonec byla najata speciální agentura, jejíž personál je kvalitně vyškolen podle detailních kontrolních instrukcí s vizualizací problémů, které byly za tímto účelem vytvořeny oddělením kvality. Tito kontroloři všechny svazky podrobně prohlédnou a do evidenčního formuláře zaznamenají počet správně vyrobených kusů a počet nalezených chyb. Pracoviště je tedy nutné osadit také stolem a skříňkou, kde budou instrukce a případně i vyplněné evidenční archy uskladněny.



Obrázek 27 - Náčrtek využití prostoru výstupní kontroly

Zdroj: (2)

3 Zhodnocení a výsledky

V závěrečné kapitole práce shrne dosavadní analýzu ve výrobním prostředí dané firmy a zhodnotí uvedené návrhy pro nové rozmístění strojů.

3.1 Zhodnocení

Hlavním námětem práce bylo navrhnout nový layout na části výroby ve vybrané firmě.

V první části práce byl popsán proces a základní struktura výroby krok po kroku v daném projektu. Následovaly stručné informace o pomocných nástrojích – regálech, systému aj., které jsou v daném úseku výroby využity. Dle základních požadavků na výrobu a odborných publikací autorka dále navrhla rozmístění strojů a v některých částech i vylepšení některých nástrojů.

Druhá část práce byla zahájena stručnou teoretickou částí, v níž bylo popsáno několik faktů ohledně tvoření layoutů ve výrobních firmách. Na základě těchto poznatků byla zvolena metoda pro zpracování a návrh nového rozmístění strojů. V další části kapitoly byly popsány návrhy a z nich vybrán jeden, který je z pohledu autorky i vedení firmy nejlépe realizovatelný. Dále práce popisuje postup změn a zhodnocuje aktuální situaci. Hlavní změna, a to přestěhování klíčových strojů do jednoho společného úseku se již realizovala, a to má pozitivní dopad na tok materiálu i proces výroby. Spokojení jsou i dělníci, protože vše je nyní na jednom uceleném prostoru, kde může být jeden vedoucí úseku bez potřeby přebíhat komunikační cestu. Další sdružení menších strojů a změna rozmístění jednoduchých a malých přístrojů nenáročných na prostor je zatím ve stavu návrhu vedení a autorka je společně s náčrtky popisuje v práci. Zmíněny jsou i další drobné změny v rámci pracovního prostředí, které autorka navrhuje zlepšit. I ty práce popisuje a je vyhotoven hrubý náčrtek.

S ohledem na dřívější fungování výrobního procesu na tomto úseku je zefektivnění žádoucí, a proto tato práce byla předána vedení jako podnět ke zpracování a případnému zlepšení pracovního prostředí a jeho podmínek.

3.2 Výsledky

Část změn navrhovaných prací se již realizovala, může práce ohodnotit již popsané návrhy jako uskutečnitelné a žádoucí. Soustředění klíčových strojů do jednoho prostoru zlepšilo komunikaci mezi jednotlivými pracovišti a zefektivnilo výkon výroby, protože nyní není potřeba složitě manipulovat s rozpracovanou výrobou mezi jednotlivými pracovišti. Vedoucí úseku má výborný dohled na všechna pracoviště tohoto úseku a v případě potřeby může kdykoliv zasáhnout v případě kontroly dělníka u stroje nebo pomoci při poruše či přestavbě na ohýbacích a jiných strojích. Dalším přínosem je i lepší ergonomie na pracovišti – dělníci ale i mistr úseku už se nemusí namáhat manipulací s díly ve vzdálenějších částech výroby a hledat případné pohyblivé vozíky či stojany. Tento převoz rozpracované části výroby mezi jednotlivými úseky zcela vymizel.

Negativní dopad tyto změny mají bohužel na oddělení údržby. Ve vybrané firmě je několik údržbářů, kteří mají na starost přestavby v daných úsecích výroby. Přesunem těchto klíčových strojů se změnilo uskupení strojů v jednotlivých úsecích a někteří směnový seřizovači-údržbáři musí projít školením ohledně opravy a přestaveb mezi díly na některých strojích.

V dlouhodobějším sledování se v důsledku změny produktivity úseku neboli výkon vyrobených kusů pro expedici vzrostl o 3 % (9), a to je v porovnání se zbylou částí haly, kde probíhá výroba, úspěch.

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na návrh změny layoutu v části výroby vybrané firmy, která se zabývá výrobou palivového a brzdového vedení pro automobilový průmysl.

Práce hned na začátku představuje proces výroby a jeho jednotlivé kroky, které je potřeba absolvovat pro získání kompletně vyrobeného dílu. Je zde také zmíněna i manipulace a způsob, jakým probíhá expedice kompletního balení k zákazníkovi.

Na základě detailního seznámení s výrobními postupy byly stanoveny základní požadavky na prostor a ergonomii pracovního prostředí a byly vytvořeny návrhy pro rozmístění strojů v daném prostoru. V práci jsou tyto návrhy doplněné o schématické náčrtky, které dodají představu o případné budoucí podobě prostoru. Práce také navrhuje vylepšit některá zařízení, která by napomohla zefektivnění procesu výroby.

Změny layoutu, kterými se tato práce zabývá, již probíhá. Do jednoho úseku výroby byly přestěhovány velké a klíčové stroje pro daný výrobní proces. Tato nemalá změna je již podnětem ke zkoumání vlivu této změny na zvoleném úseku výroby. Na základě interních firemních analýz výrobních dat a reportů ve společnosti může autorka považovat tyto změny za pozitivní. Přesun strojů ovlivnil produktivitu výrobního úseku – po zásahu do layoutu na pracovišti vzrostl výkon na pracovišti o 3 %.

Vybraná společnost má tyto návrhy k dispozici a analyzuje možnou implementaci také u dosud nerealizovaných návrhů. Už nyní je ale z výsledků vidět, že změny v tomto úseku mají pozitivní vliv na výkon výroby i celkový vzhled pracoviště.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) *Průmysl dnes*. [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.prumysldnes.cz/>. [cit. 2024-05-05].
- (2) VINŠOVÁ, Michaela (autorka práce). Náčrtek v programu Microsoft 365 Word. 2024
- (3) Archiv dat vybrané firmy. [online]. 2024. Dostupné ze systémových reportů vybrané firmy.
- (4) LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. Druhé doplněné vydání. Praha: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2016. ISBN 978-80-7431-163-5.
- (5) VINŠOVÁ, Michaela (autorka práce). Fotografie. 2024
- (6) *Lean Six Sigma*. [online]. 2024. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/poka-yoke-vizualizace/>. [cit. 2024-05-04].
- (7) GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Vydání: první. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- (8) SCHULTE, Christof. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-87-2
- (9) JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. Část 2*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-3134-2
- (10) JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. Část 1*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-3066-4
- (11) JUROVÁ, Marie. *Organizace přípravy výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-3946-7