

# **Analýza výroby nerezové termoláhve**

Bc. David Šmerda

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. David Šmerda</b>
Osobní číslo:	<b>T21714</b>
Studijní program:	<b>N3909 Procesní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Výrobní inženýrství</b>
Forma studia:	<b>Kombinovaná</b>
Téma práce:	<b>Analýza výroby nerezové termoláhve</b>

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Provedte analýzu výrobních technologií termoláhve
3. Zvolte výrobní technologii termoláhve
4. Provedte finanční analýzu

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

CHROMJAKOVÁ, Felicit a Rastislav RAJNOHA. Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra. Žilina: GEORG, 2011, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0

SINGH, Harjinder. Fundamentals of hydroforming. Dearborn, Mich.: Society of Manufacturing Engineers, c2003, 1 online zdroj (xv, 219 p.). ISBN 9781613449615

PLESKOT, Alois. Základy automatizace. Praha: Informatorium, 2019, 174 s. ISBN 9788073331368

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Řezníček, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2023**  
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne: 12. 5. 2023

Jméno a příjmení studenta: David Šmerda

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tématem diplomové práce je analýza výroby nerezové termoláhve, kdy je práce složena z teoretické a praktické části. Obsahem teoretické části je literární studie, která pojednává o výrobě, jejích procesech a další sounáležitosti spojené s výrobou. Nezbytnou součástí teoretické části jsou technologické procesy, na které navazuje část praktická. Praktická část je zaměřena na analýzu výrobních technologií. Na základě zvolených technologií je navržen vhodný výrobní proces termoláhve, u jednotlivých technologií jsou specifikovány zvolená strojní zařízení. Na závěr práce je provedeno ekonomické zhodnocení výroby termoláhve.

Klíčová slova: termoláhev, výroba, tváření, svařování

## **ABSTRACT**

The topic of the thesis is the analysis of the production of stainless steel thermowells, where the thesis consists of theoretical and practical parts. The content of the theoretical part is a literature study that discusses the production, its processes and other related matters. The technological processes are an essential part of the theoretical part, which is followed by the practical part. The practical part focuses on the analysis of manufacturing technologies. On the basis of the selected technologies, a suitable thermopile production process is designed, and the selected machinery is specified for each technology. At the end of the thesis, an economic evaluation of the thermopile production is carried out.

Keywords: thermobottle, production, forming, welding

Rád bych vyjádřil poděkování vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Martinu Řezníčkovi, Ph. D., za ochotu, vstřícnost, strávený čas, poznatky a rady spojené se zpracováním diplomové práce. Dále děkuji přítelkyni, rodině a přátelům za motivaci ve studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VÝROBA</b> .....	<b>12</b>
1.1 VÝROBNÍ PROCESY .....	12
1.2 DĚLENÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ .....	13
1.2.1 Výrobní procesy podle míry plynulosti technologického procesu.....	13
1.2.2 Výrobní procesy podle typu výroby.....	13
1.2.3 Výrobní proces z hlediska odběru produkce.....	14
1.3 STRUKTURA VÝROBNÍCH PROCESŮ .....	15
1.3.1 Věcná struktura výrobního procesu .....	15
1.3.2 Časová struktura výrobního procesu.....	16
1.3.3 Prostorová struktura výrobního procesu .....	16
1.4 KAIZEN .....	17
1.5 ÚDRŽBA .....	17
1.6 AUTOMATIZAČNÍ SYSTÉMY A ŘÍZENÍ.....	19
<b>2 LOGISTIKA A SKLADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ</b> .....	<b>20</b>
2.1 SKLADY A JEJICH DĚLENÍ.....	20
2.2 SKLADOVACÍ SYSTÉMY A PROCESY .....	21
2.3 NAVRHOVÁNÍ SKLADŮ .....	22
2.4 VYBAVENÍ SKLADŮ .....	22
<b>3 TVÁŘENÍ</b> .....	<b>23</b>
3.1 DĚLENÍ TVÁŘECÍCH PROCESŮ .....	23
3.1.1 Tvářecí procesy podle teploty .....	23
3.1.2 Tvářecí procesy podle tepelného efektu.....	25
3.1.3 Tvářecí procesy podle stupně deformace .....	25
3.1.4 Tvářecí procesy podle působení vnějších sil.....	25
3.2 VLASTNOSTI KOVŮ OVLIVŇOVANÉ TVÁŘECÍMI PROCESY .....	26
3.3 HYDROFORMING .....	27
<b>4 SPOJE ROZEBÍRATELNÉ A NEROZEBÍRATELNÉ</b> .....	<b>29</b>
4.1 ROZEBÍRATELNÉ SPOJE.....	29
4.1.1 Šroubové spoje .....	29
4.1.2 Kolíkové spoje .....	30
4.1.3 Čepové spoje .....	31
4.2 NEROZEBÍRATELNÉ SPOJE .....	32
4.2.1 Svarové spoje .....	33
4.2.2 Nýtové spoje.....	33
4.2.3 Tlakové spoje .....	34

4.2.4	Pájené spoje.....	35
4.2.5	Lepené spoje.....	37
<b>5</b>	<b>SVAŘOVÁNÍ.....</b>	<b>38</b>
5.1	VÝHODY A NEVÝHODY SVAŘOVÁNÍ .....	38
5.2	DRUHY SVARŮ .....	38
5.3	SVAŘITELNOST .....	39
5.4	VADY SVARŮ.....	40
5.5	DRUHY SVAŘOVÁNÍ.....	41
5.5.1	Svařování plamenem .....	42
5.5.2	Svařování elektrickým obloukem .....	42
5.5.3	Odporové svařování .....	43
5.5.4	Svařování pod tavidlem.....	44
5.5.5	Svařování laserem .....	44
5.5.6	Indukční svařování .....	44
5.5.7	Svařování třením .....	45
5.5.8	Svařování ultrazvukem.....	45
5.6	BEZPEČNOST PŘI SVAŘOVÁNÍ .....	45
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>47</b>
<b>7</b>	<b>NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TERMOLÁHVÍ .....</b>	<b>48</b>
7.1	VÝPOČET KAPACITY VÝROBNÍ LINKY .....	48
7.2	POPIS TERMOLÁHVE .....	49
7.3	SCHÉMA VÝROBNÍHO PROCESU .....	50
7.4	VÝROBA VNITŘNÍHO DNA, VNĚJŠÍHO DNA A KRYTKY TERMOLÁHVE.....	51
7.5	VÝROBA VNITŘNÍHO A VNĚJŠÍHO PLÁŠTĚ TERMOLÁHVE.....	52
7.6	SVAŘOVÁNÍ TERMOLÁHVE .....	54
7.7	TVORBA VAKUA V TERMOLÁHVI .....	55
7.8	ČIŠTĚNÍ TERMOLÁHVE A OBNOVA OCHRANNÉ PASIVAČNÍ VRSTVY NA POVRCHU NEREZU .....	56
7.9	LEŠTĚNÍ A BROUŠENÍ TERMOLÁHVE .....	56
7.10	LAKOVÁNÍ PRÁŠKOVOU BARVOU .....	57
<b>8</b>	<b>KONCEPT VÝROBNÍ LINKY .....</b>	<b>58</b>
8.1	LISOVNA A VÁLCOVACÍ LINKA .....	58
8.2	MEZISKLAD A DĚLENÍ TRUBEK .....	61
8.3	HYDROFORMING A PŘÍPRAVNÉ PROCESY .....	62
8.4	TVÁŘENÍ HRDLA VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ NÁDOBY .....	64
8.5	ČIŠTĚNÍ PO TVÁŘECÍCH OPERACÍCH .....	67
8.6	SVAŘOVNA.....	68



8.7	VYTVOŘENÍ VAKUA V TERMOLÁHVI.....	71
8.8	KONTROLA VAKUA A ELEKTROLYTICKÉ ČIŠTĚNÍ LÁHVE .....	72
8.9	DOKONČOVACÍ OPERACE A ZÁVĚREČNÉ TESTY .....	73
<b>9</b>	<b>STROJNÍ, PROVOZNÍ PARAMETRY A SKLADOVÉ ZÁSoby</b> .....	<b>77</b>
9.1	STROJNÍ PARAMETRY .....	77
9.1.1	Strojní park lisovny a válcovací linky .....	77
9.1.2	Strojní park meziskladu a dělení trubek .....	83
9.1.3	Strojní park hydroformingu a přípravných procesů .....	84
9.1.4	Strojní park tváření hrdla vnitřní a vnější nádoby .....	86
9.1.5	Strojní park u čištění po tvářecích operacích .....	87
9.1.6	Strojní park svařovny .....	87
9.1.7	Strojní park pro tvorbu vakua .....	88
9.1.8	Strojní park u kontroly vakua a elektrolytického čištění .....	89
9.1.9	Strojní park dokončovacích operací a závěrečných testů .....	89
9.2	PROVOZNÍ PARAMETRY .....	90
9.3	SKLADOVÉ ZÁSoby .....	90
<b>10</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY</b> .....	<b>91</b>
10.1	CENA MATERIÁLU NA 1 KUS TERMOLÁHVE .....	91
10.2	CENA MZDY NA 1 KUS TERMOLÁHVE.....	92
10.3	CENA ELEKTRICKÉ ENERGIE NA 1 KUS TERMOLÁHVE .....	93
10.4	CENA ODPISU LINKY NA 1 KUS TERMOLÁHVE .....	93
10.5	CENA ÚDRŽBY A SERVISU NA 1 KUS TERMOLÁHVE .....	93
10.6	CENA TERMOLÁHVE .....	93
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>95</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>96</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>100</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>103</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>105</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>106</b>
	<b>PŘÍLOHA P I: VÝKRES SESTAVY TERMOLÁHVE</b> .....	<b>107</b>
	<b>PŘÍLOHA P II VÝKRES VNĚJŠÍHO PLÁŠTĚ TERMOLÁHVE</b> .....	<b>108</b>
	<b>PŘÍLOHA P III VÝKRES VNITŘNÍHO PLÁŠTĚ TERMOLÁHVE</b> .....	<b>109</b>
	<b>PŘÍLOHA P IV VÝKRES VNĚJŠÍHO DNA TERMOLÁHVE</b> .....	<b>110</b>
	<b>PŘÍLOHA P V VÝKRES VNITŘNÍHO DNA TERMOLÁHVE</b> .....	<b>111</b>
	<b>PŘÍLOHA P VI VÝKRES KRYTKY TERMOLÁHVE</b> .....	<b>112</b>

## ÚVOD

Výroba je proces přeměny surovin nebo dílů na hotové výrobky pomocí nástrojů, lidské práce, strojů a chemického zpracování. Většina výrobků byla před průmyslovou revolucí ručně vyráběna za použití lidské práce a základních nástrojů. Průmyslová revoluce vedla k hromadné výrobě, výrobě montážních linek a použití mechanizace k výrobě většího množství zboží za nižší náklady. Začátek 21. století byl ovlivňován cenovou konkurencí s východními zeměmi, kam se předalo výrobní know-how pro posílení výrobní produkce. V průběhu let se situace změnila a vlivem rozdílných cen za práci a další vstupní suroviny byla samotná výroba přesunuta na východ a v mateřské společnosti se firmy zaměřovali pouze na vývoj a prototypování. Nyní se ovšem situace mění, i na východě roste cena práce a dochází i ke zdražování dopravy, ceny značně ovlivňují produkty a mimo to jsou nejjisté dodací termíny. Proto firmy ve značné míře využívají automatizace, díky které jsou schopny převádět výrobu zpět do Evropy. Automatizace umožňuje cenovou konkurenceschopnost a lepší flexibilitu v dodacích termínech.

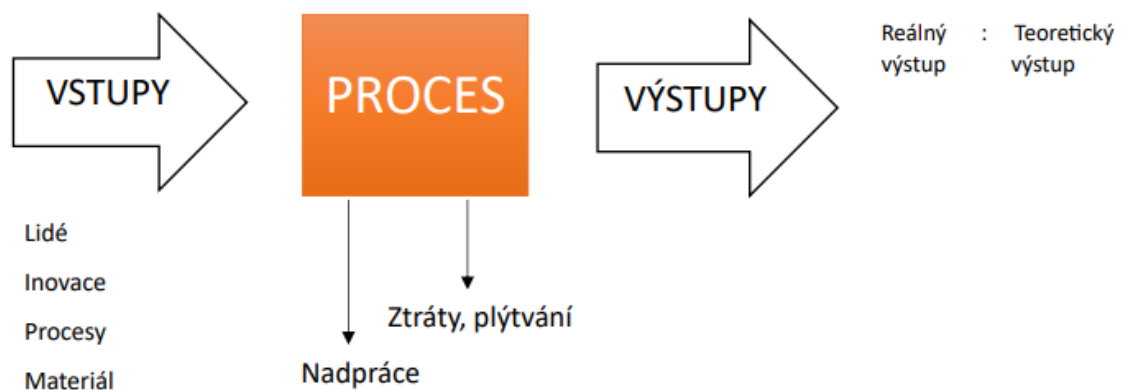
Automatizace popisuje širokou škálu technologií, které omezují zásahy člověka do procesů, a to prostřednictvím předurčení rozhodovacích kritérií, vztahů mezi dílčími procesy a souvisejících činností. Automatizace se dosahuje různými prostředky, včetně mechanických, hydraulických, pneumatických, elektrických, elektronických zařízení, počítačů, a to obvykle v jejich kombinaci. Složité systémy, jako jsou moderní továrny obvykle používají kombinace všech těchto technik. Přínos automatizace zahrnuje úsporu práce, snížení plýtvání, úspory v nákladech za elektřinu, úspory nákladu na materiál a zlepšení kvality, přesnosti a preciznosti.

Za pomocí těchto technologií je možné zhotovovat i termoláhve, které jsou opakovatelně použitelnými lahvemi. Přejít na termoláhve snižuje uhlíkovou stopu, protože s jednou termolahví člověk vystačí i několik let, výrazně klesne jeho spotřeba plastu a nedochází k úniku chemikálií do nápoje, protože je vyrobena z nerezové oceli. Kromě těchto aspektů zachová termoláhev teplotu svého obsahu, je tedy schopna udržet teplý čaj teplý a studený nápoj studený a její využití je celoroční.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝROBA

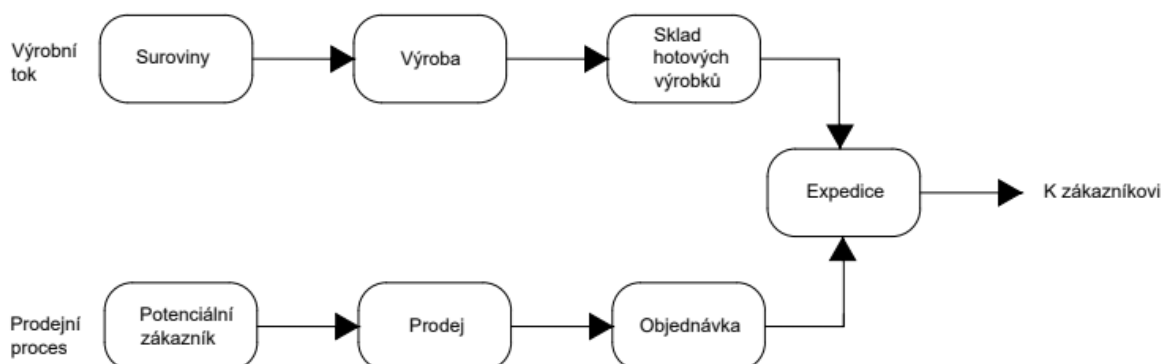
Pojem výroba pojednává o transformaci výrobních faktorů na ekonomické statky a služby, kdy potom dále prochází spotřebou. Statky, v ekonomii známé jako fyzické komodity, pojednávají o vyráběných věcech pro spotřebu nebo směnu a tyto komodity kladně přispívají k uspokojování potřeb, které vedou k ekonomickému blahobytu. Nehmotnými statky jsou někdy označovány služby. Při výrobní činnosti dochází k přeměně vstupů na výstupy viz Obr. 1. [1]



Obr. 1 Výrobní proces [2]

### 1.1 Výrobní procesy

Výrobní procesy ve strojírenství charakterizují souhrn technologických, řídicích, kontrolních a manipulačních činností. Tyto činnosti mají za úkol měnit tvar, složení, rozměry, spojení a jakost materiálů a polotovarů, ze kterých je na základě technickoekonomických zásad zhotoven vyráběný díl. Na Obr. 2 je zobrazen proces dodání hotového výrobku na základě poptávky. [3]



Obr. 2 Proces dodání hotového výrobku na základě odhadu poptávky [4]

## 1.2 Dělení výrobních procesů

Dělení jednotlivých výrobních systémů je závislé na druhu výrobku, trhu, množství výroby, charakteristiky poptávky, použitých výrobních technologií a dalších faktorů ovlivňujících výrobní proces. Na základě těchto aspektů jsou členěny podle různých hledisek. [4]

### 1.2.1 Výrobní procesy podle míry plynulosti technologického procesu

Podle míry plynulosti je výroba rozlišována na plynulou výrobu a přerušovanou výrobu.

Za plynulou výrobu jsou považovány výroby, které z technologických nebo jiných důvodů probíhají nepřetržitě, tedy 24 hodin denně, 7 dní v týdnu, celý rok. K přerušení dochází pouze v případech nečekaných oprav a jejich rozběhy jsou spojeny se značnými náklady. Nepřetržitá výroba je zavedena například při zpracování ropy v rafineriích nebo při zpracování oceli v hutích, kdy při výrobních procesech dochází k vzájemnému propojení skladovacích a meziskladovacích zařízení. Vzhledem ke všem aspektům je plynulá výroba vhodná k zavedení vysokého stupně automatizace. [1] [4]

Přerušovaná výroba je technologický proces, při kterém dochází k přerušování výroby vzhledem k nutnosti uskutečnění netechnologických procesů, mezi které se řadí doprava materiálu, upínání a vyjímání obrobku, výměny nástrojů a další. Probíhá pouze v předem stanovených časech od 6 do 22 hodin pět pracovních dnů v týdnu. Tato výroba je složitější vzhledem k různorodosti současně vyráběných dílů a výrobních úkonů a vzhledem k této situaci je uplatnění automatizace náročnější než u plynulé výroby. V souvislosti k nedostatku zaměstnanců a tlaku na nízké provozní náklady, jsou zaváděny automatizace i v těchto provozech. [1] [4]

### 1.2.2 Výrobní procesy podle typu výroby

Podle množství a počtu vyráběných výrobků rozlišujeme typy výroby (Obr. 3) na:

- kusovou (malosériovou) výrobu,
- sériovou výrobu,
- hromadnou výrobu.

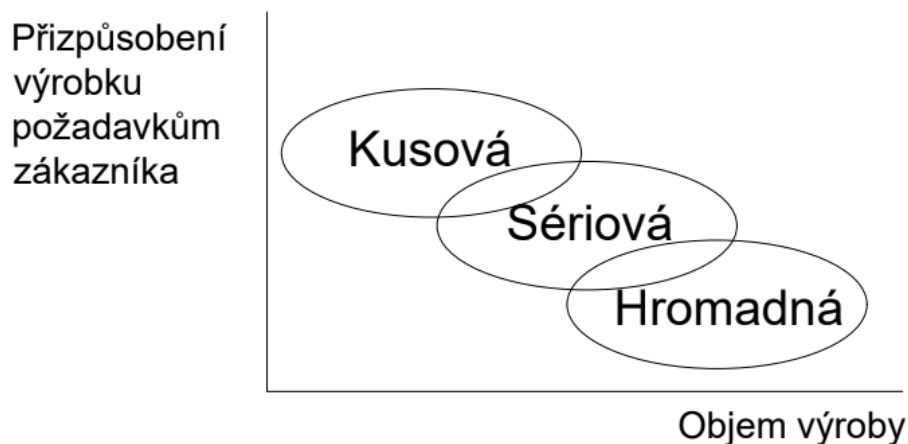
Hlavními rozdíly mezi výrobou hromadnou, sériovou a kusovou je množství vyrobených kusů výrobků, kdy dané množství úzce souvisí se strojním vybavením, uspořádáním strojů a kvalifikací pracovníků, viz. obr. 3.

Kusová výroba je zaměřena na výrobu velmi malého množství výrobků a samotná výroba probíhá na univerzálních strojích. Je vyráběno mnoho druhů výrobků a jedná se o opakovanou kusovou výrobu anebo neopakovanou kusovou výrobu. Řízení kusové výroby můžeme považovat za složitější v porovnání se sériovou a hromadnou výrobou. Pokud jsou výrobky produkovány na základě objednávek od zákazníků, tak se jedná o zakázkovou výrobu. [3] [5]

V sériové a hromadné výrobě jsou zpravidla k výrobě použity speciální stroje, které jsou začleněny do automatizované linky, která umožňuje co nejvyšší výrobní produkci.

V sériích neboli v dávkách jsou vyráběny výrobky v sériové výrobě, kdy po ukončení výroby určitého množství výrobků se přechází na výrobu jiného výrobku. Při sériové výrobě se můžeme setkat se dvěma druhy těchto výrob, a to s rytmickou sériovou výrobou a nerytmickou sériovou výrobou. Při rytmické výrobě dochází k pravidelnému opakování různých druhů výrob se stejně velkým vyrobeným množstvím a u nerytmické je tomu naopak. [3] [5]

Jeden druh výrobku ve velkém množství je vyráběn hromadnou výrobou, kdy se výrobní cyklus pravidelně opakuje a dochází k jeho stabilizaci, samozřejmě jsou jednotlivé procesy modernizovány a zdokonalovány pro co nejefektivnější výrobu.



Obr. 3 Přizpůsobení výrobku individuálním požadavkům zákazníka v jednotlivých typech výroby [5]

### 1.2.3 Výrobní proces z hlediska odběru produkce

Výrobní proces z hlediska odběru produkce se dělí na:

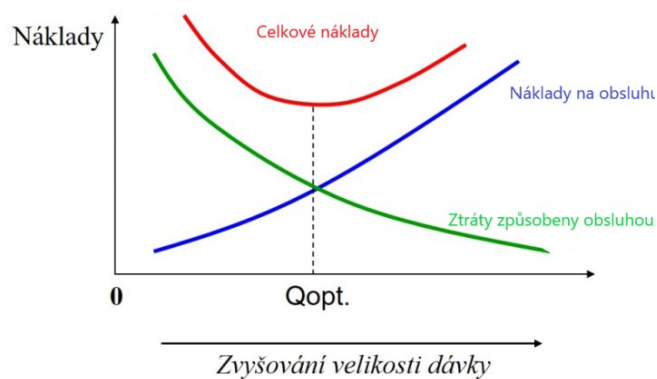
- Make to stock (výroba na sklad).
- Production to order (výroba na zakázku).

- Assembly to order (montáž na zakázku).
- Engineer to order (inženýrská práce na zakázku). [6]

### 1.3 Struktura výrobních procesů

Struktura výrobního procesu ovlivňuje vliv velikosti výrobní dávky na výrobní náklady, příkladem je Obr. 4 a pojednává o rozdělení výroby na jednotlivé úseky a části a je základním měřítkem pro dělení práce ve výrobě. Vzhledem k těmto aspektům rozlišujeme výrobu na:

- věcnou strukturu výrobního procesu,
- časovou strukturu výrobního procesu,
- prostorovou strukturu výrobního procesu. [1]



Obr. 4 Vliv velikosti výrobní dávky na výrobní náklady [7]

#### 1.3.1 Věcná struktura výrobního procesu

Věcná struktura výrobního je členěna na:

- technologické a netechnologické procesy,
- výrobní profil,
- výrobní program.

Technologické a netechnologické procesy pojednávají o způsobu, kterým vynaložená práce přispívá k přetváření vstupních surovin a materiálů ve výrobek. Procesy spojené přímo s výrobou, jako je například frézování, tepelné zpracování se řadí mezi technologické procesy. Netechnologický proces je doprava materiálu mezi jednotlivými technologickými procesy a kontrola kvality. Netechnologické procesy jsou také nazývány pomocnými či obslužnými. [1]

Výrobní profil podniku je určuje dle jeho výrobních kapacit. V technicky rozvinutých zemích se výrobci pokoušejí vyrábět dle principu make or buy, což v překladu znamená nevyráběj to, co můžeš nakoupit levněji jinde. Díky tomuto způsobu jsou minimalizovány jejich výrobní náklady a jejich výroba se stává flexibilnější se zaměřením na výrobky, kde převládá jejich know-how.

Výrobky, které podnik vyrábí a nabízí na trhu spadají pod výrobní program. Výrobní program je nutné stanovovat na základě pečlivého průzkumu trhu a požadavků zákazníků.

[1]

### 1.3.2 Časová struktura výrobního procesu

Časová struktura výrobního procesu se zabývá zejména řešením těchto aspektů řízení výroby:

- Časové uspořádání výrobního procesu.
- Výrobní a dopravní dávky.
- Průběžné doby výroby.
- Směnnosti.
- Využití výrobních kapacit.
- Prostoje pracovišť.
- Rozpracované výroby. [1]

### 1.3.3 Prostorová struktura výrobního procesu

Vzhledem k prostorovým a organizačním uspořádáním je nutné brát v potaz dva související aspekty řízení výroby, kterými jsou materiálové toky a uspořádání pracovišť.

[1]

Rozhodujícími kritérii materiálových toků jsou rychlost přepravy, vzdálenost přepravy, plynulost přepravy.

Uspořádání pracovišť:

- Fixed position,
- Process layout,
- Cell layout,



- Product layout. [1]

Tab. 1 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů uspořádání pracovišť [1]

	Fixed position	Process Layout	Cell layout	Product layout
Výhody	Velmi vysoká výrobová flexibilita Odpadá manipulace s výrobkem	Vysoká výrobová flexibilita	Rychlý průchod Dobré podmínky pro personál	Nízké jednotkové náklady Specializace zařízení a personálu Vysoká produktivita
Nevýhody	Vysoké jednotkové náklady Plánování operací může být obtížné	Nižší využití výrobních zdrojů Komplikované toky materiálu	Při změnách může být velmi nákladné Potřeba většího prostoru	Nepružnost Malá odolnost proti poruchám Neatraktivní charakter práce

## 1.4 Kaizen

Kaizen je termín, který označuje průběžné nebo neustálé zlepšování a definice slova pochází ze dvou japonských slov: „kai“ znamená změna a „zen“ znamená „dobrý“. Tuto filozofii poprvé prosadila Toyota a jedná se o štíhlou transformaci, která podporuje kulturu zlepšování, která postupně zvyšuje kvalitu, efektivitu a ziskovost.

Jedná se tedy o statickou procesní kontrolu, která zlepšuje kvalitu v každém aspektu podnikání. Zaměstnanci mohou podávat návrhy s nápady na zlepšování a tento přístup přináší kontinuální zdokonalování. Pracovníci analyzují zavedené pracovní procesy a vypracovávají možnosti zlepšení, kdy realizaci návrhů provádějí sami pracovníci. [8]

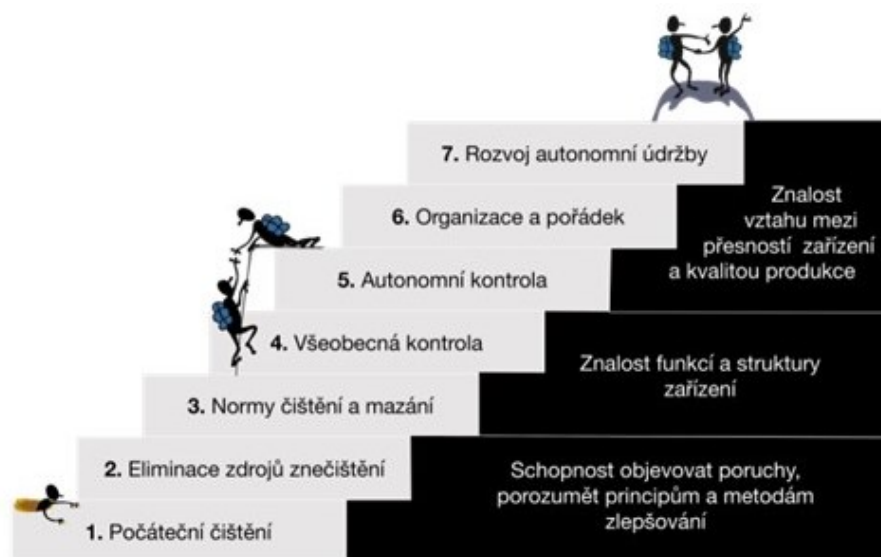
## 1.5 Údržba

V moderně řízeném podniku je údržba jedním z významných procesů, který ovlivňuje produktivitu výroby. Dále také údržba přispívá ke zvyšování přidané hodnoty hlavního procesu. Kvalitní údržba je znatelná snížením negativních důsledků poruch, optimalizací investičních nákladů, dodržováním legislativních požadavků a vytvářením konkurenčních možností. Významným prvkem podílejícím se na efektivnosti řízení celého podniku je způsob řízení údržby. [9]

Mnohdy je chápán proces údržby jako vedlejší režijní, či nákladová položka. Proto často dochází ke škrtům v rozpočtu bez zvážení možných příčin. Údržba je považována za útvar, který má za úkol udržovat stroje ve stavu odpovídajícím bezpečnostním, ekonomickým a výrobním funkcím. Pokud dojde k poruše, je zapotřebí okamžitě odstranit závadu a obnovit výrobní proces zprovozněním stroje. Moderní podnikové řízení efektivně využívá řízení zásob a řízení rizik, která se efektivně starají o hmotný majetek a díky tomu je moderně řízený podnik schopný předcházet poruchám a výpadkům výrob. [9]

Dříve byl počet pracovníků údržby tvořen 5–10 % provozních pracovníků, ale vzhledem k růstu automatizace a robotizace počet pracovníků výrazně roste a předpokladem je pokračování tohoto nárůstu a s tím souvisejí i požadavky na technické znalosti a dovednosti. [9]

System řízení, struktura, strategie, styl řízení, personál a jeho znalosti, dovednosti, kvalifikace a motivace jsou hlavními faktory úspěšné údržby v moderním podniku. [9]



Obr. 5 Znázornění metody TPM [10]

Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance – TPM) je metoda, která zajišťuje dosahování cílů, které souvisejí s efektivností zařízení, znázornění na Obr. 5. Mezi tyto cíle patří nulové neplánované prostoje, nulové vady vzniklé na strojích, nulové ztráty rychlosti strojů. Investice vložené do efektivnosti technologií by měli mít co nejkratší návratnost, to je hlavním důvodem zavádění TPM. Cílem TPM je také zavádění štíhlých výrobních systémů, bez kterých je těžké zajišťování principů totální kvality i Just-in-Time. V zásadě je TPM základním stavebním kamenem každé moderní výroby. [11]

Ke zlepšení technologických procesů se ve výroбах využívá retrofittingu. Retrofitting výrobních strojů je přidávání nové technologie a funkcí do starších strojů, kdy častými důvody je nedostatek finančních prostředků na jeho obnovu nákupem nových strojů. Výhodami retrofittingu je úspora kapitálových výdajů při využití nových technologií, optimalizace stávajících součástí závodu, adaptace závodu na nové nebo změněné produkty, zvýšení vyrobených počtů kusů, garantovaná dostupnost dílů a snížené náklady na údržbu díky vyšší spolehlivosti. [12]

## 1.6 Automatizační systémy a řízení

Automatizace je proces činnosti strojů (robotů) a slouží k náhradě fyzické a duševní práce člověka. Cílem automatizace je úplné nebo částečné nahrazení pracovníka z výrobního procesu, který je automatizován. [13]

Důvody k zavedení automatizace jsou:

- a) Vynucená automatizace – využívána k zabránění ohrožení zdraví pracovníka. Pro práci v extrémních a zdravotně ohrožujících podmínkách. \_Nahrazení člověka z důvodu chybovosti. Odstranění námahy pracovníka. \_Nahrazení z důvodu rychlosti a přesnosti. Sledování a řízení procesů (elektrárny, doly, chemičky atd.). Lepší jakost výroby, kterým je například rovnoměrné lakování. V prostorách, kde není možná lidská přítomnost (vesmírné sondy).
- b) Zavedená automatizace z ekonomického hlediska – Snížení režijních a výrobních nákladů. \_Zvýšení produktivity práce a objemu výroby. \_Zkrácení průběžné doby vývoje a výroby. Pružnost při požadavcích zákazníků na změny. Vysoká kvalita výroby. [14]

Automatizace přináší do výroby mnoho výhod, které kladně ovlivňují mnohé výrobní parametry, příklad automatizace na Obr. 6. Dochází ke zkracování výrob a je možné rychle reagovat na požadavky zákazníků. Odstraněním lidského zásahu do výrobního procesu je zvyšována kvalita, přesnost a spolehlivost výroby. Snižují se výrobní náklady lepší organizací procesů, úsporami materiálů, úsporami skladovacích a výrobních ploch, odstranění drahé lidské práce, snížení dodatečných mzdových nákladů na přesčasy, svátky atd. Rychlým a přesným měřením, vyhodnocováním zjištěných hodnot a provedením potřebného zásahu je možné optimalizovat výrobní náklady. Vizualizace umožňuje předávání informací o stavu a průběhu celého výrobního procesu. [13]

## 2 LOGISTIKA A SKLADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Logistika se zabývá plánováním, řízením a kontrolou všech pohybových a skladovacích pochodů, kterými jsou materiály, zboží a služby spojené s cestou od výrobce. V logistice je důležité, aby dané procesy proběhly ve správný čas a požadované produkty se dostali na správné místo. Logistika je rozsáhlým oborem zahrnující výrobní podniky, prodejce i státní správu. [16]

Účelem logistiky je přesun materiálů, informací nebo lidí z bodu A do bodu B v určitém čase. Jejím cílem je převod nejefektivnějším a nejrychlejším způsobem využívající dostupných a finančních zdrojů. [16]

Skladové hospodářství je zodpovědné za uskladnění materiálu, jeho přípravu a vyskladnění pro daný výrobní proces, dále skladové hospodářství zajišťuje uskladňování a odesílání hotových výrobků. Tyto činnosti neovlivňují množství ani jakost a materiál ani výrobky nenabývají vyšších hodnot. Skladování vyvolává značné náklady, které se projevují v ceně výrobku a v případě potřeby je nutné snižovat náklady na skladování vyšší produktivitou práce, rychlostí obratu a snížením zásob na optimální váhu. [6]

### 2.1 Sklady a jejich dělení

Sklady jsou nezbytným prvkem každého řetězce v logistice a skladování slouží k udržení plynulého materiálového toku napříč logistickým řetězcem. Sklady se používají k uložení zásob materiálu, který jde do výroby a ve výrobě slouží sklady k uložení nedokončených výrobků, malého spotřebního materiálu a pracovních nástrojů. Při distribuci se sklady využívají jako zásobníky, ve kterých jsou uloženy hotové výrobky, odkud jsou expedovány přes distribuční centra a obchodní řetězce ke konečnému zákazníkovi. [17]

Základní funkcí skladování je časové a kvantitativní vyrovnávání nerovnoměrnosti materiálových toků a ve výrobě to znamená zajištění plynulého přísunu materiálu do výrobního procesu a vhodné uskladnění výrobků před expedicí, pokud je rozdílný materiálový tok mezi výrobou a poptávkou. [17]

Funkcí skladů nemusí být jen utváření zásob, ale mohou plnit i několik dalších funkcí, kterými jsou:

- Pojistná funkce – vyplývá z předvídatelných a nepředvídatelných rizik zásobování a samotného odbytu materiálu.

- Vyrovňovací funkce – má využití v případech odlišného materiálového toku z hlediska kvantity nebo časové rozdílnosti.
- Kompletační funkce – je vztahována na tvorbu dílů dle požadavků zákazníka.
- Spekulační funkce – funkce související s cenovým vývojem při zásobování.
- Technologické funkce – spojenou s kvalitativními změnami skladovaných materiálů a souvisejícím výrobním procesem. [18]

Sklady je možné použít mimo neproduktivní utváření zásob i na:

- Podporu výroby – v tomto případě sklad zabezpečuje funkci výrobní činnosti podniku a to tím, že podnik odebírá od více dodavatelů na sklad a ve skladu jsou připraveny vhodně pro výrobu, která se zpravidla nachází v blízkosti skladu.
- Kombinaci výrobků – funkce spočívá v kombinaci různých výrobků různých výrobců, které jsou dodávány jednomu zákazníkovi nebo v kombinaci většího množství malých výrobků z různých výrobních podniků, které jsou dodávány různým zákazníkům. Při tomto procesu jsou výrobky převáženy do centrálního skladu a odtud vyskladňovány.
- Rozdělování výrobků – velké zásilky se stejným zbožím jsou rozdělovány na menší dle potřeb zákazníka na základě odvolávky nebo objednávky a následně jsou objednávky expedovány.
- Sdružování zásilek – sdružují se zásilky jednoho druhu výrobků od různých výrobců do jedné velké zásilky, rozdílem oproti kombinační funkci je požadovaná část produkce od každého zákazníka. [18]

## 2.2 Skladovací systémy a procesy

Dle způsobu skladování a potřebného skladovacího zařízení jsou různé druhy skladování. Vhodné skladování závisí na mnoha faktorech, kterými je skladovaný materiál, přepravní prostředky, délka skladování. Obecně systémy skladování dělíme na technické systémy a technologické systémy. [18]

Technické systémy skladování – Skladování může být statické nebo dynamické. Při statickém skladování je skladovaný materiál relativně v klidu vůči skladovacímu zařízení, pro statické skladování je charakteristické vytváření určitých zón, stohování manipulačních jednotek a skladování dle druhu a vlastností skladovaného materiálu. Při dynamickém

skladování dochází k pohybu skladovaného materiálu a dochází k pohybu manipulačních jednotek v pevném skladovacím zařízení, jako je tomu u spádových gravitačních regálů nebo dochází k pohybu celého skladovacího zařízení včetně skladovacích manipulačních jednotek, nacházející se u rotačních systémů skladování (založené na principu vertikálně mobilního regálu). Další systémy závisí na zavedení mechanizace skladu a mechanizovaný systém skladového hospodářství je spojen s mechanizačními zařízeními a při automatizovaném systému skladování je vhodné použití regálových zakladačů. [18]

Technologické systémy skladování – Podniky mají k dispozici řadu skladovacích alternativ a volba vhodné varianty je závislá na funkci, kterou má sklad plnit.

Skладové procesy v sobě schovávají všechny procesy, které jsou spojeny se skladovou jednotkou. Procesy začínají příjmem zboží a končí expedicí zboží ze skladu. Mezi nejrozšířenější skladové procesy patří: příjem, naskladnění, přeskladnění, objednávka, vychystání a balení, expedice, ostatní procesy (sestavování sady atd.). [18]

### **2.3 Navrhování skladů**

Systém navrhování skladů přispívá k přesnému definování vstupního toku materiálu, jeho interního pohybu, funkcí a úloh skladování, technologického postupu a navrhnutí potřebných zařízení a prostředků.

Cílem systémového navrhování je snížit celkové náklady v rámci celého logistického řetězce, snížit náklady plynoucí ze skladování a snížit dopravní náklady a základem k tomu je zajištění pravidelnosti a plynulosti vstupního materiálového toku, optimalizování velikosti skladovacích ploch, počtu zařízení a navrhnutí vhodné technologie a systému skladování. V každém návrhu je nutno v rámci logistického řetězce vyloučit zpětné jízdy a křížování dopravních tras, zkrátit přepravní vzdálenosti a vytvořit skladovou síť. [18]

### **2.4 Vybavení skladů**

Ve skladech se pracuje s určitým vybavením a výběr tohoto vybavení závisí na charakteru skladovaných položek s kterými se manipuluje. Vybavení skladů obsahuje několik zařízení, která slouží k přesunu zboží z místa na místo a které se používají pro uskladnění výrobků. K přesunu zboží se používají manipulační zařízení typu vysokozdvíhových vozíků nebo jeřábů a zboží je uskladňováno v regálech a policích s blíže danými specifikacemi. [19]

### 3 TVÁŘENÍ

Tváření je nedestruktivním technologickým procesem zpracování materiálů, u kterých dochází k přeměně tvaru a mechanických vlastností materiálů. Při tvářecích procesech je nutné překročení mezi pružnosti, ovšem mez pevnosti musí být zachována a nesmí být překročena. [20]

Základem tváření jsou velké tvářecí deformace, při kterých se trvale mění tvar tělesa, rozměry i vlastnosti tělesa. K přeměnám dochází vnějšími silovými nebo energetickými účinky a mimo tvarových změn může docházet i k fyzikálním a chemickým dějům v deformovaném objemu součástí. Vlivem tváření musí kovy snášet velké plastické deformace bez porušení soudržnosti, plynoucí z jejich krystalického uspořádání. Ke změnám tvaru dochází dislokacemi, okem nepostřehnutelnými poruchami v uspořádání kovů. Při tváření je nutné dosažení nejméně deformační síly, která je nezbytná k vyvolání plastické deformace. Schopnost tvářeného tělesa se za obecných podmínek plasticky deformovat bez porušení celistvosti materiálu nazývá tvářitelnost. Technologická tvářitelnost specifikuje určité podmínky tváření pro specifické tvářecí technologie a deformační schopnost je schopnost spojená s plastickou deformací a je vhodná do vzniku mezních podmínek porušení soudržnosti. [20]

#### 3.1 Dělení tvářecích procesů

Tvářecí procesy dělíme podle teploty, tepelného efektu, stupně dosažené deformace a podle působení vnějších sil. [21]

##### 3.1.1 Tvářecí procesy podle teploty

Změnou teploty se mění deformační odpor oceli proti tváření a s vyšší teplotou se zlepšují plastické vlastnosti kovů a jejich slitin. V podstatě se jedná o rozdělení vztahu teploty tvářeného materiálu k teplotě rekystalizace. Tvářecí procesy se podle teploty dělí na tváření za studena, tepla a polotepla, provnání vlastností Tab. 2. [21]

Tváření za studena probíhá za výrazně nižších teplot, než jsou teploty rekystalizace a zvýšená teplota materiálu je způsobena deformacemi a třením materiálu o nástroj. Při procesu tváření dochází ke zvyšování pevností a tvrdostí materiálů a úměrně k tomu se snižuje jejich plasticita a houževnatost. Dále dochází ke zvyšování vnitřních pnutí a klesání vrubové houževnatosti materiálu. Při velikosti deformace 30-40 % je dosaženo největšího vzestupu pevnosti, ale při tváření za tepla je možné dosahovat 30-50 % maximální

deformace. Tvářením za studena se dosahuje vysoké přesnosti rozměrů, kvalitních povrchů (nedochází ke vzniku okují) a zlepšování vlastností zpevněním. Nevýhodou je použití velké tvářecí síly při tváření. [21]

Tvářením za tepla probíhá nad teplotou rekystalizace, kdy působením vysoké teploty mizí zpevnění způsobené tvářením již v průběhu tváření nebo bezprostředně po něm. Tvářecí teplotou je teplota nad hodnotou 70% teploty tání daného materiálu. Tvářením se materiál nezpevňuje a tvářecí síly mohou být až desetkrát menší, než je tomu u tváření za studena. Tvářením za tepla vzniká nekvalitní povrch vlivem okujení a dochází k hrubnutí zrna, kterým jsou značně ovlivněny další technologické procesy z hlediska kvality. Při procesu dochází k odstranění trhlin, bublin. Tvářením za tepla dochází ke vzniku vláknité struktury, která kopíruje tvar výkovku a není ji možné měnit tepelným zpracováním ani tvářením a ovlivňuje mechanické vlastnosti a anizotropii dílu. [21]

	Tvářením za studena	Tvářením za tepla
Rozměry	Nejmenší tloušťka téměř neomezená	Nejmenší tloušťka omezená
Rozměrová přesnost	Vysoká	Nižší následkem rozdílného smršťování z dotvářecí teploty
Povrchová jakost	Lepší následkem rovnoměrného použití maziva	Horší následkem zkujení a omezené použitelnosti maziva.
Průřezový tvar	Jednoduché tvary	Velmi složité tvary
Struktura-zrno	Výrazně protažené	Globulární vlivem dynamických uzdravovacích procesů
Textura	Výrazně orientována	Sotva patrná
Zpevnění	Značné	Eliminováno uzdravovacími procesy
Vnitřní pnutí	Vysoké	Nízké
Strukturálně závislé vlastnosti-Rm, Re	Rm, Re značně zvýšený	Téměř nezměněny

Tab. 2 Porovnání rozdílných vlastností tvářením za studena a tvářením za tepla [21]



Tvářením za polotepla se dosahuje zlepšení přetvárných vlastností oproti tažení za studena, snížení přetvárných obvodů, dosažení lepších mechanických a fyzikálních vlastností, přesností a jakosti povrchu. Pracovní teploty pro tváření jsou 150-200 °C a horní teploty jsou ovlivněny oxidací povrchu. [21]

### 3.1.2 Tvářecí procesy podle tepelného efektu

Tváření je možné dělit dle toho, kam se vzniklé teplo odvede, a to na izotermické, adiabatické a polytropické tváření.

Izotermické tváření je proces tváření, při kterém je všechno vyvinuté teplo odvedeno do okolí a teplota tvářeného dílu se nemění a deformace je dostatečně pomalá. [22]

Adiabatické tváření je pravým opakem izotermického, kdy veškeré teplo zůstane v materiálu a zvýší se teplota kovu, deformace je extrémně vysoká. Proces, kdy je část tepla odvedena do okolí a část tepla zůstává v materiálu, se nazývá polytropické tváření a jedná se o nejčastější případ. [22]

### 3.1.3 Tvářecí procesy podle stupně deformace

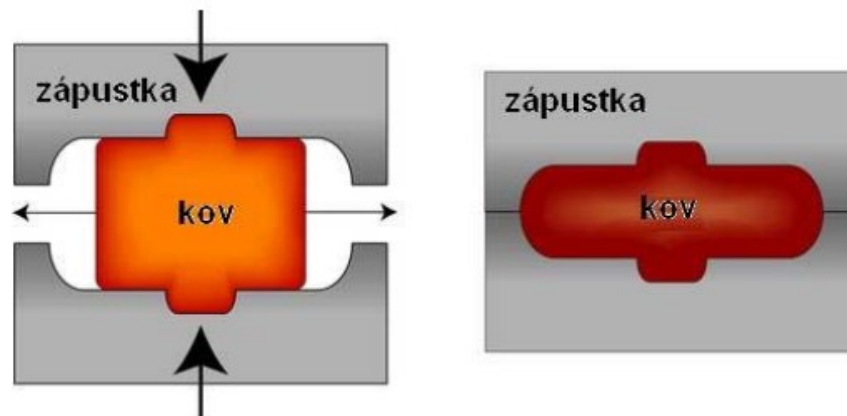
Stupeň deformace určuje, že při určité teplotě a rychlosti deformace nedochází ke vzniku trhlin na povrchu materiálu. Část tvářecí energie se mění na teplo a množství tepla záleží na rychlosti deformace a odporu proti deformaci. Dle tepelného efektu se tvářecí procesy dělí do tří skupin: na procesy, kde tlak mezi nástrojem a materiálem je tak malý, kdy jsou ke vzniku deformace potřebné malé síly a povrch volného materiálu je výrazně větší než povrch volného materiálu, který je ve styku s nástrojem a jedná se například o volné kování. Druhou skupinou jsou procesy, kdy je tlak mezi nástrojem a materiálem tak velký, že ke vzniku deformací jsou potřeba velké síly a povrch volného materiálu je stejný jako povrch, který je ve styku s nástrojem a jedná se například o zápusťkové kování. Do třetí skupiny je řazen proces, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je tak velký, že ke vzniku deformací jsou potřeba velké síly a povrch volného materiálu je menší než povrch, který je ve styku s nástrojem, příkladem je protlačování. [22]

### 3.1.4 Tvářecí procesy podle působení vnějších sil

Tvářecí procesy se podle působení vnějších sil dělí na objemové tváření a tváření plošné.

U objemového tváření nastává deformace ve směru všech tří os souřadného systému. Objemové tváření zahrnuje kování (Obr. 7), válcování, protlačování a tažení. Podskupinou

technologie kování jsou operace volného a zápusťkového kování, protlačování, rotační, radiální, izotermické, přesné a kalibrování. Druhy válcování jsou válcování podélné, podélné tvarové, příčné tvarové a příčné profilové. Procesy protlačování jsou dopředné protlačování, zpětné, kombinované, radiální, hydrostatické a profilové. A metody tažení jsou redukování tažením, kalibrování a rozšiřování. [22]



Obr. 6 Schéma zápusťkového kování [21]

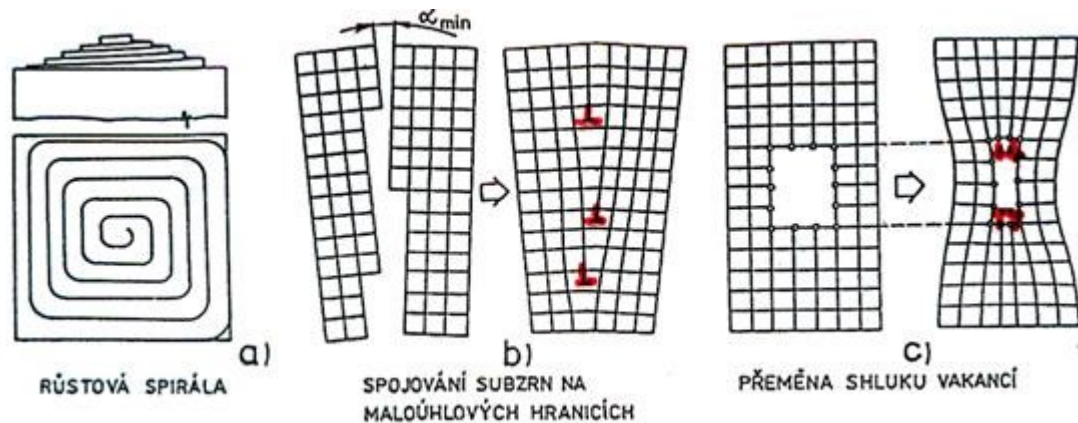
Při tváření plošném převládají deformace ve dvou směrech a patří sem stříhání, ohýbání, tažení a tlačení. Metodami stříhání se rozumí stříhání prosté, vystřihování, prostřihování, ostřihování, přistřihování, nastřihování, děrování, protrhávání a nasekávání. Procesy ohýbání jsou ohýbání prosté, lemování, zakružování, ohraňování, obrubování, rovnání, prosazování a drápkování. Operacemi tažení se rozumí tažení klasické bez ztenčení stěny, se ztenčením stěny, zpětné, protahování, žlábkování, rozšiřování, vypínání, přetahování a zužování. A procesy tlačení jsou prosté, smykové, rotační, obrubovací, žlábkovací, zužovací a rozšiřovací. [22]

### 3.2 Vlastnosti kovů ovlivňované tvářecími procesy

Vlivem tvářecích procesů dochází k plastickým deformacím v materiálech, kdy plastickou deformací je pohyb jednotlivých částecek kovů proti sobě a mechanismem vzniku plastické deformace je pohyb a vznik mřížkových poruch. Stavba krystalových mřížek není v kovech dokonalá a dle velikosti a tvaru jsou mřížkové poruchy:

- bodové (vakance, interstice, substituce),
- čárové (hranové, šroubové, kombinované),
- plošné (vrstevné vady, hranice zrn a subzrn, dvojčatění),
- prostorové (hranice krystalů, vměstky, amorfní částice). [23]

Největší vliv a význam z hlediska plastické deformace mají čárové poruchy zvané dislokace. Jedná se o poruchy, ke kterým dochází vysunutím atomů z pravidelných poloh krystalové mřížky, mohou se pohybovat, vznikat a zanikat. Dislokace jsou hranové, šroubové a kombinované, jejich hustota ovlivňuje pevnost kovu a tvářením se počet dislokací zvyšuje a dochází ke zpevnění a zvýšení pevnosti, mechanismy vzniku dislokací na Obr. 8. [23]



Obr. 7 Mechanismy vzniku dislokací [21]

### 3.3 Hydroforming

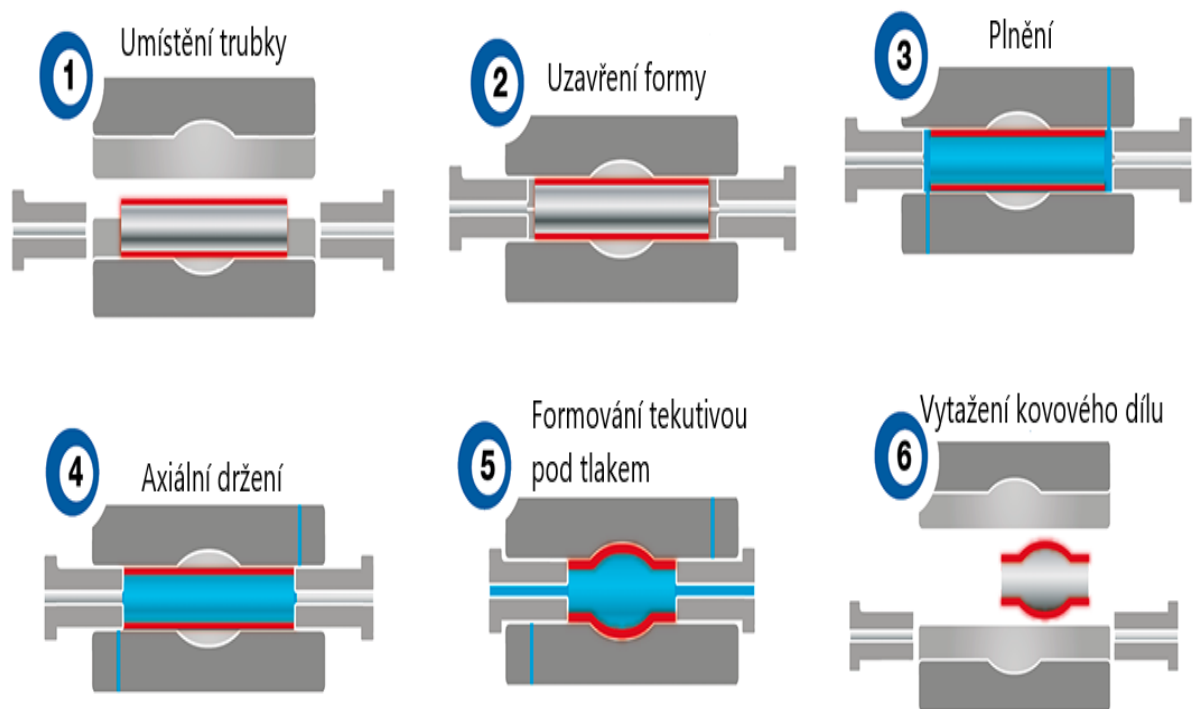
Hydroforming je speciální typ lisování, který využívá k lisování pracovního materiálu vysokotlakou hydraulickou kapalinu a lisovací proces probíhá při pokojové teplotě formy. Jedná se o nákladově efektivní způsob tvarování tvárných kovů, kterými je hliník, mosaz, nízkolegovaná ocel a nerezová ocel, do lehkých, pevných a tuhých výrobků. Největší využití hydroformingu je v automobilovém průmyslu, který využívá výrobu složitých tvarů s dobrou pevností, tuhostí a nízkou hmotností k získávání vhodných konstrukčních dílů pro automobilový průmysl, zejména se využívá při výrobě sportovních automobilů a mimo automobilový průmysl se používá hydroforming pro tvarování hliníkových trubek vhodných k výrobě rámců jízdních kol. [24]

Hydroforming má dvě hlavní varianty výrobního procesu, mezi které se řadí hydraulické tvarování plechů a hydraulické tvarování trubek.

Hydraulické tvarování plechů je výrobní proces, při kterém je nutné vytvořit pouze jednu stranu nástroje a to spodní, protože horní strana nástroje je nahrazena pryžovou membránou s kapalinou, která vytváří hydraulický tlak k přetvoření polotovaru na hotový díl. Hydraulické tvarování plechů je vhodné pro malé výrobní série, kde není tlak na dobu výrobního cyklu a je požadováno snížení nákladů na nástroje. Jsou dostačující spodní

nástroje, které nemusí být tepelně zpracovány a postačí pouze jejich obrobení, a to umožňuje výrobu v krátkých dodacích lhůtách. Při zpracování plechů hydroformingem dochází k eliminaci povrchových stop, natahování kovu je rovnoměrnější a napětí je méně koncentrované, díky čemuž nedochází k vzniku ztenčení v úzkých oblastech. [24]

Hydraulické tvarování trubek (Obr. 9) patří mezi nejoblíbenější nekonvenční proces tváření kovů. Trubky jsou tvarovány do různých tvarů za použití vnitřního tlaku a axiálního tlakového zatížení současně a díky tomu dojde k přeměně trubkového polotovaru na tvar odpovídající tvaru dutiny formy. Výhodou hydraulického tvarování trubek je lepší kvalita dílů a nižší výrobní náklady, protože hydroforming zastupuje několik výrobních operací současně a také dochází ke vzniku malého množství odpadu a tím pádem i k úspoře nákladovosti výroby. [25]



Obr. 8 Proces hydroformingu trubek [26]

## 4 SPOJE ROZEBÍRATELNÉ A NEROZEBÍRATELNÉ

### 4.1 Rozebíratelné spoje

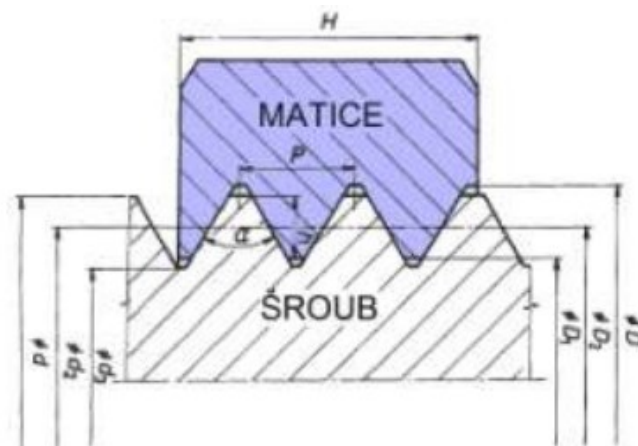
Rozebíratelné spoje jsou spoje, které je možné kdykoliv rozebrat a opakovaně smontovat bez jakéhokoliv porušení spojovacích nebo spojovaných dílů. Mezi rozebíratelné spoje patří spoje šroubové, kolíkové a čepové. [27]

#### 4.1.1 Šroubové spoje

Šroubové spoje se řadí mezi nejstarší a nejpoužívanější spoje se silovým stykem, které jsou rozebíratelné. Všechny spojovací díly šroubových i dalších nerozobíratelných spojů jsou vyráběny dle specifikace norem, kdy je daný díl vyroben dle předem stanovených podmínek.

Závit je funkční plochou každého šroubu a matic. Profil závitů dle daného tvaru je navinut ve šroubovici se stoupáním  $P$  kolem jádra s průměrem  $d_3$ , zobrazeno na Obr. 10. Závitů dělíme dle účelu použití na spojovací a pohybové, dle počtu chodů šroubovice na jednochodé a vícechodé a dle směru stoupání šroubovice na pravé a levé. [28]

Základními geometrickými charakteristikami závitů jsou:



Obr 9 Geometrie závitů [28]

$\varnothing d$  velký průměr závitů šroubu – matice  $\varnothing D$

$\varnothing d_2$  střední průměr závitů šroubu – matice  $\varnothing D_2$

$\varnothing d_3$  malý průměr závitů šroubu – matice  $\varnothing D_3$

$h$  – nosná hloubka závitů

$P$  – rozteč závitů, stoupání závitů

$\alpha$  – vrcholový úhel

H – výška matice

Dělení závitů dle profilu závitu na:

- Metrický závit (M),
- Whitworthův závit (W),
- Trubkový závit (G),
- Edisonův závit (E),
- Pancéřový závit (P),
- Oblý závit (Rd),
- Lichoběžníkový rovnoramenný závit (Tr),
- Lichoběžníkový nerovnoramenný závit (S),
- Kuličkový šroub (K). [28]

Šrouby se dělí podle použitelnosti, tvaru hlavy, rozměru dřívku a závitu. Šrouby podle použitelnosti jsou dělené na šrouby do dřeva a železa. Velmi velké množství druhů šroubů je podle tvaru hlavy, kdy jsou šrouby s šestihrannou hlavou, půlkulatou hlavou, válcovou hlavou, čokovitou hlavou, zápusťnou hlavou a s vnitřním šestihranem. Šrouby dle tvaru dřívku jsou šrouby závrtné (použití při častém uvolňování spoje), lícované (použití při zachycování příčných sil), stavěcí (použití pro zajištění polohy náboje na hřídeli), do plechu (samořezné), závrtné (podobné se samořeznými a mají navíc vrtací hrot). [28]

Matice jsou normalizované součásti a mají vnitřní závit stejného typu jako je použit na šroubu. Základními druhy matic jsou matice šestihranné, uzavřené, rýhované, převlečné, korunkové, křídlové, kruhové a závěsné. [28]

Často se pod šrouby a matice dávají podložky, které mohou mít estetickou, zajišťovací funkci a dále mohou sloužit k vyrovnávání nerovností povrchu a rozložení tlaku na větší plochu. Nejčastějšími typy jsou podložky ploché, pérové, vějířové, pojistné s jazýčkem a vyklenuté. [28]

#### 4.1.2 Kolíkové spoje

Kolíkové spoje jsou jednoduchá a typická spojení s tvarovým stykem, které jsou rozebíratelné. Tyto spoje slouží k zajištění polohy součástí, zabránění posuvu jedné části

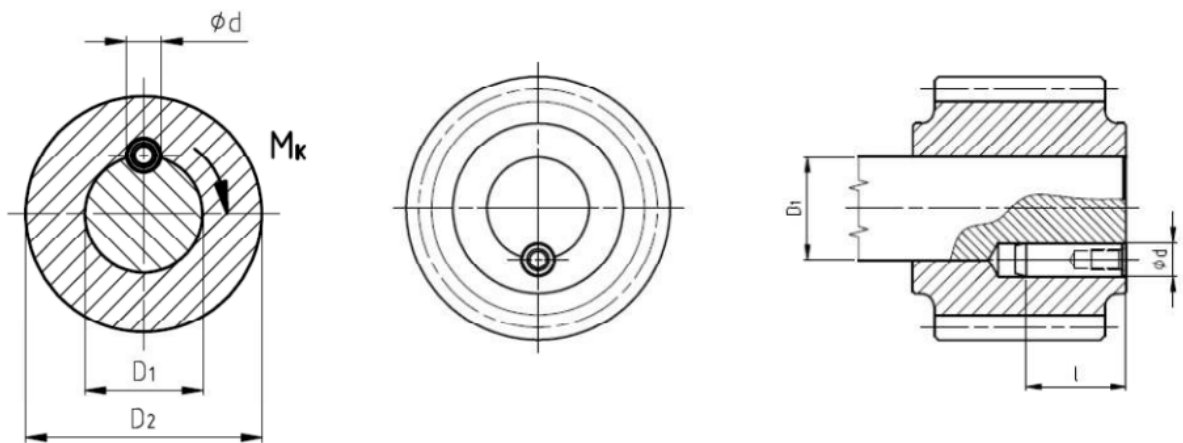
vůči druhé nebo k vytvoření kloubového spoje, spojení je nazýváno skolíkování. Mimo jiné jsou kolíkové spoje používány jako střížné spojky, které chrání pracovní stroj před přetížením a následně možným poškozením. [27]

Z konstrukčního hlediska jsou nekalené kolíky vyráběny z automatových ocelí 11 140, pro kalené je vhodná ocel třídy 16 a 19, pružné kolíky jsou vyráběny z ocelí 11 700.4. Pro kuželové a válcové kolíky je nutné otvory vystružit s tolerancí H7, otvory pro rýhované a pružné kolíky není nutné vystružit a je pro ně dostatečná tolerance H12.

Použití kolíkových spojů je využíváno pro pojišťování kol na hřídeli, vymezení ploch spojovaných součástí a pojišťování proti posunutí kloubových a otočných spojení dvou součástí, příklad spojení na Obr. 11. [27]

Druhy kolíků jsou válcové, kuželové, rýhované a pružné.

- Válcové kolíky.
- Kuželové kolíky.
- Rýhované kolíky.
- Pružné kolíky. [27]



Obr. 10 Kolíkový spoj [27]

#### 4.1.3 Čepové spoje

Čepy jsou v zásadě kolíky s větším průměrem a mohou tedy přenášet i větší silové zatížení. Používají se hlavně k vytvoření kloubových spojů nebo pohyblivých uložení výkyvných součástí a mohou nahrazovat krátké nosné hřídele pojezdových kol, kladek apod. [27]

Nejčastější uložení čepů bývá D11/h11, D8/h8, H8/f8. Čepy se vyrábí z tažených tyčí automatové oceli s tvrdostí 14H a 22H a čepy namáhané na otěr se vyrábějí z cementačních ocelí a jsou cementovány a kaleny. Čepy s většími průměry a s hlavami jsou soustruženy a broušeny.

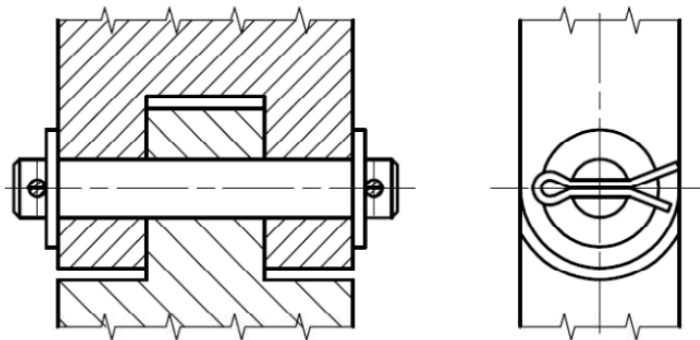
Nejčastěji jsou využívány spojovací čepy válcové, které mohou být hladké s hlavou nebo bez hlavy. Maticí, závlačkou, kolíkem nebo pojistným kroužkem jsou zajišťovány proti axiálnímu posunutí. [27]

Výhodami čepů je jejich nízká cena, rychlá výroba a jednoduchá montáž i demontáž. Mezi provozní náklady patří mazání.

Nevýhodami čepů je přenos pouze radiální, který přenáší zatížení pouze kolmo na osu a ne v axiálním směru, tedy ve směru osy. Další nevýhodou je nutnost mazání a axiální zajištění.

Druhy čepových spojů se dělí na:

- zajištění hladkého čepu podložkami a závlačkami (Obr. 12),
- zajištění hladkého čepu pojistnými třmenovými kroužky,
- zajištění čepu Seegerovou pojistkou,
- zajištění čepu se závitem maticí a podložkou. [27]



Obr. 11 Čepový spoj zajištěný podložkami a závlačkami [27]

## 4.2 Nerozebíratelné spoje

Nerozebíratelné spoje jsou spoje, které nelze rozebrat bez poškození spojovaných nebo spojovacích částí. Nerozebíratelné spoje dělíme na svarové, nýtové, tlakové, pájené a lepené. [27]



#### 4.2.1 Svarové spoje

Svarové spoje jsou nerozebíratelné spoje s materiálovým stykem, kdy je spoj vytvářen za působení tepla nebo i tlaku a většinou s použitím přídavného materiálu. Přídavný materiál má stejné nebo podobné mechanické vlastnosti a složení jako základní materiál. Svařováním lze spojovat kovové, ale i plastové díly. [29]

Mez únavy svařovaného kovu je srovnatelná s mezí únavy základního materiálu, v malém množství jsou svařence levnější než odlitky, výkovky nebo výlisky. Proces svařování je možné automatizovat. Svařování je možné provozovat i na montážích mimo výrobní haly a vady svarů je možné dodatečně opravit. [29]

S vyšším obsahem uhlíku klesá svařitelnost ocelí a před svařováním jsou nutné úpravy stykových ploch. Při svařování jsou nutné vyšší nároky na kvalifikaci dělníků. Vlivem svařování vznikají ve svárech pnutí a deformace. [29]

#### 4.2.2 Nýtové spoje

Spoj vzniká tvárnou deformací nýtu a dochází k pevnému nerozebíratelnému spoji. Spojovány v jeden celek jsou ploché a nepříliš tlusté součásti.

Nýtové spoje byly do poloviny 20.století využívány v hojném množství, a to při stavbě mostů, ocelových konstrukcí, tanků, lodí. S technologickým vývojem bylo ve velkém množství nahrazeno svařováním. Dosavadní stabilní využití nachází nýtování v leteckém průmyslu, kdy se při svařování duralových slitin mění jejich struktura a klesá jejich pevnost, a proto není možné nahradit nýtování svařováním. [30]

Strojní i ruční nýtování je zhotovováno za tepla a ta studena

- Nýtování za tepla – jsou zpracovávány nýty s průměrem větším než 10 mm. Nýty jsou před samotným procesem nýtování nažhaveny do světle červeného žáru a po snýtování chladnou a smršťováním pevně silově svírají spojované součásti.
- Nýtování za studena – nýtujeme nýty do průměru 10 mm a jedná se o spoj s tvarovým stykem.

Výhodami nýtování je možnost spojování různých materiálů a nízké pořizovací náklady. Nýtové spoje jsou pružnější než svařované spoje a nedochází při vytváření spoje k deformacím spojovaných materiálů vlivem nahromaděného tepla. Výhodou je možnost spojování součástí, které jsou přístupné pouze z jedné strany. [30]

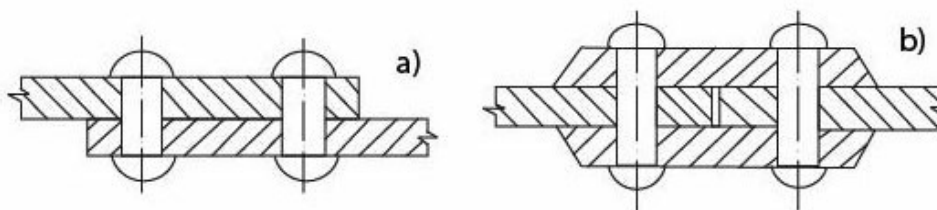
Nevýhodami nýtových spojů je jejich nerozebíratelnost a pro rozebrání spoje je nutné porušení nýtu nebo spojované součásti, spojované materiály jsou zeslabeny dírami pro nýty. Prostříhované díry mohou být zdrojem trhlin a vrtané díry jsou přesnější a hladší, ale dražší pro výrobu.

Nýtování dělíme na přímé a nepřímé. Při přímém nýtování je jeden z dílů upraven tak, aby bylo nýtování provedeno bez použití nýtů. Tato metoda se používá pro spojování tenkých plechů. Spojování pomocí nýtů je nýtováním nepřímým, kdy závěrná hlava vznikne roznýtováním konce dřívku a používá se častěji než nýtování přímé. [30]

Nýty se dělí dle tvaru a druhu použití na nýty konstrukční (spojování prutů, nosníků), těsné (použití pro těsné spoje), zápusťné (použití z bezpečnostních nebo provozních důvodů), drobné (tenké plechy) a speciální.

Trhací nýty tvoří jednoduchá a rychlá spojení, které se nýtují pomocí nýtovacích kleští a při procesu nýtování stačí mít přístup k otvoru pouze z jedné strany.

Provedení nýtových spojů se dělí na pevné nýtové spoje (ocelové konstrukce, jeřáby a mosty), nepropustné nýtové spoje (otevřené a uzavřené nádoby na kapaliny a plyny) a pevné a nepropustné nýtové spoje (kotle a nádrže namáhané velkým vnitřním tlakem). Podle vzájemné polohy plechů jsou nýtové spoje přeplátované, s jednou stykovou deskou a se dvěma stykovými deskami viz. Obr. 13. [30] [31]



Obr. 12 Nýtové spoje: a) přeplátovaný spoj, b) spoj se dvěma stykovými deskami [31]

#### 4.2.3 Tlakové spoje

Tlakové spoje jsou pevné nerozebíratelné spoje a jejich podstatou je tření, které vzniká ve stykové ploše spojovaných částí. Tlakové spoje patří mezi spoje se silovým stykem, nejsou použity spojovací součásti a jsou vhodné pro spojování válcových součástí, které mají přenášet velké točivé momenty a jejich typickým znakem je vždy přesah hřídele oproti díře. Při opakovaném spojování klesá svěrná síla až o 20 %. [31]

Výhodami tlakových spojů je jejich výrobní jednoduchost a díky tomu i nízká výrobní nákladovost a nedochází k zeslabování nosných průřezů hřídele, jako je tomu například u spojení pery a kolíky.

Nevýhodou tlakových spojů je spojování pouze součástí s kruhovým průřezem a u větších přesahů může docházet ke vzniku deformací, nebo dokonce k prasknutí spojovaných částí. Vlivem vyšších teplot mohou být porušeny pevnosti spoje. [31]

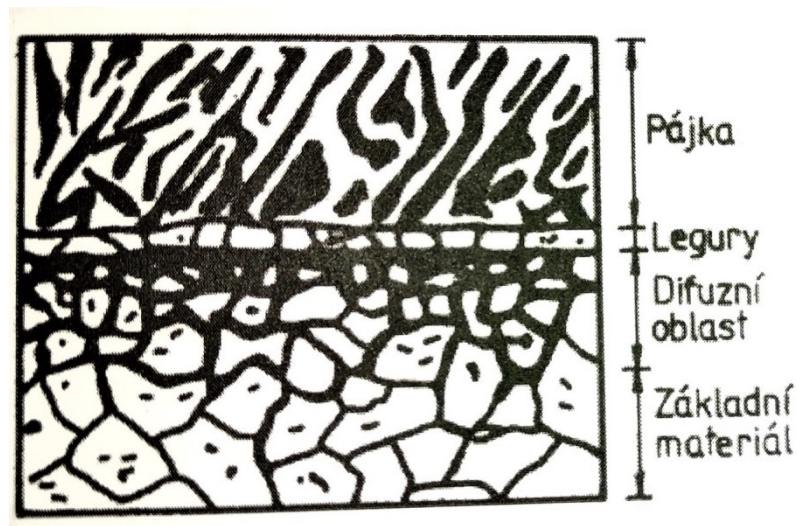
Tlakové spoje dělíme na tlakové spoje s přímým nalisováním za studena a na tlakové spoje smrštěním nebo roztažením. [31]

#### 4.2.4 Pájené spoje

Pájené spoje jsou nerozebíratelné spoje s materiálovým stykem, kdy přídavný materiál je kov, ale jiného charakteru než spojovaný materiál. Přídavný materiál je nazýván pájka a má horší mechanické vlastnosti, než je tomu u spojovaných dílů a má také menší teplotu tavení. [29] [30]

Pájky dělíme na:

- Měkké pájky – jedná se o slitinu dvou a více kovů s nízkou teplotou tavení a to do 450°C. Pájka nejčastěji obsahuje olovo (Pb), cín (Sn) v různých poměrech a může obsahovat přísady i dalších kovů, jako je stříbro (Ag), zinek (Zn), kadmium (Cd) nebo bizmut (Bd). Měkká pájka se používá u spojů málo teplotně a mechanicky namáhaných. Používají se zejména pro pájení elektroniky, výrobu vytavitelných modelů ve slévárenství, ohýbání tenkostěnných trubek jako plnivo nebo v lékařství k tlumení RTG záření.
- Tvrdé pájky – používají se pro spoje, které jsou namáhány vysokými nebo nízkými teplotami nebo více mechanicky namáhány. Tvrdé pájky jsou nejčastěji slitinami s obsahem mědi (Cu), hliníku (Al), stříbra (Ag), niklu (Ni), kadmia (Cd) nebo zinku (Zn). Velmi málo se používají čisté kovy, jako je: měď (Cu), stříbro (Ag), zlato (Au) a paladium (Pd). Tvrdé pájky jsou také tvořeny skupinou aktivních tvrdých pájek s přídavkem titanu (Ti) a vanadu (V), kterými se pájí kovy na keramiku a grafit. Pájkami na bázi zinku (Zn) se pájí hliníkové díly. [29] [30]



Obr. 13 Metalografie pájeného spoje [30]

Pro vytvoření pevného spoje je nezbytné povrch očistit pomocí tavidla (v atmosféře), díky kterému se pájka po povrchu dokonale rozptýlí a k součásti přilne, metalografie pájeného spoje je na Obr. 14. Podle účinku dělíme tavidla na tavidla s leptavým účinkem a tavidla bez leptavého účinku a podle způsobu pájení rozdělujeme tavidla pro měkké pájení a pro tvrdé pájení. Pro měkké pájení se jako tavidla používají kapaliny s chemicky účinnými látkami a obsahují kyselinu solnou HCl nebo kyselinu fosforečnou  $H_3PO_4$  a pro pájení elektrických obvodů se používá pryskyřice z borovic nazývaná kalafuna. Tavidla pro tvrdé pájení jsou na bázi kyseliny borité  $H_3BO_3$  nebo minerálu tetraboritanu sodného zvaného borax  $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ . Tavidla jsou ve formě kapaliny, pasty nebo prášku.

Výhodou pájených spojů je možnost spojení rozdílných kovů (i nesvařitelných) a nekovových materiálů. Jednoduchá aplikace bez vysokých požadavků na kvalifikaci zaměstnanců. Metodou pájení nedochází ke vzniku pnutí a deformací, což je zapříčiněno minimálním zahřátím spojovaných dílců. [29] [30]

Jednou z mála nevýhod u pájených spojů, ale obzvlášť důležitou je nízká pevnost pájených spojů.

Metody pájení:

- Lokální pájení – při měkkém pájení se ohřev provádí horkým tělesem pájecího stroje v místě pájení, dále se používá pro ohřev pájky proud horkého plynu nebo plamene a velmi produktivním ohřevem je ohřev indukční.

- Celoobjemové pájení – zahřívání u celoobjemového pájení probíhá v peci a teplo je předáváno sáláním. Nejčastěji je využíváno vakuových pecí nebo vedení plynem v pecích s redukční atmosférou. [29] [30]

#### 4.2.5 Lepené spoje

Lepené spoje jsou spoje nerozebíratelné a vytvořené spojení je dosaženo pomocí lepidel. Pomocí lepení jsme schopni spojovat různorodé materiály: kovy-kovy, kovy-nekovy, nekovy-nekovy. Lepením dostáváme pevné a nepropustné spoje a lepidly jsou tvrdnoucí umělé pryskyřice (polyamidové, epoxidové, fenolové). [29] [30]

Výhodou je, že lepený spoj nezeslabuje průřez součásti a je možné lepit různorodé materiály.

Nevýhodami lepených spojů je jejich malá odolnost proti namáhání tahem a pevnost spoje závisí na pevnosti lepidla a velikosti lepené plochy.

Lepidla mají dvě důležité vlastnosti, a to adhezi a kohezi. Adheze vyjadřuje přilnavost k lepeným plochám. Je mechanická adheze, kdy lepidlo vniká do pórů a tvoří mechanické můstky a specifická adheze, která je způsobena mezimolekulárním napětím lepidla a povrchu. Koheze pojednává o vlastnosti soudržnosti lepidla (vnitřní pevnosti lepidla). [29] [30]

Druhy lepidel:

- Jednosložková lepidla – jsou lepidla smíchaná s ředidlem a k jejich vytvrzení dochází po odpaření ředidla. Lepené součásti mohou být spojeny v případě, dokud nanesený lepicí film není vlhký.
- Dvousložková lepidla – jsou složena ze dvou složek, a to z umělé pryskyřice a tužidla, lepidlo se těsně před použitím smíchá s tužidlem a tato směs musí být použita v časovém intervalu, než proběhne polymerace a dojde ke ztuhnutí lepidla. [29] [30]

Podle teploty zpracování lepidla rozlišujeme na:

- Lepidla tuhnoucí za studena.
- Lepidla tuhnoucí za tepla. [29] [30]

## 5 SVAŘOVÁNÍ

Svařování je výrobní proces, který se řadí mezi nerozebíratelné spoje. Jedná se o proces, kdy jsou spojovány dva anebo více dílů dohromady za pomoci tepla a někdy i tlaku a hotový svařený díl je nazýván svařenec. Svařování má velmi široké uplatnění, a to zejména ve strojírenství, ale také v dalších oborech. [32]

### 5.1 Výhody a nevýhody svařování

Výhody ve svařování jsou svarové pevnosti, trvanlivosti a dle požadavků také svarové těsnosti. Výhodou svařovaných konstrukcí je jejich jednoduchost, úspora materiálu a tím pádem i úspora hmotnosti. Ve srovnání s odlitky je dosahováno až 50% úspory materiálu. Zvyšování produktivity práce v kusové a malosériové výrobě ovlivňuje svařování zejména zkracováním výrobních časů. [33]

### 5.2 Druhy svarů

Svary dělíme z konstrukčního hlediska podle polohy svarových ploch, podle spojitosti a podle tvaru povrchu. [34]

Podle polohy svarových ploch se dělí svary na tupé, koutové a děrové. Tupé svary jsou svary, kterými se svařují součásti v jedné rovině – jsou k sobě přiloženy na tupý sraz a dle vhodnosti jsou upraveny do úkosů. Svary U a V jsou svařovány z jedné strany a svary I, U, 1/2X a 1/2U se svařují z obou stran a podle hloubky provaření jsou tupé svary s plným závarem a s částečným závarem. Koutové svary spojují svary součástí, které mezi sebou svírají určitý úhel, a to nejčastěji pravý, jsou trojúhelníkového tvaru. Zvláštními druhy koutových svarů jsou svary oblé a ½ oblé, které mají jednu nebo obě strany zaoblené. Svary děrové se svařují přes připravené děrové otvory (žlábkové otvory) v jedné ze spojovaných součástí a vytvářejí jejich spojení. V případě potřeby vznikají svary kombinací více druhů svarů, jako je například tupý svar zesílený koutovým svarem nebo ½ oblý svar zesílený koutovým svarem, tyto svary nazýváme kombinovanými svary. Značky jednotlivých svarů na Obr. 16.

Podle spojitosti se dělí svary na průběžné a přerušované, průběžné svary jsou navařeny po celé délce spoje bez přerušování. Přerušované svary se zhotovují v určitých úsecích s odstupy, jejich délka se volí  $l = 5$  až  $8z$ , vzdálenost  $e = 1$  až  $3l$ . Pokud jsou přerušované svary oboustranné, dělí se na přerušované svary s protilehlými stehy a s vystřídánými stehy. [34]

	Lemový svar		½ U - svar
	I - svar		Koutový svar
	V- svar		Děrový svar
	½ V - svar		Bodový svar
	Y - svar		Švový svar
	Y - svar		V-svar se strmým úkosem
	U - svar		½ V-svar se strmým úkosem

Obr. 14 Základní značky svarů dle ČSN EN 22553 [34]

Podle tvaru povrchu jsou svary převýšené, ploché a proláklé. Mezi převýšené svary se řadí svary s vypuklým povrchem (svár je vyšší než svařované plochy). Pokud je povrch svaru rovinný s povrchem, jedná se o plochý svar a povrch proláklého svaru je vydutý. [34]

### 5.3 Svařitelnost

Svařitelnost je technologická vlastnost materiálů a je to komplexní charakteristika materiálů, která určuje podmínky, za kterých svařování je anebo není materiál vhodný pro svařování. Svařitelnost je v podstatě schopnost oceli vytvořit spoj požadovaných mechanických, fyzikálních, chemických a technologických vlastností za využití metalurgicko-materiálových, technologických a konstrukčních parametrů. [35]

Vhodnost pro svařování z hlediska chemického složení oceli, metalurgického procesu výroby (lití, tváření a tepelné zpracování před a po svařování vyjadřuje materiálově-metalurgická svařitelnost. Chemické složení materiálu ovlivňuje tepelně ovlivněné oblasti při a po svařování, při nevhodnosti chemického složení základního materiálu a svarového kovu může dojít k tvorbě zákalných struktur o vysoké tvrdosti, které mohou být následkem vzniku trhlin, stárnutí ovlivněných pásem a křehkosti. Metalurgické procesy spojené s výrobou základního materiálu (lití, tváření) ovlivňují kvalitu oceli spojenou s čistotou oceli, velikostí zrn a heterogenitou vlastností ocelí. Tepelné zpracování s rekrytalizací normalizační žihání, kalení) a bez překrytalizace (popouštění a žihání ke snížení pnutí) vede ve většině případech k získání požadovaných vlastností.

Svařitelnost technologická vyjadřuje důsledek procesu svařování a zahrnuje metodu svařování, přídavný materiál, parametry svařování (teplota přehřevu, napětí, proud, průměr elektrody), postup umístění a množství vrstev svaru, tepelné zpracování po svařování (žihání ke snížení pnutí, popouštění). [35]

Konstrukční svařitelnost vyjadřuje vliv zatížení konstrukčního provedení svaru za provozních podmínek, charakterizuje způsob zatížení za provozu určující pracovní teplotu a korozní prostředí. Z hlediska návrhu konstrukční svařitelnost zahrnuje tloušťku materiálu, počet, velikost a uspořádání svarových spojů z hlediska namáhání, tvar, provedení a přípravu svarových ploch a provedení svarových spojů za dodržování ČSN EN ISO z hlediska únavy.

Vhodnost materiálů pro svařování se uvádí v materiálových listech. Svařitelnost je možné dělit podle stupně svařitelnosti na zaručenou, podmíněně zaručenou, dobrou a obtížnou. Zaručená svařitelnost je označována 1a, zaručuje svařitelnost při svařování za okolních teplot až 0°C a použití je možné pro dynamicky namáhané svarky i při nižších venkovních teplotách. Podmíněně zaručená svařitelnost je značena 1b, zaručuje svařitelnost při dodržení předem určených podmínek uvedených u normy jakosti oceli a použití pro svarky staticky namáhané. Dobrá svařitelnost je označována 2, nezaručuje svařitelnost, ale oceli ve většině případech umožňují vytvoření vyhovujících svarových spojů a používají se pro nepodstatné staticky namáhané konstrukce a opravy. U obtížné svařitelnosti nelze zpravidla dosáhnout vyhovující jakosti svarových spojů ani při dodržení zvláštních opatření, označuje se 3 a nedoporučuje se používat na svařování, maximálně využívat pro nutné opravy. [35]

## 5.4 Vady svarů

Vady svarů se dělí do 3 skupin na bodové vady, plošné vady a objemové vady. Ve skupině bodových vad jsou zařazeny vady typu mikropórů a malé sférické vměstky (silikáty). Plošnými vadami jsou vady typu trhlin, neprůvarů a studených spojů. Objemové vady zahrnují vady typu plynových dutin (póry a bubliny), vměstků (struskové, kovové, tavidlové, oxidické), staženiny (mezidendrické, kráterové), dále mezi tyto vady patří zápaly, vruby, nedodržení rozměrů a nepravidelný povrch svaru. Svarové vady rozlišujeme dle polohy na vady povrchové a vady vnitřní. Povrchovými vadami jsou trhliny studeného spoje na svarové ploše, zápaly, póry, neprovařený kořen a vnitřními vadami jsou plynové dutiny, bubliny, póry, vměstky a staženiny. [36]



Trhliny (praskliny) se vyskytují ve svarovém spoji jako horké trhliny, studené trhliny, žíhací trhliny, lamelární trhliny a kráterové trhliny. Horké trhliny vznikají příčinou chemického složení základního materiálu (vysoký obsah uhlíku, manganu) a vznikají při teplotách mezi 800–900 °C. [36]

## 5.5 Druhy svařování

Svařování dělíme podle způsobu vynaložení energie k vytvoření svarového spoje na:

- Svařování za působení tlaku – tlakové.
- Svařování za působení tepla – tavné.
- Svařování za působení tepla a tlaku zároveň (Obr. 17). [37]

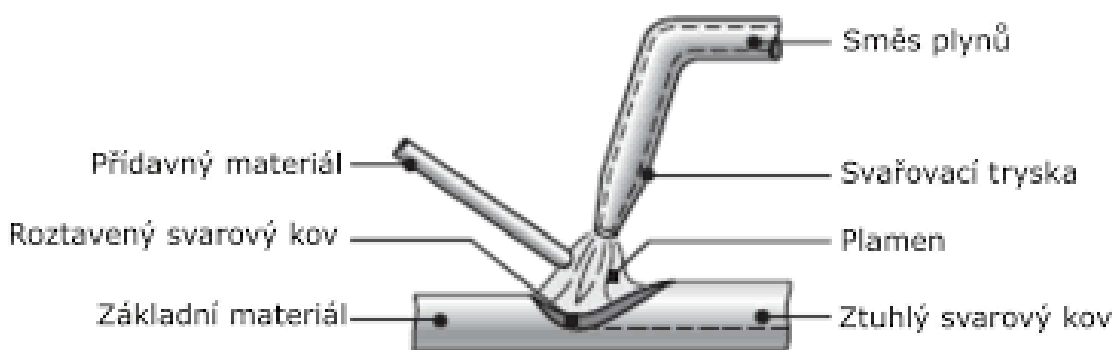


Obr. 15 Druhy svařování [36]

### 5.5.1 Svařování plamenem

Při svařování plamenem se základní a přídavný materiál v místě svaru ohřívá a natavuje plamenem o vysoké teplotě. Zdrojem tepla je plamen, který vzniká spalováním hořlavého plynu a kyslíku. Nejčastěji používaným hořlavým plynem je acetylen a spalováním směsi acetylen  $C_2H_2$  – kyslík  $O_2$  dosahuje plamen teploty až  $3200^\circ C$ . Dalšími používanými plyny je propan-butan nebo vodík.

Plamen při svařování může být neutrální, redukční a oxidační. Neutrální plamen je ostře ohraničený a používá se ke svařování běžných konstrukcí. U redukčního plamene (přebytek acetyleny) je svařovací kužel zakrytý bílým závojem, svar je křehký, tvrdý a pórovitý, plamenem se svařují slitiny hliníku, hořčíku a navařují tvrdé kovy. Oxidační plamen má v sobě přebytek kyslíku, svařovací kužel je kratší a podle přebytku kyslíku se zbarvuje do fialova a vypalují se přísadové prvky. Oxidy zůstávají ve svaru, snižují tažnost a vrubovou houževnatost a plamen se využívá při svařování mosazi a bronzů. [37]



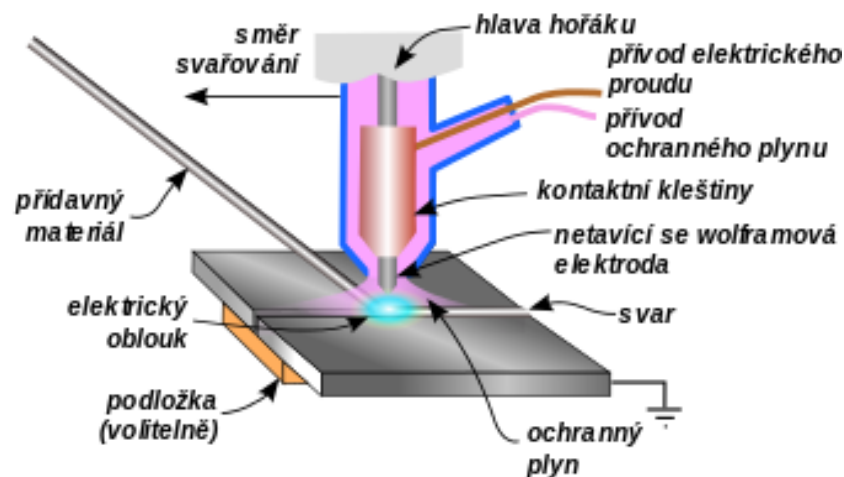
Obr. 16 Schéma procesu svařování plamenem [38]

### 5.5.2 Svařování elektrickým obloukem

Svařování elektrickým obloukem je svařování, u kterého vlivem elektrického oblouku dochází k natavování stykových ploch základního a přídavného materiálu.

Svařovací oblouk je elektrický výboj s vysokou proudovou hustotou při nízkém napětí, kdy elektrický oblouk hoří mezi katodou a anodou a teplota elektrického oblouku dosahuje  $6000-8000^\circ C$ . Svařovat lze stejnosměrným i střídavým proudem.

Obloukem lze svařovat mnoha způsoby, mezi které patří svařování v ochranné atmosféře, obalenou elektrodou a pod tavidlem. [37]



Obr. 17 Obloukové svařování netavící se elektrodou (vpravo) [38]

### 5.5.3 Odporové svařování

Odporové teplo potřebné pro svaření materiálů vzniká průchodem proudu vysoké intenzity až 100 000 A) a nízkého napětí (5 až 15 V) v místě stykových ploch spojovaných materiálů a tím dojde k natavení okolního materiálu. [37]

Druhy svařování elektrickým odporem se dělí na:

- Stykové svařování – nazývané též svařování na tupo. Tento proces může probíhat s odtavením anebo bez odtavení, stykové plochy musí být hladké a kovově čisté z důvodu nejlepšího přenosu elektrické energie. Stykové svařování bez odtavení je proces, kdy jsou stykové plochy tlačeny k sobě přítlačným mechanismem a procházejícím elektrickým proudem dojde k natavení stykových ploch a vznikne svár, zatímco u procesu s odtavením dochází k přibližování a oddalování stykových ploch ke vzniku elektrických výbojů, které vedou k nárůstu teploty na stykových plochách a dochází k natavení materiálu a následně přítlačný mechanismus stlačí spojované díly a vznikne svár.
- Bodové svařování – nejpoužívanější metoda odporového svařování při níž jsou svařované díly (nejčastěji plechy) vloženy mezi elektrody bodovacího stroje a po sevržení elektrod se zapne proud. Svar tuhne a chladne pod tlakem a jeho struktura je jemnozrnná a bez staženin. Proces je často automatizován například v automotive a nejčastěji se svařují plechy tloušťky 0,4 – 5 mm.

- Švové svařování – metoda průběžného svařování plechů, kdy jsou pohybující se přeplátované plechy k sobě tlačeny dvěma měděnými kladkami, které se otáčejí ve směru svařování.
- Výstupkové svařování – jedná se o velmi produktivní metodu odporového svařování. Před samotným svařováním jsou na jednom ze svařovaných dílů vylišovány výstupky v místech, kde bude působit největší elektrický proud a tlak. Výstupkové svařování se provádí ve svařovacích lisech, tyto lisy mají elektrody ve tvaru desek a stlačí svařované části tak, aby výstupky dolehli na sebe a po zapnutí se materiál spojí a vznikne svar. [37]

#### 5.5.4 Svařování pod tavidlem

Je metoda obloukového svařování využívaná pro vysoko výkonové svařování ocelových svařenců pro svařování dlouhých a nepřerušovaných svarů a je vhodná pro větší tloušťky.

Při procesu svařování hoří oblouk mezi svařovanými materiály a přidávaným materiálem pod vrstvou tavidla ve formě prášku, které vytváří na svaru odstranitelnou strusku. [37]

#### 5.5.5 Svařování laserem

Laserové svařování je tavným svařováním, které používá k natavení materiálu laser. Laserem vytvořený koherentní svazek monochromatického záření dopadem natavuje základní materiál.

Výhodou laserového svařování je možnost svařování různých druhů kovů, velice málo tepelně ovlivněná oblast při svařování, vysoká koncentrace elektrické energie a vysoká rychlost svařování. [37]

#### 5.5.6 Indukční svařování

Pro svařování je využíváno teplo vzniklé indukci průchodem střídavého proudu střední nebo vysoké frekvence. Nejčastěji se indukční svařování používá při výrobě svařovaných trubek, protože samotné svařování dosahuje rychlosti až 150 m/min a dochází k vysoké výrobní produktivitě, při svařování tenkostěnných trubek je rychlost až 300 m/min. Svařovací proud je přiváděn přímo kontakty do svařovaného místa a cestou nejmenší impedance prochází od jednoho kontaktu ke druhému vysokofrekvenční proud s používanou frekvencí 40 kHz. [37]

### 5.5.7 Svařování třením

Stykové plochy jsou ohřívány třením dílů o sebe. V místě tření dochází ke vzniku svaru, kdy jeden díl je upnutý v rotující hlavě a druhý má uložení pevné. Pro urychlení ohřevu působí počáteční osová síla a po zahřátí rotací místa svaru na svařovací teplotu dochází k zastavení rotačního pohybu, zvýšení osové síly a dojde ke svaření dílů.

Výhodami třecího svařování je nízká energetická náročnost, opakovatelná kvalita svarů, bezpečná práce, vysoká produktivita práce, možnost spojovat různé druhy materiálů a možnost automatizace výrobního procesu. [37]

### 5.5.8 Svařování ultrazvukem

Svařování ultrazvukem využívá mechanického kmitání o vysoké frekvenci (ultrazvuku) a proces probíhá bez zdroje tepla. Mechanické kmity jsou do místa svaru zaváděny magnetostrikčním měničem z ultrazvukového generátoru a dochází k přeměně energie na tepelnou a díly jsou spojeny okamžitě. [37]

Výhodou ultrazvukového svařování je svařování tenkých fólií, protože dochází k nižšímu tepelnému ovlivnění svarového spoje, než je tomu u tavných elektrod, jedná se o velmi produktivní výrobu a umožňuje svařovat i kovové a nekovové materiály i vytvrditelné slitiny (Al, Mg, Ti). Nevýhodou je omezenost výroby z hlediska velikosti dílů a je nutné vyrobit pro každý díl vhodný svařovací přípravek. [37]

## 5.6 Bezpečnost při svařování

Svařování je výrobní proces, který představuje několik rizik, a to pro osoby provádějící tuto činnost, tak i pro ostatní, které se nacházejí v blízkosti svařování. Proto je nutné si uvědomit rizika a nebezpečí spojená se svařováním a být si vědomý opatřeních, které je nutné podniknout pro ochranu sebe i okolí. [39]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce je návrh automatické výrobní linky na výrobu termolahví, aby bylo možné převést výrobu a vybudovat první výrobní linku na termoláhve v Evropě. Výrobní linka by měla dosahovat větší pružnosti výroby a značně zkrátit dobu dopravy, která z východních zemí trvá v průměru kolem tří měsíců, kdy dlouhá doba dopravy značně omezuje pružnost dodávek při poptávce zákazníků a může způsobovat dlouhé dodací termíny.

Předpokladem automatické výrobní linky je celková maximální produkce 5 milionů lahví ročně při výrobě na 3 směny 7 dní v týdnu a navržení dle výrobní dokumentace termoláhve o objemu jednoho litru.

Záměrem praktické části je analyzování možných variant výrobních technologií, které jsou součástí výrobního procesu termoláhve na základě vstupní výkresové dokumentace a výpočet rozměrů vstupních surovin pro výrobu termoláhve. Implementace vhodných výrobních technologických procesů do konceptu výrobní linky k docílení názorného popisu kompletního průběhu výroby termoláhve. Představení hlavních strojních prvků figurujících ve výrobní lince. Zhotovení ekonomické analýzy ceny jedné termoláhve k porovnání cen s východním trhem a její závěrečné zhodnocení.

## 7 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TERMOLÁHVÍ

Návrh technologie výroby termolahví je spojen kapacitními výpočty výrobní linky, popisem termoláhve a analyzováním vhodných výrobních procesů.

### 7.1 Výpočet kapacity výrobní linky

S návrhem výrobní linky na výrobu termolahví je nezbytné zpracovat kapacitní výpočty pro zjištění potřebného taktu výrobní linky. Takt výrobní linky vyjadřuje čas, za který linka vydá hotový kus.

Vzhledem k požadovanému ročnímu vyrobenému množství 5 000 000 kusů termolahví, musíme brát v potaz i zmetkovitost, kdy neshodný výrobek není možné expedovat k zákazníkovi. Vzhledem ke zkušenostem z výroby je volena zmetkovitost 4,0 % z celkového požadovaného množství vyrobených lahví. Potřebné vyrobené množství za rok je:

$$N = N_p + \left( \frac{N_p * q}{100} \right) = 5\,000\,000 + \left( \frac{5\,000\,000 * 4,0}{100} \right) = 5\,200\,000 \text{ termolahví} \quad (7.1)$$

Kde:

$N_k$  požadované roční vyrobené množství kusů [ks],

$q$  množství zmetků ve výrobě [%],

$N$  potřebné vyrobené množství včetně zmetkovitosti [ks].

Další hodnotou potřebnou k výpočtu taktu výroby je roční efektivní časový fond pracoviště  $E_{s/r}$ , tento roční efektivní časový fond udává možný počet hodin provozu výrobní linky při odečtení časových výdajů na plánované a neplánované odstávky, poruchy, opravy a další.

Vzhledem k druhu výroby se bude muset jednat o třisměnný provoz, 10 dnů je počet dnů v roce pro provedení plánovaných odstávek. Počet dnů pro plánované a neplánované provozní zásahy je vzhledem k výrobě jednoho kusu zvolen na 4 % z celkového množství pracovních dnů. Roční efektivní časový fond tedy vychází:

$$E_{s/r} = D - \left( D * \frac{D_{ser}}{100} \right) - D_{PO} = 365 - \left( 365 * \frac{4}{100} \right) - 10 = 340,4 \text{ dní} \quad (7.2)$$

Kde:

$E_{s/r}$  roční efektivní časový fond pracoviště [dny],

$D$  celkový počet dní v roce [dny],



$D_{seř}$  počet dnů za rok, které jsou určeny pro opravy, údržby, neplánované odstávky [%],

$D_{po}$  počet dnů pro plánované odstávky za rok [dny].

Množství vyrobených termolahví za jednu směnu trvající 8 hodin:

$$N_{8h} = \frac{N}{S_R} = \frac{5\,200\,000}{1020} = 5098,04 \cong 5098 \text{ ks termolahví} \quad (7.3)$$

Kde:

$S_R$  množství směn v roce (340 dní \* 3 směny denně).

Výpočet taktu výrobní linky:

$$t = \frac{3600 * E_{s/r} * St_s * \eta}{N} = \frac{3600 * 340 * 3 * 8 * 0,85}{5\,200\,000} = 4,8 \text{ s/ks} \quad (7.4)$$

Kde:

$St_s$  strojní směnnost za den – hodinové strojní vytížení, kdy u automatických linek se počítá na plné zatížení ve směně, tedy 8 hodin (3\*8 hodin) [hod],

$\eta$  časové využití linky [%].

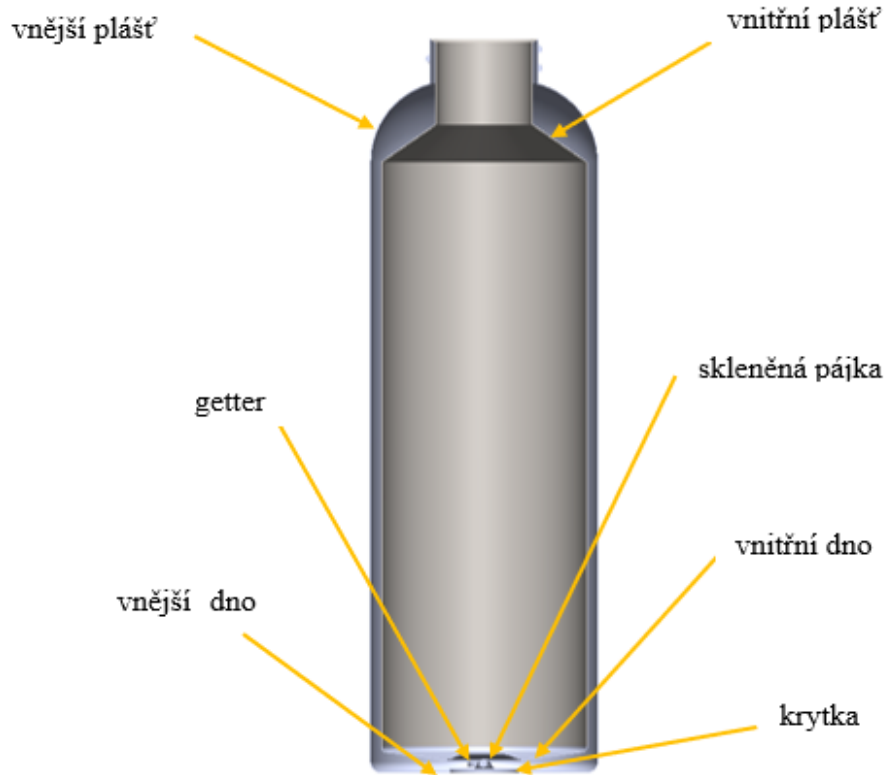
Pro výrobu 5 200 000 kusů musí být schopna výrobní linka vyrábět termoláhve v taktu 4,8s.

Vzhledem k požadavku na velmi časově nízký takt výrobní linky na jeden kus bude nutné v časově náročnějších výrobních procesech znásobit pracoviště tak, aby bylo množství výrobní produkce termolahví dostačující zákaznickým požadavkům.

## 7.2 Popis termoláhve

Jedná se o dvoustěnnou vakuově izolovanou láhev z nerezové oceli AISI 304. Láhev je složena z vnitřní a vnější nádoby. Jednotlivé nádoby se skládají z pláště a dna, které jsou spojeny svarovým spojem. Pláště vnitřní i vnější nádoby mají tvar trubky a v horní části tvarované hrdlo. Na vnitřní části dna pro vnější nádobu se nachází getter, který je ke dnu přivařen. Vnitřní a vnější nádoby jsou k sobě spojeny (svařeny) v místě, kde se nachází hrdlo. Jedná se o neizolované místo, zvané teplotní most, a na vnější části hrdla je vytvořen závit. V meziprostoru nádob se nachází vakuum, roztavenou skleněnou pájkou je vakuu zabráněn únik z láhve a ucpávka je zakryta krycím plíškem, která je ke dnu přivařena. Termoláhev s jednotlivými komponenty je popsána na Obr. 20. Celá termoláhev je čištěna

po svařování z důvodu obnovy ochranné pasivační vrstvy na povrchu láhve, dále je broušena a hrdlo je leštěno. Na závěr je termoláhev lakována práškovou barvou.



Obr. 18 Popis termoláhve

### 7.3 Schéma výrobního procesu

Na základě popisu vyráběné termoláhve bylo navrženo schéma výrobního procesu (Obr. 21), dle kterého budou k jednotlivým výrobním procesům navrženy vhodné výrobní technologie.

Schéma je rozvrženo do těchto výrobních částí:

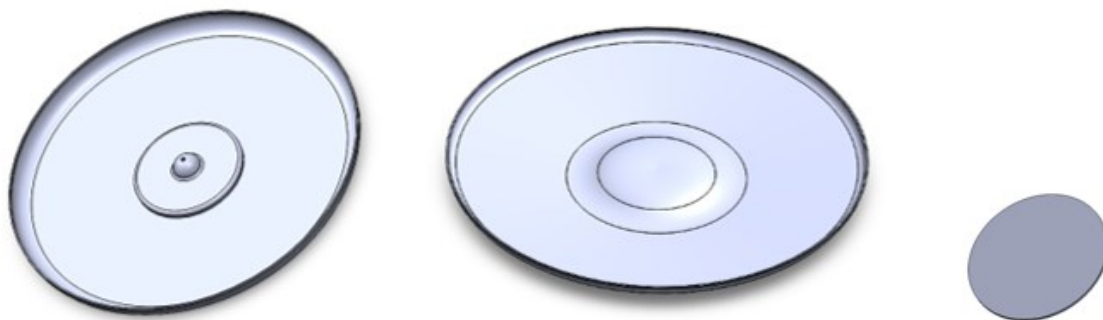
- výroba vnitřního dna, vnějšího dna a krytky termoláhve,
- výroba vnitřního a vnějšího pláště,
- svařování termoláhve,
- vytvoření vakua v termoláhvi,
- tvorba ochranné pasivační vrstvy na povrchu termoláhve,
- leštění a broušení termoláhve,
- lakování práškovou barvou.



Obr. 19 Schéma výrobního procesu

#### 7.4 Výroba vnitřního dna, vnějšího dna a krytky termoláhve

Všechny tyto díly jsou z nerezového materiálu AISI 304 a jsou vyobrazeny na Obr. 22. Vnitřní a vnější dno jsou velmi podobné díly a odlišují se průměrem a také středem. Vnitřní dno má ve středu pouze prolis a dno vnější má ve středu prolis a otvor, pomocí kterého je v termoláhvi následně vytvořeno vakuum. Pro výrobu těchto dílů bude nejvhodnější výrobní metodou lisování za studena a vzhledem k tvarovému výlisku je důležité nejdříve vystříhnout polotovár a následně vytvořit tvar dna. Vhodným strojem pro lisování je hydraulický lis. Vstupním polotovarem pro výrobu je svitek materiálu AISI 304, tento svitek musí být odvíjen a rovnán, aby nedocházelo k problémům při lisování. Po vylišování tvaru dna může docházet ke vzniku nepřesností, které mohou způsobovat problémy se svařováním láhve, a proto se doporučuje ořez dna, které je přesně zarovnáno na požadovaný rozměr. Ořez je vhodné provést pomocí laseru, který je přesný a při správném seřízení nedochází ke vzniku ořepů.



Obr. 20 Vnější dno (vlevo), vnitřní dno (uprostřed), krytka (vpravo)

Výroba krytky termoláhve je velmi nenáročná, a proto je i pro tuto metodu zvoleno lisování za studena, při kterém dochází pouze k vystřížení kruhu o průměru 25 mm hydraulickým lisem.

### 7.5 Výroba vnitřního a vnějšího pláště termoláhve

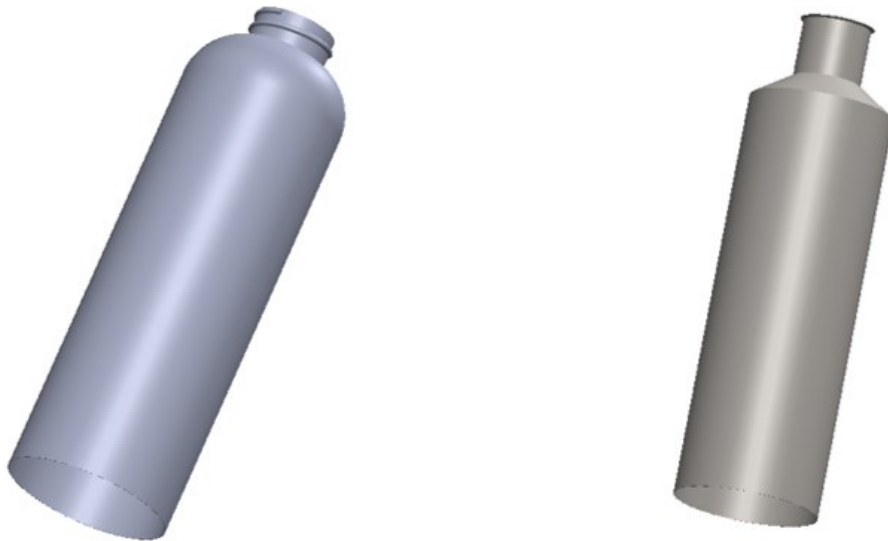
Pro vstupní polotovary u vnitřního a vnějšího pláště termoláhve připadají v úvahu dvě možnosti, a to polotovar v podobě již vyrobených trubek nebo polotovar ve formě svitku, ze kterého je následně trubka vyrobena. Na základě velkého požadovaného výrobního množství je vzhledem k ceně za dopravu trubek je volena metoda výroby ze svitku, důvodem je, že se z velké části převáží „vzduch“ a také hrozí, že během přepravy dojde k poškození trubek a nebude je možné použít pro výrobu.

Po vyrobení trubky se musí vytvarovat hrubý tvar termoláhve s tvarem hrdla. Výrobní technologií, kterou je možné formování trubek je proces zvaný hydroforming, díky němuž dojde nejen k docílení hrubého tvaru, ale také dojde ke zpevnění nádoby. Při tvarování hydroformingem dochází ke zvětšování průměru polotovaru a tím pádem se zmenšuje tloušťka stěny. Maximální udávané zvětšení průměrů u hydroformingu trubek činí 28 %, tím pádem je i ztenčení tloušťky maximálně 28 %. V hydroformingu se z jedné trubky formují současně 2 termoláhve, které jsou spojeny v místě dna a přes budoucí hrdla jsou plněny formující kapalinou.

Po hydroformingu je nutné vytvarování hrdla láhve na požadovaný tvar, tedy zmenšení průměru trubky z vyrobené základní trubky. Po vytvarování požadovaného tvaru je u hrdel vnějších plášťů tvarován závit.

K této výrobní sekci je nezbytné navrhnutí jednoúčelových strojů pro dané operace, jedná se o jednoduché CNC.

Pro výrobu šířky svitku budeme uvažovat rozměr obvodu trubky s předpokladem, že při výrobě trubky budou k dispozici přesné svitky bez otřepů a nebude potřeba ořez svitku pro kalibraci rozměru před samotným procesem výroby trubky, vnitřní i vnější plášť se nachází na Obr. 23.



Obr. 21 Vnější (vlevo) a vnitřní plášť (vpravo)

Výpočet šířky svitku vstupního materiálu pro vnější plášť:

Výpočet průměru trubky vnějšího pláště:

$$D_{tr/out} = D_{ter/out} * 72\% = 84 * 0,72 = 60,48 \text{ mm} \quad (7.5)$$

Kde:

$D_{tr/out}$  průměr trubky vnějšího pláště [mm],

$D_{ter/out}$  průměr vnější části termoláhve [mm].

Výpočet obvodu trubky vnějšího pláště:

$$O_{tr} = \pi * D_{tr} = \pi * 60,48 = 190,0035 \text{ mm} \quad (7.6)$$

Kde:

$D_{tr/out}$  průměr trubky vnějšího pláště [mm],

$O_{tr/out}$  obvod trubky vnější části termoláhve [mm].

Vzhledem k roztažnosti trubky, která je 28 %, volíme šířku svitku dle obvodu trubky a zaokrouhlujeme do plusu. Šířku svitku pro výrobu vnějšího pláště volíme 191 mm.

Výpočet šířky svitku vstupního materiálu pro vnitřní plášť:

Výpočet průměru trubky pro vnitřní plášť:

$$D_{tr/in} = D_{ter/in} * 72\% = 76 * 0,72 = 54,72 \text{ mm} \quad (7.7)$$

Kde:

$D_{tr/in}$  průměr trubky vnitřního pláště [mm],

$D_{ter/in}$  průměr vnitřní části termoláhve [mm].

Výpočet obvodu trubky vnitřního pláště:

$$O_{tr} = \pi * D_{tr} = \pi * 54,72 = 171,91 \text{ mm} \quad (7.8)$$

Kde:

$D_{tr/in}$  průměr trubky vnitřního pláště [mm],

$O_{tr/in}$  obvod trubky vnitřní části termoláhve [mm].

Vzhledem k roztažnosti trubky, která je 28 %, volíme šířku svitku dle obvodu trubky a zaokrouhlujeme do plusu. Šířku svitku pro výrobu vnitřního pláště volíme 172 mm.

Volba délky trubky pro vnější plášť:

- Výslednou délkou vnějšího pláště je délka 265 mm, pro délku trubky vnějšího pláště budeme uvažovat přídavek 15 mm, tedy délku 280 mm.

Volba délky trubky pro vnitřní plášť:

- Výslednou délkou vnějšího pláště je délka 260 mm, pro délku trubky vnějšího pláště budeme uvažovat přídavek 15 mm, tedy délku 275 mm.

Při provádění reálných testů je možné přídavek 15 mm zmenšovat do doby, kdy bude výroba probíhat bez problému. Cílem je získání co nejmenšího vzniku odpadu a docílení nejnižší možné výrobní ceny.

## 7.6 Svařování termoláhve

Před procesem svařování je nutné provést odmaštění polotovarů, mastnota by při svařování způsobovala značné problémy, které nelze při výrobě akceptovat. Pro odmašťování je zvolena ultrazvuková čistička, kdy proces je automatizován.

Pro svařování tenkostěnných nerezových plechů připadají v úvahu dvě možné varianty, a to konkrétně svařování metodou TIG a svařování laserem. Metoda TIG je vhodnou volbou ke svařování kvalitních svarů a tenkých plechů, ke svařování se používají wolframové elektrody se svařováním v inertní atmosféře. Ale wolframovou elektrodu je nutné brousit, aby byla zachována konstantní kvalita sváru. Nutnost broušení elektrody by záporně ovlivňovalo plynulost výrobní linky, častá údržba by snižovala i celkovou výrobní produkci termoláhvi.

Zatímco svařování laserem je rychlejší a čistější metoda svařování. Svařování laserem je vhodnou technologií pro použití v automatizaci.

Vzhledem k těmto parametrům je zvolena metoda laserového svařování, a to zejména kvůli rychlosti svařování. Rychlost laserového svařování se pohybuje kolem 40 mm/s a běžná rychlost svařování metodou TIG je kolem 3 mm/s.

## 7.7 Tvorba vakua v termoláhvi

Vakuum v termoláhvi je izolačním prvkem mezi vnějším a vnitřním obalem, a proto je po vytvoření vakua nutné zaslepit otvor pro vstup vakua do meziprostoru, aby nedošlo k úniku. Otvor se zaslepuje tzv. skleněnou pájkou, kdy se jedná o kuličku s průměrem 5 mm a její teplota tání je 520 °C. Proces tvorby vakua by měl trvat 3 hodiny.

Pro dosažení teploty 520 °C a vytvoření vakua je vhodnou variantou vakuová pec, která se používá nejčastěji pro tepelné zpracování, kterým je například kalení v ochranné atmosféře, kterou je právě vakuum.

Výpočet kapacity vakuové pece, při vnitřním rozměru 2500x1000x1200:

Láhev má průměr 84 mm a výšku 265 mm, při uvažování vůle láhve v koši a vzdálenost pro oddělení mezi jednotlivými láhvemi, tak uvažujeme rozměr 100x100 mm na jednu láhev v koši.

$$\text{Množství láhví na délku pece: } n_{dp} = \frac{d_p}{r_l} = \frac{2800}{100} = 28 \text{ láhví} \quad (7.9)$$

Kde:

$d_p$       délka pece [mm],

$r_l$       rozměr láhve [mm],

$n_{dp}$     množství lahví na délku pece [ks].

$$\text{Množství láhví na šířku pece: } n_{\dot{s}p} = \frac{\dot{s}_p}{r_l} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ láhví} \quad (7.10)$$

Kde:

$\dot{s}_p$  šířka pece [mm],

$n_{\dot{s}p}$  množství lahví na šířku pece [ks].

$$\text{Množství láhví na výšku pece: } n_{vp} = \frac{v_p}{v_l} = \frac{1200}{265} = 4,53 \rightarrow 4 \text{ láhve} \quad (7.11)$$

Kde:

$v_p$  výška pece [mm],

$v_l$  výška láhve [mm],

$n_{vp}$  množství lahví na výšku pece [ks].

$$\text{Kapacita láhví na jednu pec: } n_c = n_{dp} * n_{\dot{s}p} * n_{vp} = 28 * 10 * 4 = 1120 \text{ kusů} \quad (7.12)$$

Kde:

$n_c$  množství lahví na jednu pec celkem [ks].

Vzhledem ke kapacitě pece 1120 ks a tvorbě vakua trvajícím 3 hodiny procesu. Během procesu tvorby vakua linka vyprodukuje 2250 ks termolahví.

$$\text{Množství vakuových pecí: } n_{pec} = \frac{n_{ter3h}}{n_c} = \frac{2250}{1120} = 2,0089 \rightarrow 3 \text{ pece} \quad (7.13)$$

## 7.8 Čištění termoláhve a obnova ochranné pasivační vrstvy na povrchu nerezů

Po svařovacích procesech je nezbytné elektrolytické čištění nerezů, aby byla obnovena ochranná pasivační vrstva na povrchu nerezů. Pro proces elektrolytického čištění bude navržena automatizovaná linka.

## 7.9 Leštění a broušení termoláhve

Broušení a leštění je proces úpravy povrchu termoláhve, kdy se na termoláhvi musí brousit sváry, povrch, dno, hrdlo a na závěr hrdlo leštit. Tento proces je velmi obtížné řídit roboticky vzhledem k citu při broušení, kdy dochází k úbytku materiálu na láhvi a současně je opotřebováván pás, s opotřebením pásu se mění brusné podmínky. Z těchto důvodů jsou pro proces broušení navrženi operátoři.



## 7.10 Lakování práškovou barvou

Na závěr výrobního cyklu je termoláhev lakována práškovou barvou. Proces práškového lakování je běžnou povrchovou úpravou ocelí, kdy při procesu lakování je nezbytné maskovat (zakrývat) hrdlo láhve před nalakováním. Vhodnou volbou je použití maskovacího prvku, který se bude nacházet na páse při usazování termolahví a vydrží x lakování, než bude nutné ho vyměnit, příkladem je Obr. 24.

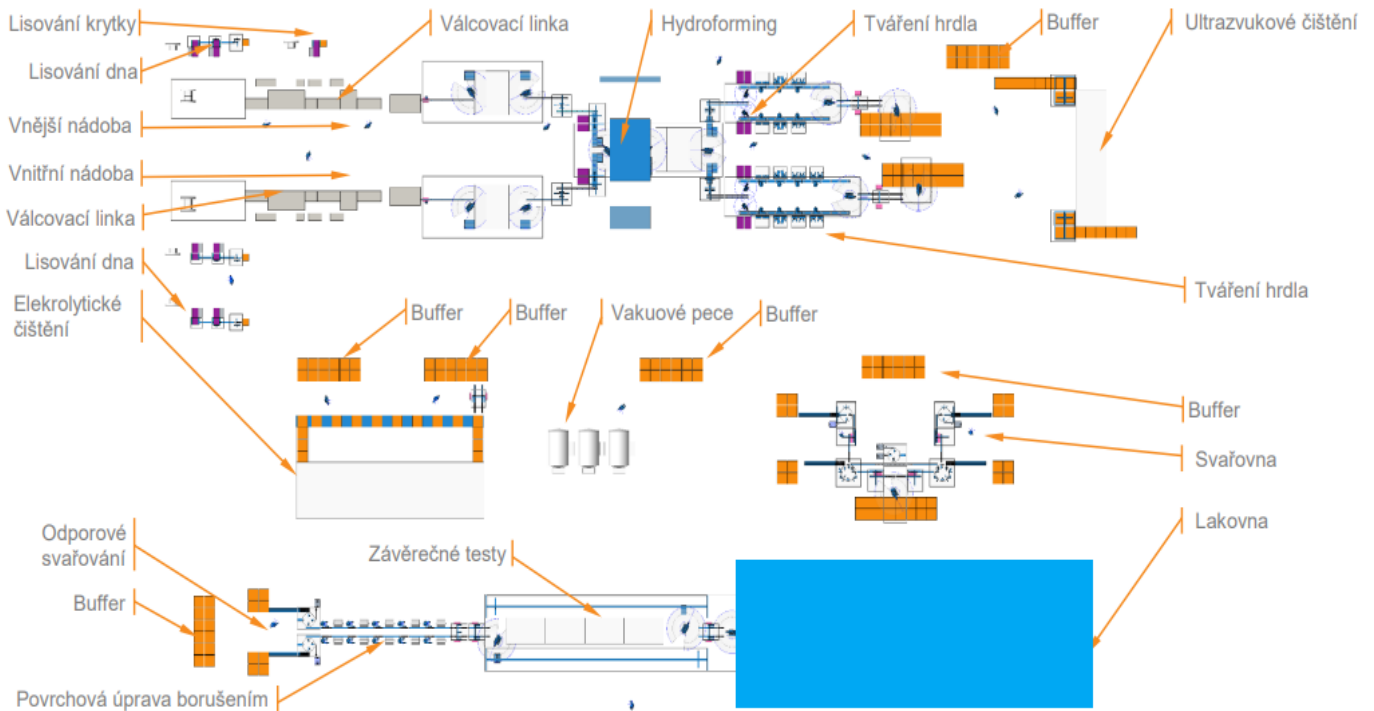


Obr. 22 Maskování hrdla termoláhve

Před samotným lakováním je nezbytná předúprava povrchu, která bývá dvoustupňová, a to mechanická úprava povrchu a chemická úprava povrchu. Mechanická úprava povrchu je již provedena v procesu leštění a broušení termoláhve. Na rozdíl od toho chemická úprava už musí být součástí lakovací linky a díly zejména v sériové výrobě jsou odmašťovány, už když je díl zavěšen na dopravníku lakovací linky. Chemická úprava slouží k odmaštění a odstranění nečistot na dílu, po čištění následuje oplach a sušení. Po těchto přípravných procesech je láhev lakována práškovou barvou pomocí elektrostatického pole, které zajistí udržení prášku na láhvi do doby, než je prášek vytvrzen v peci a po vytvrzování v peci končí proces lakování chlazením a odebíráním lakovaných kusů.

## 8 KONCEPT VÝROBNÍ LINKY

Koncept výrobní linky, nacházející se na Obr. 25, je rozdělen do jednotlivých výrobních sekcí a cílem celého konceptu výrobní linky je mít co nejefektivnější automatizovanou výrobu s důrazem na kvalitu výroby.



Obr. 23 Koncept výrobní linky

### 8.1 Lisovna a válcovací linka

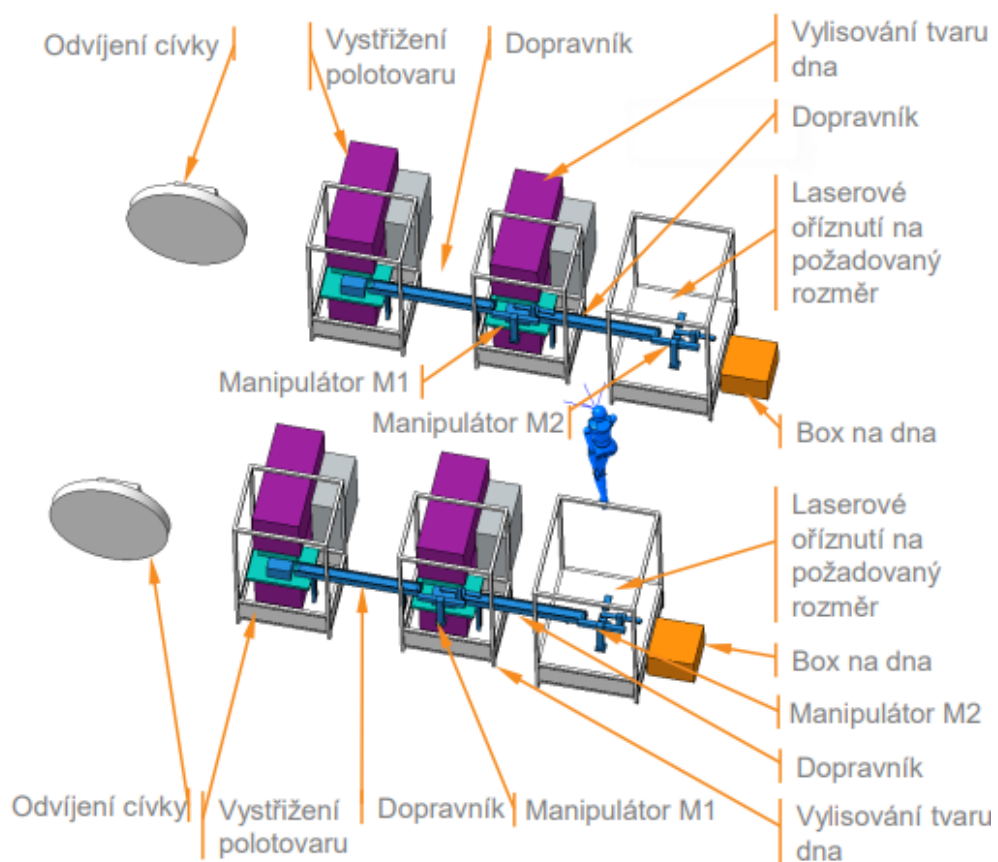
Zahájení celého výrobního procesu začíná lisovnou a válcovací linkou, kde dochází k výrobě hlavních komponentů termoláhvě, a to lisování dna vnitřní a vnější části (Obr. 26), lisování krytky dna termoláhvě (Obr. 27), válcování trubky vnitřní a vnější části těla termoláhvě (Obr. 28).

Vstupním materiálem pro lisování i válcování je cívka nerezového plechu jakosti DIN 1.4301.

Při lisování dna vnitřní i vnější nádoby se na vstupu nachází automatický odvíječ, na něj navazuje rovnačka plechu a válečkový podavač do lisovacího nástroje. Z plechu je vystřižen polotovar, který je pomocí dopravníku přemístěn do druhého lisu k vylisování tvaru dna. V jednom kroku odpad z vystřížení polotovaru je zpracován mechanickými nůžkami na odpad a propadá do nádoby na odpad nacházející se uvnitř lisu. Manipulátor M1 v jednom taktu odebírá polotovar plechu a zakládá ho do lisu pro vylisování tvaru dna

a zároveň odebírá vylisované dno a zakládá ho na dopravník. Z dopravníku odebírá vylisované dno manipulátor M2 a zakládá jej do přípravku pro laserové zarovnání dna a současně odebírá hotové kusy. Tato zařízení jsou zdvojená z důvodu taktu výroby jednoho dna, který je odhadován na 7 s a při zdvojení výroby dojde k vyrobení 2 kusů dna za 7 s, a tudíž návrh linky odpovídá požadovanému taktu výroby.

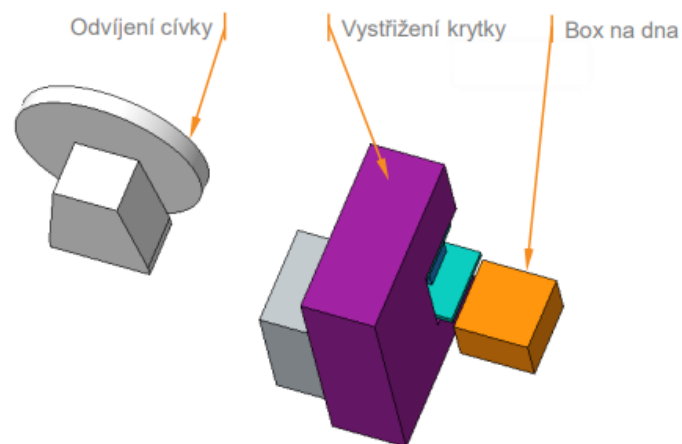
Pro odvíjení cívky je vybráno jednostranné odvíjecí zařízení, rovnačka plechu, válečkový podavač a mechanické nůžky na odpad. Pro vystřížení polotovaru a vylisování dna jsou použity hydraulické lisovací nástroje.



Obr. 24 Lisování dna vnější nádoby

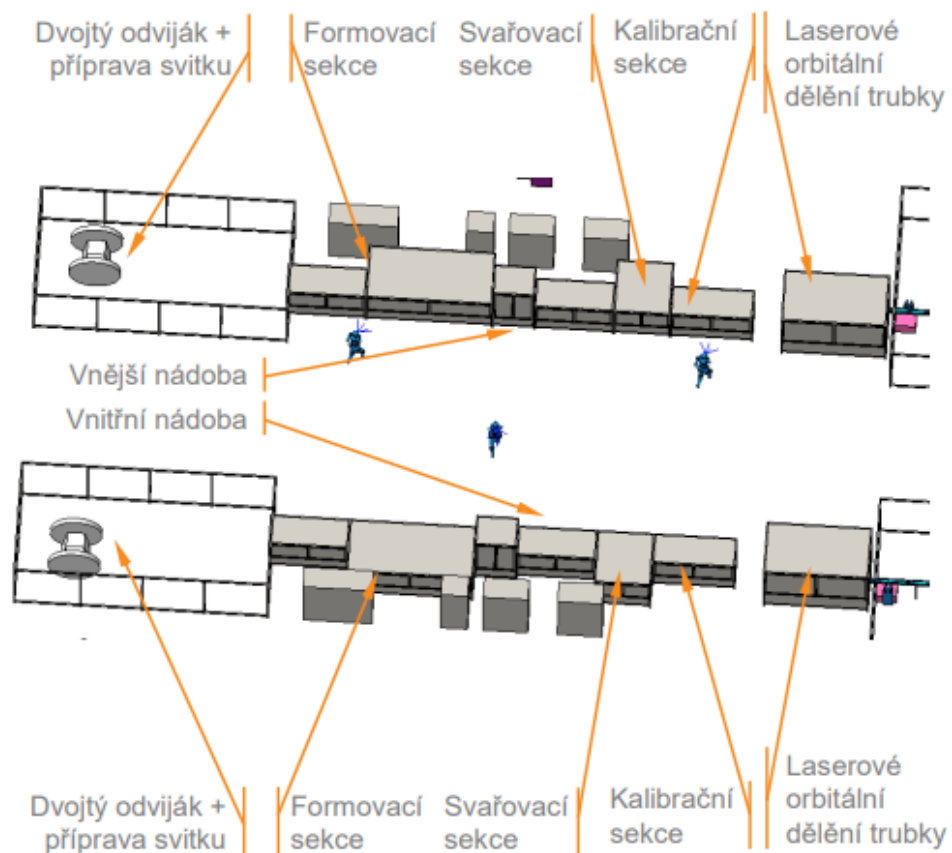
Lisování krytky dna termoláhve je jedna z nejjednodušších částí výrobních procesů, kdy se na vstupu nachází automatický odvíječ, rovnačka plechu a válečkový podavač do střížného nástroje, který je upnut v hydraulickém lise. Výrobní takt je 3,5 s a tímto časem zcela dostačuje výrobním požadavkům.

Strojově vybavené zařízení je stejné jako u lisování dna nádoby s jediným rozdílem, a to použitím nižší síly hydraulického lisu, protože krytky dna jsou výrazně menší, a tudíž není nutné použití tak silného lisu.



Obr. 25 Lisování krytky dna termoláhvě

Pro výrobu trubek byla navržena válcovací linka na laserem svařované trubky, kdy vlastní výroba trubek byla zvolena vzhledem k množství výroby trubkových polotovarů a také k vyhnutí se problémům s logistikou a možnými poškozenými trubkami při případné extévní výrobě a přepravě do výrobní haly.



Obr. 26 Válcovací linka

Součástí výrobní linky jsou dvě válcovací linky sloužící k paralelní výrobě vnější a vnitřní trubky nádoby najednou. Jedná se o válcovací linky, kdy pomocí postupného stáčení a svařování trubky vznikne polotovar trubky k dalšímu zpracování. Součástí linky je i kontrola kvality zaměřena na kvalitu svárů a rozměrů trubek. Válcovací linka je složena z odvíjecí sekce, formovací sekce, svařovací sekce, kalibrační sekce a laserového orbitálního dělení trubky. V případě zájmu vyrábět jiné průměry trubek, je nutné vyměnit celou sadu nástrojů pro formování trubky.

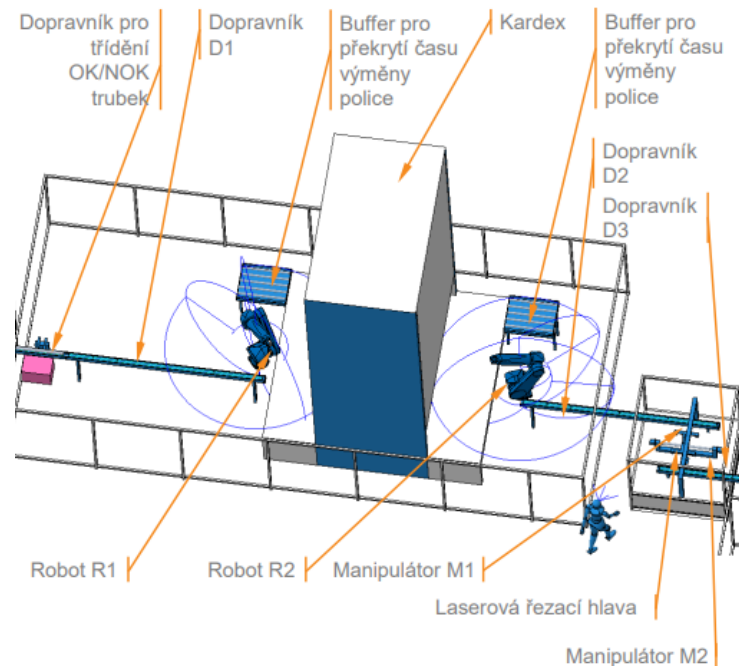
## 8.2 Mezisklad a dělení trubek

Vyrobené trubkové polotovary prochází kamerovou kontrolou, zda-li polotovar není nikterak poškozen a odpovídá příslušnou délkou pro následný proces hydroformingu. Po kontrole kvality polotovaru je ve výrobní lince umístěn technologický mezisklad ve formě automatizovaného skladového systému značky Kardex. Do meziskladu je možné zaskladnit polotovary, aby se docílilo časové rezervy při výrobě a díky tomuto je možné pokračovat ve výrobě, zatímco například na válcovací lince probíhá pravidelná údržba. Časová rezerva závisí na rozměrových možnostech haly, konkrétně výšky haly, případně použití více Kardexů. Zakládání a vykládání polotovarů z meziskladu zajišťují roboti (R1, R2), v případě výměny police odkládá robot trubky do bufferu.

Při vykládání trubek ze zásobníku, robot R2 zakládá trubku na ležato na dopravník D2. Po dopravníku trubka dorazí k manipulátoru M1, ten ji uchopí a zakládá ji do manipulátoru M2 a zároveň odebírá z manipulátoru M2 rozdělené kusy a zakládá je na dopravník D3.

Pro dělení trubek je použita staticky uchycená laserová hlava a manipulátor M2 s trubkou rotuje mezi hroty. Z jednoho kusu trubky jsou vyrobeny 4 kusy (vnitřní nebo vnější) části termoláhve.

Opět je výroba paralelní a mezisklady jsou dva, a to tedy u výroby vnějšího i vnitřního pláště termoláhve. Mezisklad a dělení trubek jsou vyobrazeny na Obr. 29.



Obr. 27 Mezisklad a dělení trubek

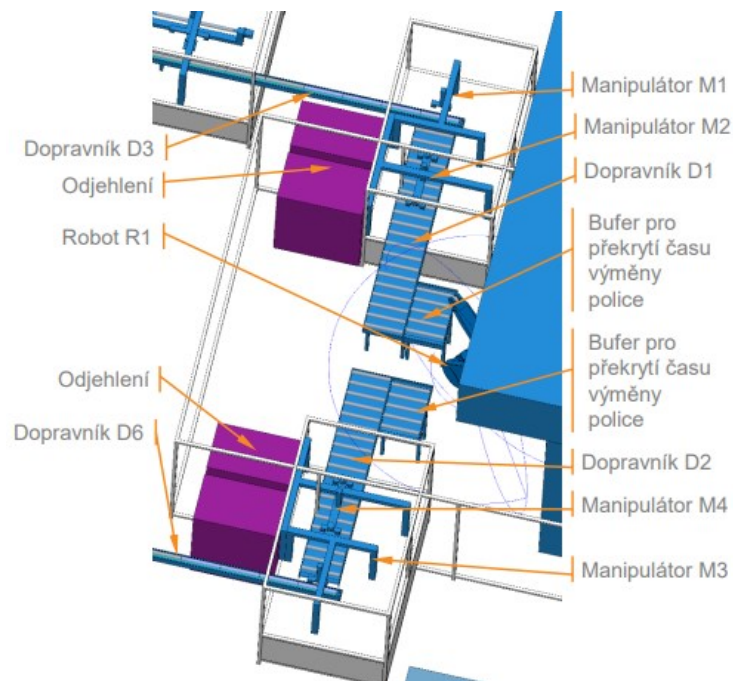
### 8.3 Hydroforming a přípravné procesy

Před samotným procesem zvaným hydroforming je nutné provést přípravu samotné trubky (Obr. 30), a to odjehlením. Odjehlení je důležité, aby byla zachována těsnost při procesu hydrogormingu.

Z dopravníku D3 je manipulátorem M1 odebrána trubka pro vnější nádobu na dopravník a odtud je manipulátorem M2 vkládána do kartáčovačky pro odjehlení trubek, kde dojde k odjehlení na obou koncích trubky a manipulátor M2 vrací trubku zpět na dopravník.

Tento stejný proces probíhá i u vnitřní nádoby paralelně, kdy trubky jsou dopravovány pomocí dopravníku D6.

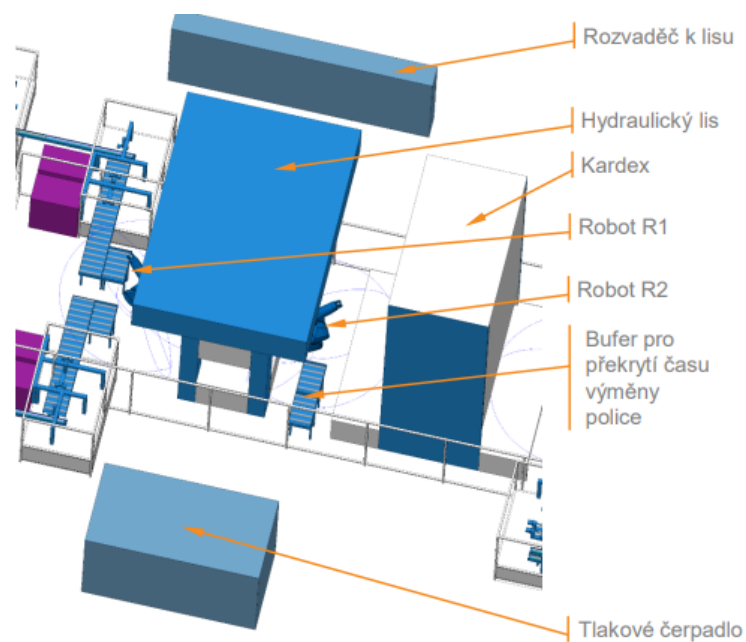
Na koncích dopravníků D1 a D2 jsou na každé straně odděleny 4 kusy trubek pro vnější nádobu a 4 kusy trubek pro vnitřní nádobu. Robot R1 je schopen najednou uchopit 4 kusy vnějších a 4 kusy vnitřních trubek a vložit je do lisu na hydroforming. Tato možnost, kdy jsou současně v jednom lisu tvarovány vnější i vnitřní pláště, je zvolena z časového a ekonomického hlediska.



Obr. 28 Příprava trubek před hydroformingem

Proces hydroformingu je velmi zdlouhavý, a proto je při tomto procesu je vytvarováno najednou množství pro výrobu celkem 8 ks lahví, proces vyobrazen na Obr. 31. V případě potřeby výměny tvářecí formy může robot R1 odjet po kolejnici mimo prostor lisu a dopravníky jsou vyklopeny nahoru.

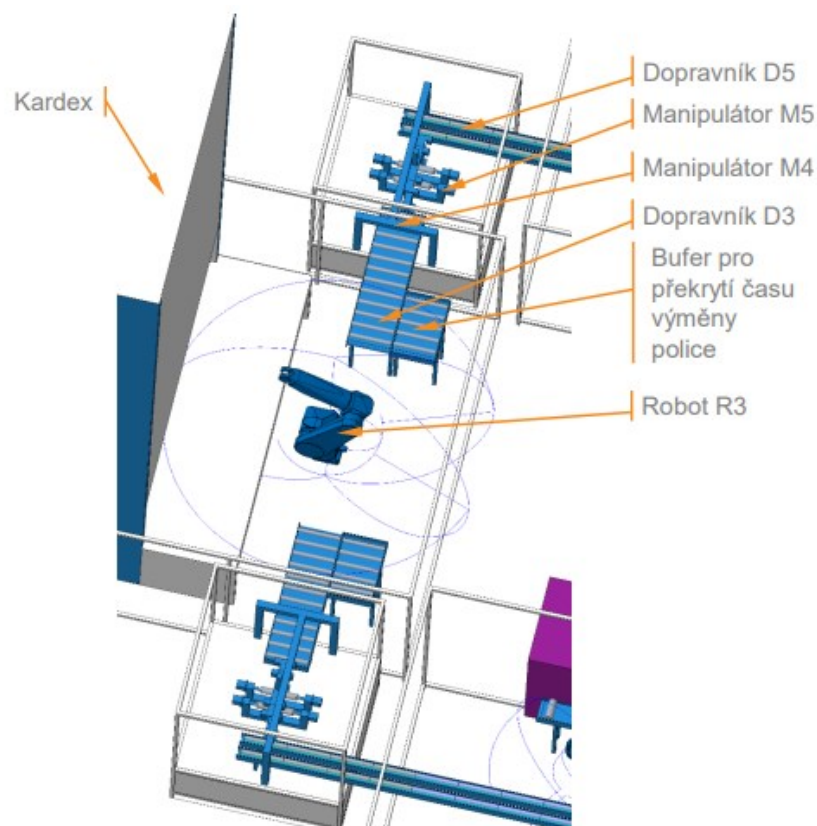
Po vyformování lahví robot R2 najednou uchopí 4 ks vnějších a 4 ks vnitřních polotovárů, vyjme je z lisu a umístí do technologického meziskladu.



Obr. 29 Proces hydroformingu

Po hydroformingu následuje dělení vnější nádoby, kdy jsou nejprve robotem R3 vyjmuty 2 ks trubek a založeny na dopravník D3. Po dopravníku přijíždějí trubky pod manipulátor M4. Manipulátor M4 odeberá v jednom taktu 2 ks trubek a zakládá je do manipulátoru M5 a současně odeberá z manipulátoru M5 rozdělené trubky a umísťuje je na dvojitý dopravník. Na dvojitém manipulátoru M5 jsou umístěny servomotory, které rotují trubkou a staticky uloženým laserem jsou trubky děleny na dva kusy.

Proces u vnitřní nádoby probíhá stejně, jako u vnější nádoby a výroba probíhá paralelně viz Obr. 32.



Obr. 30 Vyskladňování a dělení trubek

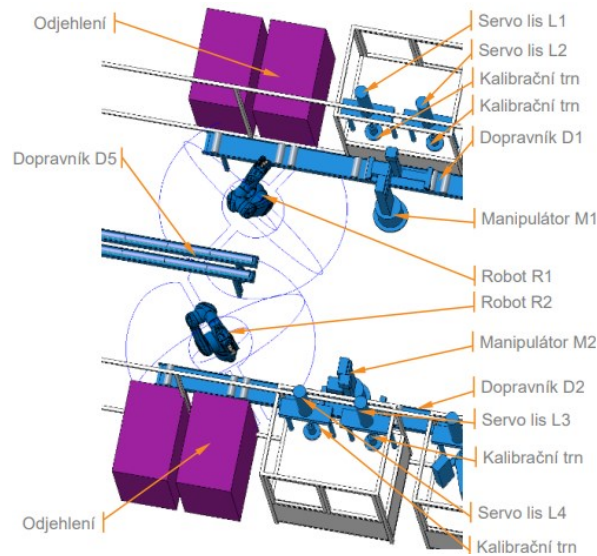
#### 8.4 Tváření hrdla vnější a vnitřní nádoby

Před samotným procesem tváření hrdla je nezbytné provést odjehlení po předchozím dělení trubek (Obr. 33), kdy po dopravníku D5 přijíždějí polotovary do míst, kde jsou odebrány. Roboti R1 a R2 odeberají nádoby a vkládají je do kartáčovačky pro odjehlení a po odjehlení jsou trubky založeny na dopravník D1 a D2.

Dopravník D1, D2 přemístí polotovary pod manipulátory M1, M2, které současně odeberají 2 kusy lahví a po dokončení procesu roztažení odeberou hotové kusy a zároveň založí kusy



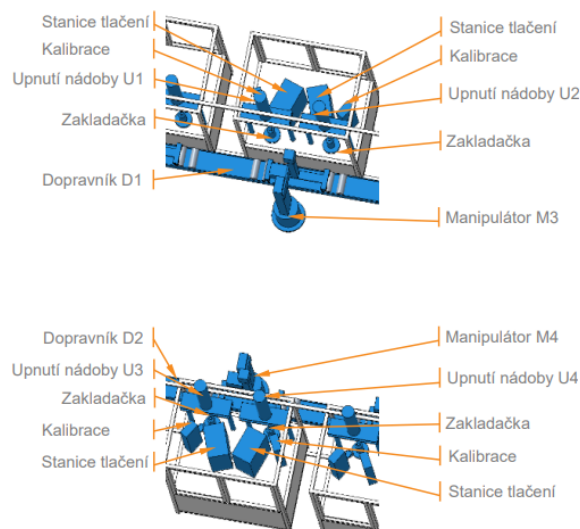
nové. Spustí se cyklus roztažení nádoby a zároveň manipulátor zakládá hotové kusy na dopravník D1, D2.



Obr. 31 Kartáčování a proces roztažení

Proces tváření hrdla pokračuje v modulu pro vytažení a kalibraci hrdla, zobrazen na Obr. 34. Manipulátory berou v jednom taktu 2 kusy nádob, počkají na dokončení operací vytažení a kalibraci u předchozích nádob. Odeberou hotové nádoby a současně založí připravené nádoby do zakladače, spustí se cyklus a současně založí hotové nádoby na dopravník D1, D2.

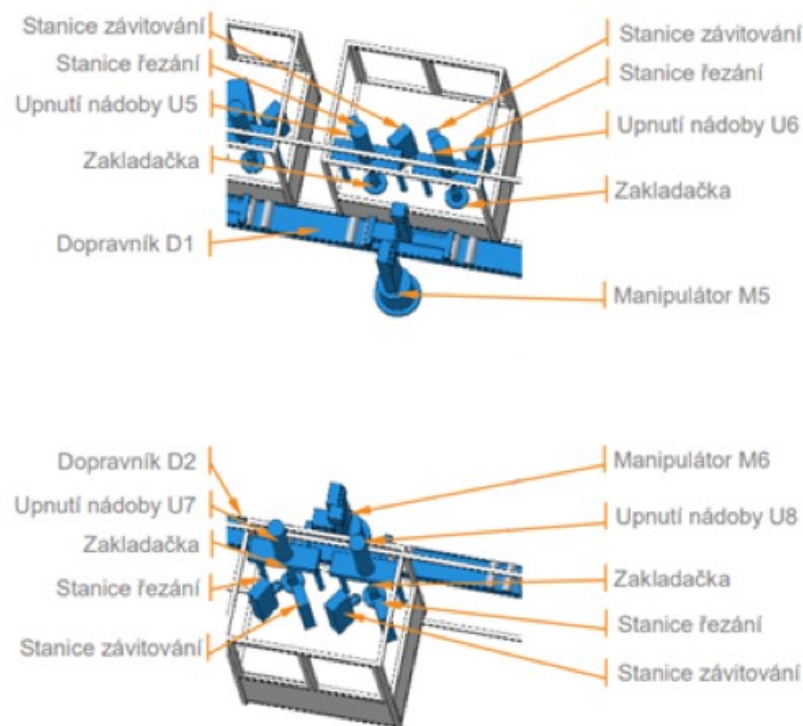
Po založení dojde k upnutí nádob (U1, U2, U3, U4) a nádoby začnou rotovat kolem své osy a pomocí rotačního nože dojde k vytažení hrdla na požadovaný rozměr. Po dokončení vytažení dojde ke kalibraci tvaru hrdla tvarovým nástrojem.



Obr. 32 Proces vytažení a kalibrace hrdla

Nádoby přijíždějí po dopravníku pod manipulátor M5 a M6, manipulátory uchopují současně 2 kusy nádob a po dokončení předchozích dojde k založení hotových nádob zpět na dopravník a jsou založeny kusy nové.

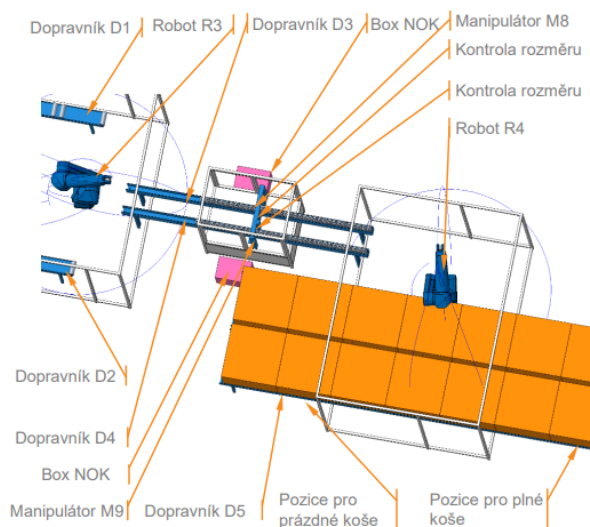
Po založení začnou kusy rotovat kolem své osy, pomocí tvarového nože je vytvarován závit a po dokončení dojde k ořezu přebytečného materiálu u hrdla (Obr. 35).



Obr. 33 Proces tvarování závitu a ořezu

Posledním výrobním modulem u tváření hrdla je modul kontroly nádob a založení nádob do přepravních boxů (Obr. 36), kdy kusy přijíždějí po dopravnících D1 a D2 a robot R3 odebírá kusy po dvou kusech a zakládá je na dopravníky D3, D4. Po dopravnících vjíždí nádoby do kontrolní stanice, kde jsou kusy rozměrově zkontrolovány. Kontrola začíná uchopením láhve a rotováním kolem své osy a současně je nádoba monitorována měřícím systémem, který kontrolu provede. V případě špatného kusu je nádoba umístěna manipulátorem (M8, M9) do NOK boxu. Na závěr jsou nádoby zakládány robotem R4 do košů na dopravník D5 a nádoby jsou přichystány k přepravě na čištění po tvářecích operacích.

Tváření hrdla vnitřní nádoby probíhá stejně, jako je tomu u tváření hrdla vnější nádoby, výroba probíhá paralelně. Jsou do výrobních strojů zadávány pouze jiné výrobní rozměry z důvodu odlišnosti vnitřního a vnějšího pláště.

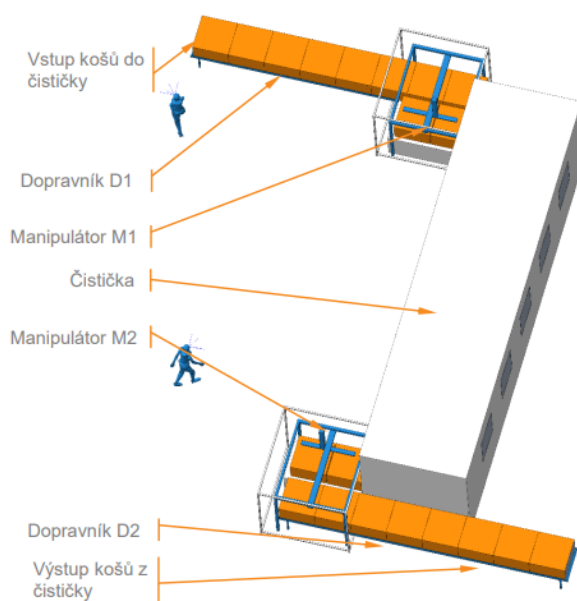


Obr. 34 Kontrola nádob a zakládání do košů

## 8.5 Čištění po tvářecích operacích

Čištění po tvářecích operacích je velmi nezbytnou součástí výrobní linky, hlavním důvodem je odmaštění nádob před procesem svařování a vzhledem k tvářecím procesům je nezbytné při tvarování použití kapalin ke snížení třecího odporu.

Pro proces mezioperačního čištění je zvolena ultrazvuková čistící linka navržená na míru zákazníkovi. Koše jsou přepraveny na dopravník D1 a z dopravníku je manipulátor M1 zakládá do ultrazvukové čističky. Na konci procesu jsou koše s dílci odebírány a přepravovány k procesu svařování. Čistička znázorněna na Obr. 37.



Obr. 35 Čištění po tvářecích operacích

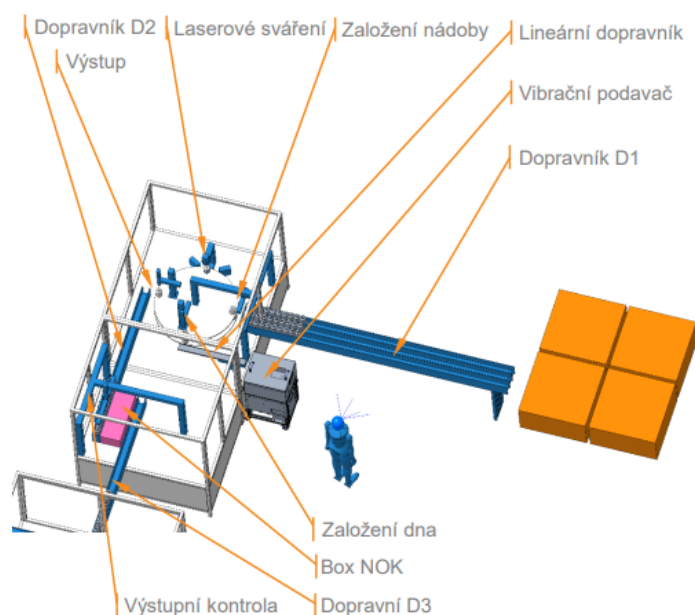
## 8.6 Svařovna

Svařovna je jednou z nejnáročnějších výrobních sekcí z důvodu kvality výrobku. Pro hromadnou výrobu je zvolena možnost svařování na karuselu.

Proces svařování začíná svařováním vnitřní láhve (Obr. 38), tato láhev se skládá ze dna a těla nádoby. Dno je do karuselu zakládáno pomocí vibračního podavače, lineárního dopravníku a dále je dno zakládáno do karuselu. Těla nádob jsou vyskládána na dopravník D1 operátorem, do budoucna je možné operátora nahradit robotem. Těla nádob jsou manipulátorem zakládána do karuselu a karusel funguje na principu založení dna láhve, založení těla láhve, svaření a výstup hotové vnitřní láhve. Nádobu je svařována laserovým paprskem, ovšem proces samotného svařování je velice zdlouhavý, tak pro zkrácení času svařování je navrženo svařovací zařízení se třemi hlavami (každá hlava svaří pouze jednu třetinu obvodu láhve) a docílí se zrychlení výrobního procesu o 66 % času.

Po svaření jsou láhve kontrolovány výstupní kontrolou, při ní dochází k tlakové zkoušce, která trvá 30 s a po celou dobu procesu nesmí dojít k poklesu tlaku v láhvi. Případné vadné kusy jsou založeny do NOK boxu pro vadné kusy. Po dokončení tlakové zkoušky manipulátor zakládá zkontrolované kusy na dopravník D3.

Proces svařování dna láhve trvá déle, než je požadovaný takt (odhadováno na 8 s) a z tohoto důvodu je výroba zdvojená, aby bylo dosaženo požadovaných výrobních množství.

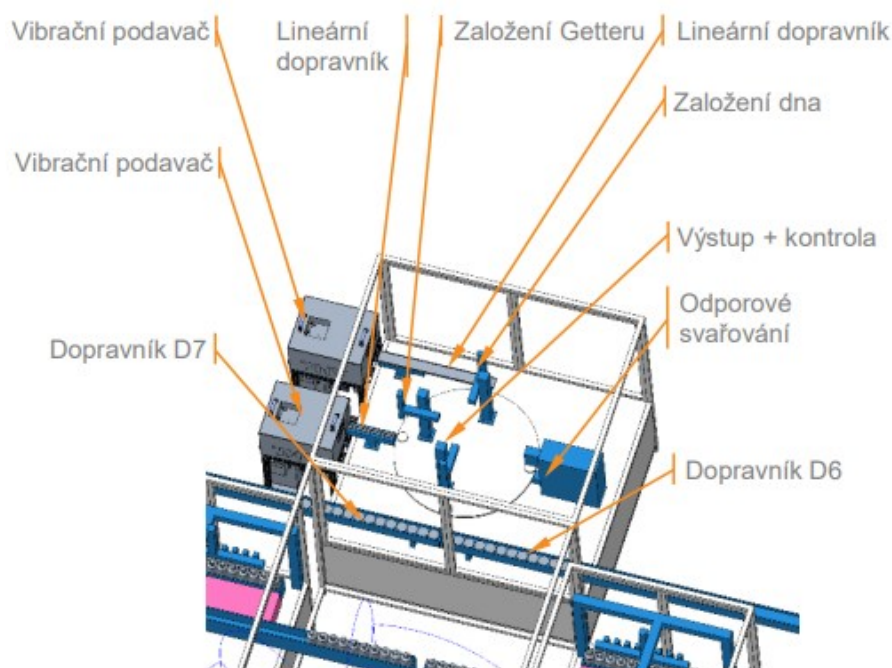


Obr. 36 Svařování vnitřní láhve

Před samotným svařováním termoláhve v samotný celek je nezbytné navaření getteru do vnitřní části dna vnější nádoby, tento proces se nachází na Obr. 39. Getter je nezbytným prvkem při tvorbě vakua a jeho stálosti.

Ve svařovacím modulu je getter dopravován pomocí vibračního podavače, lineárního vedení a manipulátor zakládá getter do zakladačky na karuselu. Dno je dopravováno stejným systémem, tedy vibračním podavačem přes lineární dopravník pod manipulátor. Manipulátor odebere dno a založí ho do zakladačky na karuselu. Na karuselu je v první pozici založen getter, dále dno nádoby, ve třetí pozici probíhá proces svařování a v poslední pozici je výstup navařeného getteru na dno vnějšího obalu.

Getter je na dno svařován odporovým svařováním a při výstupu je kamerovým snímačem provedena kontrola přítomnosti getteru, pokud getter není přítomen, tak je dno vyřazeno mezi neshodné výrobky. Hotová dna jsou zakládána manipulátorem na dopravník D6, D7.



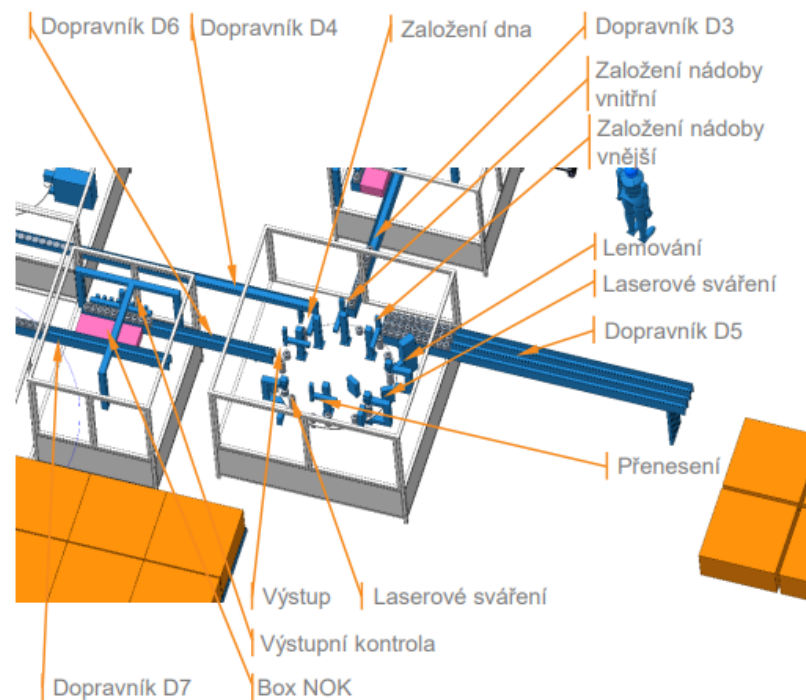
Obr. 37 Navařování getteru a kontrola jeho přítomnosti

Hlavním procesem svařování je svařování obou nádob dohromady (Obr. 40). Dno vnější nádoby je zakládáno manipulátorem z dopravníku do zakladačky na karusel, dále je založen vnitřní plášť termoláhve a na něj je založen vnější plášť, který je zakládán z dopravníku D11, na který vnější pláště vyskládňuje operátor (případně může být nahrazen robotem, ale vzhledem k rychlosti je efektivnější operátor). V dalším kroku je pomocí rotačního vytlačovacího nože vytvořen lem hrdla na vnitřní nádobě, díky tomu je možné zavařit vnitřní a vnější nádobu přes hrdla k sobě. Svařuje se pomocí laserového

svařování se třemi hlavami a při svařování jsou manipulátorem fixovány, díky rotačního pohybu dochází ke svařování.

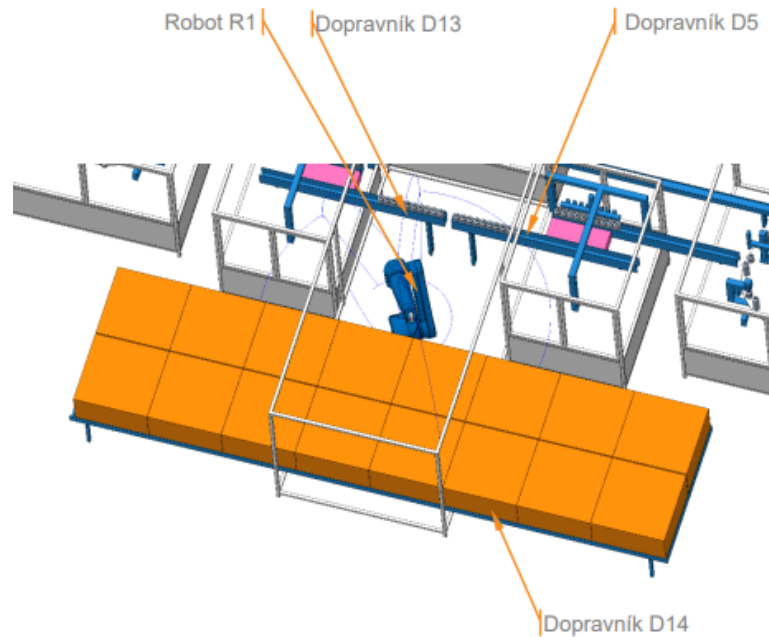
V dalším kroku manipulátor přeneše svařenou láhev do zakladačky s dnem, manipulátor zafixuje dno a vnější nádobu na své pozici a pomocí rotačního pohybu je uskutečněno svařování, které je opět realizováno laserovým svařováním se třemi hlavami.

Výstupem je svařený polotovár termoláhve, který je manipulátorem přenesen na dopravník D12, který polotovár termoláhve dopraví k výstupní kontrole, která probíhá stejně jako u kontroly vnitřní nádoby, kdy je manipulátorem odebráno 8 ks nádob a podrobena tlakové zkoušce. Po dokončení zkoušky jsou vyhovující kusy manipulátorem naskládány na dopravník D13 a neshodné výrobky jsou umístěny do NOK boxu.



Obr. 38 Kompletace svařování termoláhve

Posledním modulem u svařování je zakládání svařené láhve do košů pro další výrobní procesy (Obr. 41). Robot R1 odebírá z dopravníků D5, D13 láhve po 2 kusech a zakládá je do košů na dopravník D14.

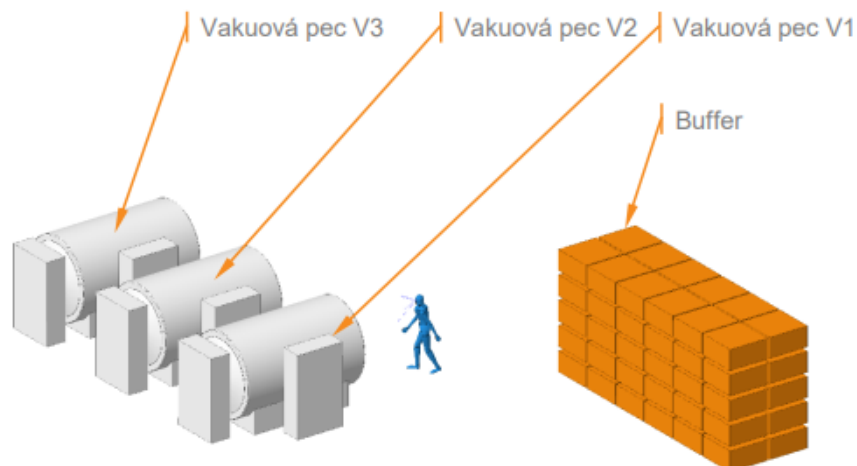


Obr. 39 Zakládání svařených lahví do transportních košů

Ve výrobním sektoru svařování je několik operací zdvojených a jedná se o operace svařování vnitřní nádoby a svařování obou nádob dohromady.

## 8.7 Vytvoření vakua v termoláhvi

Po svařování přechází svařené láhve k procesu tvoření vakua mezi vnitřním a vnějším pláštěm, ten je znázorněn na Obr. 42. Proces začíná založením lahví dnem dolů do zakládacích roštů vakuových pecí a současně jsou vkládány do důlku ve dnu láhve kuličky skleněné pájky, které se po vytvoření vakua roztaví při určité teplotě a utěsní vakuum a zajistí, aby nedošlo k úniku vakua. Kapacita vakuové pece závisí na rozměrech, které jsou 1000x1200x2800 mm a má pojmout celkem 1120 ks lahví na jeden výrobní cyklus.

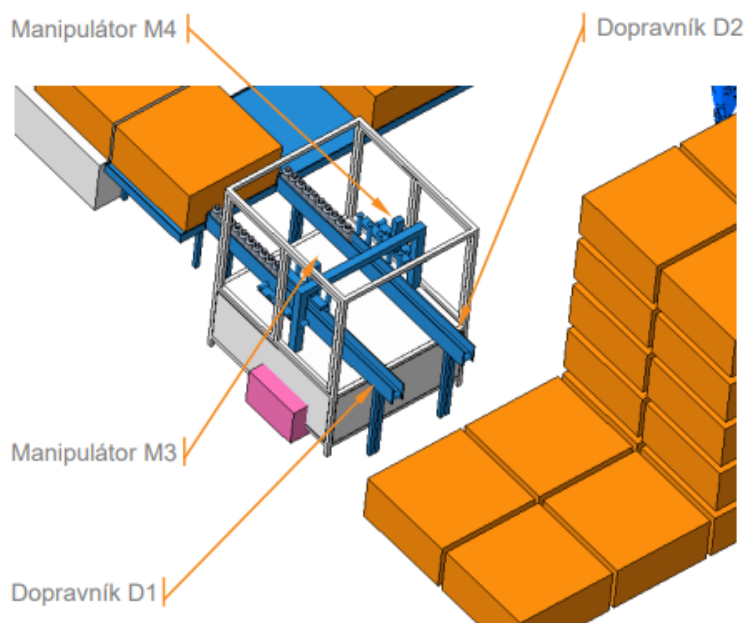


Obr. 40 Tvorba vakua v termoláhvi

## 8.8 Kontrola vakua a elektrolytické čištění láhve

Po vytvoření vakua je nezbytné zkontrolovat, zda-li nedošlo k únikům vakua (Obr. 43), aby nebyla ohrožena kvalita vyrobených termolahví. Je provedena jednoduchá kontrola, kdy je do termolahví foukán horký vzduch po dobu asi 30 s a pokud nedojde k zahřátí vnějšího pláště, tak je zaručeno, že nedošlo k úniku vakua z termoláhve. Teplota je kontrolována termosnímači.

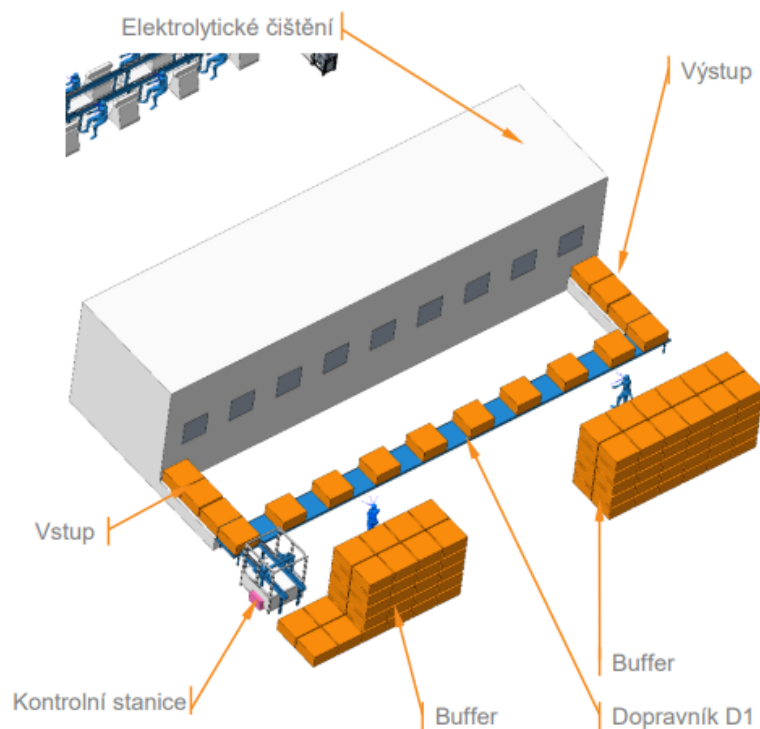
Do kontrolní stanice jsou láhve zakládány manipulátory M3 a M4, upnou 8 ks lahví a provedou kontrolu pomocí horkovzdušných ventilátorů. V případě neodpovídající kvality je termoláhev umístěna do NOK boxů a vyhovující díly jsou přesunuty na výstupní dopravník, kde jsou operátorem přeskládány do přepravních košů.



Obr. 41 Kontrola vakua

Po přeskládání lahví do košů jsou koše s lahvemi zakládány na dopravník, který prochází linkou na elektrolytické čištění. Stroj na elektrolytické čištění je jednoúčelově navrhnuté zařízení pro přesný účel elektrolytického čištění, nacházející se na Obr. 44. Jedná se o provoz, kde je kladen velký důraz na bezpečnost práce, a tudíž je linka automatická.





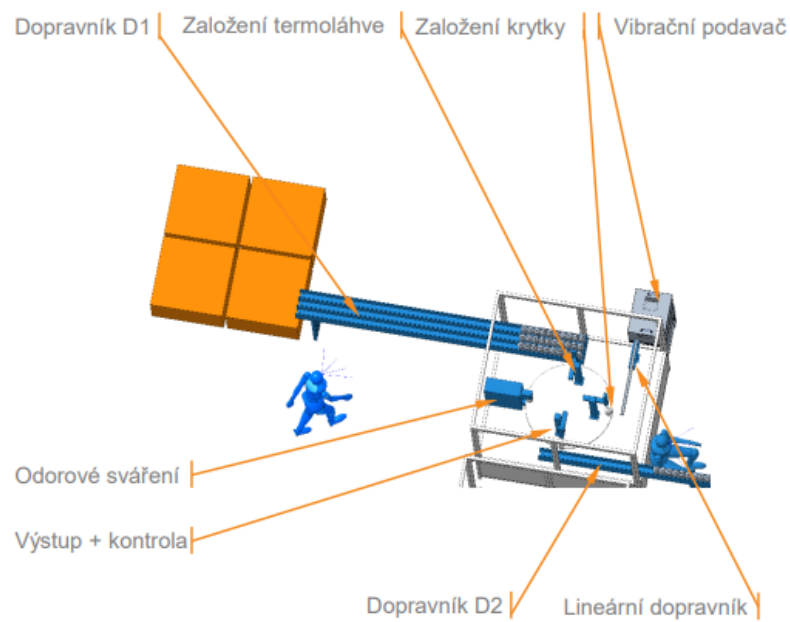
Obr. 42 Elektrolytické čištění

## 8.9 Dokončovací operace a závěrečné testy

Po procesu elektrochemického čištění lahví jsou termoláhve dokončovány, kdy je na dno lahve navařena krytka (Obr. 45), která dodává lahvi estetiku a zakrývá zátku, která zabraňuje úniku vakua z láhve.

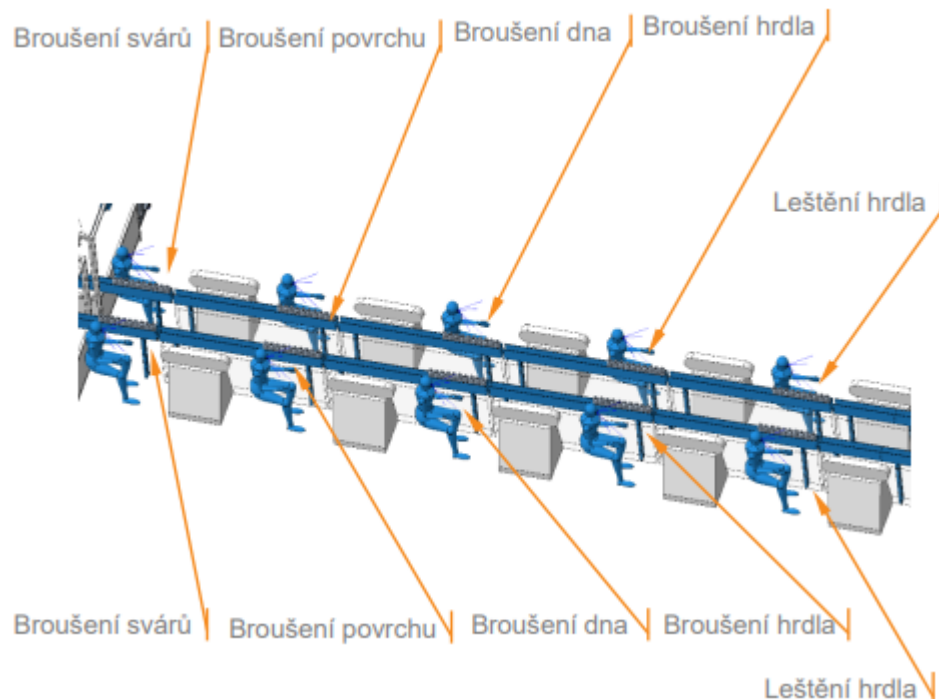
Krytky jsou dopravovány vibračním podavačem přes lineární dopravník a manipulátor zakládá krytku do karuselu, zatímco jsou láhve vyskládány manipulátorem z košů na dopravník D1 a manipulátor je zakládá do zakladačky na karuselu. V dalším kroku jsou krytka a termoláhev svařeny odporovou svářečkou dohromady. Pomocí kamerové kontroly je provedena kontrola přítomnosti krytky na dnu láhve a manipulátor přepraví termoláhev na dopravník D2, neshodné výrobky jsou vyhozeny do NOK boxu.

Celkový cyklus stanice je odhadován na 7 s na 1 ks, proto je tato stanice paralelně zdvojená, aby výrobní takt splňoval požadované výrobní množství za rok.



Obr. 43 Navaření krytky a kontrola přítomnosti

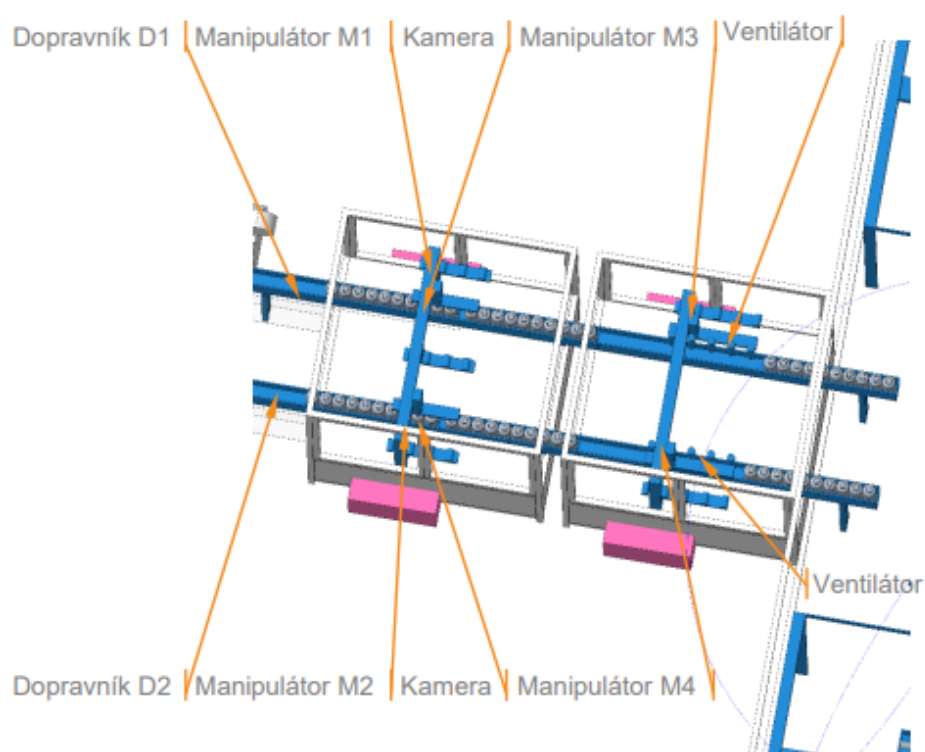
Broušení termoláhve je proces, kdy jsou broušeny sváry, povrch, dno, hrdlo a na závěr hrdlo leštěno, viz Obr. 46. Proces broušení provádějí operátoři, důvodem je, že u strojů je těžko nastavitelný tlak na brusný pás vzhledem k úbytku materiálu. Cyklus na jednoho operátora je normován na 7 s na láhev, tudíž je i proces broušení zdvojený (každý typ broušení provádí dva operátoři).



Obr. 44 Proces broušení termoláhví

Po procesu broušení vjíždí láhve po dopravnících do kontrolní stanice, kde dochází k vizuální kontrole termoláhví. Manipulátory M1 a M2 upnou 8 ks termoláhví a začnou s nimi rotovat a kamerový systém provede vizuální kontrolu termoláhví. V případě, že je láhev neshodná, tak je manipulátorem M1, M2 vhozena do NOK boxu.

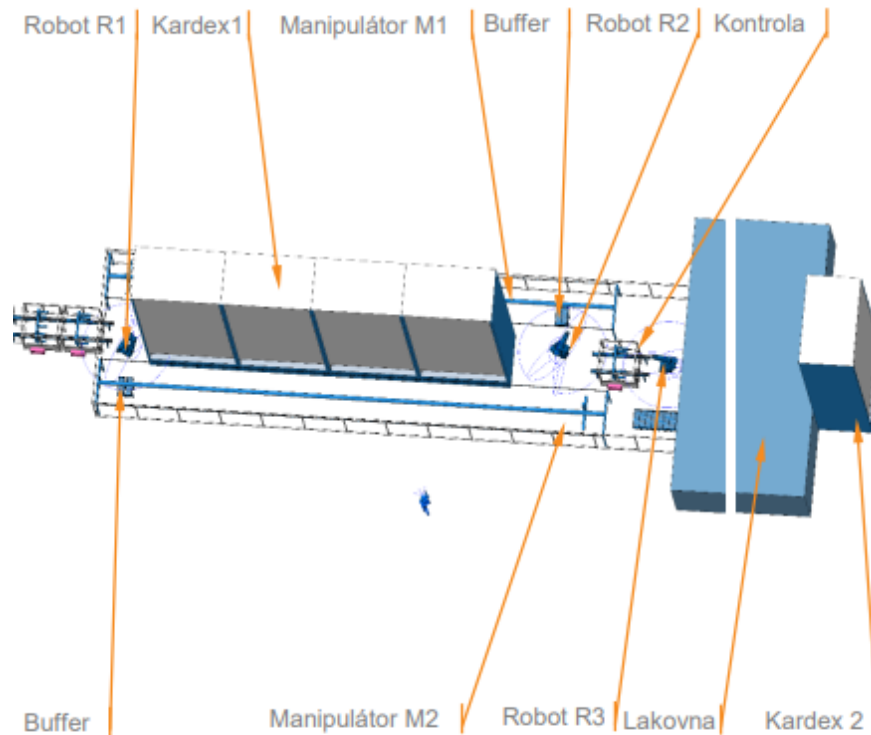
Dále po dopravnících pokračují termoláhve ke kontrole vakua v termoláhvích, manipulátory M3, M4 upnou 8 ks lahví a horkovzdušnými ventilátory je vháněn horký vzduch o teplotě cca 450 °C do lahví po dobu 30 s, pokud nedojde k nahřátí vnějšího pláště, tak termoláhev splnila test na kontrolu vakua, proces se nachází na Obr. 47.



Obr. 45 Kontrola vakua

Přední výrobci termoláhví zaručují kvalitu vakua, která je kontrolována opakovaně a to konkrétně 48 hodin po samotné výrobě, kdy je předpokladem, že by v případě vnitřních prnutí v láhvi mohlo dojít ke vzniku trhlin a úniku vakua. Vzhledem k této informaci je na konci linky navržen mezisklad pro technologickou pauzu na 48 hodin, který je plně automatický a výška skladu je navržena dle výšky haly. Po 48 hodinách jsou termoláhve opět kontrolovány teplotní kontrolou pro přítomnost vakua. Po kontrole jsou láhve robotem R3 odebírány a zavěšovány na dopravník lakovny. Lakovna musí být navržena tak, aby při

lakování nedocházelo k zalakování hrdla, tudíž musí být hrdlo maskováno. Technologický sklad pro technologickou pauzu a lakovnu je možné vidět na Obr. 48.



Obr. 46 Technologický sklad, kontrola vakua a lakování

Výrobní linku by mělo během jedné směny obsluhovat cca. 16 operátorů, kdy největší množství operátorů (10) zastává operaci broušení a leštění, která není robotizovaná, z již dříve uvedených důvodů. Mimo operátory potřebuje linka i další profese, které se budou starat o chod linky, jako jsou seřizovači, manipulanti, elektrikáři, nástrojaři, programátoři a konstruktéři. Množství dalších profesí je závislé na vypořádání průběhu výroby a vzniklých problémech při ní. Uvažujeme 25 zaměstnanců na jednu směnu, kdy s touto hodnotou budeme počítat při ekonomickém zhodnocení výroby.

## 9 STROJNÍ, PROVOZNÍ PARAMETRY A SKLADOVÉ ZÁSoby

Kapitola pojednává o hlavních strojních zařízení výrobní linky, technických parametrech a skladových zásobách.

### 9.1 Strojní parametry

V jednotlivých výrobních úsecích jsou sepsány hlavní strojní zařízení se základními technickými parametry a množstvím, v kterém se v daném výrobním úseku nachází a od jakého dodavatele je možné zařízení odebrat.

#### 9.1.1 Strojní park lisovny a válcovací linky

- Jednostranný odvíják SRA4524D (5 kusů) – je odvíjecí zařízení středně těžké řady s jedním trnem (Obr. 49), parametry stroje jsou zobrazeny v Tab. 3.



Obr. 47 Jednostranný odvíják SRA4524D

Tab. 3 Technické parametry jednostranného odvíjáku SRA4524D

Model odvíjecího zařízení	SRA4524D
Maximální hmotnost svitku	2045 kg
Maximální šířka svitku	610 mm
Rozsah vnitřního průměru svitku	400–520 mm
Maximální průměr vnějšího svitku	1524 mm
Rozsah rychlosti	3-15 ot/min
Maximální výkon hnacího motoru	0,75 kW
Vstupní napájení	230/1/60
Dodavatel	PA Bohemia s.r.o.

- Rovnačka Flip Top SS89 (5 kusů) – umožňuje rychlé vkládání pásků, kdy stačí odklopit hlavu, vložit pásek, zavřít a utáhnout, viz Obr. 50. Vkládání nové pásky je

jednoduché, jelikož si tyto rovnačky zachovávají přesné nastavení. Zařízení umožňuje i jednoduché čištění, díky tomu nedochází k poškrábání pásky. Rovnačka je složena z 9 rovnacích válečků a ze 2 přidržovacích a její parametry se nachází v Tab. 4.



Obr. 48 Rovnačka Flip Top SS89

Tab. 4 Technické parametry rovnačky Flip Top SS89

Model rovnačky	Flip Top SS89
Maximální šířka svitku	200 mm
Maximální tloušťka plechu	2,1 mm
Množství válečků v rovnačce	9 ks
Vstupní napájení	120/1/60
Dodavatel	PA Bohemia s.r.o.

- Válečkový servo podavač SRF-220P (5 kusů) – jedná se o vhodný podavač pro lisy s malou tonáží (obr. 51). Tento servo podavač je ideální volbou v porovnání s pneumatickým podavačem, díky tomu je kratší údržba a menší prostoje ve výrobě. Podavač je osazen bezkartáčovým střídavým servomotorem, matně chromovanými podávacími válci a má držák pro nastavení výšky matrice až o 64 mm, další parametry se nachází v Tab. 5.



Obr. 49 Válečkový servo podavač SRF-220P

Tab. 5 Technické parametry válečkového servo podavač SRF-220P

Model podavače	SRF-220P
Pohon podavače	Elektrický, válečkový se servopem
Průměr podávacího válce	45 mm
Maximální otevření válce	2 mm
Maximální tloušťka na celou šířku	0,97/220 mm
Maximální tažná síla vrcholová/konstantní	504/172 N
Vstupní napájení	230/1/50/10
Doadavatel	PA Bohemia s.r.o.

- Mechanické nůžky na odpad SC-9 (5 kusů) – nůžky na odpad mají litinovou konstrukci a jsou poháněny beranem lisu. Jsou opatřeny nůžkovým mechanismem a je možné stříhat libovolné tloušťky materiálů bez dalšího nastavování, jsou zobrazeny níže na Obr. 52, pod kterým se nachází Tab. 6 s technickými parametry.

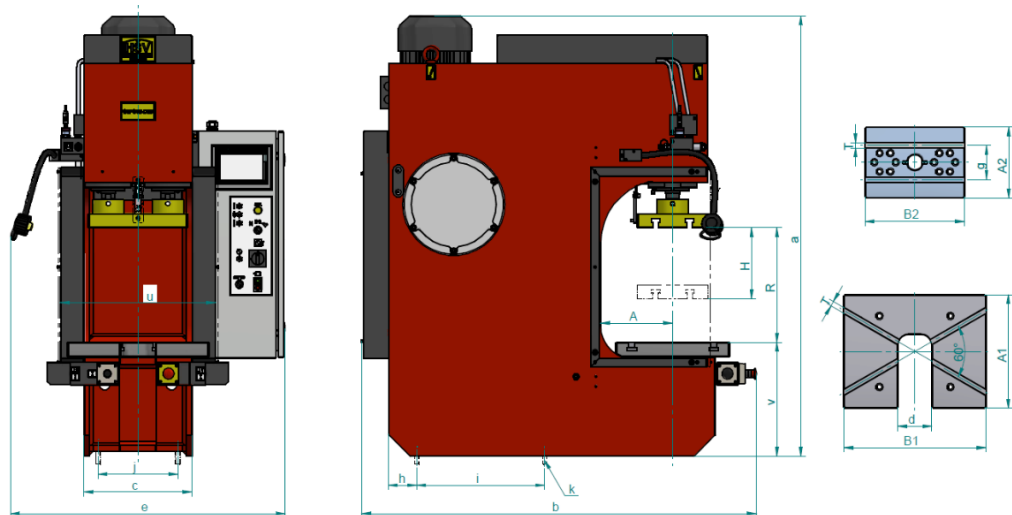


Obr. 50 Mechanické nůžky na odpad SC-9

Tab. 6 Technické parametry nůžek na odpad

Model nůžek na odpad	SC-9
Maximální šířka svitku	229 mm
Rozsah tlouštěk	0,1-5 mm
Hmotnost zařízení	27 kg
Doadavatel	PA Bohemia s.r.o.

- Hydraulický lis CUPS 40 DEU (8 kusů) – lis je vhodný pro tváření za studena, jako je lisování, děrování, ohýbání, stříhání, tažení a rovnání. Je osazen řídicím systémem SIEMENS S7-1200 a můžeme jej vidět na Obr. 53. Pro usnadnění seřizování má absolutní odměřování polohy beranu, možnost uložení a načtení parametrů, plynulou regulaci lisovací síly. Síla lisu a další technické parametry se nachází v Tab. 7.



Obr. 51 Hydraulický lis CUPS 40 DEU

Tab. 7 Technické parametry hydraulického lisu CUPS 40 DEU

Model lisu	CUPS 40 DEU
Jmenovitá síla	400 kN/40 t
Rychloposuv	65/45/20 mm/s
Lisovací rychlost	25/15/8 mm/s
Rychlost návratu	40/25/10 mm/s
Rozevření (R)	450 mm
Zdvih beranu (H)	250 mm
Vyložení (A)	315 mm
Stůl A1xB1	480x640 mm
Beran A2xB2	250x470 mm
Výška max. (a)	1715 mm
Hloubka (b)	1480 mm
Šířka stojanu (c)	500 mm
Propad ve stole (d)	120 mm
Šířka lisu (e)	1090 mm
Výška stolu (v)	455 mm
Hmotnost	1800 kg
T-drážka (T)	22 mm
Rozteč drážek (g)	150 mm
Dodavatel	HŠV Polička



- OEM laserový řezací systém (4 kusy) – laser určený pro řezání plechů, laserové zařízení bude integrováno do výrobní linky. Jedná se o laser s výkonem 1 kW, rychlosti laseru vyobrazeny v Tab.8. Dodavatelem je společnost LaserTherm.

Tab. 8 Řezné rychlosti OEM laserového řezacího systému

Materiály	Tloušťka (mm)	Maximální řezná rychlost (mm/s)	Plyn
Měkká ocel	1	210	O <sub>2</sub>
	2	110	
	3	60	
	4	40	
	5	30	
	6	25	
	8	17	
	10	14	
	12	13	
Nerezová ocel	1	240	Vzduch
	2	95	
	3	36	
	4	18	
	5	10	
	6	6	
Hliník	1	240	Vzduch
	2	65	
	3	13	
	4	8	

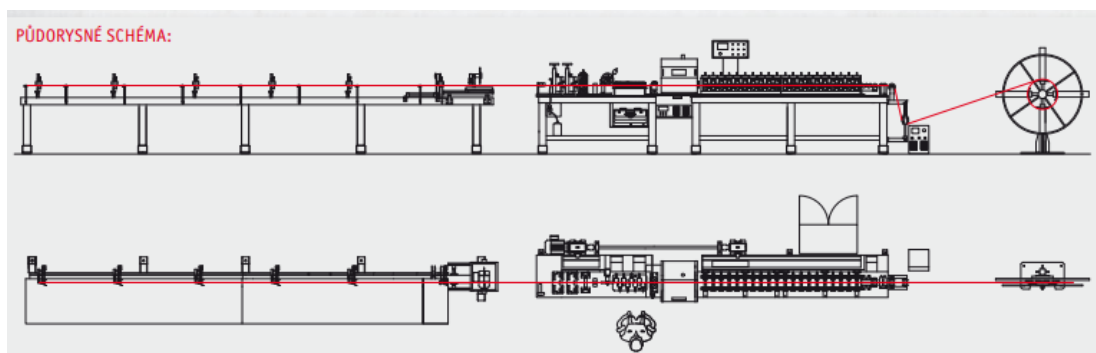
- Hydraulický lis CUPS 16 DEU (1 kus) – jedná se o stejný typ, jako je hydraulický lis CUPS 40 DEU, technické parametry k porovnání v Tab. 9.

Tab. 9 Technické parametry hydraulického lisu CUPS 16 DEU

Model lisu	CUPS 16 DEU
Jmenovitá síla	160 kN/16 t
Rychloposuv	80/50/25 mm/s
Lisovací rychlost	25/15/10 mm/s
Rychlost návratu	35/20/15 mm/s
Rozevření (R)	350 mm
Zdvih beranu (H)	200 mm
Vyložení (A)	200 mm
Stůl A1xB1	320x400 mm
Beran A2xB2	180x280 mm
Výška max. (a)	1390 mm
Hloubka (b)	1160 mm
Šířka stojanu (c)	308 mm
Propad ve stole (d)	100 mm

Šířka lisu (e)	895 mm
Výška stolu (v)	265 mm
Hmotnost	700 kg
T-drážka (T)	18 mm
Rozteč drážek (g)	100 mm
Dodavatel	HŠV Polička

- Válcovací linka SPS (2 kusy) – válcovací linka je složena z několika sekcí, kterými je sekce přípravy pásy, formovací sekce, svařovací sekce, půdorysné schéma se nachází na Obr. 54 a parametry jsou v Tab. 10. Pro svařování profilů se využívají laserové agregáty (Trumpf, Laserline, Rofin). Dodavatele válcovacích linek je společnost Attl Továrna na stroje.



Obr. 52 Schéma válcovací linky

Tab. 10 Technické parametry válcovací linky SPS

Maximální válcovací rychlost linky	20 m/min
Produkční výrobní délky	0,5 ÷ 6 m
Přesnost dělení při 15 m/min	+/- 0,4 mm
Příkon profilovacího stroje	5 ÷ 100 kW
Příkon svařovacího agregátu	1 ÷ 15 kW
Celkový instalovaný příkon linky	50 ÷ 300 kW
Základní rozměr linky-délka	15 ÷ 60 m
Šířka vstupní pásy	20 ÷ 640 mm
Tloušťka vstupní pásy	0,15 ÷ 2,6 mm
Maximální mez pevnosti $R_m$	610 MPa
Maximální mez kluzu $R_{poz}$	320 MPa
Maximální tažnost $A_{50}$	50 %
Vnitřní průměr svitku	400 ÷ 500 mm
Vnější průměr svitku	1200 ÷ 1800 mm
Hmotnost svitku	2000 ÷ 4000 kg

### 9.1.2 Strojní park meziskladu a dělení trubek

- Průmyslový robot KR 4 AGILUS (4 kusy) – průmyslový robot značky KUKA (Obr. 55) je velmi univerzálním robotickým zařízením s širokým využitím v automatizaci s parametry nacházejícími se v Tab. 11.



Obr. 53 Robot KR 4 AGILIUS

Tab. 11 Technické parametry KR 4 AGILIUS

Maximální dosah	601 mm
Maximální nosnost	4,63 kg
Přesnost opakování polohy	+/- 0,015 mm
Počet os	6
Hmotnost	27 kg
Provozní podmínky	0 °C až 55 °C
Druh ochrany	IP 40
Řídící systém	KR C5 micro
Doba cyklu	152 cyklů za minutu

- Kardex Shuttle XP 250/500 (2 kusy) – vhodné řešení pro skladování malých a lehkých dílců, kdy je využíván maximální skladovací objem vzhledem k podlahové ploše s využitím maximálně 30 metrů výšky. V této koncepci se uvažuje výška Kardexu maximálně 10,5 metrů, čemuž je potom nezbytné přizpůsobit výšku haly, příklad Kardexu je možné vidět na Obr. 56.



Obr. 54 Skladovací systém Kardex

- OEM laserový řezací systém (2 kusy) – výkon 1kW, dodavatel LaserTherm

### 9.1.3 Strojní park hydroformingu a přípravných procesů

- Kartáčovací stroj NS OD120 (4 kusy) – kartáčovací stroj pro odjehlování trubek a profilů po řezání (Obr. 57). Odstraňuje otřepy na koncích trubky po řezání a během jedné operace odjehluje vnější i vnitřní hrany. Při procesu odjehlování se trubka neotáčí, ale kartáče rotují kole své osy i osy trubky, její parametry jsou uvedeny v Tab. 12



Obr. 55 Kartáčovací stroj NS OD120

Tab. 12 Technické parametry kartáčovacího stroje NS OD120

Model	NS OD120
Pracovní rozsah	10–120 mm
Posuv	manuální
Pracovní rychlost kartáče	18/35 m/s
Rozměry válcových kartáčů (3 složeny do 1)	256 x 60 mm (3x)
Příkon motoru	2,6 / 3,1 kW
Spotřeba proudu	7 A
Celkové rozměry	650 x 1100 x 1400 mm
Hmotnost	530 kg
Dodavatel	Abrasiv a.s.

- Průmyslový robot KR 4 AGILUS (2 kusy)
- Hydraulický lis na hydroforming trubek (1 kus) – dodavatelem tohoto lisu je společnost Schuler. Jedná se o jedinou evropskou společnost, která je výrobcem lisů na hydroforming. Před samotnou specifikací parametrů lisu je nutné provést reálné testy a na základě těchto testů konkrétněji specifikovat parametry lisovacího zařízení, příkladem je lis na Obr. 58.



Obr. 56 Lis na hydroforming

- Kardex Shuttle XP 250/500 (1 kus)
- OEM laserový řezací systém (4 kusy) – výkon 1kW, dodavatel LaserTherm

#### 9.1.4 Strojní park tváření hrdla vnitřní a vnější nádoby

- Průmyslový robot KR 4 AGILUS (8 kusů)
- Kartáčovací stroj NS OD120 (8 kusů)
- Tvarovací stanice (12 ks) – jedná se o jednoduché jednoúčelové stroje na principu CNC, tyto stroje budou navrženy přímo dle požadavků zákazníka. Možné dodání od těchto firem: ICE Industrial Services, Trystom, TT Stroje a další.
- Měřicí systém TM-X5120 (2 kusy) – jedná se o telecentrický měřicí systém, kdy analýza měření je na základě siluet a je zde zaručená přesnost měření (minimální zkreslení v celém zorném poli), princip měření znázorněn na Obr. 59 s parametry v Tab. 13. Dodavatel je značka Keyence.



Obr. 57 Měřicí systém TM-X5120

Tab. 13 Technické parametry měřicího systému TMX-X5120

Rozsah měření	pr. 120 mm
Opakovatelnost	+/- 0,2 $\mu\text{m}$
Přesnost měření pozice	+/- 2,5 $\mu\text{m}$

### 9.1.5 Strojní park u čištění po tvářecích operacích

- Ultrazvuková čistička (1 kus) – dodavatelem této čističky je společnost Kraintek, na Obr. 60 je vzorová ultrazvuková čistička. Čistička je tvořena čistící, oplachovou a sušící sekcí. Mezioperační čistička je navržena dle parametrů dílů a jejich znečištění. Pro proces čištění jsou navrženy koše o velikosti 1100x1100x500 mm.



Obr. 58 Automatická ultrazvuková linka

### 9.1.6 Strojní park svařovny

- Vibrační podavač (4 kusy) – jednotlivý vibrační podavač je vždy navržen dle tvaru dílu, který je pomocí vibračního podavače dopravován, v tomto případě jsou dva vibrační podavače pro dopravu vnitřního dna, jeden vibrační podavač pro dopravu vnějšího dna a jeden vibrační podavač pro dopravu getteru.
- Laserová svářečka TruPulse 304 (6 kusů) – jedná se o pulzní pevnolátkové lasery, které generují krátké bohaté pulzy o vysokém výkonu, technické parametry v Tab. 14. Laserová svářečka je osazena fokusační optikou, která přesně zaostřuje laserový paprsek na svařované místo, je zvolen typ optiky BEO D35 od společnosti Trumpf.

Tab. 14 Parametry laseru TruPulse 304

Výkon laseru na obrobku	300 W
Max. špičkový impulzní výkon	10 kW
Kvalita paprsku	16 mm.mrad
Vlnová délka	1064 nm
Nastavitelná doba trvání pulzu	0,3 ms – 50 ms
Max. opakovací frekvence impulzů	833 Hz
Max. energie impulzu	90 J
Min. průměr optického kabelu	400 μm

- Svařovací karusel (5 kusů) – jedná se o jednoúčelové zařízení, kdy 2 kusy svařovacích karuselů budou navrženy pro svařování vnitřního obalu termoláhve, 1 kus karuselu pro navařování getteru na dno vnějšího obalu a 2 kusy karuselů pro svařování vnitřního a vnějšího obalu v místě hrdla a svařování vnějšího dna k vnějšímu obalu termoláhve.
- Zařízení pro tlakovou zkoušku (4 kusy) – zařízení Ateq F28+ je rychlým testerem pro zkoušky těsnosti, vhodný pro plně automatizované zkoušky netěsnosti.
- Odporová svářečka Tecna 2112 (1kus) – programovatelná odporová svářečka od dodavatele Schickmann. V Tab. 15 se nachází její technické parametry a nachází se na Obr. 61 níže.

Tab. 15 Technické parametry svářečky Tecna 2112

Výrobce	Tecna
Jištění	63 A
Napětí naprázdno	4,4 V
Hmotnost	165 kg
Napájecí napětí	3x400 V
Zkratový proud	23 kA
Max. svářecí výkon	83 kVA



Obr. 59 odporová svářečka Tecna 2112

- Kamerový snímač Keyence CV-X (1 kus)

### 9.1.7 Strojní park pro tvorbu vakua

- Vakuová pec B.M.I. (3 kusy) – vnitřní rozměry vakuové pece: 1000x1200x2800 mm, možné vycházet z typu vakuové pece B56T250 (Obr. 62), který byl integrovaný ve společnosti LIEBHERR-Aerospace pro vakuové pájení nerezových výměníků. Samozřejmě je nezbytné provést analýzu procesu tvorby vakua pro



vhodnou specifikaci vlastností a parametrů vakuové pece. Dodavatelem je společnost Ecosond.



Obr. 60 Vakuová pec B.M.I.

#### 9.1.8 Strojní park u kontroly vakua a elektrolytického čištění

- Termokamera FLIR A65 (1 kus) – termokamera s možností integrace do automatizace
- Linka na elektrolytické čištění (1 kus) – jednoúčelové zařízení od společnosti Kovofiniš, před samotným návrhem linky je nezbytné provést reálné testy na lahvích. Dodavatel má s linkami na elektrolytické čištění velké zkušenosti, kdy se zaměřuje na výrobu galvanických linek, kdy součástí přípravy procesu galvanizování je elektrolytické čištění.

#### 9.1.9 Strojní park dokončovacích operací a závěrečných testů

- Vibrační podavač (2 kusy)
- Odporová svářečka Tecna 2112 (2 kusy)
- Kamerový snímač Keyence CV-X (2 kusy)
- Pásová bruska H04 V3 (10 ks) – pásová bruska pro dokončovací povrchové úpravy broušení svárů, povrchu, dna, hrdla a leštění hrdla. Bruska je osazena brusným nebo leštícím pásem o rozměru 50 x 1500 mm. Výkon brusky je 2,2 kW/400 V s rychlostí pásu 26,5 m/s.
- Kardex Shuttle XP 250/500 (5 kusů) + automatický zakladač
- Termokamera FLIR A65 (3 kusy)

- Průmyslový robot KR 4 AGILUS (3 kusy)
- Prášková automatická lakovací linka – dodavatel je společnost ITS Brno

## 9.2 Provozní parametry

V případě návrhu linky bez zatím uskutečněných reálných testů je velmi těžké určení provozních parametrů linky, když vezmeme v potaz odhadovaný příkon všech hlavních zařízení, který je 5,5 MWh při plném zatížení. Uvažovaný příkon linky může být 3 MWh.

## 9.3 Skladové zásoby

Kromě getterů jsou všechny skladové zásoby zaskladněny v podobě svitků. Svitky objednávají dle maximální nosnosti odvíjecího zařízení, která je 2000 kg.

Skladové zásoby svitků pro vnější obal termoláhve z jednoho svitku:

$$\text{množství vyrobených vnějších obalů z 1 svitku} = \frac{m_{\text{svitku}}}{m_{\text{tr/out}}} = \frac{2000}{0,211} \cong 9478 \text{ ks} \quad (9.1)$$

Skladové zásoby svitků pro vnitřní obal termoláhve z jednoho svitku:

$$\text{množství vyrobených vnějších obalů z 1 svitku} = \frac{m_{\text{svitku}}}{m_{\text{tr/in}}} = \frac{2000}{0,1869} \cong 10700 \text{ ks} \quad (9.2)$$

Skladové zásoby svitků pro vnitřní dno termoláhve z jednoho svitku:

$$\text{množství vyrobeného vnitřního dna z 1 svitku} = \frac{m_{\text{svitku}}}{m_{\text{d/in}}} = \frac{2000}{0,0376} \cong 53191 \text{ ks} \quad (9.3)$$

Skladové zásoby svitků pro vnější dno termoláhve z jednoho svitku:

$$\text{množství vyrobeného vnějšího dna z 1 svitku} = \frac{m_{\text{svitku}}}{m_{\text{d/out}}} = \frac{2000}{0,0395} \cong 50632 \text{ ks} \quad (9.4)$$

Skladové zásoby svitků pro krytky dna termoláhve z jednoho svitku:

$$\text{množství vyrobených krytek z 1 svitku} = \frac{m_{\text{svitku}}}{m_{\text{kr}}} = \frac{2000}{0,0042} \cong 476190 \text{ ks} \quad (9.5)$$

## 10 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝROBY

Výsledkem ekonomického zhodnocení výroby je cena za jednu termoláhev, kdy součástí ceny je cena za materiál, energie, mzdy, odpisy linky, údržba a servis.

### 10.1 Cena materiálu na 1 kus termoláhve

Aktuálně se cena nerezů AISI 304 ve svitku pohybuje kolem 160 Kč/kg.

Hmotnost vnějšího pláště:

$$m_{tr/out} = O_{tr/out} * tl_{tr/out} * v_{tr/out} * \rho = 191 * 0,5 * 280 * 0,0079 = 211 \text{ g} \quad (10.1)$$

Kde:

$m_{tr/out}$	hmotnost trubky vnějšího pláště [g],
$tl_{tr/out}$	tloušťka trubky vnějšího pláště [mm],
$v_{tr/out}$	výška trubky vnějšího pláště [mm],
$\rho$	hustota nerezů AISI 304 [g*mm <sup>3</sup> ].

Hmotnost vnitřního pláště:

$$m_{tr/in} = O_{tr/in} * tl_{tr/in} * v_{tr/in} * \rho = 172 * 0,5 * 275 * 0,0079 = 186,9 \text{ g} \quad (10.2)$$

Kde:

$m_{tr/in}$	hmotnost trubky vnitřního pláště [g],
$tl_{tr/in}$	tloušťka trubky vnitřního pláště [mm],
$v_{tr/in}$	výška trubky vnitřního pláště [mm].

Hmotnost vnějšího dna:

$$m_{d/out} = \check{s}_{s/1ks} * d_{s/1ks} * tl * \rho = 100 * 100 * 0,5 * 0,0079 = 39,5 \text{ g} \quad (10.3)$$

Kde:

$m_{d/out}$	hmotnost dna vnějšího pláště [g],
$\check{s}_{s/1ks}$	šířka svitku na 1 kus [mm],

$d_{s/1ks}$  délka svitku na 1 kus,

$t$  tloušťka svitku.

Hmotnost vnitřního dna:

$$m_{d/in} = \check{s}_s * d_s * tl * \rho = 100 * 95 * 0,5 * 0,0079 = 37,6 \text{ g} \quad (10.4)$$

Kde:

$m_{d/out}$  hmotnost dna vnějšího pláště [g].

Hmotnost krytky:

$$m_{kr} = \check{s}_s * d_s * tl * \rho = 35 * 30 * 0,5 * 0,0079 = 4,2 \text{ g} \quad (10.5)$$

Kde:

$m_{kr}$  hmotnost krytky [g].

Celková hmotnost dílů:

$$m_c = m_{tr/out} + m_{tr/in} + m_{d/out} + m_{d/in} + m_{kr} = 211 + 186,9 + 39,5 + 37,6 + 4,2 = 479,2 \text{ g} = 0,4792 \text{ kg} \quad (10.6)$$

Kde:

$m_c$  hmotnost celková [g].

Cena za nerez na jednu termoláhev:

$$cena \text{ za nerez} = m_c * 160 = 0,4792 * 160 = 76,7 \text{ Kč} \quad (10.7)$$

Cena getteru je 1,5 Kč/ks

Cena skleněné pájky 1 Kč/kus

Celková cena za materiály na 1 kus termoláhve činí 79,2 Kč/ks.

## 10.2 Cena mzdy na 1 kus termoláhve

Na jednu směnu uvažujeme 25 zaměstnanců a množství vyrobených lahví za hodinu činí 750 ks. Režijní náklady na jednoho zaměstnance činí 500 Kč/os.

Náklady na 25 zaměstnanců za 1 hodinu:

$$\text{náklady na 25 zam. za 1 hodinu} = \text{režijní náklady na 1 zam.} * \text{počet zam.} = 500 * 25 = 12500 \text{ Kč} \quad (10.8)$$

Cena mzdy na 1 kus termoláhve:

$$\text{cena mzdy na 1 kus termoláhve} = \frac{\text{náklady na 25 zam.za 1 hodinu}}{\text{vyrobené termoláhve za 1 hodinu}} = \frac{12500}{750} = 16,7 \text{ Kč} \quad (10.9)$$

### 10.3 Cena elektrické energie na 1 kus termoláhve

Uvažovaný příkon linky je 3 MWh a cena elektrické energie je 6000 Kč/MWh.

Cena el. energie za 1 hodinu:

$$\text{cena el. energie za 1 hodinu} = \text{příkon linky} * \text{cena el. energie za hodinu} = 3 * 6000 = 18000 \text{ Kč} \quad (10.10)$$

Cena elektrické energie na 1 kus termoláhve:

$$\text{cena el. energie na 1 kus termoláhve} = \frac{\text{cena el. energie za 1 hodinu}}{\text{vyrobené termoláhve za 1 hodinu}} = \frac{18000}{750} = 24 \text{ Kč} \quad (10.11)$$

### 10.4 Cena odpisu linky na 1 kus termoláhve

Odhadovaná cena výrobní linky činí 850 miliónů korun a odpisy této linky jsou plánovány na délku 10 let, vzhledem k roční produkci linky 5 miliónů termoláhví za rok.

V průběhu 10 let bude vyprodukováno množství 50 miliónů termoláhví.

$$\text{cena odpisu linky na 1 kus termoláhve} = \frac{\text{cena linky}}{\text{produkce termoláhví za 10 let}} = \frac{850000000}{50000000} = 17 \text{ Kč} \quad (10.12)$$

### 10.5 Cena údržby a servisu na 1 kus termoláhve

Cenu údržby a servisu linky je velmi složité odhadnout, každopádně se dá předpokládat, že náklady na servis a údržbu budou v průběhu let lineárně stoupat. Na 1 kus termoláhve počítány 4 Kč, celkem je tedy roční náklad a údržbu odhadován na 20 miliónů korun.

### 10.6 Cena termoláhve

Cena termoláhve je počítána bez odpočtů na výrobní halu a bez povrchové úpravy (práškové lakování).

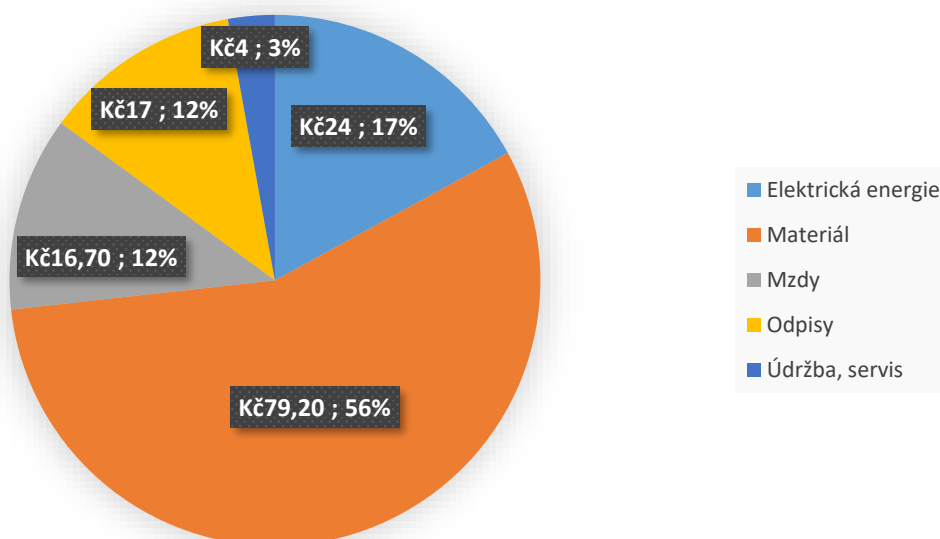
*cena termoláhve*

$$= \text{cena materiálu} + \text{cena mzdy} + \text{cena el. energie} + \text{cena odpisu} \\ + \text{cena údržby a servisu} = 79,2 + 16,7 + 24 + 17 + 4 = 140,9 \text{ Kč}$$

(10.13)

Výsledná cena termoláhve činí v nákladech cenu 140,9 Kč, v porovnání s prodejní cenou kvalitních termoláhvi na trhu, kdy se ceny pohybují o částce vyšší než tisíc korun. Nejnákladnější na termoláhvi je materiál, který činí 56 %, 17 % tvoří náklad na elektrickou energii, 12 % ceny jsou odpisy a mzdy a cena údržby na lahev jsou 3 %, viz Obr. 63.

### Složení ceny termoláhve



Obr. 61 Složení ceny termoláhve

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo analyzování výroby nerezové termoláhve a návrh výrobní linky se zaměřením na automatizaci s docílením co nejnižší výrobní ceny termoláhve, aby bylo možné převést výrobu z východu zpět do Evropy.

Teoretická část je zhotovena z poznatků z odborné literatury, které se zabývají výrobou, jejími procesy, skladovým hospodářstvím a technologiemi, které jsou součástí analýzy výroby nerezové termoláhve.

V praktické části jsou analyzované hlavní výrobní technologie sloužící k výrobě nerezové termoláhve. V analýze je brán důraz na nové výrobní technologie, bezpečnost pracovníků a kvalitu vyrobených termolahví.

Z analýzy je zhotoven návrh výrobní linky na nerezové termoláhve, který je co nejvíce automatizován pro jednoduchost výrobního procesu. Linka je členěna do výrobních sekcí, které jsou vybaveny průběžnými kontrolami kvality pro zajištění nejvyšší kvality výroby. U hlavních strojních zařízení jsou v práci představeni jejich možní dodavatelé a základní výrobní parametry strojů, kdy za srdce linky je považován lis na hydrogorming, tvořící hlavní tvary termoláhve.

Na závěr práce je zhotoveno ekonomické zhodnocení výroby a výsledkem je cena nákladů na výrobu jedné termoláhve, která je 140,9 Kč. Cena zahrnuje náklady na materiál, elektrickou energii, mzdy, odpisy linky v délce 10let, údržbu a servis.

Realizace linky na výrobu termolahví není nereálná vzhledem k cenám kvalitních termolahví, které stojí přes tisíc korun, ale je nezbytné brát v úvahu dobu odpisů na linku, která činí 10 let. Samozřejmě se jedná o projekt s cílem první linky na nerezové láhve v Evropě, kdy jsou tyto projekty zahrnuty v dotačních programech, které značně usnadní start-up financování a,, realizace výrobní linky.

Dalším cílem je nahrazení jednorázových PET lahví, které znečišťují planetu, za termoláhve, které je možné používat roky s výhodou stálosti udržení teplot tekutin v láhvi.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KERŤKOVSKÝ, Miloslav. Moderní přístupy k řízení výroby. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2009. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-119-2.
- [2] CHROMJAKOVÁ, Felicitá a Rastislav RAJNOHA. Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra. Žilina: GEORG, 2011, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0. Dostupné také z: <https://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1004401>
- [3] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. Projektování výrobních systémů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2.
- [4] JUROVÁ, Marie. Výrobní procesy řízené logistikou. Brno: BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 9788026500599.
- [5] MAKOVEC, Jaromír. Základy řízení výroby. 4. dot. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997. ISBN 80-7079-110-1.
- [6] PRECLÍK, Vratislav. Průmyslová logistika. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02556-X.
- [7] DUPAL, Andrej. Manažment výroby. Bratislava: Sprint 2, 2019, 365 s. Edícia Economics. ISBN 978-80-89710-50-8.
- [8] IMAI, Masaaki. Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku. Brno: Computer Press, c2007, vi, 272 s. Business books. ISBN 9788025116210.
- [9] LEGÁT, Václav. Management a inženýrství údržby. Druhé doplněné vydání. [Praha]: Kamil Mařík - Professional Publishing, 2016. ISBN 978-80-7431-163-5.
- [10] MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. TPM: management a praktické zavádění. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 246 s. ISBN 8090223559.
- [11] WIREMAN, Terry. Total productive maintenance. 2nd ed. New York: Industrial Press, 2004, 196 s. ISBN 0831131721.
- [12] KOLÍBAL, Zdeněk. Technologičnost konstrukce a retrofitting výrobních strojů. V Brně: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-3765-4.
- [13] WILSON, Mike. Implementation of robot systems: an introduction to robotics, automation, and successful systems integration in manufacturing. Amsterdam: Elsevier, BH, 2015, xv, 229 s. ISBN 9780124047334.



- [14] KOLÍBAL, Zdeněk a Pavel BĚLOHOUBEK. Průmyslové roboty. 4., Projektování výrobních systémů s PRAm. Brno: Vysoké učení technické, 1993. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0532-5.
- [15] PLESKOT, Alois. Základy automatizace. Praha: Informatorium, 2019, 174 s. ISBN 9788073331368.
- [16] HARRISON, Alan, Remko I. van HOEK a Heather SKIPWORTH. Logistics management and strategy: competing through the supply chain. Fifth edition. Harlow: Pearson, 2014, xxx, 427 s. ISBN 9781292004150.
- [17] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. Logistika: teorie a praxe. Brno: CP Books, 2005, 315 s. Praxe manažera. ISBN 8025105733.
- [18] LIŽBETIN, Ján. Sklady a skladování. České Budějovice: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2022. ISBN 978-80-7468-186-8.
- [19] EMMETT, Stuart. Řízení zásob: jak minimalizovat náklady a maximalizovat hodnotu. Brno: Computer Press, 2008, vi, 298 s. Praxe manažera. ISBN 9788025118283.
- [20] KLIBER, Jiří. Základy tváření kovů. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1998. ISBN 80-7078-978-6.
- [21] MICHNA, Štefan a Nataša NÁPRSTKOVÁ. Tváření. V Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2012. ISBN 978-80-7414-445-5.
- [22] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:0ec08710-3486-11e7-8e0f-005056827e52>
- [23] BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. Technológia tvárnenia. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3242-0.
- [24] ALTAN, Taylan a A. Erman TEKKAYAY, ed. Sheet metal forming fundamentals. Ohio: ASM International, [2012], xiii, 296 s. ISBN 978-1-61503-842-8.
- [25] SINGH, Harjinder. Fundamentals of hydroforming. Dearborn, Mich.: Society of Manufacturing Engineers, c2003, 1 online zdroj (xv, 219 p.). ISBN 9781613449615. Dostupné také z: [https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFH000001/fundamentals\\_of\\_hydroforming](https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFH000001/fundamentals_of_hydroforming)

- [26] WANG, Darren, ed. Handbook of metal forming process. New York: NY research press, [2015], vi, 212 s. ISBN 978-1-63238-253-5.
- [27] KRŮŽ, Rudolf. Stavba a provoz strojů I. Část 1, Části strojů - pro 2. roč. SPŠ. Praha: Scientia, 1995. ISBN 80-7183-023-2.
- [28] WALKER, John R. a Bob DIXON. Machining fundamentals. 10th edition. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, [2019], xxii, 650 s. ISBN 9781635632088.
- [29] NĚMEC, Milan, Jan SUCHÁNEK a Jan ŠANOVEC. Základy strojírenské technologie I. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016, 160 s. ISBN 9788001060568.
- [30] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. Výrobní inženýrství a technologie. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 9788074544712.
- [31] DILLINGER, Josef a kol. Moderní strojírenství: pro školu i praxi. Vydání první. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [32] SUCHÁNEK, Jan, Barbora BRYKSÍ STUNOVÁ a Petr VONDROUŠ. Fundamentals of technology I. 2. přepracované vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2019. ISBN 978-80-01-06665-2.
- [33] ČADA, Radek, Petr MOHYLA a Hana KRUPOVÁ. Výrobní technologie: technologie tváření, slévání, svařování a povrchových úprav. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2021. ISBN 978-80-248-4497-8.
- [34] PILGR, Milan. Kovové konstrukce: navrhování prvků ocelových konstrukcí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-7623-018-7.
- [35] PILOUS, Václav a Vladimír KUDĚLKA. Svařitelnost ocelí. Brno: TESHDO, 2017. ISBN 978-80-87102-17-6.
- [36] KRAVÁRIKOVÁ, Helena. Investigation of weld joints by numerical simulation. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2019. Vědecké monografie. ISBN 978-80-7380-754-2.
- [37] SCHRADER, George F., Ahmad K. ELSHENNAWY a Lawrence E. DOYLE. Manufacturing processes & materials. 4th ed. Dearborn, Mich.: Society of Manufacturing Engineers, c2000, xxi, 842 s. ISBN 0872635171.

[38] KOPEC, Bernard, Josef NEUGEBAUER a Pavel MAZAL. Výrobní technologie a typické vady výrobků: (Basic) : studijní příručka. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství ve spolupráci s Českou společností pro NDT, 2020. ISBN 978-80-214-5878-9.

[39] BUREŠ, Jan a Karel ŠIKL. Bezpečnost při svařování. 2. vydání. Česká Třebová: DOM - ZO 13, 2022. ISBN 978-80-906720-3-1.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

TPM	[-]	Totálně produktivní údržba
P	[mm]	Stoupání závitu
h	[mm]	Nosná hloubka závitu
$\varnothing d$	[mm]	Velký průměr závitu šroubu
$\varnothing d_2$	[mm]	Střední průměr závitu šroubu
$\varnothing d_3$	[mm]	Malý průměr závitu šroubu
$\alpha$	[°]	Vrcholový úhel
H	[mm]	Výška matice
M	[-]	Metrický závit
LH	[-]	Levý závit
W	[-]	Whitworthův závit
G	[-]	Trubkový závit
P	[-]	Pancéřový závit
Rd	[-]	Oblý závit
Tr	[-]	Lichoběžníkový rovnoramenný závit
S	[-]	Lichoběžníkový nerovnoramenný závit
K	[-]	Kuličkový šroub
Pb	[-]	Olovo
Sn	[-]	Cín
Ag	[-]	Stříbro
Zn	[-]	Zinek
Cd	[-]	Kadmium
Bd	[-]	Bizmut
Cu	[-]	Měď
Al	[-]	Hliník

Ni	[-]	Nikl
Au	[-]	Zlato
Pd	[-]	Paladium
Ti	[-]	Titan
V	[-]	Vanad
Mg	[-]	Magnesium
N	[-]	Potřebné vyrobené množství vč. zmetkovitosti
$N_k$	[-]	Požadované roční vyrobené množství kusů
$E_{s/r}$	[-]	Roční efektivní časový fond pracoviště
D	[-]	Celkový počet dní v roce
$D_{seř}$	[-]	Počet dnů za rok pro opravy, údržby
$D_{po}$	[-]	Počet dnů pro plánované odstávky za rok
$S_R$	[-]	Množství směn v roce
t	[s]	Takt výrobní linky
$St_s$	[-]	Strojní směnnost za den
$\eta$	[-]	Časové využití linky
$D_{tr/out}$	[mm]	Průměr trubky vnějšího pláště
$D_{ter/out}$	[mm]	Průměr vnější části termoláhve
$O_{tr/out}$	[mm]	Obvod trubky vnější části termoláhve
$D_{tr/in}$	[mm]	Průměr trubky vnitřního pláště
$D_{ter/in}$	[mm]	Průměr vnitřní části termoláhve
$O_{tr/in}$	[mm]	Obvod trubky vnitřní části termoláhve
$d_p$	[mm]	Délka pece
$r_l$	[mm]	Rozměr láhve
$n_{dp}$	[ks]	Množství láhví na délku pece
$\check{s}_p$	[mm]	Šířka pece

---

$n_{sp}$	[ks]	Množství láhví na šířku pece
$v_p$	[mm]	Výška pece
$v_l$	[mm]	Výška láhve
$n_{vp}$	[ks]	Množství láhví na výšku pece
$n_c$	[ks]	Množství láhví na jednu pec celkem
$n_{pec}$	[ks]	Množství pecí

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Výrobní proces [2].....	12
Obr. 2 Proces dodání hotového výrobku na základě odhadu poptávky [4] .....	12
Obr. 3 Přizpůsobení výrobku individuálním požadavkům zákazníka v jednotlivých typech výroby [5] .....	14
Obr. 4 Vliv velikosti výrobní dávky na výrobní náklady [7].....	15
Obr. 5 Znázornění metody TPM [10] .....	18
Obr. 7 Schéma zápustkového kování [21] .....	26
Obr. 8 Mechanismy vzniku dislokací [21].....	27
Obr. 9 Proces hydroformingu trubek [26] .....	28
Obr. 10 Geometrie závitu [28].....	29
Obr. 11 Kolíkový spoj [27].....	31
Obr. 12 Čepový spoj zajištěný podložkami a závlačkami [27] .....	32
Obr. 13 Nýtové spoje: a) přeplátovaný spoj, b) spoj se dvěma stykovými deskami [31] ...	34
Obr. 14 Metalografie pájeného spoje [30] .....	36
Obr. 16 Základní značky svarů dle ČSN EN 22553 [34] .....	39
Obr. 17 Druhy svařování [36].....	41
Obr. 18 Schéma procesu svařování plamenem [38] .....	42
Obr. 19 Obloukové svařování netavící se elektrodou (vpravo) [38] .....	43
Obr. 20 Popis termoláhve .....	50
Obr. 21 Schéma výrobního procesu.....	51
Obr. 22 Vnější dno (vlevo), vnitřní dno (uprostřed), krytka (vpravo).....	52
Obr. 23 Vnější (vlevo) a vnitřní plášť (vpravo).....	53
Obr. 24 Maskování hrdla termoláhve .....	57
Obr. 25 Koncept výrobní linky .....	58
Obr. 26 Lisování dna vnější nádoby .....	59
Obr. 27 Lisování krytky dna termoláhve .....	60
Obr. 28 Válcovací linka .....	60
Obr. 29 Mezisklad a dělení trubek.....	62
Obr. 30 Příprava trubek před hydroformingem .....	63
Obr. 31 Proces hydroformingu .....	63
Obr. 32 Vyskladňování a dělení trubek .....	64
Obr. 33 Kartáčování a proces roztažení.....	65
Obr. 34 Proces vytažení a kalibrace hrdla .....	65
Obr. 35 Proces tvarování závitu a ořezu .....	66

Obr. 36 Kontrola nádob a zakládání do košů.....	67
Obr. 37 Čištění po tvářecích operacích.....	67
Obr. 38 Svařování vnitřní láhve.....	68
Obr. 39 Navařování getteru a kontrola jeho přítomnosti .....	69
Obr. 40 Kompletace svařování termoláhve .....	70
Obr. 41 Zakládání svařených lahví do transportních košů .....	71
Obr. 42 Tvorba vakua v termoláhvi.....	71
Obr. 43 Kontrola vakua .....	72
Obr. 44 Elektrolytické čištění .....	73
Obr. 45 Navaření krytky a kontrola přítomnosti.....	74
Obr. 46 Proces broušení termolahví .....	74
Obr. 47 Kontrola vakua .....	75
Obr. 48 Technologický sklad, kontrola vakua a lakování .....	76
Obr. 49 Jednostranný odvíjáč SRA4524D .....	77
Obr. 50 Rovnačka Flip Top SS89.....	78
Obr. 51 Válečkový servo podavač SRF-220P .....	79
Obr. 52 Mechanické nůžky na odpad SC-9 .....	79
Obr. 53 Hydraulický lis CUPS 40 DEU .....	80
Obr. 54 Schéma válcovací linky .....	82
Obr. 55 Robot KR 4 AGILIUS .....	83
Obr. 56 Skladovací systém Kardex.....	84
Obr. 57 Kartáčovací stroj NS OD120.....	85
Obr. 58 Lis na hydroforming .....	85
Obr. 59 Měřicí systém TM-X5120 .....	86
Obr. 60 Automatická ultrazvuková linka.....	87
Obr. 61 odporová svářečka Tecna 2112 .....	88
Obr. 62 Vakuová pec B.M.I.....	89
Obr. 63 Složení ceny termoláhve.....	94



**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Výhody a nevýhody jednotlivých způsobů uspořádání pracovišť [1].....	17
Tab. 2 Porovnání rozdílných vlastností tváření za studena a tváření za tepla [21].....	24
Tab. 3 Technické parametry jednostranného odvíjáku SRA4524D .....	77
Tab. 4 Technické parametry rovnačky Flip Top SS89 .....	78
Tab. 5 Technické parametry válečkového servo podavač SRF-220P .....	79
Tab. 6 Technické parametry nůžek na odpad .....	79
Tab. 7 Technické parametry hydraulického lisu CUPS 40 DEU .....	80
Tab. 8 Řezné rychlosti OEM laserového řezacího systému .....	81
Tab. 9 Technické parametry hydraulického lisu CUPS 16 DEU .....	81
Tab. 10 Technické parametry válcovací linky SPS .....	82
Tab. 11 Technické parametry KR 4 AGILIUS .....	83
Tab. 12 Technické parametry kartáčovacího stroje NS OD120 .....	85
Tab. 13 Technické parametry měřícího systému TMX-X5120.....	86
Tab. 14 Parametry laseru TruPulse 304.....	87
Tab. 15 Technické parametry svářečky Tecna 2112 .....	88

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha P I: výkres sestavy termoláhve

Příloha P II: výkres vnějšího pláště termoláhve

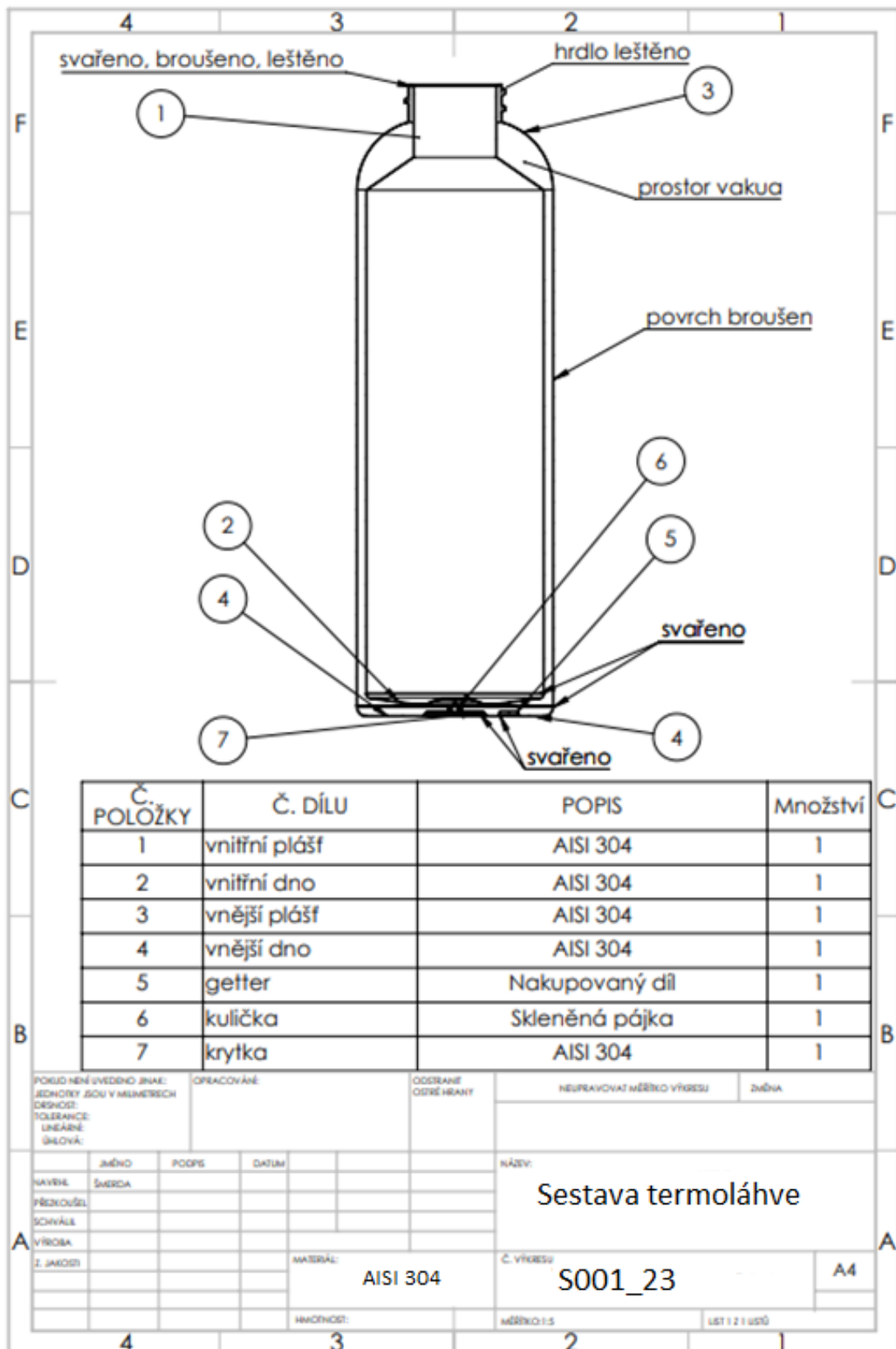
Příloha P III: výkres vnitřního pláště termoláhve

Příloha P IV: výkres vnějšího dna termoláhve

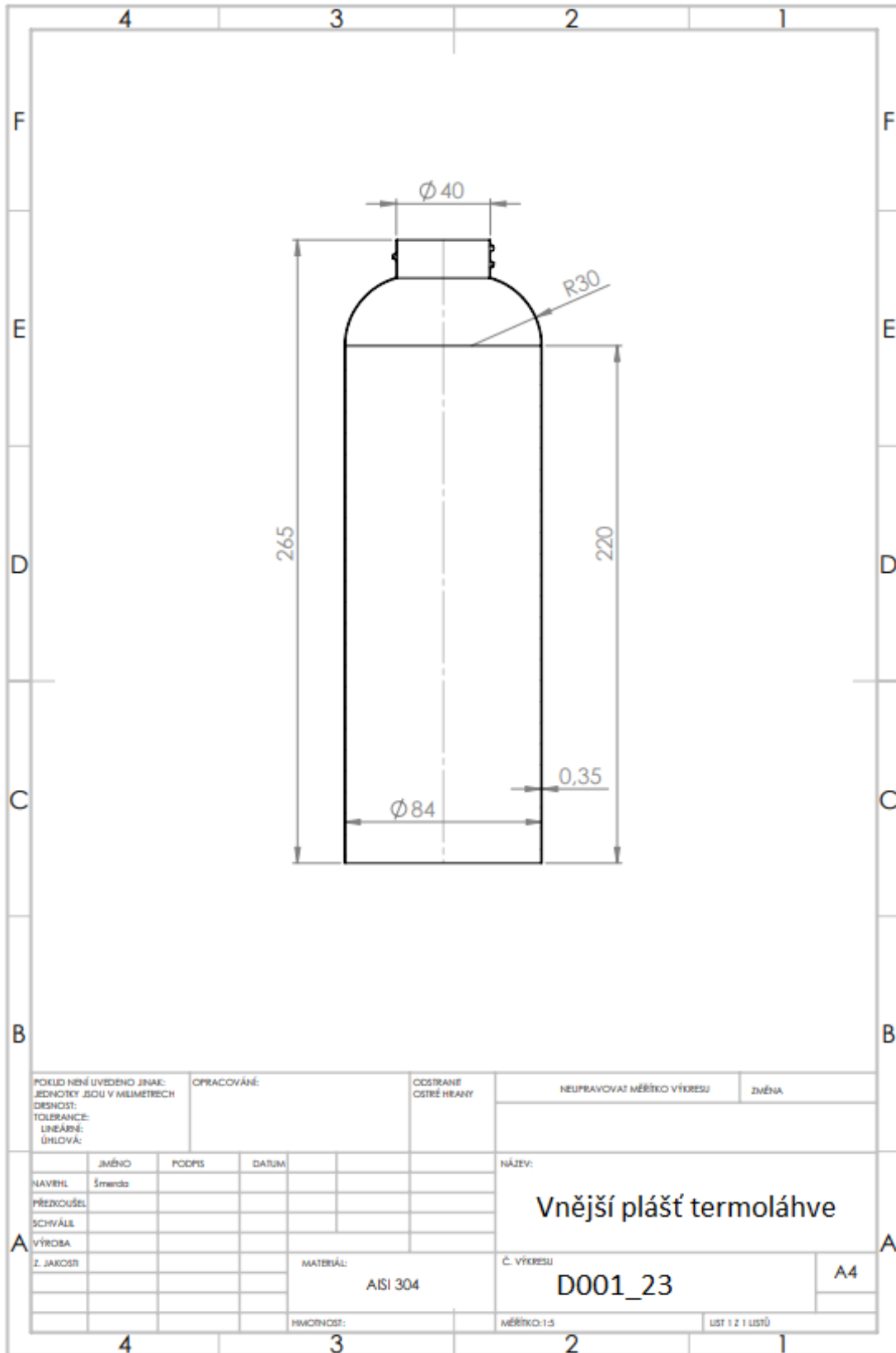
Příloha P V: výkres vnitřního dna termoláhve

Příloha P IV: výkres krytky termoláhve

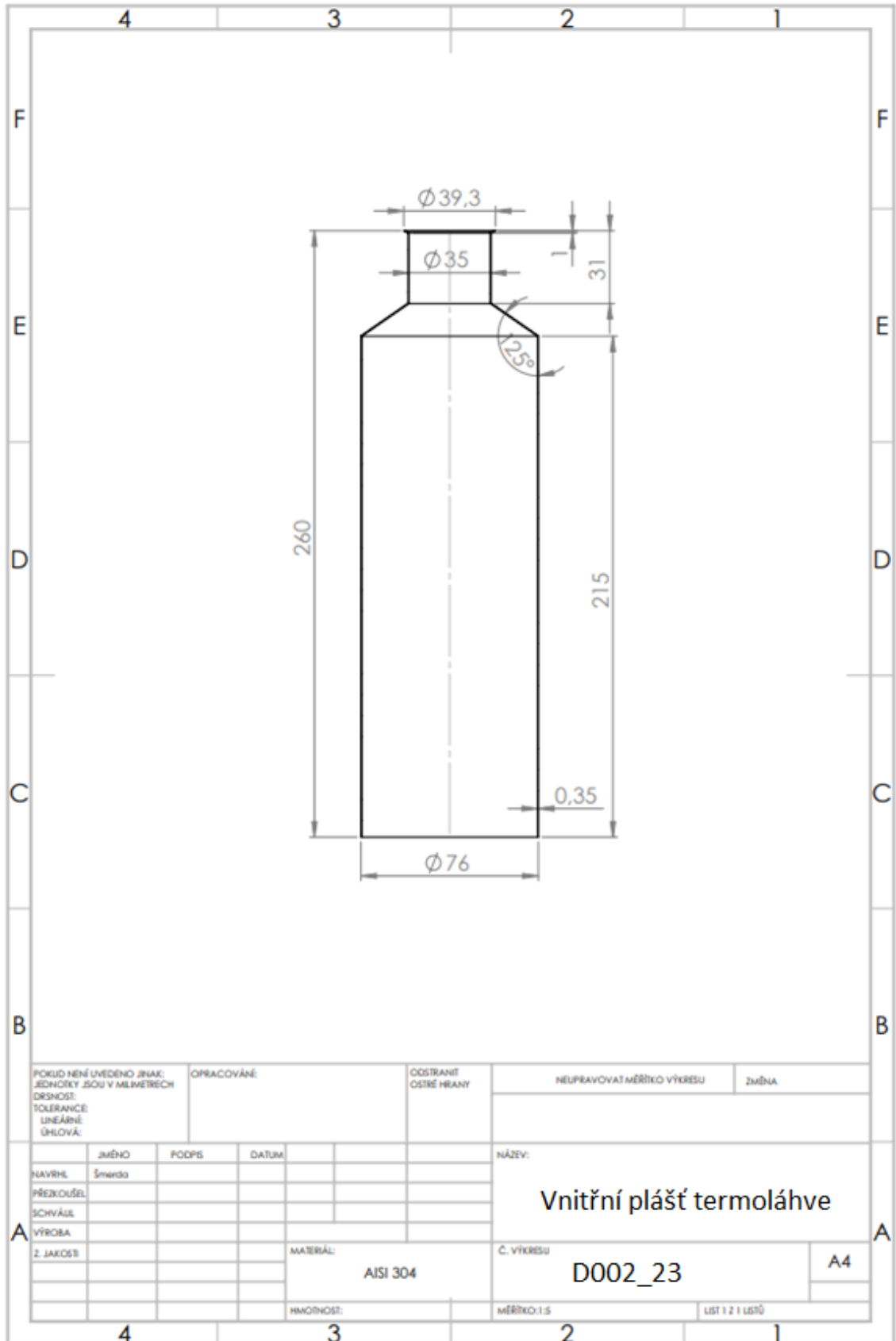
# PŘÍLOHA P I: VÝKRES SESTAVY TERMOLÁHVE



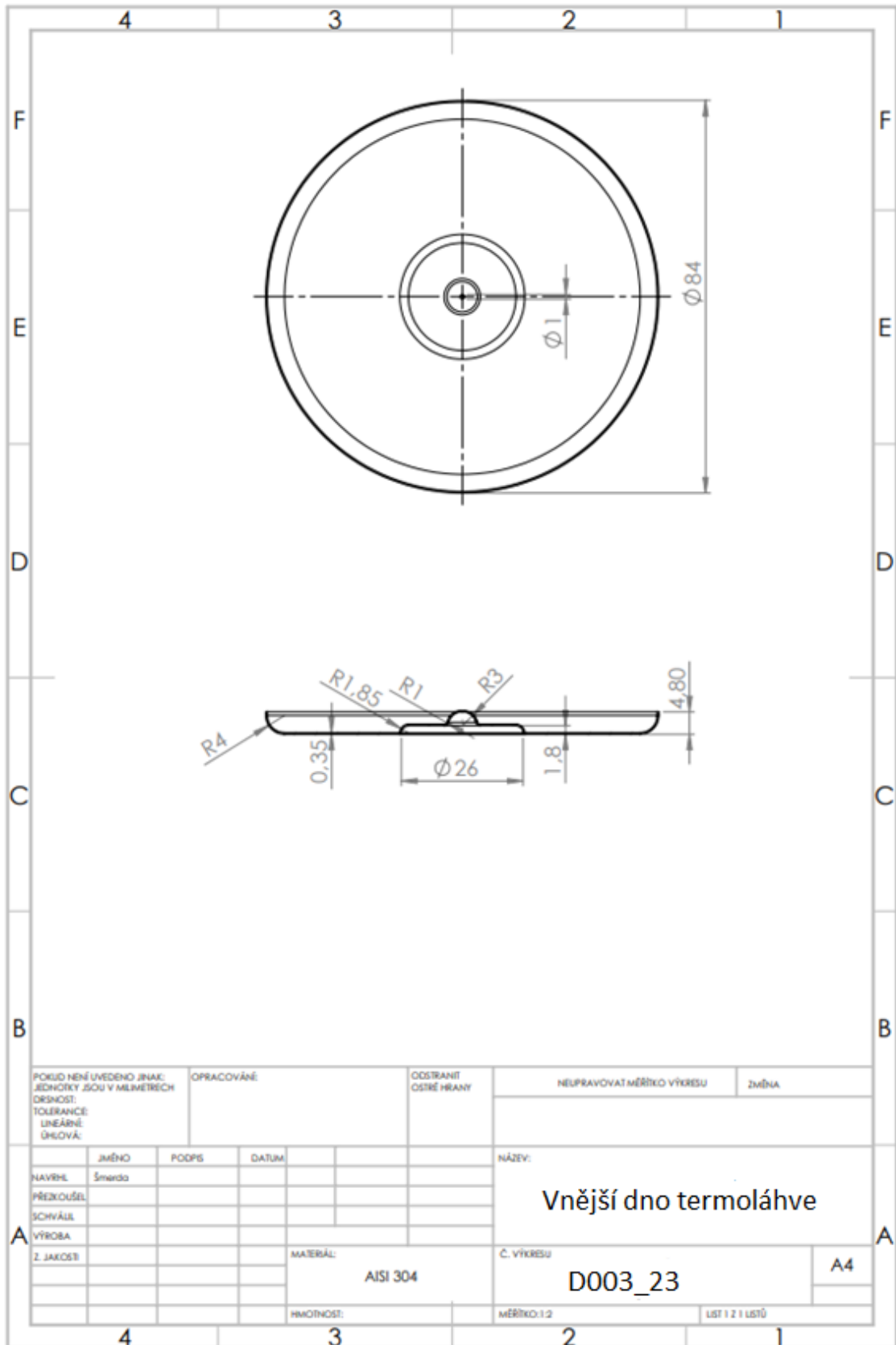
# PŘÍLOHA P II VÝKRES VNĚJŠÍHO PLÁŠTĚ TERMOLÁHVE



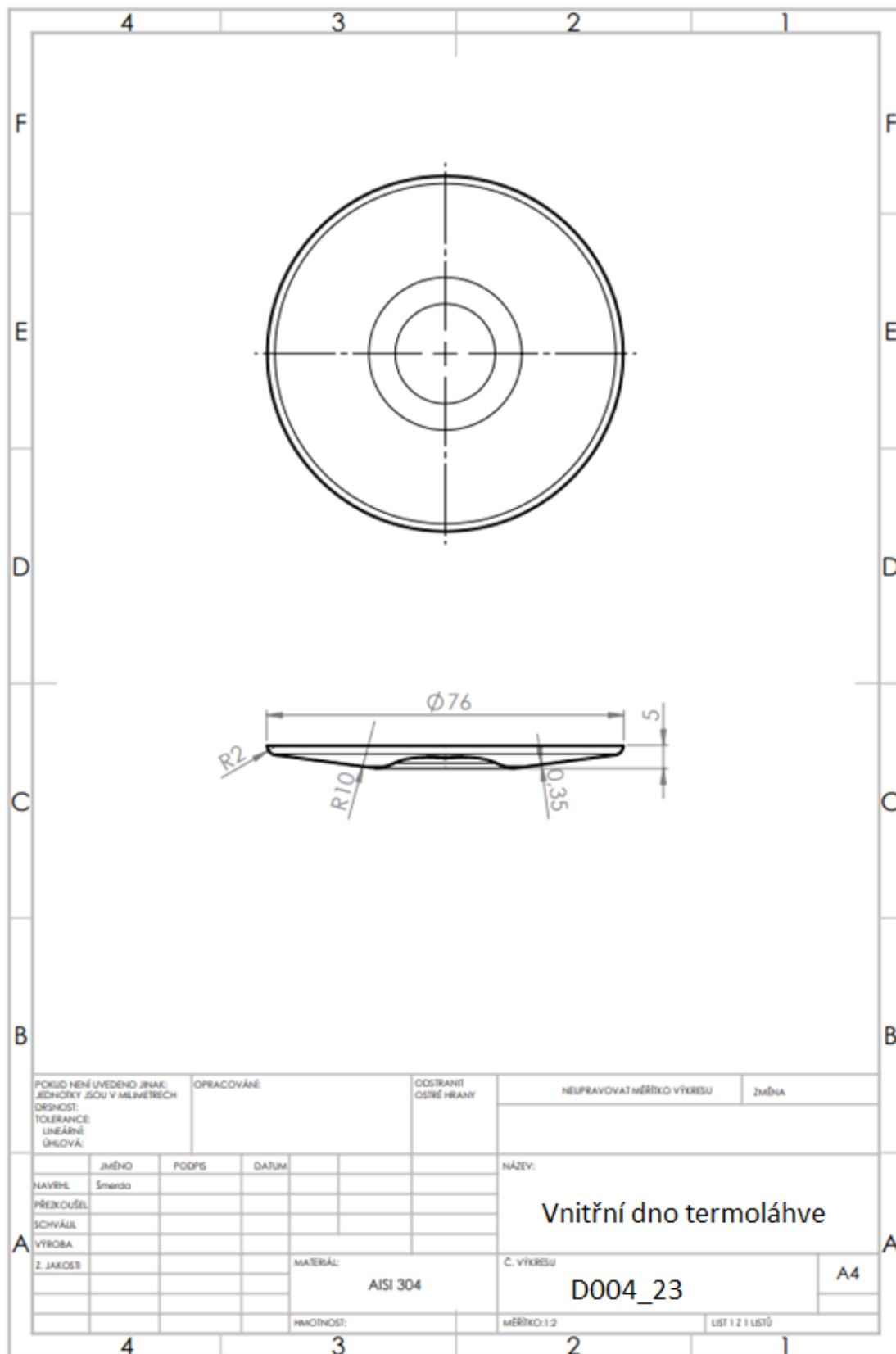
# PŘÍLOHA P III VÝKRES VNITŘNÍHO PLÁŠTĚ TERMOLÁHVE



# PŘÍLOHA P IV VÝKRES VNĚJŠÍHO DNO TERMOLÁHVE



# PŘÍLOHA P V VÝKRES VNITŘNÍHO DNA TERMOLÁHVE



# PŘÍLOHA P VI VÝKRES KRYTKY TERMOLÁHVE

