



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Václav Fiala, DiS.

Optimalizace konstrukce rámu

Bc. Václav Fiala, DiS.

Diplomová práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav Fiala, DiS.**
Osobní číslo: **T15398**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace konstrukce rámu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Zpracujte optimalizovaný konstrukční model rámu
3. Provedte kontrolu pevnosti rámu
4. Zhodnoťte ekonomické a technické přínosy
5. Závěr

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 25. dubna 2018

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně 14.5.2018



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práce se zabývá optimalizací konstrukce rámu přívěsu z hlediska jeho pevnosti, nákladů na výrobu a modifikací rámu pro použití u více produktů.

Teoretická část popisuje technologie a výrobní procesy použitelné při výrobě rámu a uvádí faktory skladování, vedoucí k jeho modifikaci.

Praktická část uvádí konstrukční změny a kontrolu pevnosti rámu. Dále vyhodnocení hmotnostních, ekonomických a výrobních přínosů těchto změn.

Klíčová slova:

Přívěs, Rám, Nájezdový klín, Rampa

ABSTRACT

This thesis deals with the optimization of the construction of the trailer frame in terms of its strength, the cost of manufacturing and modification of the frame for use in multiple products.

The theoretical part describes the technologies and production processes that can be used in the production of the frame and states the storage factors leading to its modification.

The practical part presents construction changes and frame strength control. Further, assessing the weight, economic and production benefits of these changes.

Keywords:

Trailer, Frame, Wedge platform, Ramp

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Zdeňku Dvořákovi, Csc. za trpělivé vedení a cenné připomínky k mé závěrečné práci.

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

OBSAH

ÚVOD.....	5
I TEORETICKÁ ČÁST.....	6
1 LOGISTIKA	7
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY LOGISTIKY	7
1.2 ZÁSOBOVACÍ LOGISTIKA	9
1.3 VLIV KONSTRUKČNÍHO NÁVRHU NA ZÁSOBOVACÍ LOGISTIKU	10
2 TVÁŘENÍ KONSTRUKČNÍCH MATERIÁLŮ	11
2.1 PLOŠNÉ TVÁŘENÍ.....	12
2.1.1 Vlastnosti plechů vhodných k tváření	13
2.1.1.1 Chemické složení, mikrostruktury, mechanické a technologické vlastnosti	13
2.1.1.2 Povrchově upravené plechy a plechy se speciálními vlastnostmi	13
2.1.1.3 Kvalita a rozměrová přesnost plechů.....	14
2.1.1.4 Stárnutí a jeho vliv na vlastnosti plechů	15
2.1.2 Stříhání	16
2.1.3 Ohýbání a rovnání	17
2.1.4 Tažení.....	18
2.1.5 Další metody plošného tváření.....	19
3 METODY SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ	20
3.1 NÝTOVÁNÍ.....	20
3.2 SVAŘOVÁNÍ.....	20
3.3 PÁJENÍ.....	24
4 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	25
4.1 DĚLENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV	25
4.1.1 Organické povlaky	26
4.1.2 Anorganické povlaky – kovové	26
4.1.3 Anorganické povlaky a vrstvy – nekovové.....	30
5 ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ	33
5.1 PŘEHLED TECHNOLOGIÍ ZINKOVÁNÍ	33
5.2 JEVY NA POVLACÍCH ŽÁROVÉHO ZINKU.....	34
5.3 ZÁSADY SPRÁVNÉ KONSTRUKCE PRO ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ	38
6 TEORIE PEVNOSTNÍCH VÝPOČTŮ	42
6.1 ŠROUBOVÉ SPOJE.....	42
6.2 PROSTÝ OHYB.....	44
6.3 SVARY	45
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
7 ROZBOR STÁVAJÍCÍCH RÁMŮ.....	49

7.1	POPIS KOMPONENT	50
7.1.1	Totožné komponenty	50
7.1.2	Podobné komponenty	55
7.1.3	Rozdílné komponenty	57
8	KONSTRUKCE SPOLEČNÉHO RÁMU	60
8.1	VYLOUČENÉ KOMPONENTY	60
8.2	VYBRANÉ PODOBNÉ KOMPONENTY	61
8.3	UPRAVENÉ KOMPONENTY	62
8.4	KOMPONENTY NOVÉ.....	63
8.5	NOVÝ SPOLEČNÝ RÁM	63
9	KONSTRUKCE NÁJEZDOVÉHO KLÍNU.....	64
9.1	NOVÉ KOMPONENTY.....	64
9.2	UPRAVENÉ KOMPONENTY	64
9.3	NÁJEZDOVÝ KLÍN	65
10	KONTROLA PEVNOSTI RÁMU.....	66
11	ZHODNOCENÍ EKONOMICKÝCH A TECHNICKÝCH PŘÍNOSŮ.....	69
	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	71
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	75
	SEZNAM TABULEK.....	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

Vzniku každého technického výrobku předchází jeho konstrukční zpracování. Za toto konstrukční zpracování lze považovat i náčrtek výrobku vyráběného pro vlastní potřebu v kutilské dílně. Takovýto nákres slouží většinou pro výrobu jednoho kusu, může být opraven ihned při výrobě a žádnou měrou neovlivňuje ekonomiku výroby. V případě konstruování větších celků je již nutné zamýšlení nad způsobem výroby jednotlivých dílů z ekonomického hlediska. Mezi ekonomické faktory patří nejen náklady spojené s výrobou dílů, ale také doba potřebná na jejich výrobu, která ovlivňuje dodací lhůty dodavatelů. Pokud dodává komponenty na jeden celek více dodavatelů, měli by být výrobní cykly těchto komponent podobně dlouhé, aby nedocházelo k prodlevám ve výrobě či nedostatku v dodávkách.

Při tvorbě modifikací nebo nových verzí výrobních celků je nutné postupovat citlivě a u každé komponenty tohoto celku zvážit, zda je nutné navrhnout komponentu zcela novou, nebo upravit již stávající komponentu pro použití ve všech variantách výrobního celku. Tímto způsobem se lze vyhnout zbytečně velkému počtu dílů, které poté zahlcují výrobní systém, zvyšují zaplněnost skladu a kapitál do nich vložený.

Modifikace výrobních celků mohou vycházet také ze sociálních skupin zákazníků. Verze základní „levná“ nemusí být zákonitě zcela odlišná od verze exkluzivní „drahé“. I v tomto případě platí pravidla uvedená výše.

Při dodržení těchto zásad může být výroba flexibilní, ekonomická, rychlá a konkurenceschopná.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LOGISTIKA

Počátky logistiky jsou spojeny s vojenstvím. V 10. století byl proces zásobování armády střelivem, zbraněmi a potravinami nazván logistikou králem Leontem VI. Během druhé světové války byla neoddělitelně začleněna do vojenské strategie. Postupem času se stala velmi významnou součástí managementu. Logistika již není pouze vnitropodniková funkce, ale je nápomocna v řízení celého dodavatelského systému a mezipodnikové politice.

Logistika je věda zabývající se tokem surovin, materiálů, součástí a výrobků během celého výrobního cyklu od objednání po dodání zboží zákazníkovi. Všechny úkony, prováděné během tohoto cyklu, jsou zahrnuty do pojmu logistický řetězec. V dnešním vyspělém tržním hospodářství řízeném zákony nabídky a poptávky je nutno zajistit správné množství zboží, na správném místě, ve správnou dobu s vynaložením minimálních nákladů. Úkolem logistiky je uspokojení potřeb zákazníka co možná nejpružněji a nejhospodárněji. Z principů logistiky by měly vycházet také konstrukční návrhy výrobků. [1, 2]

1.1 Základní pojmy logistiky

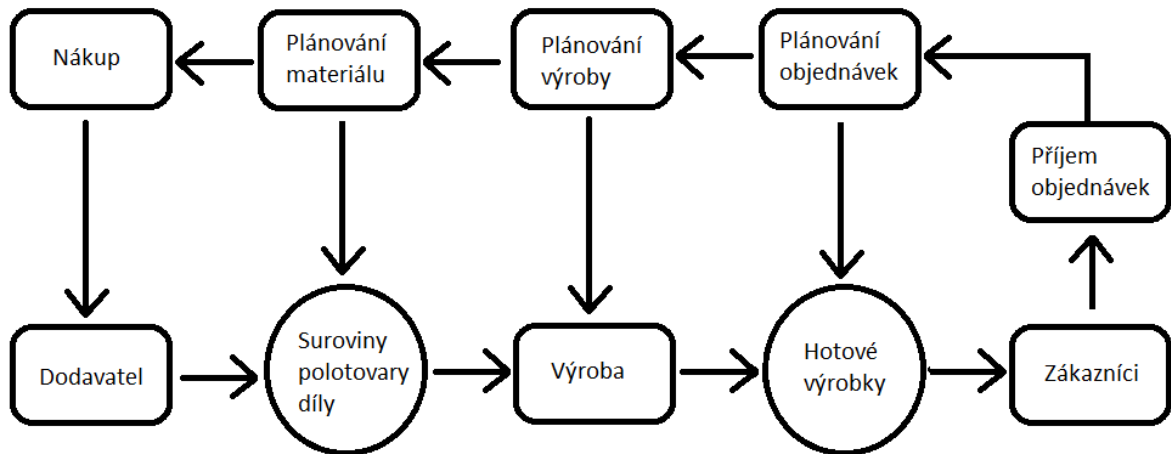
K pochopení problematiky logistiky a k následné aplikaci do konstrukčního návrhu je nutné definovat její základní pojmy.

Logistické toky

Logistika se zabývá logistickými toky počínaje uskutečněním objednávky, přes projektování produktu, zajištění všech vstupů, plánování výroby, distribuci a zákaznický servis. Logistický tok je definován jako posloupnost stavů pohybu a přerušení pohybu. Logistické toky jsou děleny do třech typů.

- Logistické toky fyzické řídí pohyb surovin, materiálů, rozpracovaných výrobků, hotových výrobků, obalů a odpadů. Tyto toky se vyskytují buď v pohybu (ve fázi zpracování, či v dopravě), nebo v klidu (ve skladech).
- Logistické toky informační sbírají informace o požadavcích zákazníka, řídicí informace a informace o průběhu a ukončení fyzických toků.
- Logistické toky peněžní plánují peněžní příjmy a výdaje potřebné k zajištění funkce hmotných a informačních toků.

Tyto typy toků jsou vzájemně propojené a nemohou být řízeny nezávisle. Přerušením jednoho nebo více toků způsobuje snížení kvality výroby, či její úplné zastavení.



Obr. 1. Schéma materiálového a informačního toku [1]

Logistický řetězec

Logistický řetězec je liniové propojení fyzických, informačních a peněžních toků. Jeden logistický řetězec obsahuje všechny procesy vedoucí k upokojení jedné konkrétní zakázky.

Logistická síť

Definice logistické sítě je podobná definici logistického řetězce, avšak nejedná se o liniové, ale rozvětvené propojení.

Logistický proces

Logistický proces je skupina operací s danými vstupy a výstupy. Během logistického procesu jsou vstupní zdroje přeměňovány na výstupní produkt. Tento proces je vymezen:

- Dodavateli a zákazníky
- Produktem
- Charakteristikami obslužných prvků
- Charakteristikami obsluhovaných prvků
- Postupem a parametry transformace

Logistický systém a jeho dekompozice

Pomocí logistického systému je možné aktivovat, zajišťovat, optimalizovat a řídit funkci logistických toků, které jsou realizovány prostřednictvím logistických řetězců nebo sítí. Tyto systémy jsou rozděleny do tří subsystémů:

- Subsystém technický – realizuje transformační proces
- Subsystém řídicí – zabezpečuje organizování a řízení toků

- Subsystem informační – poskytuje informace na potřebné místo, v požadovaném čase, rozsahu a formě.

Pomocí dekompozice logistického systému jej lze rozdělit na menší celky, a ty dále dělit. Tímto způsobem lze ovlivnit chod logistického systému rozhodováním na nejnižších úrovních, například při konstrukčním návrhu. Logistický systém musí fungovat jako celek, to znamená, že rozhodování jednotlivého subsystému musí zohlednit potřebu subsystémů okolních.

Logistické cíle

Logistické cíle navazují na tři logistické faktory sledované logistickým managementem, a to pružnost, kvalitu a hospodárnost. Jsou rozlišovány dva logistické cíle – výkonový a nákladový.

Výkonový cíl zobrazuje docílenou úroveň logistických služeb a produktivitu v logistice.

Úroveň logistických služeb měří kvalitativní stránku logistických výkonů. Faktory, jimiž lze výkonový cíl měřit, jsou dodací lhůta, termínová spolehlivost, úplnost dodávek, pohotovost dodávek, bezvadnost dodávek a flexibilita reakce na neobvyklé požadavky.

Produktivita v logistice určuje množství produktu zpracovaného za jednotku času na jednotku vynaložených zdrojů. Hodnotící parametry jsou produkce jednoho pracovníka za jednotku času, rychlost pohybu zásob a objem přepravy za jednotku času.

Nákladový cíl je nástroj sloužící k efektivnímu řízení logistického procesu. Jedná se o celkové náklady spojené s řízením toků. Mezi tyto náklady patří náklady na zákaznický servis, přepravní a skladovací náklady, náklady na vyřizování objednávek a náklady na udržování zásob. Špatným řízením logistického procesu může nastat podniku ztráta z nedostatku zásob, penále za zpoždění, náklady na přesčasovou práci, náklady spojené s reklamacemi. [1, 2, 3]

1.2 Zásobovací logistika

Zásobování je jednou z nejdůležitějších logistických aktivit. Skladové zásoby s sebou přináší podniku negativní dopad tím, že na sebe váží kapitál, spotřebovávají práci a prostředky, nesou riziko znehodnocení produktů. Na druhou stranu však řeší kapacitní nesoulad mezi výrobou a spotřebou, zajišťují plynulost výroby a kryjí nepředvídatelné výkyvy. Cílem zásobovací logistiky je stanovit optimální množství skladovacích zásob. [1]

1.3 Vliv konstrukčního návrhu na zásobovací logistiku

Jak již bylo řečeno, skladové zásoby mají pozitivní i negativní vliv na ekonomiku a chod podniku. Ideální objem skladových zásob je takový nejmenší, jež dokáže pokrýt výkyvy při výrobě. Tedy objem zásob zpracovaných za jednotku času a objem rezervní.

Představme si, že firma vyrábí dva výrobky A a B, které obsahují rozdílné součástky X_1 a X_2 . Výrobní takt výroku A za jednotku času je 0 až N. Výrobní takt produktu B je také 0 až N. Firma má výrobní kapacitu N produktů za jednotku času. Řekněme, že procentuální výskyt výrobních výkyvů je 10%. Množství S naskladněných součástek musí být:

$$S = (N \cdot X_1 + N \cdot X_2)$$
$$S = 1,1NX_1 + 1,1NX_2 \quad (1)$$

V případě použití stejné součástky X pro oba výrobky by výpočet vypadal:

$$S = (N \cdot X \cdot 0,1) = 1,1NX \quad (2)$$

Dojde tedy ke snížení objemu skladových zásob a s nimi spojených nákladů na polovinu, ale zároveň dojde k pokrytí desetiprocentních výkyvů výroby.

Z tohoto výpočtu vyplývá přínos konstrukčních návrhů výrobků se společnými prvky pro logistický proces.

Následně po objasnění možností transportu součástí je nezbytné zohlednit v konstrukčním návrhu možnosti výrobní. Rámové konstrukce jsou převážně vyráběny z oceli tvářením dílů spojovaných svařováním.

2 TVÁŘENÍ KONSTRUKČNÍCH MATERIÁLŮ

Při tváření dochází k trvalé deformaci a k přemístění materiálu bez porušení jeho soudržnosti. Pomocí tváření jsou vyráběny polotovary jak pro druhovýrobu, tak i polotovary pro následné zpracování a finální produkty. Technologie tváření jsou rozlišovány dle následujících hledisek:

- Dle teploty tvářeného materiálu

Tváření za tepla je tváření, při kterém je materiál zahřátý na vyšší teplotu, než je teplota rekrytalizační. Rekrytalizační teplota je určena z teploty tavení vztahem:

$$T_{rek} = (0,3 - 0,4)T_{tav} \quad (3)$$

Rekrytalizační teplota je u každého materiálu jiná a pohybuje se ve velkém rozpětí. Například teplota -20°C je pro olovo teplota vyšší než rekrytalizační, a naopak 1200°C je u wolframu nižší než rekrytalizační.

Tváření za studena je realizováno při teplotách nižších než rekrytalizačních. Při tomto druhu tváření dochází ke zpevnění materiálů:

- Dle tepelného efektu

Izotermické tváření je tváření, při kterém je teplo vyvinuté tvářecím procesem odvedeno do okolí chladicí kapalinou a nástrojem.

Adiabatické tváření je tváření, při kterém je teplo vyvinuté tvářecím procesem akumulováno v tvářeném materiálu.

Polytropické tváření je tváření, při kterém je teplo vyvinuté tvářecím procesem částečně odvedeno do okolí chladicí kapalinou a nástrojem, a částečné je akumulováno v tvářeném materiálu.

- Dle účinku tvářecí síly

Statické tváření, při němž je na materiál působeno klidným tlakem. Jedná například o proces lisování.

Dynamické tváření, u kterého je na materiál působeno rázem. Tento typ tváření se uplatňuje například u kování.

- Dle způsobu provedení

V tomto případě se jedná o dělení na *stříhání, ohýbání, tažení, protlačování, kování, válcování, ražení, kalibrování* atd.

Při působení vnější síly na materiál dojde ke změně tvaru tělesa. Při použití dostatečně velké síly dojde v materiálu k vnitřnímu pnutí a k jeho porušení. Tento jev se nazývá deformace. Rozlišujeme deformaci pružnou a plastickou.

Pružná deformace je taková, při níž dojde k vychýlení atomu o maximálně 15 % mřížkové konstanty. Mřížková konstanta je vzdálenost dvou atomů v klidovém stavu materiálu. Po uvolnění zatížení se atomy vracejí zpět na původní místo.

Plastická deformace probíhá pohybem dislokací, a to kluzem, nebo dvojčatěním. Pohyb dislokací probíhá v rovinách a směrech nejhustěji obsazenými atomy. Při omezení pohybu dislokací dojde k změně struktury a vlastností materiálu.

Při zvyšování stupně deformace dochází k prodlužování polyedrických zrn, a tím jsou přeměňována na vlákna. Během tohoto procesu je měněn i tvar krystalické mřížky od náhodně orientovaného na usměrněný. Při určitém druhu tváření se tvar usměrněné mřížky označuje jako textura. Zvyšováním stupně deformace dochází k zvyšování hustoty poruch, což má za následek zvýšení meze kluzu. To znamená, že pro další plastickou deformaci je zapotřebí vyššího napětí. S mezí kluzu dále vzrůstá pevnost a tvrdost materiálů a klesá houževnatost. Tato změna mechanických vlastností se označuje jako zpevnění. Při zpevnění dochází k snížení elektrické a tepelné vodivosti, snížení chemické odolnosti a korozi-vzdornosti. Návrat deformované struktury do struktury stabilní nedochází samovolně, ale za zvýšených teplot. Při tomto ději dochází k zmenšování zpevnění a tím i mechanických vlastností, rekrytalizaci, růstu zrn a křehnutí. Velikost odporu přetvářeného materiálu ovlivňují stav napjatosti, teplota, rychlost tváření a vnější tření. Vlivem vnějšího tření dále dochází k zmenšení trvanlivosti nástroje a vnitřnímu pnutí v materiálu. Pro zmenšení vnějšího pnutí jsou používána maziva. [4]

2.1 Plošné tváření

Plošným tvářením jsou vyráběny jednoduché i složité, rozměrově přesné a převážně tenkostěnné díly, které jsou méně namáhané. Tuhost těchto dílů závisí na vhodném prostorovém členění. Výhodou plošně tvářených dílů je jejich nízká hmotnost a možnost výroby v násobných a sdružených tvářecích nástrojích. Na druhé straně nevýhodou je využití materiálu. Při plošném tváření vzniká značné množství odpadního materiálu. Toto množství

lze do určité míry redukovat vhodnou optimalizací uspořádání přístřihů. Pro stanovení koeficientu využití materiálu je používán vzorec:

$$K_m = \frac{S_v}{S_p} \cdot 100(\%) \quad (4)$$

Kde S_v je plocha výstřižku včetně konstrukčního odpadu a S_p je plocha pásu. Tímto typem tváření se zpracovávají materiály, u nichž dojde k trvalé změně tvaru, avšak tloušťka materiálu zůstane zachována. Jedná se převážně o plechy. Mezi technologie plošného tváření jsou řazeny rovnání, stříhání, přesné stříhání, kalibrování, ohýbání, zakružování, tažení, kroužlení a tváření plechů pevnými nástroji. [4]

2.1.1 Vlastnosti plechů vhodných k tváření

2.1.1.1 Chemické složení, mikrostruktury, mechanické a technologické vlastnosti

Všechny zmíněné faktory mají vliv na tvářitelnost plechů. V nízkouhlíkových hlubokotažných ocelích jsou obsaženy prvky jako uhlík, mangan, křemík, fosfor a síra. Tyto oceli dále obsahují prvky jako chrom, měď, nikl, cín, a molybden, které se do nich dostávají ze surového železa a při recyklaci. Hlubokotažné oceli třídy 1.0333 aj. patří do skupiny neuklidněných ocelí. Uklidněné hlubokotažné oceli jsou získávány příměsí stabilizačních prvků jako například hliníku, vanadu, titanu, zirkonia, bóru atd.

Mechanické vlastnosti a tvářitelnost je podstatně ovlivněna charakterem mikrostruktury, a to zvláště velikostí a tvarem zrn feritu, množstvím, tvarem a rozložením cementitu a vměstků. Nejlépe tvářitelné jsou oceli, v jejichž mikrostruktuře je cementit vyloučen v globulích, a je rovnoměrně rozložen v základní feritické fázi. Horší tvářitelnost mají oceli obsahující lamelární cementit a oceli s řádkovým cementitem jsou nejméně vhodné. Velikost feritických zrn ovlivňuje výslednou kvalitu povrchu výtažku. Čím je feritické zrno větší, tím je povrch méně drsný. Pokud mikrostruktura oceli obsahuje nerovnoměrné rozložení velikostí feritických zrn, dochází v ní k nerovnoměrné deformaci, která má za následek praskání při tváření. [6]

2.1.1.2 Povrchově upravené plechy a plechy se speciálními vlastnostmi

Pro ochranu proti korozi nebo pro získání speciálních vlastností jsou plechy opatřeny povrchovou úpravou pozinkováním, pocínováním, pohliníkováním, pochromováním, nebo nanesením PVC, PVF, PE fólií. Pro tyto úpravy jsou používány materiály třídy 1.0314,

1.0333, 1.0336, 1.0320, 1.0330, 1.0028 a 1.0116. Kovový podklad bývá nejčastěji o tloušťce od 0,2 do 2 mm.

Pozinkované plechy jsou používány ve strojírenství, stavebnictví a spotřebitelském průmyslu. Tyto plechy jsou buď zinkovány žárově, nebo galvanickým zinkováním. Tloušťka vrstvy zinku při žárovém zinkování dosahuje 15 až 30 μm a při galvanickém zinkování 3 až 5 μm . Pozinkovaný plech může být stříhán, ohýbán a mělce tažen. Při tažení však může dojít k porušení souvislosti zinkové vrstvy.

Pocínované plechy spatřují uplatnění ve strojírenství, ale převážně v oblasti potravinářství ve formě nejrůznějších obalů. Pocínování plechů je praktikováno stejně jako u zinkování, avšak získaná ochranná vrstva je asi desetkrát tenčí. Rozdíl mezi tloušťkami vrstev cínu po žárovém a galvanickém pocínování není příliš výrazný, ale po žárovém zpracování je základní materiál tepelně ovlivněn. Cínové povlaky mohou sloužit jako podklad pro následné lakování.

Pohliníkové plechy jsou používány na součásti, u kterých je kladen důraz na korozivzdornost, odolnost zvýšeným teplotám a chemickou odolnost. Pohliníkování je prováděno ponorem do lázně s roztaveným hliníkem. Pro snížení přechodové vrstvy mezi základním materiálem a hliníkovou vrstvou je do lázně přidáván křemík, beryllium, hořčík aj. Tloušťka vrstvy povlaku se pohybuje od 20 do 30 μm . Výroba pohliníkových plechů je ekonomicky náročnější než výroba pozinkovaných plechů.

Pochromované plechy mají uplatnění jako levnější alternativa za plechy pocínované. Nevýhoda pochromovaných plechů oproti pocínovaným je, že je nelze pájet.

Plechy s povlakem plastické hmoty dosahují dobré korozivzdornosti, odolnosti chemikáliím a otěru, zlepšených izolačních a vzhledových vlastností. Jako základní vrstva jsou používány plechy černé, pozinkované, méně často hliníkové a nerezové. Polymerní povlaky jsou na základní materiál nanášeny kontinuálně pomocí válců rychlostí 1 až 1,5 m/s a lepeny lepidly. Volba polymeru závisí na jeho ceně a dostupnosti, vlastnostech finálního výrobku a použité technologii nanášení. [6]

2.1.1.3 Kvalita a rozměrová přesnost plechů

Kvalita a rozměrová přesnost plechů závisí na podmínkách při jejich výrobě. Proces výroby plechů se skládá z odlévání, zkujňování, válcování a tepelném zpracování. Tenké plechy jsou válcovány za studena z plechů válcovaných za tepla. Tyto za tepla válcované po-

lotovary musí být zbaveny povrchových okují mořením v roztoku kyseliny sírové při teplotě 100 °C. Při válcování za studena dochází k ztenčení plechu o cca 70 %. Válcováním za studena jsou plechy výrazně zpevněny a vzniká struktura orientovaná ve směru válcování. Pro odstranění této struktury a zpevnění jsou plechy žihány. Válcování za studena a žihání výrazně ovlivňují mez kluzu, mez pevnosti, tažnost a náchylnost ke stárnutí výsledného produktu. Pro zlepšení vlastností konečného produktu je používáno hladicí válcování s úběrem 2 % jeho tloušťky, rovnání na válečkové rovnače nebo deformace tahem.

Jakost povrchu plechů hodnotí rovinnost povrchu, čistotu, rozlišuje povrch matný a lesklý. Čistota povrchu hodnotí nepřítomnost šupin, trhlin, zaválcovaných okují, dutin, předložek, nekovových vměstků a zbarvení po tepelném zpracování. Za povrch hladký je považován povrch s drsností povrchu $R_a \leq 0,63 \mu\text{m}$, za matný s $R_a = 0,63 \mu\text{m}$ a povrch s $R_a > 2 \mu\text{m}$ je považován za zdrsňený. Pro dobré mazání při lisování je vhodnější mikrogeometrie s dostatečně velkým nosným povrchem a méně ostrými výstupky.

Plechý jsou děleny dle tloušťky na velmi tenké do 0,4 mm, tenké od 0,4 do 4 mm a tlusté nad 4 mm. Tolerance tloušťky se pohybuje u tenkých plechů od 7 do 10 % a u tlustých plechů od 3 do 6,5 %. Šířka a délka standardně dodávaných plechů v tabulích jsou 1000 x 2000 mm, 1250 x 2500 mm a 1500 x 3000 mm. Plechy dodávané ve svitcích mají stejné tloušťky a šířky jako plechy v tabulích. [6]

2.1.1.4 Stárnutí a jeho vliv na vlastnosti plechů

Stárnutí materiálu je proces, při kterém přechází materiálová struktura ze stavu metastabilního do stavu téměř stabilního. Tento proces je velmi pomalý a je doprovázen samovolnými fyzikálními, mechanickými a chemickými změnami vlastností materiálu. U oceli se stárnutí projevuje shlukováním atomů dusíku a uhlíku. Tyto shluky zabraňují pohybu dislokací, a tím výrazně snižují tvářitelnost oceli. Mezi prvky, které mají kladný vliv na stárnutí oceli, patří fosfor, chrom, mangan, křemík, hliník a titan. Jsou rozeznávány dva způsoby procesu stárnutí oceli:

Stárnutí po rychlém ochlazení – Objem rozpuštěného dusíku a uhlíku závisí nepřímo úměrně na rychlosti ochlazení při kalení. Čím je tento objem větší, tím je ocel ke stárnutí náchylnější. Při pokojových teplotách ocel stárne pomaleji, než při vysokých, např. 200 °C, ale dosahuje vyšších hodnot zpevnění.

Stárnutí po tváření za studena – Tvářením za studena dochází k deformaci krystalové mřížky a vytěsnění atomů uhlíku a dusíku do oblasti dislokací. Tím u materiálu dochází opět k zpevnění. Toto zpevnění lze překonat zvýšeným napětím. Polotovár je vystaven působení sto stupňové olejové lázni po dobu třiceti minut a zatížen na trhacím stroji.

Pro účely zkoušek stárnutí plechů je využíváno procesu umělého stárnutí plechů. Tento proces spočívá ve vystavení materiálu vyšším teplotám.

Zamezení, či zpomalení procesu stárnutí lze dosáhnout úpravou chemického složení, tepelným zpracováním, tvářením za studena, nebo snížením skladovací doby a teploty. [6]

2.1.2 Stříhání

Stříhání je jedna z nejrozšířenějších výrobních operací. Používá se k dělení plechových tabulí, svitků, pásů, profilových polotovarů, k vystřihování tvarů, prostřihování, přistřihování, nastřihování, protrhávání, vysekávání a k ostřihování. Při stříhání působí stříhací nože na materiál a vytváří v něm napětí přesahující mez pevnosti a vyvolávající smyk. Vlivem stavu napjatosti dochází k dělení materiálu dříve, než se stříhací nože navzájem dotknou. Při tomto způsobu dělení materiálu nevzniká dokonalá řezná plocha. V horní části střížné plochy je materiál napěchován, dále následuje oblast lomu ve tvaru písmene S, oblast otěru a v dolní části lze pozorovat zpevněnou oblast, otřep a vtisk spodního nože. Proces je rozlišován dle použitých nástrojů a jejich výkonných částí. Jedná se o:

Stříhání s rovnoběžnými noži, při kterém je ostří nožů orientováno rovnoběžně, velmi rychle narůstá střížná síla, tím vznikají v střížném procesu rázy. Použité střížné nože bývají relativně krátké.

Stříhání se skloněnými noži, při kterém je nůž do materiálu zařezáván pod úhlem, a tím je docíleno menších rázů. Střížné nože jsou delší, dražší, ale mají větší životnost.

Stříhání s tvarovými noži, které je používáno ke stříhání válcovaných profilů. Tvar nože negativně kopíruje tvar stříhaného profilu. Pro zlepšení střížných podmínek jsou používány vibrační střížné nože.

Stříhání s rotačními noži, které umožňuje plynulé stříhání bez rázů. Styk střížného nástroje a materiálu je téměř bodový, což umožňuje vystřihování křivkových profilů.

Stroje používané k tvarovému stříhání se označují jako stříhadla. Stříhadla jsou rozdělována dle tvaru, složitosti, sériovosti a způsobu stříhání střížného nástroje.

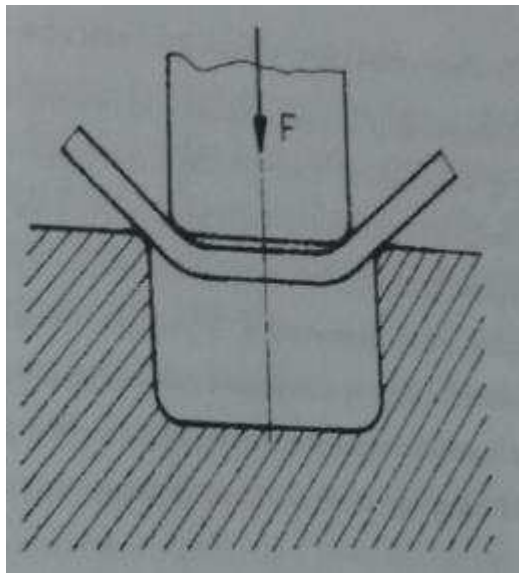
Jednoduché stříhadlo provádí jednu střížnou operaci na jednom výstřížku při jednom zdvihu.

Postupové stříhadlo je schopno provést několik operací na více zdvihů. Polotovar je během jednotlivých zdvihů přesunován od jedné operace ke druhé.

Sdružené stříhadlo realizuje kromě střížných operací také operace ohýbání, tažení, lemování atd. [4,5]

2.1.3 Ohýbání a rovnání

Mezi další velmi rozšířené operace zpracování plechu patří ohýbání. Touto operací dochází k intenzivnímu přetvoření objemu materiálu. Při ohýbání mění deformace i napětí v materiálu velikost a smysl, ale nedochází k porušení soudržnosti. Materiál se se deformuje o požadovaný úhel, ohybová čára je přímá a ohnutý tvar musí být rozvinutelný. V kusové výrobě pro jednoduché díly jsou s výhodou používány ruční ohýbačky, na kterých je materiál ohýbán přes hranu lišty pomocí otočné ohýbací čelisti. Pro strojní zpracování jsou používány mechanické ohýbací, nebo ohraňovací lisy. Ohybový úhel je přibližně určen tvarem dutiny mezi pevnou a pohyblivou čelistí. Ohýbáním jsou také vyráběny lehké nosné profily, které mohou nahradit těžší profily válcované.

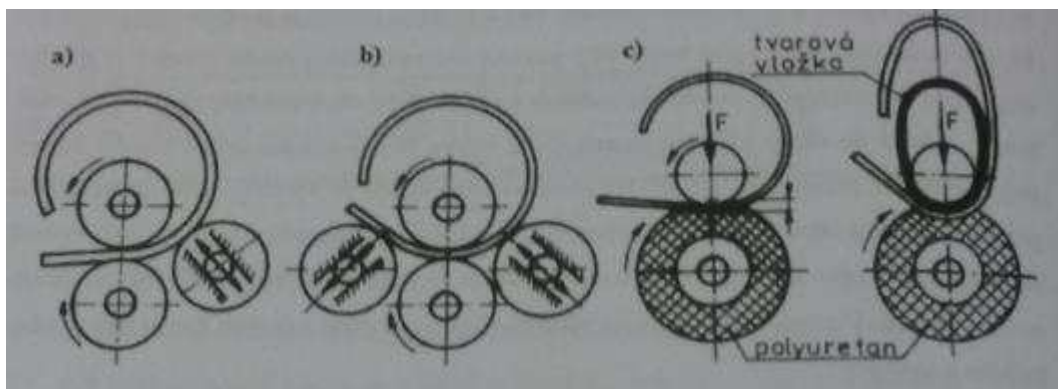


Obr. 2. Způsob ohýbání do tvaru U na ohýbadle (ohybnice, ohybník) [4]

Výroba švových trubek a ohybů, u kterých je poloměr několikanásobně větší, než je tloušťka materiálu, je prováděna na plynulých ohýbacích profilovaných válcích. Metoda, pomocí které jsou plechy ohýbány do válcových, nebo kuželových ploch a profilový mate-

riál do kruhu se nazývá zakružování. Při této metodě je ohybová oblast plynule posouvána po ohýbaném materiálu.

Pro zakružování jsou používány dvouválcové, tříválcové a čtyřválcové zakružovačky. Na dvouválcových zakružovačkách je na jeden válec navulkanizována pryž. Ohyb je praktikován vtláčením zakružovaného materiálu pomocí druhého válce do zmíněné pružné vrstvy. Výhodou dvouválcových zakružovaček oproti tří a čtyřválcovým je zakroužení materiálu během jedné operace a při použití tvarových vložek možnost zakroužit materiál do jiného než kruhového tvaru. Čtyřválcové zakružovačky oproti tříválcovým umožňují zakroužit oba konce plechu.



Obr. 3. Schéma a) tříválcové b) čtyřválcové c) dvouválcové zakružovačky[4]

Rovnění je nedílnou součástí procesu stříhání a ohýbání plechů a profilů. Během manipulace s těmito materiály dochází k jejich deformaci. Některé materiály musí být rovnány už jen kvůli tvaru polotovaru. V tomto případě se jedná o materiály dodávané ve svitcích. Princip rovnání vychází z mechanismů principu ohýbání. Rovnění je prováděno na rovnacích válcích, v případě plechů, a na tvarových kotoučích, v případě drátů a profilů. Při rovnání dochází k několikanásobnému ohnutí materiálu. Plastická deformace způsobené rovnáním musí být větší než nahodilá deformace kdekoli na rovnaném materiálu. Rovnění drátů a profilů je prováděno stejným principem, avšak za použití rovnacích kotoučů a k rovnání dochází ve dvou navzájem kolmých rovinách. [4]

2.1.4 Tažení

Naposlední metodou plošného tváření je tažení. Jedná se o technologii, při které dochází k přetvoření rovinného přístřihu do prostorového tvaru, bez možnosti jeho rozvinu. Tažení umožňuje výrobu pevnostně tuhých a lehkých dílů. Tyto díly se nazývají výtazky. V přípa-

dě hlubokého tažení je nutno použít postupně více tažnic a tažníků a proces provádět na několik tahů. Tímto způsobem je zabráněno přerušení soudržnosti materiálu. [4]

2.1.5 Další metody plošného tváření

Díly, které mají dutý kruhový tvar lze vyrábět kroužlením. Kroužlení je prováděno na kotlačitelském stroji a materiál při něm mění svoji tloušťku stěny. Tyto díly jsou vyráběny postupným přitlačováním dobře tvárných materiálů na dřevěný či železný rotační model. Přitlačování je prováděno nejruznějšími rotujícími tlačítky. Pokud má dutina vyráběného produktu větší průměr než hrdlo, musí být produkt vyroben z více dílů, aby bylo možné nedestruktivně vytáhnout z dílu rotační model. Tato metoda je velice nákladná na výrobu tvářecích strojů a nářadí. Proto jsou hledány alternativní postupy. Jedním z takových postupů je použití vysoké deformační rychlosti a energie. Tento proces je vyvolán výbuchem v kapalině, která je nalita do polotovaru. Tlak, který je ve všech místech kapaliny stejný a míří ve všech směrech, vytvaruje polotovar do potřebných rozměrů. Odstranění kapaliny z vyráběného dílu již není složité. [4]

3 METODY SPOJOVÁNÍ MATERIÁLŮ

Spojování jednotlivých dílů výrobků je používáno u dílů, jejichž složitý tvar, nebo velké rozměry znemožňuje jejich výrobu konvenčními technologiemi, nebo by byla jejich výroba příliš ekonomicky nevýhodná. Nerozebíratelné spoje jsou nejčastěji zhotovovány nýtováním, svařováním, pájením, nebo lepením.

3.1 Nýtování

Proces nýtování probíhá vložením nýtu do předpřipravených děr ve spojovaných materiálech a následné plastické deformaci nýtu. Pomocí nýtů lze spojovat tenké součásti jako např. plechy, pásy, válcované profilované tyče, atd. Výhoda nýtovaných spojů je v odolnosti proti dlouhodobému rázovému zatížení. Další velkou výhodou těchto spojů je možnost spojovat různorodé materiály, jako keramiku, sklo, plasty, aj. Nýt může zastávat funkci izolantu, vodiče a otočného čepu. Nýtové spoje jsou děleny do třech skupin:

Pevné nýtové spoje používané na konstrukcích mostů, rámu vozidel, skeletech, či střechách. Tyto spoje jsou dnes ve velké míře nahrazovány svařováním.

Pevné a nepropustné spoje, které jsou používány pro vysokotlaké kotle, nádrže a potrubí. Stejně jako předešlé spoje bývají nahrazovány svařováním.

Nepropustné spoje zajišťují nepropustnost otevřených nádrží, sudů, komínů, aj.

Nýtování je prováděno ručně, strojně, za tepla i za studena. Z důvodu rozdílné materiálové dilatace a vzniku elektrolytické koroze je materiál nýtu volen stejný, jako je materiál spojovaný. Materiál nýtu musí dále vyhovovat funkčním požadavkům, zejména pevnosti, korozivzdornosti, elektrické a tepelné vodivosti. Nýty jsou vyráběny z tvářitelných ocelí, slitin hliníku, mědi, mosazi, nebo plastu. Plastové nýty bývají často integrovány do jedné ze spojovaných součástí. Nýty s trhacím trnem jsou používány ve spojích, u kterých je přístup pouze z jedné strany. Po osazení do otvoru jsou použity nýtovací kleště. Pomocí kleští je dřík nýtu zatažen do hlavičky, tím ji roztáhne a přebytečná část dříku je utržena. [4]

3.2 Svařování

Svařování je moderní hojně využívaná technologie výroby nerozebíratelných spojů. Svařením několika součástí v jeden celek vniká svařenec. Svařování probíhá za vyšších teplot, než je teplota tavení a ve většině případů je do svaru přidáván další materiál. Svařence mo-

hou nahradit velké výkovky i odlitky a sami o sobě mohou být tak tvarově složité, že je nelze vyrobit jinou technologií. Svarový spoj bývá ve většině případů lehčí a levnější, než jiné technologické spoje. Svařováním lze opravovat poškozené části strojů a to i v místech, kde dříve spoj nebyl. Touto technologií je dokonce možno opravovat opotřebené funkční plochy strojů a tím prodloužit jejich životnost. Rozeznáváme svařování tavné, při kterém se součásti spojí splynutím roztaveného kovu a odporové, kdy je v místě styku materiál ohřát až dosáhne těstovité struktury a spojen buď klidným přitlačením, nebo rázy. Česká státní norma číslo ČSN EN ISO 4063 rozlišuje tyto metody svařování:

Obloukové – Spojení je zhotovené roztavením svařovaného a přídavného materiálu elektrickým obloukem vzniklým mezi elektrodou a svařovaným materiálem.

Odporové – Spoj vzniká tlakem a teplem vyvolaným průchodem proudu svařovanými materiály. Nejčastěji se využívá těchto způsobů tlakového svařování:

- Elektrickým odporem – Pro tento typ svařování je využíván střídavý proud s nízkým napětím, a vysokou intenzitou. Tento typ svařování se dělí:
 - Svařování natupo – svařované součásti jsou upnuty do čelistí a přitlačovány k sobě. Dochází ke spojení celé styčné plochy.
 - Bodové svařování – styčné plochy jsou stlačeny elektrodou v bodě, a v tomto bodě dojde ke svaření.
 - Švové svařování – probíhá stejně jako bodové, avšak elektroda má tvar kotouče, který se materiálu odvaluje. Spoj má podobu průběžného svaru. Vzniklý svar je vodotěsný.
 - Výstupkové svařování – na jednom ze svařovaných plechů jsou vylišovány výstupky. Na tyto výstupky je položen druhý plech a na něj desková elektroda. Svar vznikne pouze na styčných místech, tedy výstupcích.
- Svařování třením – Při této metodě vzniká svařovací teplo suchým třením. Tímto způsobem jsou spojovány převážně rotační součástky.
- Svařování indukční – Tato metoda využívá k ohřevu vysokofrekvenční indukovaný proud. Součástky jsou k sobě přitlačeny. Indukčním svařováním jsou svařovány i termoplasty.
- Svařování ultrazvukem – Součásti jsou přitlačeny sonotrodou. Svar je tvořen vlněním o frekvencích od 20 kHz do 50 kHz. Ultrazvukem lze svařovat polymery s vysokým modulem pružnosti a nízkým tlumením.

- Svařování výbuchem – Svar je zhotoven rázovou energií vyvolanou výbušninou, elektrickým jiskrovým výbojem v kapalině, nebo silnou elektromagnetickou vlnou.

Plamenové – Plamenové svařování probíhá spalováním hořlavého plynu v oxidační atmosféře.

Tlakové – Při této metodě je využíváno buď ultrazvuku, nebo tření.

Svařování svazkem paprsků – Potřebné teplo je vyvoláváno laserem, nebo proudem elektronů. Touto metodou lze svařovat i materiály s vysokou teplotou tání.

Ostatní – tato skupina obsahuje mimo jiné aluminotermické svařování, které pracuje na principu zapálení hliníkového prášku a oxidu železa. Aluminotermické svařování je používáno v prostředí, kde není k dispozici elektrický proud. Dále obsahuje elektrostruskové svařování, které je používáno pro svařování tlustších součástí. Mezi styčné plochy je vložen materiál s vodivou strukturou a do ní je přiveden elektrický proud.

Svar by měl vykazovat shodné mechanické vlastnosti jako svařovaný materiál. Tyto vlastnosti svaru ovlivňují chemické a metalurgické složení základního materiálu, přídavného materiálu, elektrod, použitá technologie svařování i zkušenosti svářeče. Svařovat lze velké množství kovů jako oceli, litiny, měď, hliník, hořčík, nikl zinek, titan a dokonce i termoplasty. Velký vliv na svařitelnost ocelí má objem uhlíku v ní obsažený. Svařitelná ocel by neměla obsahovat více než 0,2 % uhlíku. Z termoplastů jsou dobře svařitelné PVC, PS, PE, PP. PA a POM lze svařovat obtížněji. Jsou rozeznávány:

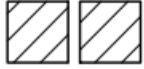















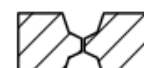

Svary lemové – Lemové svary jsou používány pro svařování tenkých plechů. Výška lemu se zpravidla volí jako tloušťka plechu + 2 mm a mezera mezi plechy 2 mm. Svařování probíhá bez přidávání materiálu.

Svary tupé – Těmito svary jsou spojovány styčné spáry a je do nich přidáván materiál. Pro různé tloušťky plechu jsou používány různé tvary svaru.

- Svar I – se používá pro plechy o tloušťce do 5 mm. Hrany plechu se nijak neupravují a zůstávají kolmé.
- Svar V – slouží k spojování plechů od 3 mm do 20 mm tloušťky. Hrany jsou z jedné strany sraženy. Hloubka sražení je shodná s tloušťkou svařovaného materiálu.
- Svar X – nachází uplatnění u tlustých plechů od 8 mm do 40 mm. Hrany plechů jsou sraženy z obou stran.

- Svar U – vyžaduje úpravu hran obráběním. Lze ho využít pro plechy tlusté do 40 mm. V případě tlustějších plechů do tloušťky 80 mm je používán svar UU.

Tab. 1. Přehled nejčastěji užívaných tvarů svarových ploch při spojování kovů a plastů

Název svaru	Tvar příčného řezu svaru	Název svaru	Tvar příčného řezu svaru
I - svar		dvoustranný V - svar	
jednostranný 1/2 V - svar		dvoustranný 1/2 V - svar	
			
V - svar		U - svar	
Y - svar		dvoustranný U - svar	
dvoustranný W - svar		I - svar s ocelovou podložkou	
W/V - svar		V - svar s ocelovou podložkou	
1/2 W - svar		I/V - svar	
dvoustranný 1/2 W - svar		děrový svar	

Svary koutové – Koutovými svary jsou svařovány plochy, které spolu navzájem svírají většinou pravý, nebo ostrý úhel. Úprava hran před svařováním není vyžadována. Koutový svar je používán i při přeplátování, které spočívá v položení dvou plechů na sebe. Průřez koutovým svarem má tvar trojúhelníka. Běžné staticky zatížené koutové svary bývají ploché. Pro dynamické zatížení je vhodnější použít koutový svar převýšený. Koutové svary vytvořené na vnějších rozích nádob se nazývají rohové.

Svary děrové a žlábkové – Tento typ svarů se používá pro svařování plechů položených na sebe. V horním plechu je vyvrtána díra, nebo vyfrézována drážka, která je při svařování

vyplněna svarovým kovem. Při použití tlustějších plechů musí být hrany otvorů nebo drážek zkoseny. Šířka drážky bývá volena jako tloušťka plechu + 3 mm.

Termoplastické fólie jsou svařovány elektricky vytápěnými čelistmi, nebo kotouči povlakovanými teflonem. Kvůli přilepování jsou fólie podkládány skelnou tkaninou taktéž opatřenou povlakem PTFE. [4]

3.3 Pájení

Další možností výroby nerozebíratelného spoje kovových součástí je pájení. Výhodou pájení je možnost spojovat součásti z různých materiálů. Při procesu pájení nedochází k roztavení spojovaného materiálu. Roztaven je pouze přidaný materiál, který se nazývá pájka. Po roztavení pájka zaplní mezeru mezi spojovanými součástmi a v místě spoje difunduje do spojovaného materiálu. Po ztuhnutí pájky vznikne nerozebíratelný spoj. Rozlišuje se měkké a tvrdé pájení.

Měkké pájení probíhá do teploty 450 °C, lze je použít pro spojení všech kovů a odolává malému zatížení. Využívá se pro vodotěsné spoje chladičů automobilů, konzerv, nádrží, okapových rour, oplechování střech, atd.

Tvrdé pájení využívá teplot nad 450 °C, odolává většímu zatížení. Tvrdým pájením jsou spojovány rámy jízdních kol a motocyklů, příruby k trubkám, aj. [4]

4 POVRCHOVÉ ÚPRAVY

„Při užívání strojírenských výrobků dochází k jejich vzájemnému styku i k interakci s okolním prostředím a tím i k jejich povrchové degradaci vlivem opotřebení, koroze a dalších vlivů. Aby se tyto děje zmírnily, či se jim zamezilo, používají se povrchové úpravy. Tyto úpravy jsou realizovány tvorbou vrstvy na vlastním materiálu, nebo nanesením povlaku na vlastní materiál. Povrchové úpravy jsou také využívány pro zlepšení jakosti, životnosti, spolehlivosti, náročnosti údržby, fyzikálních, mechanických a vzhledových vlastností povrchu. Vytvoření povrchové vrstvy lze provádět fyzikální, chemickou nebo difúzní cestou.“ [7]

4.1 Dělení povrchových úprav

„Povrchové úpravy se z hlediska strukturního dělí na povrchy a vrstvy. Povlak je na materiál nanášen, zvětšuje rozměr součásti a mezi povlakem a součástí dochází ke skokové změně mechanických, fyzikálních a chemických vlastností. Vrstva je součástí materiálu, u níž dochází vnějším působením k chemické a strukturní změně materiálu, tedy změna vlastností je pozvolná. Povrchová vrstva a základní materiál jsou odděleny přechodovou oblastí. Z chemického hlediska jsou povlaky a vrstvi děleny na organické a anorganické. Organické plní ochrannou funkci, a to především povlaky, díky skokové změně vlastností mezi materiálem a povlakem. Organické povrchy a vrstvy jsou dále děleny na konzervační povlaky, nátěry a plastové povlaky. Anorganické jsou děleny na kovové a nekovové. Nekovové pak na keramické a konverzní.“ [7]



Obr. 4. Základní dělení povrchových úprav [7]

4.1.1 Organické povlaky

- *Nátěrové hmoty*

Jedná se o nejstarší, nejběžnější a nejekonomičtější způsob povrchové úpravy, kdy 80 až 90 % povlaků je prováděno právě nátěrovými hmotami. Tyto povlaky jsou snadno vytvářeny a opravovány. Skládají se z pojiva, rozpouštědla, pigmentu a plniva. Používají se zejména pro dekorativní a ochranné účinky, proti olejům, ohni, mořské vodě, bakteriím, elektřině, aj.

- *Plastové povlaky*

Povlaky z polymerních materiálů se používají na ochranu proti korozi, ale také třeba proti lepivosti, opotřebení, atd. Používají se např. polyvinylchlorid, polyetylén, polyamid, teflon, aj.“ [7]

4.1.2 Anorganické povlaky – kovové

„Nejdůležitějším hlediskem pro hodnocení ochranné funkce kovových povlaků je tloušťka a poréznost povlaku. Životnost povlaku je přímo závislá na tloušťce, neboť se tak snižuje počet korozně významných pórů. Optimální je ten stav, kdy je povlak neporézní. Kovové povlaky vznikají z roztavených kovů a vylučováním z roztoků. S ohledem na svou funkci v elektricky vodivém prostředí se kovové povlaky rámcově dělí na katodické a anodické vzhledem k základnímu kovu v daném prostředí.

- *Katodické ochranné povlaky*

Oproti základnímu materiálu fungují jako katoda a na základě chemických potenciálů nekorodují, jsou tedy ušlechtlejší. Nebezpečí jejich použití spočívá v tom, že v případě větší poréznosti nebo porušení povlaku nastane intenzivní koroze anody (základního kovu pod ochrannou vrstvou). Životnost katodických povlaků v atmosférických podmínkách je zpravidla dobrá, protože i za podmínek vzniku článku dochází ke korozi, ale korozní produkty mají většinou ochrannou funkci.

- *Anodické ochranné povlaky*

Anodické povlaky fungují proti základnímu materiálu jako anoda, přednostně koroduje povlak. Korozní odolnost povlaků zajišťuje dlouhodobou stabilitu systému. Jako anodické

povlaky se uplatňují takové kovy, které sice reagují v daném prostředí, ale výsledkem je vznik korozních zplodin odolných proti další oxidaci. Vzniká tedy souvislý, kompaktní a pomalu narůstající povlak, který je chemicky, termodynamicky a mechanicky vysoce stabilní.

Povlaky připravené tepelně - mechanickými procesy

- *Plátování kovy*

Plátování neboli obkládání kovy se používá k vytváření tlustších ochranných povlaků (řádově 0,1 až několik mm). Vhodně kombinuje mechanické vlastnosti a levnost základního kovu s požadovanými vlastnostmi (korozivzdornost, odolnost proti opotřebení apod.) dražších materiálů vytvářených povlaků. Základní materiál má tedy funkci nosnou a plátovací pak funkci ochrannou. Hlavní oblastí jejich aplikace je příprava povlaků z korozivzdorných ocelí. Pro zvýšení odolnosti proti opotřebení se prakticky nepoužívají. Jako příklady použití mohou být uvedeny povlaky kluzných materiálů na oceli (např. měď a její slitiny).

- *Žárové pokovování v roztavených kovech*

Touto metodou lze poměrně jednoduše vytvořit povlaky o dostatečně velkých tloušťkách a s malou pórovitostí. Vlastní pokovení je rychlé, poměrně levné a velmi vhodné pro úpravu polotovarů, pásů, drátů apod. Vrstva roztaveného kovu, která po ztuhnutí ulpí na povrchu, je hlavní částí ochranného povlaku. Tepelným zatížením a reakcí s roztaveným kovem vznikají difúzní mezivrstvy intermetalických fází, které slouží k dobré přídržnosti povlaku, na druhé straně však zhoršují jeho mechanické vlastnosti. Nevýhodou této technologie je omezení na povlakové kovy s nízkou teplotou tání (Zn, Sn, Pb, Al).

- *Žárové stříkání kovů (metalizace)*

Principem je nanášení natavených částic kovu proudem vzduchu (nebo spalin) na povrch předmětu. Tímto způsobem lze nanášet povlaky libovolného kovu nebo slitiny na kov nebo jiný materiál (dřevo, papír, sádra, plastické hmoty, sklo, keramiku, tkaninu apod.). Tloušťka povlaku se dá řídit od tenkých vrstev (v mikrometrech) po tlusté (v desetínách mm). Z toho vyplývá i široké použití této technologie, jako např. ochrana proti korozi a vysokým teplotám, povrchová úprava nekovových materiálů, renovace strojních součástí, oprava vadných nebo porézních odlitků, speciální výroba forem apod.

Povlaky připravené tepelně - fyzikálními procesy*- Navařování*

Technologie navařování se provádí pomocí plamene, oblouku, plasmy nebo laseru. Teplota procesu je větší než teplota tavení. Základním materiálem pro tyto povlaky jsou kovy. Tvrdost návaru závisí na chemickém složení a získaná tloušťka je 250 µm a více.

- Metody PVD (Physical Vapor Deposition)

Při výrobě povlaků metodami PVD dochází k transportu nanášeného materiálu od zdroje na substrát. Povlaky jsou vytvářeny za sníženého tlaku kondenzací částic (atomů, případně shluku atomů), které jsou uvolňovány ze zdroje částic (terčů, tarotů) fyzikálními metodami (naprašováním nebo napařováním). Vrstva povlaku je vytvářena z jednotlivých dopadajících atomů. K nevýhodám všech metod PVD patří relativně složitý vakuový systém a požadavek pohybovat povlakovanými předměty (rotační držáky nástrojů), aby bylo zaručeno rovnoměrné ukládání povlaku po celém jejich povrchu. Mezi výhody lze zařadit možnost povlakování ostrých hran.

Povlaky připravené elektrochemickými procesy*- Galvanické pokovování*

Technologie galvanicky vylučovaných kovů a slitin je známa velmi dlouho, a to jak pro vytváření povlaků na modelech složitých tvarů (galvanoplastika), tak i tenkých povlaků na předmětech s cílem ochrany povrchu především proti korozi (galvanostegie). Základní důležitost pro tento obor mají elektrochemické děje a to zejména elektrolýza a pochody probíhající v galvanických člancích. Příkladem povlaků je mědění, mosazení, zinkování, kadmiování, cínování, stříbření, zlacení, niklování, chromování atd. Rozpustná anoda uvolňuje kladné ionty kovu do roztoku, které se na katodě vylučují jako čistý kov. Na rozhraní roztok – povrch je určité krystalizační napětí do 100 µm, kovový iont je neutralizován do mřížky. Elektrolyt tvoří roztok soli vylučovaného kovu a vodící sůl pro zvýšení elektrické vodivosti.

Povlaky připravené tepelně - chemickými procesy*- Chemické pokovování*

Podstatou chemického (bezproudového) pokovování je vylučování ušlechtilějšího kovu na povrch kovu méně ušlechtilého vlivem rozdílu potenciálů v roztoku, nebo vyredukováním

kovu z jeho soli příslušným redukčním činidlem. Pokovovací lázeň se nejčastěji skládá ze soli kovu, který má být vyloučen a z redukčního činidla, které redukuje kovovou sůl na kov. Chemicky lze vylučovat povlaky téměř všech kovů. Výhodou je především jednoduchost, neomezená hloubková účinnost lázně, tzn., že lze pokovovat i členité předměty v dutinách. Nevýhodou je menší vylučovací rychlost a nutnost obtížně regenerovat lázeň. Příkladem je chemické mědění, cínování, chromování, zinkování, stříbření, niklování atd.

- Metody CVD (Chemical Vapor Deposition)

Tato metoda je použitelná k vytváření povlaků z téměř všech kovových i nekovových prvků (např. C, Si). Deponovány mohou být i sloučeniny. Tato technologie se stává extrémně důležitou zejména při výrobě polovodičů a jiných elektronických komponent, při povlakování nástrojů, ložisek a dalších součástí odolávajících opotřebení, při výrobě korozně odolných součástí apod. Podle podmínek, za kterých probíhají chemické reakce a růst povlaků, rozlišujeme různé druhy CVD metod. Podle teploty se jedná o rozdělení na vysokoteplotní (HTCVD) a nízkoteplotní (LTCVD) CVD procesy. Členění podle tlaku je na metody CVD probíhající při normálním (APCVD), sníženém (SPCVD) nebo nízkém tlaku (LPCVD).

Povrchové vrstvy připravené mechanickými procesy

- *Kuličkování, válečkování, otryskání, kalibrování, detonační zpevňování*

Tyto metody úprav zlepšují pevnost povrchu za pomoci plastické deformaci za studena. Topografii a pevnost povrchu lze zlepšit i speciálními technologiemi opracování, jako leštěním, vtíráním částic, hlazením, aj.

Povrchové vrstvy připravené fyzikálními procesy

- *Iontová implantace*

Tento proces je prováděn ve vakuu při teplotě 150 °C. Jeho hlavní výhodou je možnost použití na libovolný substrát, avšak je obtížně použitelná na větší a zakřivené plochy. Další omezení spočívá ve velikosti vakuové komory.

Povrchové vrstvy připravené tepelnými procesy

- *Zpevňování fázovou transformací*

Proces je běžně znám jako povrchové kalení. Patří do technologií tepelného zpracování. Provádí se pomocí ohřevu plamenem, elektrickou indukcí, laserem, nebo elektronovým svazkem. Vrstva bývá hluboká až 2,5 mm s tvrdostí až 650 HV.

Povrchové vrstvy připravené chemicko – tepelnými procesy

- Chemicko – *tepelné zpracování*

Jedná se o změnu chemického složení v povrchové vrstvě. Provádí se zejména sycením povrchové vrstvy různými prvky. Tyto legující prvky mohou být kovy i nekovy. Nejčastěji jsou používány uhlík (cementování), dusík (nitridování), hliník (alitování), chrom (chromování), křemík (silitování), síra a dusík (sulfonitridování) a bór.“ [7]

4.1.3 Anorganické povlaky a vrstvy – nekovové

Keramické povlaky (smaltování)

Smalty jsou typickým představitelem nekovových anorganických povlaků. Jejich ochranná funkce spočívá ve vytvoření nerozpustné, celistvé vrstvy natavené na podkladovém kovu, která izoluje kov od působení agresivních prostředí. Vrstvy smaltu se na povrch nanášejí ve formě suspenze (břečky) poléváním, máčením nebo stříkáním (u litinových předmětů i poprášením) a po vysušení se vypalují při 800 až 950 °C. Nanášejí se základní a krycí vrstva nebo jednovrstvé smalty. Moderními způsoby je nanášení v elektrickém poli (bez sušení) a elektroforézní nanášení. Předností sklovitých minerálních smaltů je to, že jsou souvislé, mají vysokou odolnost proti otěru a izolační schopnost při současném ozdobném efektu. Výhodou je i dlouhá životnost za vyšších teplot (běžně 700 °C, speciální až 1100 °C). Nevýhodou smaltů je jejich křehkost a tím možnost poškození povlaku nárazem. Vzhledem k výhodným vlastnostem se technického smaltování poměrně často používá, zejména v chemickém a potravinářském průmyslu.

Konverzní povlaky

Tyto vrstvy vznikají chemickou nebo elektrochemickou reakcí kovového povrchu s prostředím, jemuž je daný kov vystaven během povrchové úpravy. Na vytvoření anorganické konverzní vrstvy se podílí jak kov, tak i prostředí, přičemž tyto vrstvy se vytvářejí směrem od povrchu do materiálu. Konverzní vrstvy se využívají k různým účelům. Mimo využití v protikorozní ochraně jsou některé vrstvy vhodné jako určitý druh mazadla při tváření nebo

zabíhání, jiné se uplatňují svými elektroizolačními vlastnostmi, tvrdostí, odolností proti otěru i dekorativním účinkem. Nejčastěji se jedná o vrstvy oxidů, fosforečnanů a chromátů kovů.

- *Barvení (oxidace) kovů*

K nejstarším způsobům povrchové ochrany ocelí patří ochrana tenkou vrstvou oxidů, které získáme ohřevem při zvýšené teplotě. Tímto způsobem můžeme vytvořit oxidické vrstvy různé tloušťky v závislosti na teplotě a době ohřevu (od popouštěcích barev po kovářské černění). Oxidické vrstvy na oceli mají většinou zvýšit ochranný účinek proti korozi a dodat povrchu určitý dekorační vzhled. Vzhledem k malé tloušťce těchto vrstev (500 až 800 nm) je jejich ochranný účinek malý a pro zvýšení korozní odolnosti se ještě impregnují. Vrstvy obvykle dobře chrání proti povětrnostním vlivům, odolávají potu a těžko se odírají. Nejčastěji používaným oxidačním procesem je **černění oceli** v alkalických lázních (tzv. brunýrování). Vzniklá tenká oxidická vrstva hnědočerné až černé barvy zlepšuje vzhled i korozní odolnost výrobků. Černění je vhodné pro uhlíkové a nízkolegované oceli, méně vhodné však pro litinu a vysoce legované oceli. Do této skupiny povrchových úprav patří i barvení neželezných kovů a oxidace hliníku (eloxování). Dále velmi málo používaná oxidace v pecích, která závisí na přesném přístupu kyslíku a dané teplotě. A také oxidace v solných lázních, kde roztavené soli jsou směsí dusičnanů a dusitanů, případně chloridů. Tloušťka vrstvy je asi 10 μm. Využívá se v oblasti zbraní a optických zařízení.

- *Fosfátování*

Jedním z nejrozšířenějších způsobů chemické úpravy povrchu je fosfátování, při kterém se na povrchu vytvářejí nerozpustné krystalické terciální fosforečnany zinku, železa, vápníku a manganu. Je to ekonomicky levný a jednoduchý proces. Fosfátové vrstvy jsou odolné proti korozi (i proti mořské vodě), ale přímá ochrana samotnými fosfátovými vrstvami má význam jen ojedinělý. Mechanická pevnost vrstev je malá, vrstva je měkká a nesmí být poškozena. Fosfátová vrstva je také vždy pórovitá, přestože působí dojem celistvosti. Fosfát má velmi dobrou přilnavost, dobré kluzné vlastnosti, vytváří šedou, na dotek sametově působící vrstvu. Důležitou vlastností pevně lpících fosfátových vrstev je jejich schopnost vázat na sebe některé organické látky, čímž získá požadovanou ochranu. Dodatečná úprava spočívá v nasycení konzervačními a impregnačními prostředky, nátěrovými hmotami nebo pasivací.

- *Chromátování*

Chromátování je nejrozšířenějším způsobem pasivace. Jsou to levné a účinné vrstvy vytvořené při oxidaci v kyselině chromové. Pasivační vrstva obvykle dvojchromanu draselného slouží jako ochrana před lehkým korozním napadením. Používá se v široké míře pro zvýšení korozní odolnosti oceli i neželezných kovů, tedy jako konečné úpravy pro lehká korozní prostředí i jako mezivrstvy pod organické nátěry, zvyšující jejich přilnavost a zamezující pronikání korozního media pod povlak. Chromátovací lázně mohou být alkalického nebo kyselého typu. [7]

5 ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ

Zinkování ocelí je využíváno převážně kvůli ochraně proti korozi. V praxi je používáno více technologií směřujících k tvorbě zinkového povlaku. Základní materiál musí být před zinkováním chemicky předupraven. Na vlastnosti zinkového povlaku mají vliv prvky obsažené v zinkovaném materiálu. Technologie zinkování jsou normalizované, ale podléhají také legislativním předpisům hlavně z hlediska bezpečnosti práce a životního prostředí. [8]

5.1 Přehled technologií zinkování

Elektrolytické (galvanické) zinkování – Technologie galvanického zinkování spočívá v procesu vylučování zinkového povlaku z elektrolytu. Zinkovaný výrobek je ponořen do elektrolytu a představuje zápornou katodu. Zinečnaté ionty putují z anody elektrolytem a ulpívají na zinkovaném výrobku. Před tímto způsobem zinkování musí být základní materiál chemicky a elektrochemicky předupraven. Tloušťka zinkové vrstvy se pohybuje od 10 μm do 20 μm .

Zinkování žárovým stříkáním (metalizace) - Před procesem žárového tryskání musí být povrch základního materiálu otryskán ostrohranným abrazivem. Žárové tryskání spočívá v nanášení zinku, nataveného plamenem, či elektrickým obloukem pomocí proudu plynu. Pro lepší korozní odolnost je používána slitina zinku s hliníkem. Nanesená vrstva dosahuje tloušťky 80 μm až 250 μm . Pro dosažení ještě lepší korozivzdornosti bývá na nástřík nanesen organický nátěr.

Sherardování (difuzní zinkování) – Otryskané a výjimečně mořené součásti jsou omílány v rotační peci se zinkovým prachem a pískem. Teplota pece se přibližuje teplotě tání zinku. Při této metodě zinek difunduje do povrchu oceli a může se na ni i chemicky vázat. Takto vytvořený zinkový povlak dosahuje vysoké korozivzdornosti, věrně kopíruje tvar základní součásti a vylučuje riziko vodíkové křehkosti.

Mechanické zinkování – Základní materiál je při použití této metody odmaštěn, namořen a poměděn. Poté je omílán ve vodní lázni se zinkovým prachem a skleněnými kuličkami při teplotě okolního prostředí. Po vyjmutí součásti z rotačního bubnu jsou z povrchu odstraněny skleněné kuličky a součást je opláchnuta a vysušena. Při použití mechanického zinkování nedochází k vodíkové křehkosti k poklesu pevnosti základního materiálu vlivem teplotních změn. Tloušťka naneseného povlaku je velmi rovnoměrná a dosahuje až 15 μm , dle

doby omílání. Mechanické zinkování je používáno pro součásti z kalené, či zušlechtné oceli.

Žárové zinkování ponorem do roztaveného zinku – Součásti jsou před procesem chemicky ošetřeny pro odstranění okují, oxidů, koroze a dalších rozpustných nečistot. Následně je povrch aktivován tavidlem. Ponořením do lázně s roztaveným zinkem vzniká povlak tvořený několika slitinovými vrstvami. Zinek do povrchu oceli difunduje za vzniku několika železo-zinkových slitinových fází. Tato metoda je prováděna při kusové výrobě suchým procesem, při kterém jsou součásti před zinkováním ponořeny do lázně s tavidlem a vysušeny, nebo mokrým procesem, při kterém je tavidlo nasypáno do zinkové lázně a přehrazeno hradítkem, anebo zinkováním s odstředěním. Při mokrém procesu jsou dílce ponořeny ručně pomocí kleští do části lázně s tavidlem, protaženy pod hradítkem a vytaženy částí lázně bez tavidla. U suchého procesu je zinkování mechanizováno. Velikost a hmotnost zinkovaných dílců je omezena velikostí zinkové vany a nosností manipulačního zařízení. [8]

Tab. 2. Porovnání povlaků žárového zinku ponorem v komerčních zinkovnách [8]

Způsob nanesení		Charakter	Použití
kusové	suchý proces	omezená manipulace při nanášení povlaku, vysoká produktivita	součásti, které je možné jednotlivě zavěsit
	mokrý proces	dobrá manipulace při nanášení povlaku, omezená hmotnost	složité tvary vyžadující ruční manipulaci
odstředivé	nízkoteplotní	povlak má stejné vlastnosti jako při kusovém nanášení, omezená možnost řídit tloušťku povlaku	drobné součásti vyžadující větší tloušťku povlaku
	vysokoteplotní	v povlaku není slitinová fáze ζ , dobrá možnost řídit tloušťku povlaku	drobné součásti vyžadující přesné dodržení tloušťky povlaku

5.2 Jevy na povlacích žárového zinku

Drsnost povlaku – Na tloušťku a strukturu povlaku mají vliv různé faktory. Mezi hlavní patří chemické složení zinkované oceli, a to zejména obsah křemíku. Na ocelích neuklidněných křemíkem vzniká jemná konzistentní struktura, naopak na ocelích uklidněných

křemíkem se vzniká struktura hrubá a rozvolněná. Výraznou měrou je kvalita povrchu ovlivněna také tloušťkou stěny oceli, nebo obsahem cizorodých látek a substrátů v povrchové vrstvě.

- Stečeniny – Pokud ocel obsahuje od 0,03 % do 0,12 % křemíku, dochází při žárovém zinkování k uvolňování atomů železa do zinkové taveniny. Tato kašovitá hmota je překryta vrstvou čistého zinku a po vyjmutí součásti z lázně tvoří stečeniny. Tento jev lze odstranit legováním zinkové lázně niklem.
- Hrudky – Hrudky jsou tvořeny krystaly tvrdého zinku, které ulpívají na cizorodých krystalizačních jádrech. K tomuto jevu dochází při velké koncentraci rozpuštěného železa v zinkové lázni. K odstranění tohoto jevu výraznou měrou přispívá čistota dutin zinkovaných součástí.
- Krupice – Principiálně je tento jev krupice stejný jako jev hrudek, jen s tím rozdílem, že vady povlaku jsou výrazně jemnější. Krupice se vyskytuje na plechových součástech z neuklidněné oceli. Odstranění tohoto jevu není snadné a nelze předem specifikovat.
- Směsné struktury povlaku – V případě zinkování součásti zhotovené z jednoho druhu materiálu může dojít dojem, že byl zinkován materiál napadený korozí. Tyto kazy byly zapříčiněny místními odchylkami ve struktuře a chemickém složení základní oceli. K potlačení tohoto jevu může napomoci, jako u stečenin, legování zinkové lázně niklem. U materiálů válcovaných za tepla a poté za studena a napadených korozí povrchové vrstvy dochází k lokálním poruchám krystalové mřížky. Nanosená vrstva zinku na tento materiál také vykazuje drsnou strukturu.
- Šupiny – Při výrobě polotovarů kování či tvářením za tepla je jejich povrch necelestivý a obsahuje šupinky a předložky. Při žárovém zinkování dochází k vytáčení těchto necelestivostí směrem od povrchu oceli. Šupinky a předložky jsou ostré a mohou způsobit zranění. Při vyhlazení povrchu dochází k narušení celistvosti zinkového povlaku, jenž je nepřijatelné. Možností nápravy je aplikace organického nátěru. Žárové zinkování součástí vyrobených z takto zhotovených polotovarů není doporučováno.
- Strupovitost – Tato vada vzniká na součástech vyrobených z polotovarů, u kterých nebyl dodržen postup prvovýroby, jako například nedostatečné mazání při tažení za studena. Povrchové mikrotrhliny základního materiálu nelze běžným způsobem

zjistit a projeví se až po žárovém zinkování. Z těchto důvodů nelze strupovitost předpovědět a tomuto jevu se vyvarovat.

- Svářková ocel – Jedná se o ocel tavenou ze surového železa ve výhnicích a tvořenou kovářskými svary. Tento materiál je anizotropní. V tomto materiálu se vyskytují spáry, které jsou vlivem korozního prostředí vyplněny korozí. Je velice obtížné dosáhnout u takovýchto ocelí kovové čistoty. Na zbytcích rzi ve spárách ulpívá mořící roztok, který následně působí vady v zinkovém povlaku. Může dokonce dojít k rozpadu svářkové oceli v místech kovářských svarů.
- Pěna – Ocele s vysokým obsahem křemíku mohou při moření absorbovat vodík. Po vyjmutí těchto ocelí ze zinkové lázně dochází k unikání vodíku, který rekombinuje a tvoří bubliny, které zapříčiňují vznik pěny v zinkovém povlaku.

Odstín – Zinkový povlak je při zinkování ponorem tvořen během prodloužení vsázky v zinkové lázni. Jak již bylo uvedeno, zinek difunduje do povrchové vrstvy základního materiálu a tvoří s ním chemické reakce. Tyto reakce probíhají, dokud nedojde k ochlazení pod 200°C. Pokud nedojde k difuzi celého objemu zinku a na povrchu povlaku zůstane vrstva čistého zinku, bude povrch světlý a lesklý. Pokud ovšem dojde k difuzi celého objemu zinku, bude povrch matný a nevýrazný. Na některých zinkovaných součástech lze pozorovat oba typy povlaků současně. Jedná se ale pouze o vzhledovou vadu, na antikorozi vlastnosti povlaku nemající vliv.

- Zinkový květ – Zinkovým květem je označován jev, kdy na povrchu zinkového povlaku vzniknou nepravidelné trojúhelníkové, či čtyřúhelníkové obrazce. Tento jev je způsoben šupinovitou krystalickou stavbou zinku a pro jeho tvorbu musí nastat rovnovážné podmínky.
- Spálený zinek – Pokud se v lesklém zinkovém povlaku vyskytují uzavřené matné skvrny, jedná se o jev spáleného zinku. Tyto skvrny vznikají nejednotným chladnutím součásti. Toto nejednotné chladnutí může vzniknout umístěním jiné sálající součásti v blízkosti části námi pozorované součásti, nebo konstrukčním řešením součásti. V tomto případě se jedná o místa s výrazným nárůstem tloušťky podkladního materiálu, jako například přítomnost žeber. V těchto místech může zinek déle difundovat do podkladního materiálu a tím tvořit matný vzhled.
- Nehomogenní sloužení materiálu – Na rychlost difuze zinku do povrchové vrstvy oceli má také koncentrace křemíku. V případě vyšší koncentrace křemíku probíhá

difuze zinku rychleji. Jestliže je křemík v oceli rozložen nerovnoměrně, podobá se výsledný vzhled zinkového povlaku vzhledu vznikajícím při jevu „spálený zinek“.

- Kombinace různých substrátů – Je-li součást svařena s ocelí o různých jakostech, bude zinek difundovat s každým materiálem různě rychle. Výsledný povlak bude mít na jednotlivých materiálech jiný odstín.
- Mramorování – Mramorování je tvořeno místně ohraničenou přítomností čistého lesklého zinku v povlaku matného zinku difundovaného. Tento jev může mít vzhled světlého síťování, nebo světlých ostrůvků.
- Patina – Pozinkované součásti umístěné v korozivním prostředí jsou během několika měsíců vlivem oxidace pokryty uhličitánem zinečnatým. Uhličitán zinečnatý propůjčuje zinkovému povlaku vzhled patiny. V případě kreseb zinkového květu, jsou ostré a rovné linie kresby vlivem patiny zaobleny.
- Tepelně ovlivněná oblast svaru – U uklidněných ocelí dochází vlivem svařování k změně chemických vazem. V místech tepelně ovlivněných svarem se vyskytuje nevázaný křemík, který ovlivňuje dobu difuze zinku. V těchto místech nabývá povlak opět tmavého matného vzhledu
- Ulpěný popel – Jedná se o popel vzniklý spalováním tavidla. Nedostatečným usušením součásti před vlastním zinkováním může popel ulpět na stěnách či koutech zinkované součásti. Tento popel působí v zinkovém povlaku místní korozi. Koroze i popel lze po zinkování odstranit. V místech zinkového povlaku napadeného korozi má tento povlak jiný odstín, avšak dostatečné antikorozi vlastnosti pro podkladní materiál.

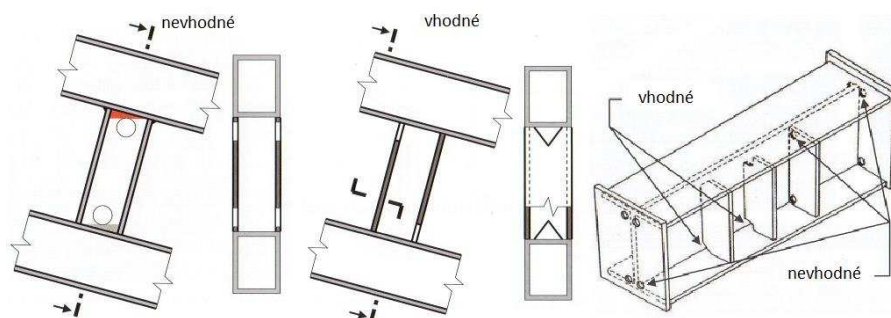
Povlak na ploše páleného řezu – Při použití kyslíkové, plazmové, či laserové technologie pro dělení materiálu dochází k tepelnému ovlivnění místa řezu a jemu přilehlých oblastí. Dle normy se za ovlivněnou oblast bere vzdálenost 10 mm od místa řezu. Tyto oblasti jsou ochuzeny o křemík aj. Přilnavost zinku v těchto oblastech je snížena a dosažení požadované tloušťky zinkového povlaku obtížná. V místech řezu je povrchová vrstva oceli paramagnetická, proto je zde obtížné tloušťku povlaku měřit.

- Plocha páleného řezu – Zinkový povlak na povrchu řezu má vždy kontinuální světle lesklý vzhled. Povlak věrně kopíruje profil drsnosti řezu.
- Hrana přiléhající k ploše páleného řezu – Hrany řezů podléhají skokové změně materiálových charakteristik. Tato místa jsou nejvíce postižena trhlinami, snižujícími soudržnost a přilnavost zinkového povlaku. [8]

5.3 Zásady správné konstrukce pro žárové zinkování

Žárové zinkování probíhá ponorem do lázně, která je ohřata na přibližně 450 °C. Dochází k povlakování vnějších i vnitřních ploch konstrukce, která prochází celým procesem zavěšena na transportním zařízení. Je nutné, aby konstrukční návrh, dílenské zpracování i řemeslná výroba přihlíděla ke specifickým podmínkám, které sebou žárové zinkování ponorem přináší.

- Drenážní otvory – Je nutné umožnit průchod roztavenému zinku drenážními otvory do všech kapes a zákoutí navrhované součásti. Dále je nutné součást opatřit odvětrávacími otvory, aby při zatékání zinku nedošlo k uzavření vzduchové kapsy. Při vyjmutí součásti z lázně musí být umožněno bezezbytkovému výtoku zinku, a to ve stejné poloze součásti, jako při zanořování. Drenážní dutinou musí být opatřen i otevřené vnitřní rohy součásti. Jelikož specifické hmotnost oceli není o mnoho větší než zinková, musí být ve spodní části součásti opatřena dostatečným počtem otvorů k rychlému naplnění konstrukce zinkem a jejímu rychlému ponoření.



Obr. 5. Umístění a tvar drenážních a odvětrávacích otvorů [8]

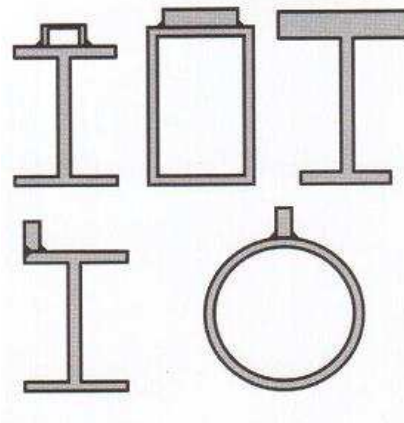
Průřez profilu			Minimální \varnothing drenážní díry při počtu děr		
			1	2	3
15	15	20 × 10	8		
20	20	30 × 15	10		
30	30	40 × 20	12	10	
40	40	50 × 30	14	12	
50	50	60 × 40	16	12	10
60	60	80 × 40	20	12	10
80	80	100 × 60	20	16	12
100	100	120 × 80	25	20	12
120	120	160 × 80	30	25	20
160	160	200 × 120	40	25	20
200	200	260 × 140	50	30	25

Tab. 3. Dimenze drenážních otvorů potřebných na 1 metr délky profilu [8]

- Proměnné teplotní napětí při žárovém zinkování – Ponořená součást do lázně je ohřívána na teplotu roztaveného zinku a tím dochází k rozpínání součásti. V případě pevné svařované konstrukce, jako například příhradového nosníku, se část ponořená do lázně rozpíná a část nad hladinou ještě ne. Toto může vést k tvarovým deformacím. K dalším příčinám tvarových deformací je použití materiálů s různými tloušťkami, jako například rám brány s přivařenými plechovými poli. U plechových polí dojde k většímu rozpínání, než u rámu. Plechová pole se zdeformují. Řešením je zhotovení prolisů do plechů. Zinkovací teplota je velice blízká teplotě popouštění, nebo žihání na snížení zbytkového pnutí. Z toho důvodu může dojít k uvolnění napětí, například po svařování, a tím opět k deformaci součásti. Dále na součásti nesmí být navržen uzavřený dutý prvek. Jednak z hlediska nesmočení vnitřní plochy, jednak z důvodu uzamčení vzduchu. Tento vzduch se při zinkování rozpíná a může dojít k výbuchu uzavřené dutiny.
- Transport zinkované součásti – V místech kontaktu řetězu a součásti dochází k poškození zinkového povlaku. Tato místa jsou lemována otřepy, které je nutné odpilovat. Poškozená místa jsou poté opravena zinkovým sprejem. Především těmto obtížím lze návrhem technologických úchytů.
- Kovově čistý povrch – Součásti určené k zinkování nesmí být jinak povlakovány, značeny, nebo znečištěny nečistotami nerozpustnými ve vodě, či kyselině chlorovodíkové. Není doporučováno otryskání, pokud nevede ke zvýšení tloušťky naneseného povlaku, očištění plochy páleného řezu, odstranění strusky po svařování, nebo zinkování litin.
- Svary – Kvalitně pozinkovat lze pouze dobře provedený svar. Svar musí být dobře provařený a dostatečně očištěný od strusky. Špatný postup svařování vede k uzamčení napětí v materiálu, které je při zinkování uvolněno a deformuje součást.
- Otvory pro čepy a šrouby – Otvory, které nebudou po zinkování kalibrovány, by měli mít průměr zvětšen o dostatečnou vůli cca 2 mm. Vnitřní zavity lze chránit zašroubováním šroubů do závitových děr. Konec závitu šroubu by neměl přesahovat konec závitové díry. Při dodržení této zásady půjde šroub vyšroubovat bez použití násilí. Vnější závity lze chránit speciálním lakem, nebo speciální páskou.
- Prostorové dílce – Pokud je lehká rámová konstrukce navržena trojrozměrně, je obtížné dodržet při vynořování z lázně dostatečný sklon pro výtok zinku. Na odtokové

hraně prvků s nedostatečným sklonem dochází ke zbytnění povlaku s ostrými špičkami.

- Přeplátované spoje – Do spáry mezi součásti a přeplátováním vniká při přípravě zinkování mořidlo a tavidlo. Tyto tekutiny nelze z dutiny odstranit a při vlastním zinkování dochází k jejich výronu, který v okolí přeplátování zinkování znesnadňuje. Řešením je obvaření přeplátování vodotěsným svarem a vyvrtání do přeplátování odvzdušňovací otvor. Tento otvor zabrání vyboulení přeplátování. Při přípravě zinkování je otvor vytmelen vhodným tmelem, aby se do štěrbiny nedostalo mořidlo a tavidlo. Před zinkováním je tmel odstraněn. Jako odvzdušňovací otvor lze použít i přerušení vodotěsného svaru.
- Uzavřené dutiny – Jak už bylo zmíněno, plyn v uzavřené dutině při zinkování expanduje a může dojít až k explozi dutiny. K explozi může dojít i při nedostatečně dimenzovaných odvzdušňovacích otvorech. Při explozi dochází ke zničení součásti, ale hrozí také zničení zařízení zinkovny, ale hlavně zranění obsluhy zinkovacího pracoviště.
- Nesouměrné součásti – Nesouměrné součásti se v zinkové lázni nerovnoměrně prohřívají a dilatují a tím dochází k jejich deformaci.



Obr. 6. Nesouměrné součásti [8]

- Depozice nečistot – Konstrukční návrh musí zohlednit funkční polohu konstrukce. Pokud při instalaci konstrukce vniknou místa, kde se bude ve velké míře zdržovat nečistota, dojde v těchto místech k výraznému snížení trvanlivosti protikorozi ochrany.
- Pohyblivé sestavy – Součásti, které se vzájemně pohybují, musí být zinkovány odděleně. Pokud by se zinkovaly tyto součásti spojené, a měly by mezi sebou malou

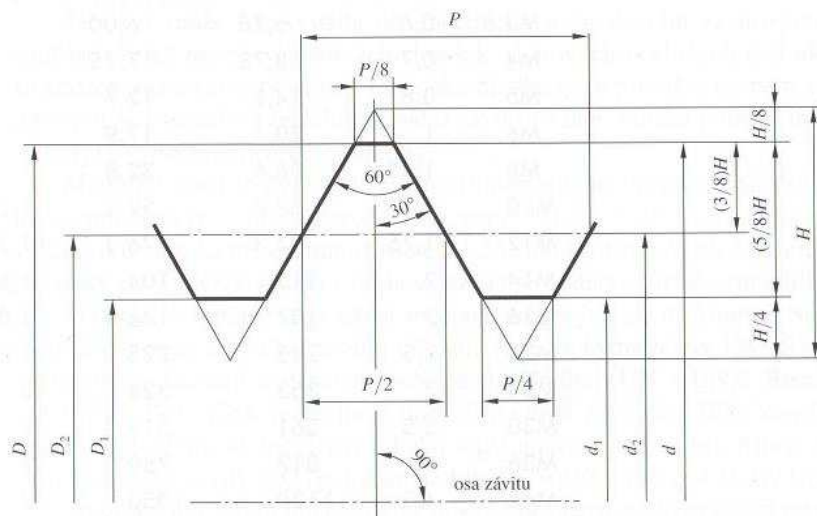
vůli, nedošlo by k pokovení styčných ploch. V případě, že by vůle byla velká, došlo by ke spájení těchto součástí. Lícované otvory musí být po zinkování překalibrovány. Otvory sloužící pro instalaci čepů by měly být zinkovně sděleny, aby nedošlo k jejich poškození a zbytnění povlaku v jejich okolí vlivem nevhodného zavěšení dílce. [8]

6 TEORIE PEVNOSTNÍCH VÝPOČTŮ

K návrhu konstrukčního řešení součásti neodmyslitelně patří pevnostní dimenzování. Konstrukce rámců přívěsů jsou nejvíce namáhány na ohyb. Vyhláška určuje rovnoměrné zatěžování přívěsů, proto krut u těchto rámců není stěžejní. Z důvodů zefektivnění konstruktérské práce a vzniku složitých konstrukcí a tvarů byly vyvinuty trojrozměrné modelovací programy, které svými přípojnými moduly dokáží spočítat pevnostní výpočty mnohem rychleji a s vyloučením lidského faktoru.

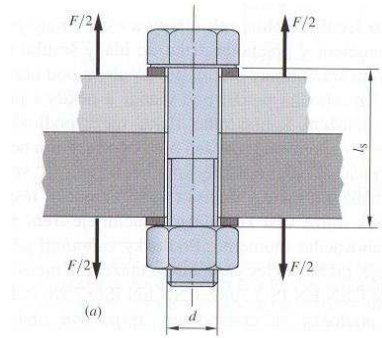
6.1 Šroubové spoje

Šroubové spoje patří mezi nejrozšířenější a nejpoužívanější rozebíratelné spojení. Šrouby zajišťují spojení dvou a více součástí, ale mohou také převádět kroutící moment na posuvovou sílu. Všechny tyto funkce šroubů jsou prováděny závitem. Závit šroubů může být jednoduchý nebo několikachodý, pravý nebo levý a může mít různý tvar (profil). Rozlišujeme závit metrický, whithwortův, lichoběžníkový, oblý, trubkový aj.



Obr. 7. Základní profil metrických a palcových závitů [9]

Namáhání šroubu na tah – Při utažení šroubu kroutícím momentem, nebo při snaze součástí spojených šroubovým spojem a o jejich oddálení, je šroub namáhán na tah.



Obr. 8. Tahové namáhání šroubového spoje [9]

Dovolené tahové napětí σ_D je materiálová vlastnost, kterou lze zjistit v tabulkách. Vypočtené tahové napětí σ je nepřímo úměrné tahové (osové) síle F_Q a průměru šroubu A_S a nesmí překročit dovolené tahové napětí.

$$\sigma = \frac{F_Q}{A_S} \leq \sigma_D \quad (5)$$

Plocha průřezu šroubu je pak vypočítána ze vztahu:

$$A_S = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2 \quad (6)$$

Při dimenzování šroubového spoje na tah je dále nutné určit délku závitu matice, aby nedošlo k jeho stržení. Nejdříve je nutné vypočítat počet závitů z .

$$z = \frac{F_Q}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} \quad (7)$$

Kde p_D je dovolený tlak.

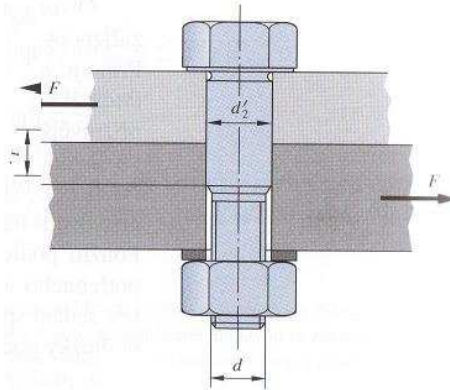
$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} \quad (8)$$

A poté výšku matice.

$$v = z \cdot P \quad (9)$$

Kde P je stoupání závitu.

Namáhání šroubu na střih – V technické praxi se můžeme setkat s použitím šroubu, které zamezují pohybu součásti ve směru kolmém na osu šroubu. V tomto případě je vhodné použít lícované šrouby, které nemají zhotoven závit až k hlavě. Dřík má oproti závitu větší průměr, ale hlavně neobsahuje vruby, které velkou měrou oslabují pevnost šroubu na střih.



Obr. 9. Střížné namáhání šroubového spoje [9]

Výpočet smykového τ napětí ve šroubu je nepřímou úměrou zatěžující síly F a plochy průřezu dřívku šroubu S a nesmí být větší než dovolené smykové napětí τ_D , které je také funkcí materiálu.

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_D \quad (10)$$

[9]

6.2 Prostý ohyb

Nejdříve je nutné určit ohybový moment, který je spočítán z rovnic rovnováhy:

$$F = \sum_{x=1}^n F_x = 0 \quad (11)$$

$$M_0 = \sum_{x=1}^n F_x \cdot a_x = 0 \quad (12)$$

Kde a jsou vzdálenosti působišť sil od polohy počítaného momentu. Po určení ohybového momentu je spočítáno těžiště průřezu, které určí neutrální osu a do ní je vložen počátek nového souřadného systému.

$$T_x = \sum_{x=1}^n S_x \cdot a_x = \frac{S_1 \cdot a_1 + \dots + S_n \cdot a_n}{S_1 + \dots + S_n} \quad (13)$$

$$T_y = \sum_{y=1}^n S_y \cdot b_y = \frac{S_1 \cdot b_1 + \dots + S_n \cdot b_n}{S_1 + \dots + S_n} \quad (14)$$

S jsou plochy jednotlivých obrazců průřezu, a a b jsou vzdálenosti jednotlivých těžišť na osách x a y . Nyní je souřadný systém přesunut do polohy těžiště celého průřezu a spočítat kvadratické momenty průřezu nosníku J_x , a J_y k novým osám x a y .

$$J_x = \sum_{x=1}^n J_x = \sum_{x=1}^n S_x \cdot a_x^2 \quad (15)$$

$$J_y = \sum_{y=1}^n J_y = \sum_{y=1}^n S_y \cdot b_y^2 \quad (16)$$

Kde a , b jsou souřadnice těžiště průřezu od počátku souřadného systému a S jsou plochy jednotlivých obrazců průřezu. Nyní jsou určeny průřezové moduly v ohybu.

$$W_{01} = \frac{J_x}{e_{x+}} \quad (17)$$

$$W_{02} = \frac{J_x}{e_{x-}} \quad (18)$$

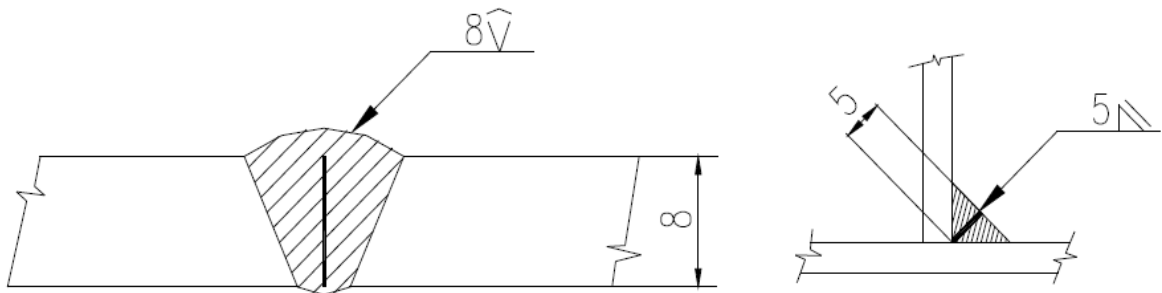
Kde e jsou vzdálenosti okrajových vláken od těžiště na ose x . Minimální průřezový modul je dosazen do pevnostní rovnice.

$$\sigma_0 = \frac{M_0}{W_{0min}} \leq \sigma_{DOV} \quad (19)$$

Kde ohybové napětí nesmí překročit ohybové napětí dovolené. [9]

6.3 SVARY

Při pevnostních výpočtech nese nejdůležitější roli nosný průřez svaru P a jeho délka l .



Obr. 10. Nosný průřez tupého a koutového svaru [10]

Pro výpočet pevnosti tupého svaru slouží následující rovnice.:

Tupý svar namáhaný tahem (kolmo na osu svaru)

$$\sigma_t = \frac{F_t}{P \cdot l} \leq 0.85 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (20)$$

Tupý svar namáhaný smykem (rovnoběžně s osou svaru)

$$\tau_t = \frac{F_S}{P \cdot l} \leq 0.75 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (21)$$

Tupý svar namáhaný na ohyb (osa ohybu totožná s osou svaru)

$$\sigma_t = \frac{M_0}{W_0} = \frac{M_0}{\frac{1}{6} S^2 \cdot l} \leq 0.85 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (22)$$

Tupý svar namáhaný na ohyb (osa ohybu kolmá na osu svaru)

$$\sigma_t = \frac{M_0}{W_0} = \frac{M_0}{\frac{1}{6} \cdot S \cdot l^2} \leq 0.85 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (23)$$

Koutový svar namáhaný smykem (kolmo na osu svaru)

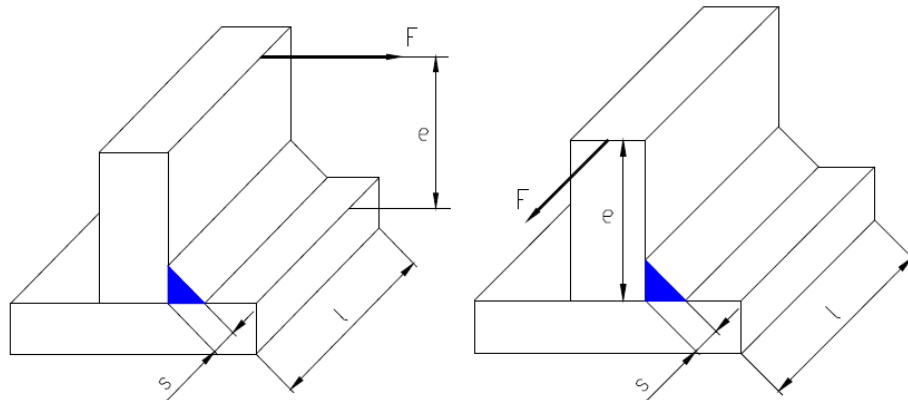
$$\tau_{kol} = \frac{F_{kol}}{2P \cdot l} \leq 0.65 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (24)$$

Koutový svar namáhaný smykem (rovnoběžně s osou svaru)

$$\tau_{rov} = \frac{F_{rov}}{2P \cdot l} \leq 0.75 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (25)$$

$$\tau_{rov} = \frac{F}{2P \cdot l} \quad (26)$$

U koutových svarů namáhaných ohybem je nutné ve výpočtu zohlednit vzdálenost působíště e od osy svaru.



Obr. 11. Koutový svar namáhaný ohybem [10]

Koutový svar namáhaný ohybem (kolmo na osu svaru)

$$\tau_{rov} = \frac{F}{2P \cdot l} \quad (27)$$

$$\tau_{kol} = \frac{M_0}{2W_0} = \frac{F \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot P \cdot l^2} \quad (28)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_{rov}^2 + \tau_{kol}^2} \leq 0,65 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (29)$$

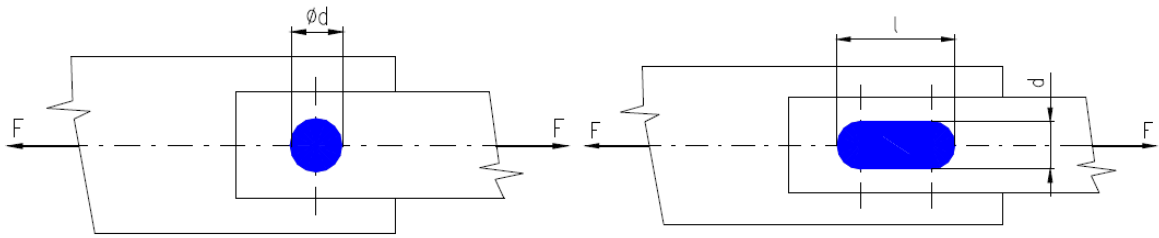
Koutový svar namáhaný smykem (rovnoběžně s osou svaru)

$$\tau_{rov} = \frac{F}{2P \cdot l} \quad (30)$$

$$\tau_{kol} = \frac{M_0}{2W_0} = \frac{F \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot P \cdot l^2} \quad (31)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_{rov}^2 + \tau_{kol}^2} \leq 0,65 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (32)$$

U konstrukce rámu přívěsů jsou také velmi často používány svary děrové a drážkové, které podléhají napětí smykovému.



Obr. 12. Děrový a koutový svar [10]

Děrový svar

$$\tau = \frac{F}{0,5 \cdot d^2} \leq 0,65 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (33)$$

Drážkový svar

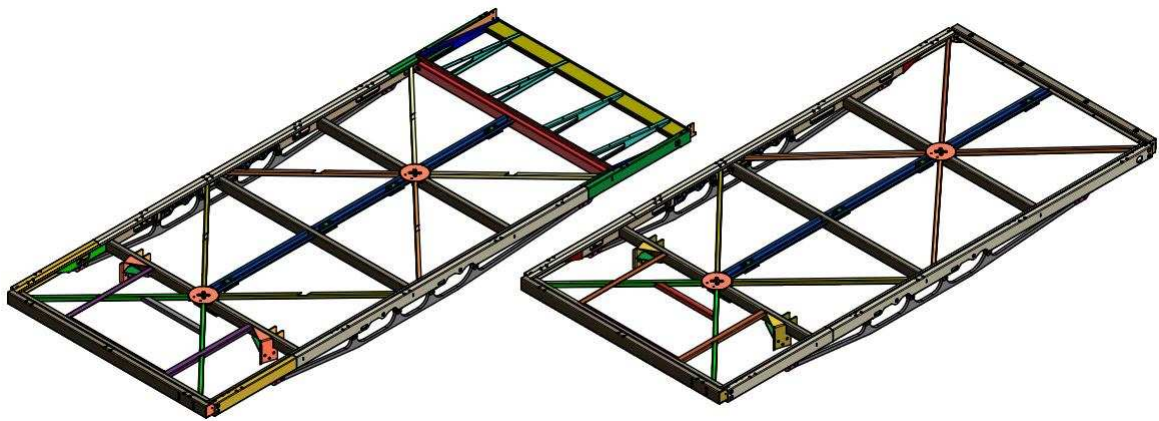
$$\tau = \frac{F}{0,7 \cdot d \cdot l} \leq 0,65 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (34)$$

[10]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 ROZBOR STÁVAJÍCÍCH RÁMŮ

Z hlediska konkurenceschopnosti z ekonomického hlediska je nutné výrobky neustále zdokonalovat a hledat možné rezervy. Tato práce je zaměřena na úpravu rámu přívěsných vozíků právě s ohledem na tyto rezervy. Jedná se o rámy přívěsných vozíků modelové řady s otočnými nápravami, které jsou vyráběny v různých velikostech a celkovou hmotností od 750 kg do 3500 kg. Dále jsou tyto přívěsy vyráběné ve dvou verzích, a to s nájezdovou rampou, nebo s nájezdovým klínem. Přívěs s nájezdovou rampou má zadní část sklopnou, která je při tažení přívěsu vztyčena do vertikální polohy a při manipulaci s nákladem položena do polohy horizontální. Zadní část verze s klínem je součástí rámu a její poloha je horizontální a neměnná. Tato verze přívěsu má tedy větší provozní délku přibližně o 0,5 m.



Obr. 13. Rám přívěsu s klínem a rám pro přívěs s rampou

V první kapitole této práce jsou uvedeny výhody plynoucí z konstrukce výrobků s co možná nejvíce společnými díly a obtíže vznikající manipulací a výrobou velkých součástí. Sklad a nákup musí zpracovávat dvě verze rámu pro téměř totožné výrobky. Z tohoto vyplívá myšlenka vytvoření jednoho společného rámu pro obě verze přívěsného vozíku. Protože nájezdová rampa ani nájezdový klín neslouží jako nosné části rámu, lze je konstruovat jako samostatné celky. Tyto celky poté mohou být na rám připevněny dle momentální objednávky zákazníka. Komponenty pro rámy typových přívěsů s menšími rozměry a nosnostmi vycházejí z komponent přívěsu největšího. Úprava a pevnostní dimenzování rámu pro každý rozměr a nosnost zvlášť by nepřinesla výrazné ekonomické přínosy a vedla by k nemožnosti použít univerzální díly, použitelné na všechny přívěsné vozíky s otočnými nápravami. Proto je výhodné pro úpravu zvolit rámy přívěsů s největšími rozměry a nosností.

7.1 Popis komponent

Obě dvě verze rámu nesou mnoho společných prvků. V první řadě mají stejnou šířku a shodnou přední část až po uložení druhé nápravy. Jsou svařeny ze tří podélníků, pěti příčnicků a dvou vnitřních křížů. Podélníky rámu jsou vyztuženy výztuhami, které nejsou k rámu přivařeny, ale šroubovány. Tyto výztuhy mají na nosnost rámu zásadní vliv, proto je nelze z konstrukce rámu vyloučit. Pro konstrukci společného rámu je nezbytné znát účel jednotlivých komponent svařenců, které z nich jsou totožné, které jsou podobné a které komponenty jsou rozdílné.

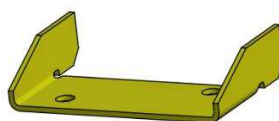
7.1.1 Totožné komponenty

Přední příčník – Horní část profilu ohybu slouží k uložení podlahy. Výška příčníku kopíruje výšku podélníků, která je určena pevností v ohybu a velikostí ovládacích prvků pro sklápění náprav. V horní vodorovné části příčníku je šest drážek sloužících k uchycení kamenů, které upevňují hliníkovou bočnici. V horní šikmé části je šest otvorů, do nichž jsou vkládány oka pro uchycení nákladu. Ve svislé části příčníku jsou dvě dlouhé drážky, ve kterých se pohybuje páka jisticího mechanismu náprav. Spodní vodorovná část příčníku je opatřena pěti vybráními, z nichž tři hluboké slouží pro montáž kamenů a ok a dvě mělké pro přesné vymezení polohy předního držáku oje.



Obr. 14. Přední příčník

Přední držák oje – Protože levá a pravá část rámu je stejná, jen zrcadlově převrácená, bude uveden vždy popis pouze jednoho dílu s tím, že je vyráběn jako zrcadlový. Zrcadlové díly mají stejný výpalek, avšak jsou ohnuty na opačnou stranu. Jedním z takových dílů je i přední držák oje. Výpalek tohoto dílu je ohnut do tvaru U. Ve vodorovné části jsou dvě díry pro uchycení ojí a zámek pro vymezení polohy na předním příčníku. Svislé části slouží jako výstužná žebra.



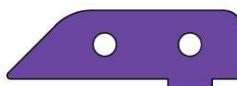
Obr. 15. Přední držák oje

Držák předního sloupku – Tento díl má tvar obdélníku. Rohy v části, která je přivařena do předního příčnicku, jsou zkosené pro odvod zinku při zinkování. Na opačné části jsou díry pro přišroubování sloupku nástavby a zámkové prvky pro vymezení vzájemné polohy s přední částí podélníku.



Obr. 16. Držák předního sloupku

Držák výztuhy dlouhý – Tvar obdélníku má také tento díl. Je z jedné strany zkosený, má dva otvory pro připevnění výztuhy a zámkové prvky k zajištění polohy na podélníku.



Obr. 17. Držák výztuhy dlouhý

Držák výztuhy krátký – Stejně jako držák výztuhy dlouhý i tento držák obsahuje otvor a drážku, ale má tvar čtverce.



Obr. 18. Držák výztuhy krátký

Patka dlouhá – Pro vyztužení dotyku držáků výztuhy dlouhých a podélníku slouží patka dlouhá. Má obdélníkový tvar a dvě drážky pro umístění držáků výztuh.



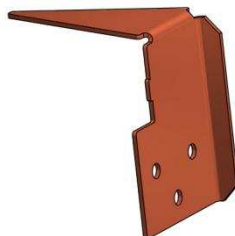
Obr. 19. Patka dlouhá

Patka krátká – Tato patka má podobný tvar i funkci jako patka dlouhá, jen je kratší, protože je vkládána pod krátké držáky výztuh.



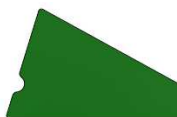
Obr. 20. Patka krátká

Držák oje zadní – Další zrcadlenou součástí je držák oje zadní. Na svislé obdélníkové části jsou vypáleny tři díry pro přišroubování oje, vybrání a zámek pro vymezení polohy na druhém příčnicku a obruba pro zpevnění v ohybu. Vodorovná část má tvar trojúhelníku, pro zajištění správného sklonu ojí.



Obr. 21. Držák oje zadní

Výztuha oje a hydrauliky – Tato výztuha je trojúhelníková a slouží k vyztužení druhého příčnicku v místech působení hydraulických válců, které otáčejí nápravami.



Obr. 22. Výztuha oje a hydrauliky

Držák hydrauliky – Součást má vybrání pro možnost vsunutí do druhého příčnicku a zámek pro vymezení polohy. Otvor slouží pro čep hydraulického válce.



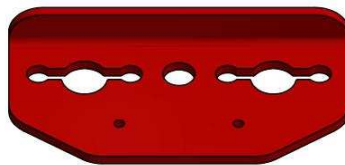
Obr. 23. Držák hydrauliky

Podstavec boxu levý, pravý, přední, zadní – Jedná se o plechové L profily různých délek s kolmým, nebo šikmým zakončením. Tyto profily slouží k uchycení boxu pro elektrickou hydraulickou pumpu a její příslušenství.



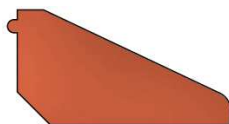
Obr. 24. Podstavce boxu

Držák lanovodu – Držák lanovodu má tvar obdélníku se sraženými dvěma rohy, otvorem pro táhlo lanovodu a vybráním pro uchycení lanovodů a obrubou pro větší pevnost. Dvě menší díry slouží k zajištění polohy výztuh držáku lanovodu.



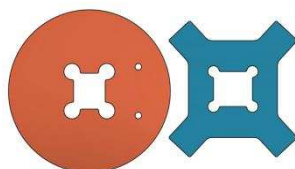
Obr. 25. Držák lanovodu

Výztuha držáku lanovodu – Jedná se o plech ve tvaru trojúhelníku, se sražením pro odtok zinku a zámkem pro zajištění polohy k držáku lanovodu.



Obr. 26. Výztuha držáku lanovodu

Středící disk a střední kříž – Tyto komponenty mají tvar disku a kříže. Slouží k vyztužení spojení šikmých výztuh s příčnicí. Vybrání ve středu těchto součástí slouží k lepší distribuci zinku.



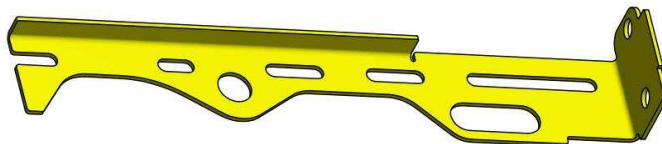
Obr. 27. Středící disk a střední kříž

Vnější výztuha uložení náprav – Tato výztuha kopíruje tvar výztuhy podélníku v místě uložení nápravy. Její účel je zesílení stěny výztuhy podélníku.



Obr. 28. Vnější výztuha uložení náprav

Vnitřní výztuha uložení nápravy – Stejně jako vnější výztuha, tak i vnitřní tvarem kopíruje podélník v místě uložení nápravy a zesiluje stěnu uložení nápravy. Tato součást navíc obsahuje obrubu se dvěma otvory, které slouží k vedení táhel jištění klopění náprav.



Obr. 29. Vnitřní výztuha uložení náprav

Druhý příčník – Druhý příčník má průřez tvaru G. Na koncích má vybrání pro vložení do podélníků a uprostřed pro instalaci středícího disku a středního kříže. Dále jsou v něm vypáleny čtyři drážky pro vymezení polohy držáků hydrauliky a dvě malé drážky pro polohu zadních držáků ojí.



Obr. 30. Druhý příčník

Třetí příčník – Tento příčník je stejný jako druhý příčník, s tím rozdílem, že neobsahuje vybrání pro střední kříž, středící disk a držáky hydrauliky. V prostřední části jsou drážky pro zajištění polohy středního podélníku. Po stranách jsou vypálené díry pro protažení kabelů ke světlům.



Obr. 31. Třetí příčník

Čtvrtý příčník – Čtvrtý příčník je shodný s druhým příčníkem, ale na rozdíl od něho neobsahuje zámky pro držáky hydrauliky.



Obr. 32. Čtvrtý příčník

Držák středových ok – Průřez tohoto držáku má tvar omegy. Po stranách má dvě vybrání pro vložení do středového podélníku. Otvory ve vodorovné části slouží k vložení kotvících ok.



Obr. 33. Držák středových ok

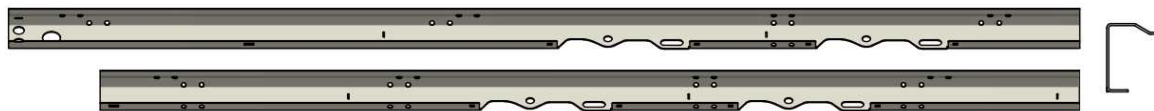
7.1.2 Podobné komponenty

Přední část podélníku – Jako celý podélník tak i jeho přední část má stejný tvar jako přední příčník. Jsou na něm prvky pro uchycení hliníkových bočnic a ok. Dvě díry v přední části podélníku slouží k přístupu k šroubům pro upevnění sloupku nástavby, drážka a vybrání zase pro vymezení vzájemné polohy s držákem předního sloupku. Na spodní vodorovné ploše je umístěna drážka pro vymezení polohy dlouhého držáku výztuhy. Přední část podélníku rámu pro rampu je o 215 mm a obsahuje drážku pro polohu druhého příčníku.



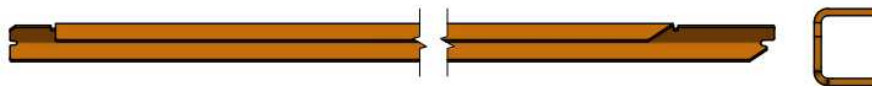
Obr. 34. Přední část podélníku

Podélník – Podélník u rámu pro přívěs s rampou má stejný tvar a prvky jako přední část podélníku. Rozdíl je ve vypálení křivek do svislé plochy pro uložení náprav, otvorů pro kyvné čepy náprav a drážek pro čepy zajištění sklopení náprav. Podélník u rámu s klínem je o 257 mm kratší a neobsahuje prvky potřebné k montáži sloupku nástavby.



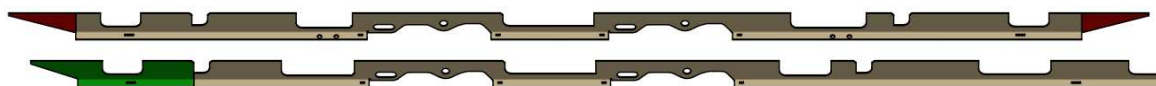
Obr. 35. Podélník

Šikmé výztuhy – Tyto výztuhy jsou dlouhé plechové profily tvaru U. Jejich délka a zakončení závisí na poloze podélníků a příčníků. Šikmé výztuhy slouží pro zamezení kroucení rámu, a prohýbání hliníkových podlahových profilů.



Obr. 36. Šikmá výztuha

Výztuha podélníku – Výztuha podélníku je plechový L profil. Na svislé ploše má různá vybrání pro umožnění montáže ok, bočnic a průchod příčníků. Vypálené křivky do svislé plochy pro uložení náprav, otvory pro kyvné čepy náprav a drážky pro čepy zajištění sklopení náprav jsou stejné jako na podélníku. Na koncích je výztuha podélníku zakončena zkosením svislé plochy. U rámu s rampou je toto zakončení zhotovené přivařením plechu trojúhelníkového tvaru. U rámu s klínem je zakončení konstruováno jako koncová část L profilu, která tento trojúhelníkový tvar obsahuje.



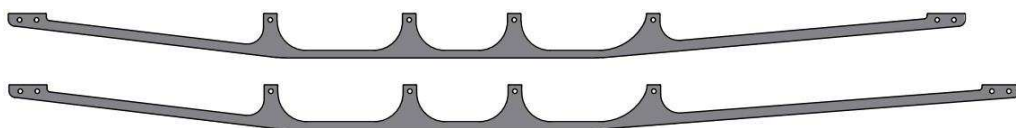
Obr. 37. Výztuha podélníku

Střední podélník – Střední podélník se skládá ze tří dílů. Podélník je rozdělen příčnicí, ke kterým je přivařen. Na koncích je každý díl přizpůsoben k vložení do příčníků a případně k vložení mezi střední kříž a středící disk. Podél podélníku jsou vybrány pro umístění držáků středových ok. První díl středního podélníku je u obou verzí přívěsu stejný. Vlivem rozdílného umístění čtvrtého a pátého příčnicku má druhý a třetí díl středního podélníku u obou verzí přívěsu jinou délku. Průřez tohoto podélníku má tvar omegy, aby k němu mohly být připevněny profily hliníkové podlahy svorkami Palcom.



Obr. 38. Střední podélník

Výztuha – Výztuha je součást, která je k rámu připevněna šrouby. U obou rámu má stejný tvar, pouze zadní rameno výztuhy pro rám s klínem je o 160 mm delší.

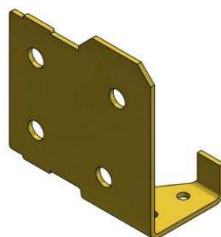


Obr. 39. Výztuha

7.1.3 Rozdílné komponenty

- Verze rámu s rampou

Držák zadního sloupku – Tato plechová součást svým tvarem kopíruje průřez zadního příčnicku, do kterého je vložena. Dále obsahuje zámky pro zajištění polohy vůči podélníku. Díry slouží k přišroubování sloupku.



Obr. 40. Držák zadního sloupku

Ukotvení rampy – Součást ukotvení rampy je tvaru čtvrt kruhu se zámky pro vymezení polohy vůči zadnímu podélníku. Díra slouží pro otočný kolík rampy. Dvojice dílů ukotvení rampy spolu tvoří jednu stranu pantu.



Obr. 41. Ukotvení rampy

Zadní příčník – Zadní příčník je stejně vysoký jako podélníky. Jeho průřez tvaru C má navíc obrubu pro uchycení podlahy. Vybrání podél příčnicku slouží k vymezení vzájemné polohy s ukotvením rampy a umožňují sklápění rampy.



Obr. 42. Zadní příční rámu pro přívěs s rampou

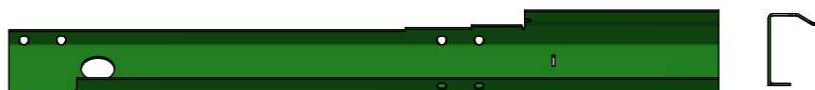
- Verze rámu s klínem

Zadní příčník – Zadní příčník rámu verze s klínem, má průřez o tvaru C a v horní části ještě dvě obruby. Jedna slouží pro vložení podlahy přívěsu a druhá obruba je již začátkem nájezdového klínu. Dále příčník obsahuje vybrání pro vložení do podélníků, zámkové drážky pro střední podélník a otvory pro protažení kabeláže.



Obr. 43. Zadní příčník rámu s klínem

Zadní část podélníku – Tato část podélníku má stejný tvar, jako celý podélník. V části za zadním příčníkem, kde již podlaha klesá a tvoří klín, chybí na podélníku dosedací plocha podlahy. Kromě otvorů pro uchycení hliníkových bočnic je v zadní části otvor pro protažení kabeláže ke světlům.



Obr. 44. Zadní část podélníku

Výztuha zadní části podélníku – Tato plechová součást slouží k uzavření vnitřní otevřené části zadního podélníku nad nájezdovým klínem. Součást kopíruje skloněnou rovinu. V zadní části jsou dvě díry pro uchycení sloupek nástavby.



Obr. 45. Výztuha zadní části podélníku

Výztuha nájezdu – Výztuha nájezdu je plech tvaru trojúhelníku se dvěma obrubami. Průřez této součásti je tvaru C. Uprostřed je součást opatřena odlehčením. Spodní část je vodorovná a horní část tvoří sklon nájezdového klínu. V horní části jsou také otvory pro nýty k uchycení podlahového plechu nájezdu. V přední části součásti jsou vybrání pro vložení do zadního příčníku.



Obr. 46. Výztuha nájezdu

Příčník nájezdového klínu – Součást, která dosedá při sklápění přívěsu na zem, je právě tento příčník. Jeho průřez je tvaru C. V zadní části jsou otvory pro přinýtování podlahového plechu nájezdu. V přední části je obruba, která kopíruje sklon nájezdové roviny. V této obrubě jsou vybrání, která tvoří zámky pro umístění výztuh nájezdů.



Obr. 47. Příčník nájezdového klínu

8 KONSTRUKCE SPOLEČNÉHO RÁMU

Po rozboru stávajících rámu lze přistoupit ke konstrukci rámu nového a společného oběma verzím přivěsného vozíku. Kvůli menší délce je výhodné vycházet z rámu s rampou. Aby bylo možné postavit přívěs s klínem, bude tento klín zkonstruován jako přípojná část. Díky rozdělení komponent rámu do třech kategorií můžeme snáze určit následnou úpravu každé z nich. U totožných komponent víme, že náleží oběma verzím rámu. Jejich použití nezpůsobí komplikace při celkové montáži přívěsu možnými konstrukčními chybami. Můžeme se rozhodnout, zda tyto komponenty zachovat, či je z konstrukce rámu vyloučit pro nadbytečnost. Ve skupině podobné komponenty jsou části, které lze mezi oběma verzemi rámu zaměnit, buď bez úprav, nebo s menšími úpravami. Tato rozdílnost komponent byla zapříčiněna úpravou rámu nezávisle na sobě. Tyto úpravy byly prováděny postupem času několika konstruktéry, což zapříčinilo vnesení různých konstrukčních řešení do obou rámu. U těchto komponent je nutné rozhodnout, kterou verzi použít pro společný rám a jak ji upravit. Poslední skupinou jsou komponenty rozdílné. Tyto komponenty náleží každé verzi rámu zvlášť. U komponent patřících rámu s klínem je nutné rozhodnout, které zůstanou součástí rámu a ze kterých bude zkonstruována přípojná část klínu. Zbylé rozdílné komponenty by měly být zohledněny v nově vzniklých komponentách.

8.1 Vyloučené komponenty

Některé komponenty stávajících rámu postrádají svůj účel, prodražují a prodlužují výrobu rámu a zvětšují hmotnost rámu. Těmito komponentami se myslí ty, které náleží prvku středních křížů.

Středící disk – Tato komponenta má funkci vyztužení spojení šikmých výztuh s příčnicí. Šikmé výztuhy jsou však myšlené jako výztuhy torzní, a jsou tedy namáhány na tah. Nemůže tedy dojít k vylomení svaru. Pro vložení středícího disku je do druhého a čtvrtého příčnicku vypáleno vybrání. Komponenta středícího disku váží 0,8 kg, křivky vypalování jsou dlouhé 967 mm a délka svarů potřebná k spojení součástí s touto komponentou činí 670 mm.

Střední kříž – Stejně jako středící disk i střední kříž brání vylomení svaru mezi příčnicí a šikmými výztuhami. Jak již bylo zmíněno, toto nebezpečí v provozu rámu nehrozí a můžeme tuto komponentu vyloučit. Střední kříž je vkládán do příčnicku a ten je proto opatřen drážkou. Parametry komponenty jsou 0,5 kg, 910 mm řezu a 532 mm svaru.

Šikmé výztuhy – Funkci šikmých výztuh, jako výztuh torzních, lze vyloučit. Správné uložení nákladu na přívěsném vozíku vychází z polohy těžiště, které musí ležet mezi oběma nápravami a to tak, aby bylo splněno maximální zatížení přípojného kloubu. Toto zatížení závisí na použitém tažném zařízení, avšak nejvyšší hodnota je 120 kg. Kvůli jízdním vlastnostem přívěsu musí být náklad situován doprostřed v podélném směru. Jelikož jsou obě nápravy umístěné uprostřed rámu, nikoliv na koncích, nedochází ke kroucení rámu vlivem nerovností terénu. Co se týče funkce podepření hliníkových podlahových profilů, není použití šikmých výztuh nejzdařilejší. Prostor mezi krajním podélníkem, šikmou výztuhou a středním podélníkem se podél rámu mění. Tím je každý profil podepřen v jiném místě. Podlahové profily ležící v těsné blízkosti příčnicku, nejsou prakticky podepřeny vůbec. Umístění této výztuhy jako vzpěry podlahy také není nejzdařilejší. Průřez tvaru U je natočen tak, že pouze jedna plocha výztuhy je svislá. Tímto natočením má výztuha dvakrát menší ohybovou tuhost. V případě použití podlahové voděodolné překližky, která je vedena jako součást základní verze přívěsu, nejsou výztuhy zapotřebí. Její tuhost je dostačující. Rozdíl výrobních parametrů šikmých výztuh jednotlivých verzí rámu nepřesahuje jedno procento. Uvedeme tedy jejich průměrné hodnoty, a sice hmotnost 17,5 kg, délka řezu 21200 mm, délka svarů po odečtení svarů již výše uvedených 247 mm a počet ohybů 16.

Výztuha oje a hydrauliky – Tato součást také způsobuje předimenzování rámu. Uchycení ojí v předním příčnicku nedovolují ojím takový pohyb, kterým by došlo k deformaci zadního držáku oje. Druhý příčnick má také dostatečnou tuhost, aby vydržel tlak působící od hydraulických válců při zvedání náprav. Parametry součásti jsou: 0,9 kg, 1040 mm řezu a 540 mm svaru.

Výztuha držáku lanovodu – Držák lanovodu je přivařen k druhému příčnicku. Tato poloha zamezuje ohyb držáku směrem dopředu přívěsu. Výztuhy držáku lanovodu jsou přivařeny za držák lanovodu a brání ohybu držáku směrem dozadu přívěsu. Lanovody však tahají za držák směrem dopředu, tím pádem výztuhy držáku lanovodu ztrácejí svůj význam. Parametry součásti jsou: 0,05 kg, 170 mm řezu a 70 mm svaru.

8.2 Vybrané podobné komponenty

Přední část podélníku – Tato komponenta je volena z rámu pro rampu z důvodu použití podélníku z téhož rámu.

8.3 Upravené komponenty

Podélník – Zadní příčník u verze rámu pro rampu je přivařen přímo na podélník. U druhé verze je tento příčník přivařen k zadní části podélníku, která bude u nového řešení součástí přípojného klínu. Z tohoto důvodu byl použit podélník rámu z verze pro rampu. Tento podélník má dále na konce otvory pro přišroubování zadních sloupků nástavby. Křivkové vybrání pro uložení náprav bylo změněno na vybrání obdélníkové, které slouží pro nové řešení uložení náprav. Tímto došlo k ušetření 1,6 kg a 240 mm řezu.

Výztuha podélníku – Tato výztuha byla také volena z rámů pro přívěs s rampou, neboť v novém řešení nebude přivařena ke klínu. Dalším důvodem této volby je poloha příčníku, které procházejí výztuhou, kopírující rám pro přívěs s rampou. Výztuha podélníku naznačila stejných změn jako podélník. Ušetřeno tedy bylo 1,6 kg a 240 mm řezu.

Podstavec boxu boční – U této komponenty bylo odstraněno vybrání pro šikmou výztuhu, se kterou již v novém řešení není počítáno. Bylo ušetřeno 91 mm řezu.

Podstavec boxu zadní – Tento podstavec byl prodloužen až k podstavcům bočním, protože původně byl přivařen k šikmým výztuhám. Touto úpravou přibylo 0,5 kg a 860 mm řezu.

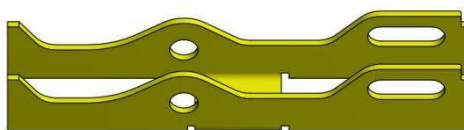
Druhý a čtvrtý příčník – U těchto komponent došlo k zrušení vybrání pro střední kříž a středící disk, které byly z nového řešení odstraněny. Došlo k přírůstku 0,6 kg a úbytku 1690 mm řezu.

Držák středových ok – Komponenta držák středových ok byla přemodelována z průřezu tvaru omegy na rovný plech s dvěma otvory. Tato komponenta nijak pevnostně neovlivňuje střední podélník. Sama je namáhána tahem kotevnic ok směrem vzhůru. Pro toto namáhání zůstává její pevnost nezměněna. Bylo ušetřeno 1304 mm řezu.

Zadní příčník – Do svislé plochy komponenty zadní příčník bylo zhotoveno osm rovnoměrně rozmístěných otvorů pro šrouby, kterými bude případně připevněn nájezdový klín. Přibylo tedy 208 mm řezu.

8.4 Komponenty nové

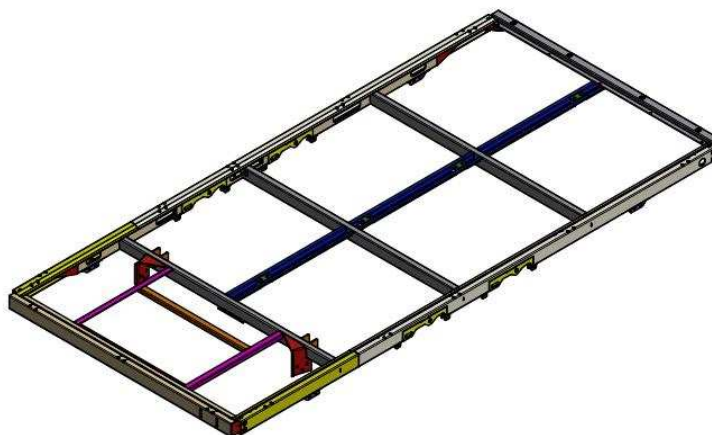
Uložení nápravy – Toto uložení vzniklo jako náhrada vnější a vnitřní výztuhy uložení náprav. Tato součást obsahuje křivkové linie potřebné k pohybu nápravy a jejímu jištění. Komponenta je vypálena z plechu o dvojnásobné tloušťce, a nepotřebuje již výztuhu. Pro zajištění souososti děr pro koliky nápravy obsahuje komponenta obě strany uložení, jak ze strany podélníku, tak ze strany výztuhy podélníku. Konstrukcí nové komponenty došlo k nárůstu hmotnosti o 3,2 kg a úbytku 3448 mm řezu a 4136 mm svaru.



Obr. 48. Uložení náprav

8.5 Nový společný rám

Zkonstruovaný nový společný rám přejal všechny důležité rozměry z rámu pro přívěs s rampou. Součásti, které nejsou uvedeny ani v jedné z podkapitol kapitoly osm, byly použity beze změn. Komponenty, které jsou na rám připevňovány při montáži, nemusí být nijak měněny ani přizpůsobovány.



Obr. 49. Společný rám

9 KONSTRUKCE NÁJEZDOVÉHO KLÍNU

Společný rám vychází z rámu pro nájezdovou rampu. Pro montáž přívěsu s klínem musel být zkonstruován klín jako nový celek, který bude k rámu přišroubován. Aby byla zachována délka verze přívěsu s klínem, musel být klín zkrácen ze 750 mm na 500 mm. Touto úpravou byl nájezdový úhel změněn ze 7° na 10° . Vzhledem k tomu, že výška nájezdového klínu v nejvyšším místě činí 100 mm, neovlivňuje změna nájezdového úhlu možnost manipulace s nákladem. Do svařence nájezdového klínu byly přesunuty komponenty, které obsahuje původní rám s nájezdovým klínem. Zmíněné komponenty jsou výztuha nájezdu, výztuha zadní části podélníku, zadní část podélníku, příčník nájezdového klínu.

9.1 Nové komponenty

Přední příčník nájezdového klínu – Tento příčník byl inspirován zadním příčníkem z verze rámu s klínem. Průřez nové komponenty je tvaru U. Horní rameno průřezu je skloněno dle nového nájezdového úhlu a obsahuje otvory pro nýty k přinýtování přejezdového plechu. Ve svislé ploše byly zkonstruovány otvory pro šrouby k přišroubování nájezdového klínu k novému rámu. V rozích komponenty byly navrženy vybrání pro protažení kabeláže světel.

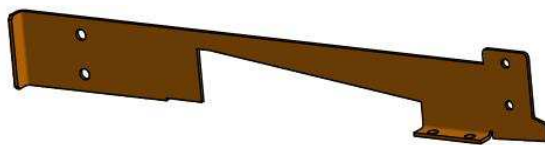


Obr. 50. Přední příčník nájezdového klínu

9.2 Upravené komponenty

Výztuha nájezdu – Výztuha nájezdu byla zkrácena a byl změněn její sklon dle nového nájezdového úhlu. Vybrání v přední části komponenty bylo změněno dle průřezu předního příčníku nájezdového klínu.

Výztuha zadní části podélníku – Původní funkce součásti, držák sloupku nástavby a zavětrování klínu, byly obohaceny o funkci výztuhy spoje nájezdového klínu s novým rámem. Přední část komponenty byla prodloužena a zvýšena. Tato nová část je při montáži vsunuta do hlavního podélníku rámu a přišroubována přes otvory, které slouží u verze rámu pro rampu k uchycení sloupku nástavby.

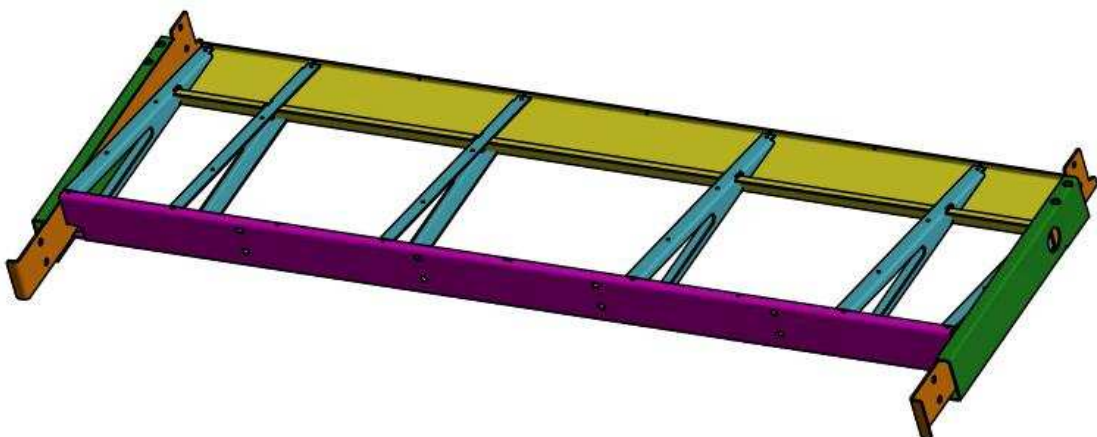


Obr. 51. Upravená výztuha zadní části podélníku

Zadní část podélníku – Z komponenty zadní část podélníku, byla odstraněna ta část, která přesahovala dopředu, a to zadní příčník původního rámu. Touto úpravou vznikla plocha, která dosedá při montáži na konec podélníku nového rámu. Zadní část podélníku na podélník nového rámu plynule navazuje.

9.3 Nájezdový klín

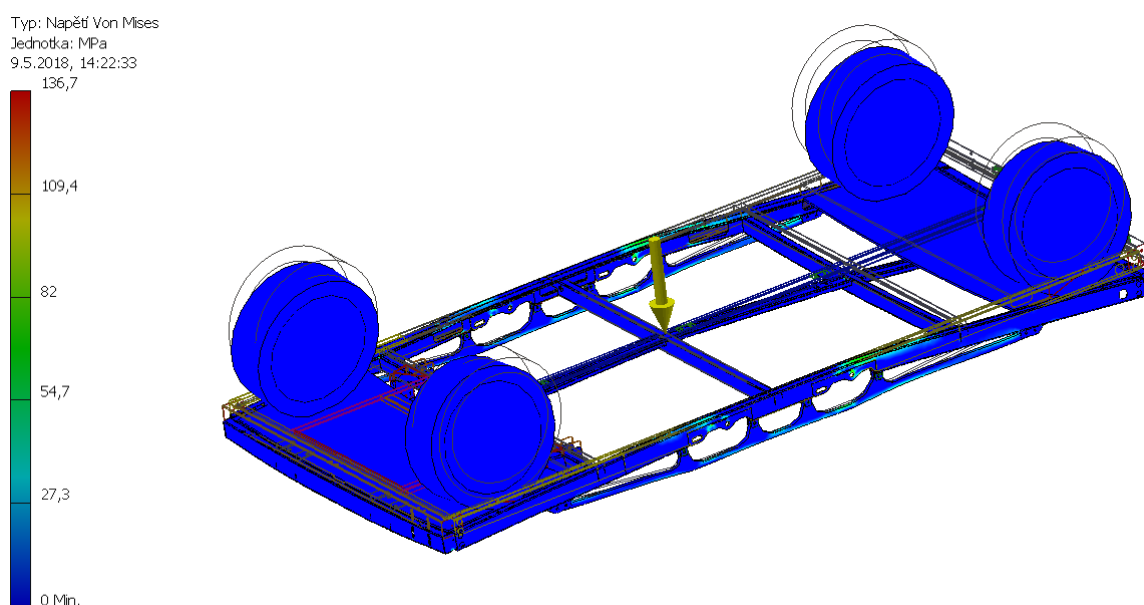
Nájezdový klín byl zkonstruován jako samostatný svařenec, který je při montáži vsunut do společného rámu a zajištěn šroubovými spoji. Nedošlo k žádným změnám důležitých rozměrů. Z komponent připojených k rámu musel být modifikován pouze přejezdový plech klínu. Pro zachování celkových rozměrů přívěsu byla změněna délka klínu a nájezdový úhel, avšak nedošlo tím k žádným provozním komplikacím.



Obr. 52. Nájezdový klín

10 KONTROLA PEVNOSTI RÁMU

Kontrola pevnosti byla provedena v programu Autodesk Inventor 2016. Zvolené zatížení vychází z nákladu, který je na pevnost rámu nejnáročnější. Tento náklad je brán ve formě osobního automobilu s maximálním rozvorem náprav 3250 mm a maximálním rozchodem kol 1780 mm. Celková hmotnost přívěsu činí 3500 kg, po odečtení pohotovostní hmotnosti 600 kg byla získána maximální hmotnost nákladu, a to 2900 kg. Zátěž byla schematicky nahrazena čtyřmi koly umístěnými do rohů rámu na část podlahové desky. Pevné vazby byly vloženy do dosedacích ploch náprav.

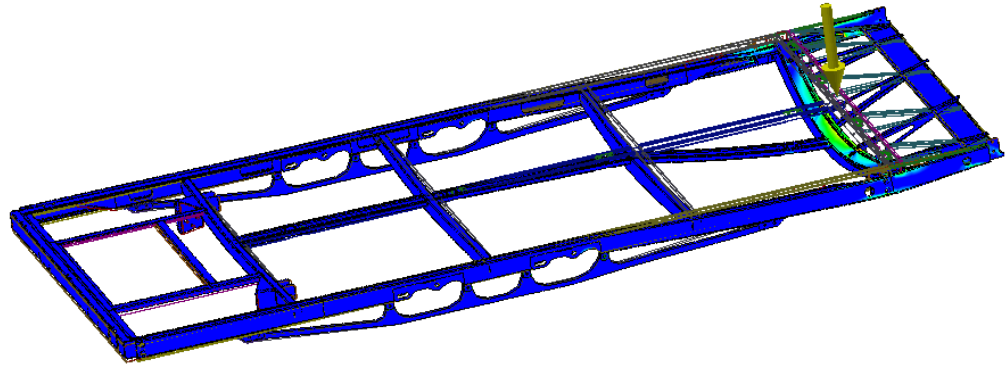
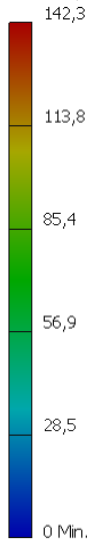


Obr. 53. Pevnostní analýza nového rámu

Doporučené napětí oceli 1.0570 při dynamickém zatížení se pohybuje v rozmezí od 120 MPa do 150 MPa. Nejvyšší naměřené napětí při pevnostní analýze bylo 136,7 MPa. Bylo tedy konstatováno, že rám pevnostně vyhovuje.

Dále bylo nutné zkontrolovat spoj mezi rámem a nájezdovým klínem. Pevná vazba byla vložena do otvorů pro otočné čepy náprav a konec nájezdového klínu. Zatížen byl zadní příčník rámu, a to polovinou maximální zátěže, tedy 1450 kg. Při nájezdu vozidla na přívěs leží jeho druhá náprava na zemi.

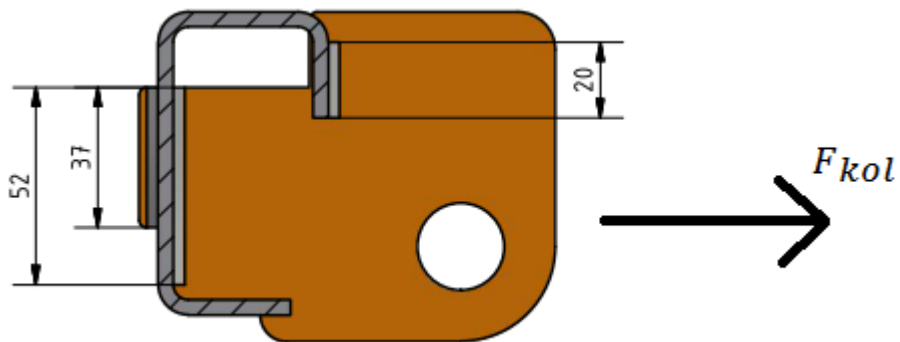
Typ: Napětí Von Mises
 Jedinotka: MPa
 9.5.2018, 15:26:19



Obr. 54. Pevnostní analýza spojení rámu a nájezdového klínu

Nejvyšší naměřené napětí při pevnostní analýze bylo 142,3 MPa. Toto napětí leží v toleranci a spojení pevnostně vyhovuje.

Nakonec byla zkontrolována pevnost svarového spoje mezi komponentami držák hydrauliky a druhý příčník. Ke komponentě držák hydrauliky je připevněn hydraulický válec, který otáčí nápravami. Orientace síly, kterou působí hydraulický válec na držák hydrauliky, je znázorněn na obr. 55.



Obr. 55. Svarový spoj držáku hydrauliky

Pracovní tlak hydraulického válce P je 20 MPa. Průměr pístu hydraulického válce je 22 mm. Maximální síla F , kterou působí hydraulický válec je spočítána dle rovnice:

$$F = P \cdot S = P \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 20 \cdot \frac{\pi \cdot 22^2}{4} = 7602N \quad (35)$$

Jeden hydraulický válec působí silou vždy na dvojici komponent držák hydrauliky, proto byla do výpočtu svarového spoje dosazena polovina síly hydraulického válce. Dle orientace síly je svarové spojení namáhané na smyk (kolmo na osu). Je tedy zvolena rovnice:

$$\tau_{kol} = \frac{F_{kol}}{2P \cdot l} \leq 0.65 \cdot \sigma_{tDOV} \quad (36)$$

Výška koutového svaru P je 3 mm a délka svarů l je 109 mm.

$$\tau_{kol} = \frac{3602}{2 \cdot 3 \cdot 109} = 5,5MPa \quad (37)$$

$$5,5MPa \leq 0.65 \cdot 150MPa \quad (38)$$

Nerovnice platí, lze tedy konstatovat, že svarový spoj pevnostně vyhovuje.

11 ZHODNOCENÍ EKONOMICKÝCH A TECHNICKÝCH PŘÍNOSŮ

Konstrukcí společného rámu pro obě verze bylo docíleno větší flexibility výroby. Při objednávce určité verze přívěsu dochází k montáži rampy, případně nájezdového klínu. Dále došlo ke snížení skladových zásob. Není nutné skladovat dvě verze rámu, ale jednu verzi. V případě, že by dlouhodobě docházelo k objednávání jedné verze přívěsu, nebudou po tuto dobu skladovány rámy verze druhé. Zkrácení dodací lhůty dodavatelů je dalším přínosem společného rámu. Rámy jsou od dodavatelů dodávány v sériích jednotlivých verzí. Pokud dodavatelé zhotovují sérii ráků jedné verze, je časově i finančně velmi nevhodné vkládat do této série ráků verze druhé.

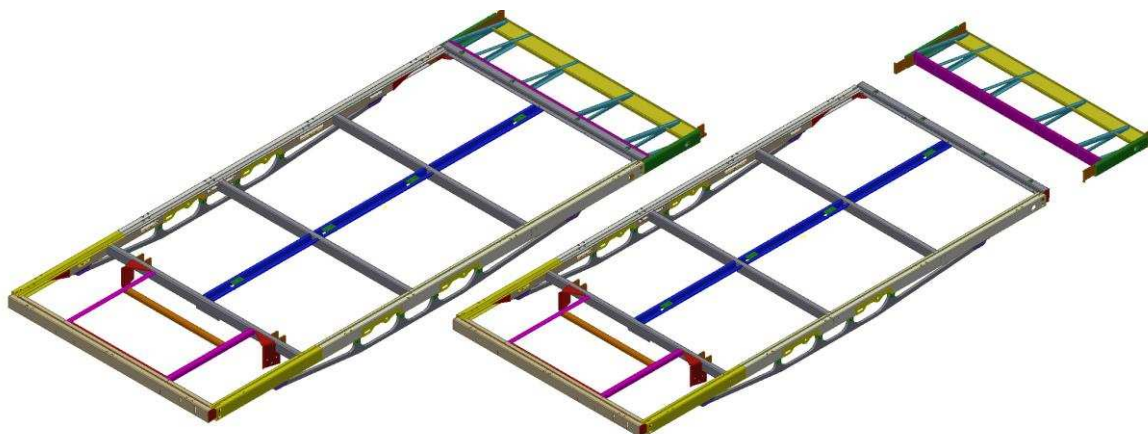
Uvedenými úpravami a vyloučením vybraných komponent bylo ušetřeno 18,65 kg, 30268 mm řezu, 4136 mm svaru a 16 zdvihů ohraňovacího lisu. Hlavním přínosem snížení hmotnosti ráků je zvýšení jednoho z nejdůležitějších parametrů přívěsu, a to jeho nosnosti.

Ušetřením 30268 mm řezu bylo uspořeno 1816 Kč a 15 min

Ušetřením 4136 mm svaru bylo uspořeno 24 Kč a 4 min

Ušetřením 20 - ti zdvihů o celkové délce bylo uspořeno 245 Kč

Dohromady bylo při výrobě jednoho ráku uspořeno 2085 Kč a 19 min



Obr. 56. Nový rák s nájezdovým klínem

ZÁVĚR

Byl navržen rám, použitelný pro obě dvě verze přívěsů. Samostatný rám slouží pro přívěs vybavený rampou. Pro přívěs verze s nájezdovým klínem byl tento klín navržen jako samostatný svařenec, který je k samostatnému rámu připojen. Tímto byly sníženy náklady a prostor na skladování o polovinu.

Při pevnostní zkoušce rámu bylo zjištěno maximální napětí při maximálním zatížení 136,7 MPa. Při pevnostní zkoušce spojení rámu a nájezdového klínu při maximálním zatížení dosahovalo maximální napětí 142,3 MPa.

Úpravou vybraných komponent a odstraněním přebytečných komponent bylo ušetřeno 18,65 kg, jenž znamená cca 13 % hmotnosti rámu, 2085 Kč nákladů na výrobu rámu a došlo ke zkrácení výrobního cyklu rámu o 19 min.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAGNUSKOVÁ, Jana. *Průmyslová logistika*: skripta. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 2014. ISBN 978-80-248-3485-6.
- [2] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [3] MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2014. Series of economics textbooks. ISBN 978-80-248-3791-8.
- [4] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [5] ČADA, Radek. *Technologie I: Objemové a plošné tváření zastudena : (návodů do cvičení)*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-2126-9.
- [6] DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. Vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-4747-9.
- [7] FIALA, Václav. *Vakuový mikrovlnně těsný ventil*. Zlín, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta Technologická.
- [8] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. *Žárové zinkování*. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014. ISBN 978-80-905298-2-3.
- [9] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE, Richard G. BUDYNAS a Miloš VLK. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [10] PALÁT, Hynek. *Svarové spoje*. Opava: Střední škola průmyslová a umělecká, příspěvková organizace, 2011.VY_32INOVACE_C-07-08. Dostupné také z: http://www.sspuopava.cz/UserFiles/File/_sablon/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-08.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$S [-]$	Množství naskladněných součástek.
$N [1/\text{min}]$	Výrobní takt.
$X_1 [-]$	Počet rozdílných součástek výrobku A.
$X_2 [-]$	Počet rozdílných součástek výrobku B.
$T_{\text{rek}} [\text{K}]$	Rekrytalizační teplota.
$T_{\text{tav}} [\text{K}]$	Teplota tavení.
$K_m [-]$	Koeficient využití materiálu.
$S_v [\text{m}^2]$	Plocha výstřižku.
$S_p [\text{m}^2]$	Plocha pásu.
$F_Q [\text{N}]$	Tahová síla.
$A_S [\text{m}^2]$	Plocha průřezu šroubu
$z [-]$	Počet závitů.
$v [\text{mm}]$	Výška matice
$P [\text{mm}]$	Stoupání závitu.
$R_a [\mu\text{m}]$	Drsnost povrchu.
$\sigma [\text{MPa}]$	Tahové napětí.
$\tau [\text{MPa}]$	Smykové napětí.
$M [\text{Nm}]$	Moment.
$T [-]$	Těžiště.
$J [\text{m}^4]$	Kvadratický moment.
$W [\text{m}^3]$	Průřezový modul v ohybu.
%	Procento.
μm	Nanometr.
mm	Milimetr.

m	Metr.
m/s	Metr za sekundu.
N	Newton.
Nm	Newtonmetr
min	Minuta.
MPa	Megapaskal.
kg	Kilogram.
kHz	Kilohertz.
HV	Vickers.
°	Stupeň.
°C	Stupeň celsia.
K	Kelvin.
Kč	Koruna česká.
PVC	Polyvinylchlorid.
PVF	Polyvinylfluorid
PE	Polyethylen.
PS	Polystyren.
PP	Polypropylen.
POM	Polyoxymethylen.
PTFE	Polytetrafluoretylen.
Zn	Zinek.
Sn	Cín.
Pb	Olovo.
Al	Hliník.
C	Uhlík.
PVD	Physical Vapor Deposition.

CVD	Chemical Vapor Deposition.
HTCVD	High Temperature Chemical Vapor Deposition.
LTCVD	Low Temperature Chemical Vapor Deposition.
APCVD	Atmospherics Pressure Chemical Vapor Deposition.
SPCVD	Specific Pressure Chemical Vapor Deposition.
ČSN	Česká státní norma.
EN	Evropská norma.
ISO	International Organization for Standardization.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma materiálového a informačního toku [1].....	8
Obr. 2. Způsob ohýbání do tvaru U na ohýbadle (ohybnice, ohybník) [4].....	17
Obr. 3. Schéma a) tříválcové b) čtyřválcové c) dvouválcové zakružovačky[4]	18
Obr. 4. Základní dělení povrchových úprav [7].....	25
Obr. 5. Umístění a tvar drenážních a odvětrávacích otvorů [8].....	38
Obr. 6. Nesouměrné součásti [8]	40
Obr. 7. Základní profil metrických a palcových závitů [9]	42
Obr. 8. Tahové namáhání šroubového spoje [9].....	43
Obr. 9. Střížné namáhání šroubového spoje [9].....	44
Obr. 10. Nosný průřez tupého a koutového svaru [10].....	45
Obr. 11. Koutový svar namáhaný ohybem [10].....	46
Obr. 12. Děrový a koutový svar [10]	47
Obr. 13. Rám přívěsu s klínem a rám pro přívěs s rampou	49
Obr. 14. Přední příčnick	50
Obr. 15. Přední držák oje	50
Obr. 16. Držák předního sloupku.....	51
Obr. 17. Držák výztuhy dlouhý	51
Obr. 18. Držák výztuhy krátký	51
Obr. 19. Patka dlouhá	51
Obr. 20. Patka krátká	51
Obr. 21. Držák oje zadní	52
Obr. 22. Výztuha oje a hydrauliky.....	52
Obr. 23. Držák hydrauliky	52
Obr. 24. Podstavce boxu	52
Obr. 25. Držák lanovodu.....	53
Obr. 26. Výztuha držáku lanovodu	53
Obr. 27. Středící disk a střední kříž	53
Obr. 28. Vnější výztuha uložení náprav	53
Obr. 29. Vnitřní výztuha uložení náprav	54
Obr. 30. Druhý příčnick.....	54
Obr. 31. Třetí příčnick	54
Obr. 32. Čtvrtý příčnick.....	54

Obr. 33. Držák středových ok	55
Obr. 34. Přední část podélníku.....	55
Obr. 35. Podélník	55
Obr. 36. Šikmá výztuha	56
Obr. 37. Výztuha podélníku.....	56
Obr. 38. Střední podélník.....	56
Obr. 39. Výztuha.....	57
Obr. 40. Držák zadního sloupku	57
Obr. 41. Ukotvení rampy	57
Obr. 42. Zadní příční rámu pro přívěs s rampou	57
Obr. 43. Zadní příčník rámu s klínem.....	58
Obr. 44. Zadní část podélníku.....	58
Obr. 45. Výztuha zadní části podélníku.....	58
Obr. 46. Výztuha nájezdu	58
Obr. 47. Příčník nájezdového klínu	59
Obr. 48. Uložení náprav.....	63
Obr. 49. Společný rám	63
Obr. 50. Přední příčník nájezdového klínu	64
Obr. 51. Upravená výztuha zadní části podélníku	65
Obr. 52. Nájezdový klín.....	65
Obr. 53. Pevnostní analýza nového rámu	66
Obr. 54. Pevnostní analýza spojení rámu a nájezdového klínu	67
Obr. 55. Svarový spoj držáku hydrauliky	67
Obr. 56. Nový rám s nájezdovým klínem.....	69

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Přehled nejčastěji užívaných tvarů svarových ploch při spojování kovů a plastů	23
Tab. 2. Porovnání povlaků žárového zinku ponorem v komerčních zinkovnách [8]	34
Tab. 3. Dimenze drenážních otvorů potřebných na 1 metr délky profilu [8]	38

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

P I: Porovnání zinkovaných povlaků z hlediska různých technologií

PŘÍLOHA P I: POROVNÁNÍ ZINKOVANÝCH POVLAKŮ Z HLEDISKA RŮZNÝCH TECHNOLOGIÍ

Druh povlaku	Galvanicky vylučovaný	Žárově stříkaný	Nanášený ponorem	Nanášený sherardováním	Mechanicky nanášený
Obvyklá tloušťka povlaku [μm]	do 20	80 ÷ 250	35 ÷ 250	10 ÷ 45	do 15
Mechanická odolnost	dobrá	dobrá	velmi dobrá pro Si < 0,03 %, snižená pro 0,03 < Si < 0,12% a Si > 0,25 %	velmi dobrá	snížená
Přesnosti	jednotný vzhled, přesnost	možnost řízení tloušťky, bez omezení rozměrů součástí, nehrozí vodíková křehkost	slitinové propojení se substrátem, vysoká produktivita a hospodárnost, pokovení i vnitřních povrchů	zachování geometrie, nehrozí vodíková křehkost	zachování geometrie, nehrozí vodíková křehkost
Nevýhody	vodíková křehkost, problémy s pokovením vnitřních povrchů	povlak je porézní a vyžaduje aplikaci uzavíracího laku, povlak pouze na vnějších plochách	nejednotný vzhled riziko LMAC, velký rozptyl tloušťky a drsnosti povlaku, změna geometrie	nízká produktivita, vysoká energetická náročnost	nízká přilnavost, nedostatečná tloušťka pro ochranu proti korozi
Použití	spojovací materiál, aplikace pro strojírenství	ocelové konstrukce	široké použití od drobných součástí zinkovaných hromadně až po ocelové konstrukce	spojovací součásti pro náročné aplikace	pro nenáročné aplikace v interiérech
Vzhled	světlý lesklý až matný s řadou barevných odstínů podle následného chromátování	světlý matný	světlý lesklý až tmavý matný	tmavě šedý	světlý matný