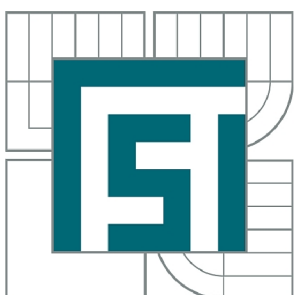




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V  
BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV  
STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING  
TECHNOLOGY

# NÁVRH PALETY AUTOMATICKÉHO PARKOVACÍHO SYSTEMU

DESIGN OF FLAT PALLET FOR AUTOMATIC PARKING GARAGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JIŘÍ OSMÍK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jiří Osmík

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Návrh palety automatického parkovacího systému**

v anglickém jazyce:

### **Design of flat pallet for automatic parking garage**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatické parkovací systémy jsou vzhledem k růstu počtu automobilů důležitou součástí městského vybavení pro krátkodobé parkování i dlouhodobou odstávku vozidel. DP řeší konstrukční návrh paletového systému vícepodlažní garáže včetně výpočtové dokumentace a svařovacího postupu.

Cíle diplomové práce:

- 1.Zpracování rešerše s cílem ověření možných typů APS
- 2.Rešerše vhodných metod svařování a konstrukčních materiálů
- 3.Vypracování výkresové dokumentace
- 4.Vypracování výpočtové dokumentace
- 5.Vypracování svařovacího postupu včetně WPS
- 6.Ekonomicko-technické hodnocení

Seznam odborné literatury:

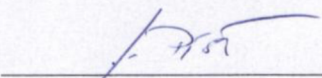
1. DVOŘÁK, M. a kol. Technologie II, 2vyd. CERM Brno, 7/2004, 237s. ISBN 80-214-2683-7
2. BLAŠČÍK, F. a kol. Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvarovania, 1vyd. ALFA Bratislava 1988, 830s. ISBN 063-563-87
3. KOLEKTIV AUTORŮ. Materiály a jejich svařitelnost, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 292s. ISBN 80-85771-85-3
4. KOLEKTIV AUTORŮ. Technologie svařování a zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 2001, 395s. ISBN 80-85771-81-0
5. KOLEKTIV AUTORŮ. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení, 1vyd. Zeross, Ostrava 1999, 249s. ISBN 80-85771-70-5
6. KOLEKTIV AUTORŮ. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, 1vyd. Zeross, Ostrava 2000, 214s. ISBN 80-85771-72-1

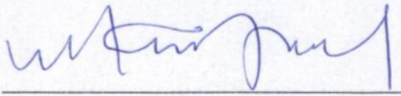
Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 17.11.2010



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

Návrh palety automatického parkovacího systému. Parkování a popis automatických parkovacích systémů. Svařování a svařitelnost materiálů. Svařování elektrickým obloukem a tavící se elektrodou v ochranném plynu metodou MIG/MAG, svařovací pomůcky. Návrh výpočtu parkovací palety a výpočet této palety metodou MKP. Zpracování výkresové dokumentace pro parkovací paletu. Návrh svařovacího postupu a WPS. Popis žíhání a zinkování. Ekonomicko-technické zhodnocení výroby palety pro automatický parkovací systém.

### **Klíčová slova**

Parkovací systémy, svařování, MIG, MAG, koutové svary, mikrolegované oceli, WPS, zinkování, žíhání, svařovací napětí.

## **ABSTRACT**

Design of flat pallet for automatic parking garage. Parking and description of automatic parking systems. Welding and weldability of materials. Electric arc welding and welding by melting electrode in protective gas by MIG/MAG method, welding instruments. Design of parking palette calculation and calculation this palette by MKP method. Process of drawing documentation for parking palette. Design of welding process and WPS. Description of annealing and zinc coating. Economic-technical analysis of palette for automatic parking system production.

### **Key words**

Parking systems, welding, MIG, MAG, fillet welds, micro-alloyed steel, WPS, zinc coating, annealing, welding stress.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

OSMÍK Jiří: *Návrh palety automatického parkovacího systému*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 85s., 2 výkresy, 2 kusovníky. Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Kubíček.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že celou diplomovou práci, včetně všech příloh, jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů.

Ve Žďáře nad Sázavou dne 21.5.2011

.....

Podpis

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jaroslavu Kubíčkoví za cenné rady a pomoc při řešení problémů.

Dále bych chtěl poděkovat mým konzultantům: panu Ing. Pavlu Klimentovi, panu Ing. Luboši Čechovi a panu Jiřímu Osmíkovi st. za jejich ochotu mi poradit.

Děkuji.

## OBSAH

Abstrakt .....	5
Bibliografická citace .....	5
Čestné prohlášení .....	6
Poděkování .....	7
Obsah .....	8
1. Úvod .....	10
2. Parkovací systémy .....	12
2.1. Dotace z Evropské unie .....	12
2.2. Rozdělení parkovacích domů .....	12
2.3. Porovnání APS a VPD .....	13
2.4. Výběr vhodného typu APS .....	14
2.5. Přehled výrobců APS .....	15
2.6. KOMA-Industry s.r.o. ....	20
2.7. Produkty .....	23
3. Základy svařování .....	30
3.1. Zákl. zdroje tepla při svařování .....	30
3.2. Svarový kov .....	31
3.3. Svařitelnost materiálu .....	31
3.4. Svarové spoje .....	33
4. Tavné svařování .....	37
4.1. Svařování el. obloukem .....	37
4.2. Svařování MIG/MAG .....	38
5. Svařovací pomůcky .....	46
5.1. Upínací přípravky a zařízení .....	46
5.2. Polohovadla .....	47
5.3. Robotizace .....	48
5.4. Odsávání .....	51
6. Úpravy po svařování .....	52
6.1. Snižování svarových napětí a deformací .....	52
6.2. Žárové zinkování .....	57



7. Výpočet namáhání parkovací palety .....	60
7.1. Pružnostní výpočet .....	61
7.2. Grafický výstup výpočtu .....	66
8. Výkresová dokumentace .....	75
8.1. Rám palety .....	75
8.2. Sestava palety .....	75
9. Svařovací postup .....	76
10. Dokončovací úpravy .....	79
11. Ekonomicko-technické hodnocení .....	80
11.1. Výroba navržené palety .....	80
11.2. Úspora nákladů .....	81
12. Závěr .....	83

Seznam použitých označení

Seznam použité literatury

# 1. Úvod

Jedním z problémů dnešního života je parkování osobních automobilů. Dochází k rozvoji automobilismu. To znamená k růstu počtu automobilů. A obzvláště velká města se potýkají s nedostatkem parkovacích ploch. Lidé potom parkují na ulicích i tam, kde by neměli. Tím dochází k zneprůchodnění komunikací, kdy například integrovaný záchranný systém má někdy velké problémy dojet až na místo zásahu. Tento problém je řešen několika způsoby hromadných parkovacích domů a to buď betonových skeletů, nebo různých zakladačových systémů.

Tato práce pojednává o jedné části – palety – automatizovaného parkovacího systému (APS) navrženého do města Slaný. Budova objektu sestává z 1 podzemního podlaží, přízemí pro příjezd a odjezd automobilů a 6 nadzemních pater. Každé patro v této budově má jiný půdorys v důsledku architektonického včlenění do historické části města. První nadzemní patro je navíc odlišné i světlou výškou, protože musí být vyhověno požadavkům na parkování automobilů typu SUV. Parkovací objekt není vybaven otočným mechanismem, protože to navržený způsob parkování nevyžaduje. Celková kapacita parkovacího objektu je 149 míst.

Hlavními výhodami zakladačového systému jsou:

- jednoduchost vjezdu do prostoru parkování
- zamezení zcizení, poškození či vykradení automobilu po zaparkování
- zamezení ostatní kriminality v garážovacích prostorech
- ekologický provoz, automobil při ukládání nepoužívá vlastní motor, zabránění úniku ropných látek do okolního prostředí
- minimalizace prostoru na zaparkování automobilu, čímž zefektivňuje využití pozemku
- rychlost odbavení
- zvýšení průjezdnosti ve městech a tím možnost bezproblémového průjezdu rychlé záchranné pomoci, policie či hasičů
- úspora energie a času
- plná recyklovatelnost po uplynutí životnosti zařízení systému

APS je složen z ocelové nosné konstrukce, jednotlivých pojezdů, výtahů, řídicího systému apod.

Na nosnou konstrukci jsou namontovány koleje a zvedací zařízení. Zvedací zařízení – výtah – slouží k přemísťování zaparkovaných automobilů mezi jednotlivými patry. Koleje se nachází v každém patře mimo přízemí. Dělí se na dvě skupiny – koleje jednotlivých boxů a koleje skipu. Skip je zařízení, které v každém patře rozváží palety se zaparkovanými automobily k jednotlivým boxům a pomocí výsuvného teleskopu je do těchto boxů zasune. Palety slouží jako složitější parkovací desky pro přesun automobilů.

Předmětem této práce je návrh takovéto palety a zpracování výkresové a výpočtové dokumentace, svařovacího procesu a ekonomické hodnocení. Pro tuto stavbu je zapotřebí 149 stejných palet. Při tomto vysokém počtu se může stát, že mnou navržený svařovací postup bude při samotné výrobě ještě optimalizován.



**Obr. 1.1 Vizualizace automatizovaného parkovacího systému ve Slaném**

## 2. Parkovací systémy

Vzhledem k nutnosti parkování stále většího počtu osobních automobilů v místech bydliště, zaměstnání, při nákupu nebo při účasti na kulturních akcích již ve většině případů nestačí stávající parkovací kapacity. Prostory pro obyčejná povrchová parkoviště nejsou a již existující řeší jen cenu, nikoli větší počet míst. Možným řešením je výstavba víceposchodových parkovacích domů. Tyto parkovací domy, ať už automatizované nebo vjezdové, jsou finančně náročné. Pro automatizované parkovací systémy existuje řešení v podobě dotací.

### 2.1 Dotace z Evropské unie

Automatizované parkovací systémy (APS) podporuje Evropská unie, protože jsou ekologické. Jejich činnost by se dala jednoduše shrnout do dvou bodů:

- Nepřítomnost jakýchkoli osob uvnitř APS
- Všechny operace s vozidly uvnitř APS jsou prováděny s vypnutými motory

Díky vstupu České republiky do Evropské unie je v současné době možné čerpat finanční prostředky, například ze Strukturálních fondů a Fondu soudržnosti a to z Operačního programu **Infrastruktura**. Objem finančních prostředků za období 2004 - 2006 činil 246 miliónů eur. Program zahrnuje rozvojové priority resortu dopravy a resortu životního prostředí v České republice.

Mimo jiné je zaměřen na:

- snížení negativních důsledků dopravy na životní prostředí
- zlepšování infrastruktury ochrany ovzduší

Tyto vlastnosti APS splňují, a proto na ně lze čerpat peníze z evropských fondů.

Řídicím orgánem pro Operační program **Infrastruktura** je Ministerstvo životního prostředí (Odbor integrovaného financování, Vršovická 65, Praha 10). Samozřejmě je potřeba předložit projekt s dobrou marketingovou rozvahou, který je součástí komplexního řešení parkování v dané lokalitě.

### 2.2 Rozdělení parkovacích domů

Parkovací domy lze rozdělit na tyto typy:

1. Nadzemní parkovací domy
2. Podzemní parkovací domy

Oba tyto typy mohou být postaveny jako:

1. Vjezdové parkovací domy (VPD) – betonové víceposchodové parkovací domy
2. Automatizované parkovací systémy (APS) – víceposchodové zakladačové mechanismy

## 2.3 Porovnání APS a VPD

Parkování parkovacích domů pro osobní automobily jsem rozdělil do 2 tabulek. První je z hlediska provozně-bezpečnostního a druhý z hlediska ekonomického.

	VPD	APS
Provozně-bezpečnostní hledisko	Škodlivější na životní prostředí – zplodiny a hluk při popojíždění automobilů po jednotlivých patrech PD a hledající volné místo.	Malý dopad na životní prostředí, je minimalizované znečištění ovzduší, APS jsou ekologické. Při parkování a vyparkování automobilů jsou vypnuté motory.
	Možnost kriminality v prostředí VPD. Vloupání, odcizení auta, přepadení osob aj.	Uvnitř APS je vyloučen výskyt jakýchkoli osob. Použití kamerového bezpečnostního systému.
	Parkování a pohyb tělesně postižených občany a starších řidičů je problematický. Nutnost instalace bezbariérového výtahu.	Bezproblémové parkování a dostatek místa pro tělesně postižené a starší občany. Bez nutnosti instalace dalších zařízení.
	Ostré zatáčení a couvání při parkování. Zvýšená možnost výskytu nehod.	Snížená možnost výskytu nehod. Parkování prováděno ve většině případů bez couvání.

Tab. 2.1 Provozně-bezpečnostní hledisko

	VPD	APS
Ekonomické hledisko	Třeba velké stavební plochy, na stejný prostor se vejde méně automobilů. Je to dáno stavebními normami. Obtížná integrace s prostředím.	Efektivní využití místa, na stejný prostor se vejde více automobilů. Integrace systému do prostředí.
	Vysoké náklady na stavbu. Navíc podzemní systém je i 4x dražší oproti povrchovému.	Nízké náklady vzhledem k unifikaci projektu. Modulární stavebnice na klíč.
	Delší doba výstavby.	Kratší doba výstavby.
	Delší doba návratnosti investic (15 a více let), včetně zatížení splácení úvěru.	Delší doba návratnosti investic. Odpisy za 5 – 6 let (rychlá amortizace), vyšší výnosy a rentabilita.
	Ztráta času při hledání místa k parkování. Delší doba k dostavení se k automobilu a při jeho vyparkování.	Nulová ztráta času při hledání volného místa. Možná velká rychlost při odbavení vozidel – až 5 aut/1 min. Záleží na provedení konkrétního systému.

Tab. 2.1 Ekonomické hledisko

Z hlediska zadání diplomové práce se dále budu zabývat jen APS.

## 2.4 Výběr vhodného typu APS

V současné době existují výrobci APS, kteří nabízejí různé druhy systémů. Některé systémy jsou si podobné, některé jsou unikátní a někde se vyskytují i speciální systémy, které se nemohou použít na jiném místě. Proto se posuzují možná řešení zvlášť pro každou lokalitu. V zájmu investorů a architektů, kteří jsou u počátků návrhů řešení jednotlivých lokalit, je zadat požadavky a co nejvíce potřebných informací pro začlenění APS do příslušné lokality. Dle tohoto můžeme použít níže zobecněné faktory.

- 1.) Faktor viditelnosti: - je to volba mezi nadzemním a podzemním typem APS. Vychází z požadavků majitele pozemku nebo záměru magistrátu města. Následně je možné přikročit k volbě typu APS.
- 2.) Prostorový faktor: - je to volba mezi různými typy APS. Různé typy APS jednotlivých výrobců umožňují různý stupeň využití daného prostoru jak pro samotnou stavbu, tak i pro vjezdové a výjezdové prostory. V rozhodování bude hrát roli, aby daná plocha pro výstavbu byla osazena takovým typem APS, který při co nejmenším záboru plochy (včetně ploch pomocných) zajistí co největší kapacitu vozidel v APS.
- 3.) Faktor rychlosti: - je to volba počtu vjezdů a výjezdů již daného typu APS. Tento aspekt je považován za jedno z hlavních kritérií výběru vhodného APS (zejména pro velká města v lokalitách s velkou frekvencí vozidel). V tomto případě se jedná pouze o čas potřebný pro vlastní uložení (vyložení) vozidla v APS. Čas strávený před uložení vozidla (a po vyložení) je z velké části závislý na lidském faktoru.

Požadavek rychlosti:

- **velký**: splňují APS, které jsou rozděleny do více samostatných sektorů. Tyto pak na sobě pracují nezávisle, avšak centrálně řízené. Požadavky splňují především APS s mnoha vjezdy a výjezdy.

- **střední**: zpravidla splňují APS s velkou kapacitou uložených vozidel (100-200 automobilů) a přiměřeným počtem vjezdů (2-4 odbavovací prostory).

- **malý**: splňují APS, které jsou umístěny v zastavěných lokalitách (ve dvorech domů, pod budovami atd.) a mají velmi malý počet vjezdů (1-2).

- 4.) Faktor ukládání: - je to volba orientace ukládání a typu palet. Pro parkování osobních automobilů pomocí zakladačových systémů slouží několik různých metod. Tyto metody lze rozdělit do 4 kategorií:
  - Ukládání automobilu na paletě ve směru dlouhé strany
  - Ukládání automobilu na paletě ve směru krátké strany
  - Ukládání automobilu bez palety
- 5.) Faktor nákladů: - je to souhrn předchozích rozhodnutí a kompromisů mezi nimi. Obecně lze konstatovat, že ekonomické hledisko a co nejlepší podmínky pro parkování jsou na sobě přímo závislé.

## 2.5 Přehled výrobců APS

Po celém světě i v naší republice existuje mnoho firem zabývajících se parkovacími systémy. Některé jsou více, jiné méně úspěšné. Z hlediska porovnání možných typů APS jsem vybral 2 mezinárodní firmy, které považuji za špičku v Evropě a 4 firmy z České Republiky, které považuji za známé firmy u nás.

Mezinárodní firmy:

- KLAUS
- WÖHR

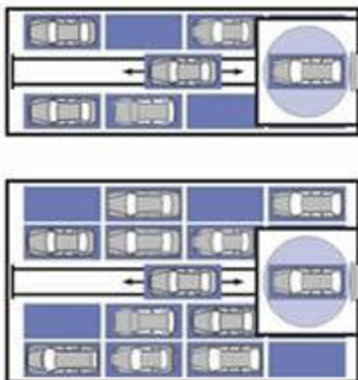
České firmy:

- LOGIPARK
- TARANIS INVEST
- KRENOTECH
- EASYPARKING

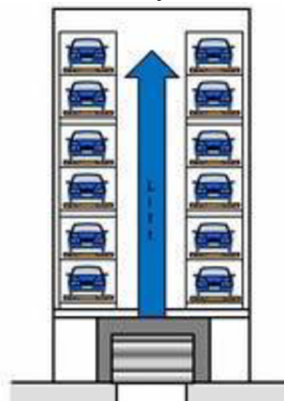
### 2.5.1 KLAUS (7)

Možné typy plně automatizovaných APS:

Shelf System



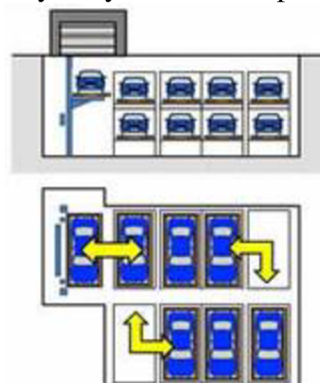
Tower System



Layer Systems, one-row



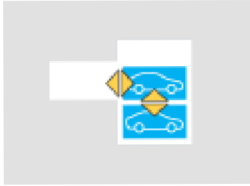
Layer Systems, multiple-row



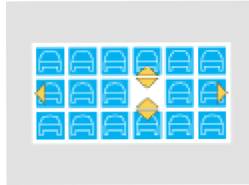
## 2.5.2 WÖHR (8)

Možné typy automatizovaných APS:

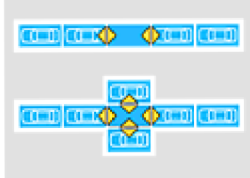
Parklifts



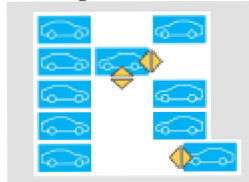
Combilifts



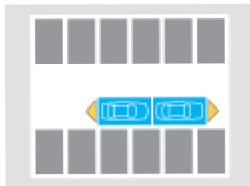
Slim-/Crossparker



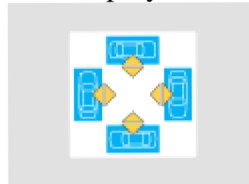
Multiparker



Platforms



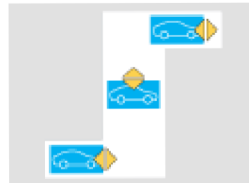
Car Display Tower



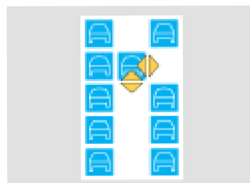
Carports



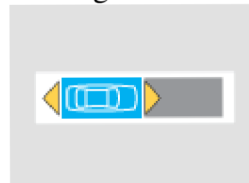
Car Lift



Parksafe



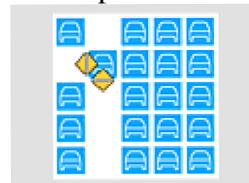
Parking Aid



Levelparker



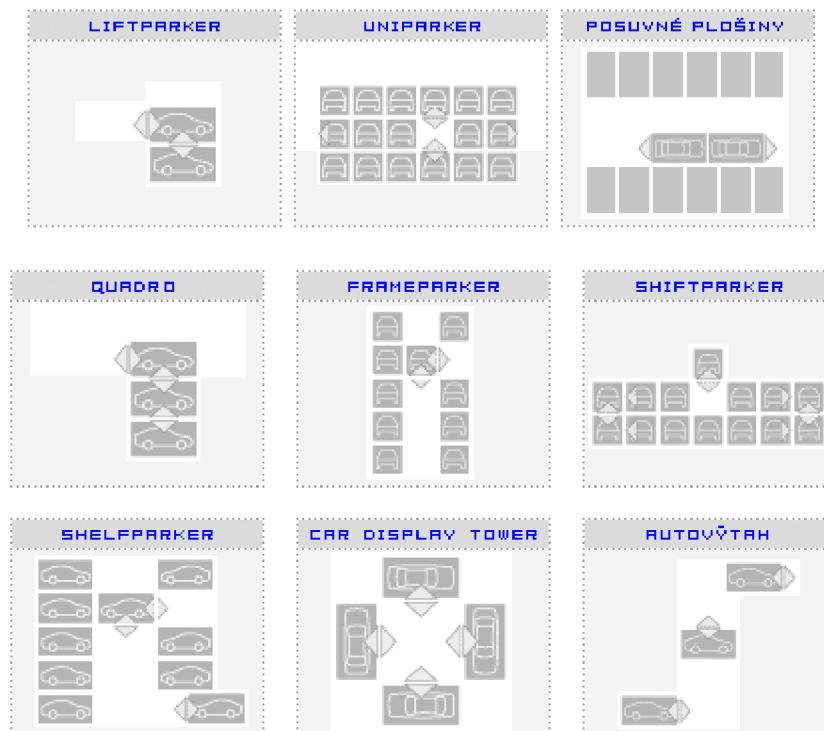
Combiparker





### 2.5.3 KRENOTECH (9)

Možné typy automatizovaných APS:



### 2.5.4 LOGIPARK (10)

Možné typy automatizovaných APS:

Shuttle park - Rychlý systém vhodný zejména pro střední a velká parkoviště. Využívá technologie automatických přesunů.

Tower park - Výkonný systém využívající technologie centrálního svislého dopravníku. Vhodný jako garáž pro obytné domy i pro administrativní budovy. Ideální řešení problému parkování vozidel na sídlištích.

Shift park - Prostorově úsporné a ekonomické řešení vhodné pro vestavby, zejména pod administrativní budovy a bytové domy. Zvyšování kapacity parkovacích míst lze dosáhnout skládáním několika systémů do bloků vedle sebe nebo za sebou.

Slide park - Úsporné řešení vhodné zejména pro využití menších podzemních prostor v městských centrech. Odbavovací kabina (terminál) je nejčastěji vybudován přímo nad výtahem. Pro snadnější vjezd a výjezd je možná instalace točny.

## 2.5.5 TARANIS INVEST (11)

Možné typy automatizovaných APS:

### LEVEL PARKING



### SWITCH PARKING



### MULTI PARKING



## TOWER PARKING



### 2.5.6 EASYPARKING (12)

Ukázka rotačního parkovacího systému typu „pater noster“.



## 2.6 KOMA-Industry s.r.o. (13)

Společnost byla založena v roce 1990 jako podnik zaměřený na aktivity v oblasti strojírenství pod názvem KOMA, od roku 1996 vystupuje jako obchodní společnost KOMA-Ložiska s.r.o. V tomtéž roce zaveden systém „Just in time“ pro velké strojírenské a hutní podniky v ČR. Činnost společnosti byla rozšířena o technickou kancelář a školicí středisko.

V roce 1998 byl uveden do provozu nově zrekonstruovaný areál pro obchodně-technické činnosti v Ostravě - Vítkovicích. O dva roky později vzniká společnost KOMA-Servis, s.r.o.

Rok 2000 znamenal výrazné změny ve vymezení dílčích oblastí působení:

- KOMA-Ložiska s.r.o. - široký sortiment komponentů pro strojírenské podniky.
- KOMA-Servis, s.r.o. - specializované komplexní služby v oblasti hydrauliky, výroba strojních součástí a zavádění bezdemontážní diagnostiky strojů a zařízení.
- Technická kancelář - rozšíření služeb o bezplatnou technickou podporu a servis pro naše zákazníky.
- Výzkum a vývoj - technický potenciál firmy je uplatněn v řadě realizovaných projektů v oblasti vývoje a výzkumu ve spolupráci s vysokoškolskými institucemi.

2002 - otevřeno nové výrobně-servisní středisko. Obchodní sortiment rozšířen o převodovky SEW Eurodrive, mazací systémy, tribologickou laboratoř, obrábění kovů, servis hydrauliky a pneuservis.

2004 - obchodní sortiment rozšířen o odstředivky oleje Alfa Laval, maziva Texaco, výrobu hydraulických hadic. Nově otevřeno hydraulicko-technologické centrum Parker.

2010 - fúze společností KOMA - Ložiska, s.r.o. a KOMA - Servis, s.r.o. a změna názvu společnosti na KOMA - Industry, s.r.o.

Prioritou naší společnosti je schopnost pružně reagovat na nároky trhu poskytováním kvalitních služeb, nabízet řešení „na míru“ dle nadefinovaných požadavků zákazníka a za dostupnou cenu.

### 2.6.1 Divize KOMA Parking

Divize APS byla založena v roce 2003 pod názvem KOMA SYSTEM.CZ. Tato skupina zpracovala projekt parkovacího domu, který byl následně oceněn Zlatou medailí na MSV Brno 2003. Společnost je vlastníkem evropského patentu na kruhové řešení produktu KOMA Ring. **V roce 2005 byl otevřen první kruhový parkovací dům v Ostravě - Svinov.**

## 2.6.2 Automatizované Parkovací Systémy (APS)

Automatické parkovací systémy (dále jen APS) jsou v podstatě parkovací domy s počítačově řízeným automatizovaným procesem založení a vyložení vozidla pomocí sofistikovaného technologického zařízení.

Řidič nemá do prostoru objektu přístup, s výjimkou místa určeného k předání a převzetí vozidla.

Provedení APS může být nadzemní, podzemní či kombinované. Modularita zajišťuje řešení šité na míru, v podstatě pro jakékoliv zadání.

APS řeší progresivním způsobem parkování v centrech velkých měst, na nádražích, sídlištích, v administrativních centrech a všude tam, kde je potřeba kvůli nedostatku místa pro klasické parkovací systémy navrhnout efektivní způsob krátkodobé i dlouhodobé odstávky vozidel.

APS KOMA Parking nabízí bezpečný a inteligentní způsob hromadného parkování automobilů na principu sofistikovaného řešení manipulace a skladování.

Jsou určeny zejména pro parkování osobních vozidel, umožňují však realizace také pro dodávková či nákladní vozidla. Řeší situace s nedostatkem parkovacích míst a nedostatkem volné plochy pro realizaci standardního plošného parkování, zejména na sídlištích, v centrech velkých měst, u administrativních celků, hotelů, letišť, nádraží a záchytných parkovišť typu P&R.

Potřebná parkovací plocha pro 1 automobil je až o polovinu menší oproti parkování na volné ploše.

**APS KOMA Parking je ryze český produkt**, založený na inovativním know-how pro ukládání parkovaných automobilů.

Architektonické řešení (tvar i vlastní provedení opláštění budovy) je nabízeno v závislosti na požadavku zadavatele nebo dle návrhu zkušených architektů, kteří vždy dbají na soulad provedení s charakterem okolí. Nabízíme široký výběr materiálů, barev a doplňků. Návrhy je vždy možné vypracovat v několika variantách.

## 2.6.3 Výhody APS

### MINIMALIZACE PARKOVACÍ PLOCHY

- malý zastavěný prostor ve srovnání s klasickým způsobem parkování (šíře i výška)
- redukce stavebních ploch a nákladů na pozemek
- maximální využití plochy k parkování, téměř nezávisle na tvaru půdorysu budovy APS
- využití v úzkých, stísněných nebo těžce přístupných
- lokalitách, kde by konvenční parkování nebylo možné

## KOMFORT

- bez úzkých vjezdů a výjezdů
- rychlost parkování, automatizovaný a samoobslužný provoz bez zajištění do objektu a dlouhého hledání volného místa
- ochrana proti povětrnostním vlivům

## BEZPEČNOST

- bez přístupu neoprávněných osob (zamezení škodám a krádežím)
- pojištění vozidel
- certifikace systému
- zvýšená průjezdnost okolních komunikací

## EKONOMIKA PROVOZU

- variabilita nastavení tarifů parkování
- nízké náklady na provoz (osvětlení, vytápění, osobní náklady)
- bez nutnosti zázemí pro řidiče (hygienické místnosti, bezbariérový přístup, výtahy, schodiště, vzduchotechnika)

## EKOLOGIE

- omezení emisí, exhalací a hluku od popojíždějících vozidel
- protipožární ochrana
- podzemní řešení umožňuje využít povrch pro jakoukoliv zástavbu, včetně zeleně
- při použití ocelových konstrukcí snadná demontáž a recyklace stavby

## FLEXIBILITA

- modulární systém a možnost dostavby parkovacích jednotek
- architektura a design - různé druhy opláštění, tvaru i provedení
- sdružování parkovacích domů

## 2.7 Produkty

### 2.7.1 KOMA PALLET

Poloautomatický systém nezávislého parkování, využívá zhodnocení prostoru pro parkování uložením automobilů na palety vedle sebe buď kolmo, nebo rovnoběžně s komunikací. Může vhodně doplnit parkování na volné ploše a tím zvýšit kapacitu parkování na stejné ploše o 40 až 60%. Vhodné pouze pro zastřešené prostory.

Objekty mohou být v provedení nadzemním, podzemním, nebo kombinovaném. Vhodné pro abonentní a také hodinové parkování.

Cenově nejvýhodnější řešení parkování, zvýšení počtu parkovacích míst, tichý provoz, nenáročná údržba a obsluha. Systém může využít prostoru mezi sloupy, kde se nedá parkovat konvenčně, nebo v příjezdových řadách konvenčního parkování.

Poloautomatický, cenově nejvýhodnější systém nezávislého parkování. Parkované automobily jsou uloženy na palety vedle sebe buď kolmo, nebo rovnoběžně s komunikací.

#### *Vhodné příklady použití*

Obytné a polyfunkční budovy, kancelářské objekty, hotely, rodinné domy, rekonstrukce a renovace - zvýšení kapacity parkovacích míst stávajících domů, zejména ve sklepních prostorech.

Palety lze přejíždět v jejich podélném směru, ne však ve směru příčném. Palety pojíždějí po nevyvýšených kolejkách.



## 2.7.2 KOMA LIFT

Poloautomatický systém parkování s uložením automobilů na palety nad sebou. Výhodné řešení při vjezdu z jedné nájezdové úrovně. Modulární systém s možností provedení úprav dle požadavku. Možné provedení jako závislé i nezávislé parkování. Vhodné pro abonentní a rezidentní parkování. Navýšení kapacity parkovacích míst 2x až 3x.

### *Nezávislé parkování*

Každý automobil může být parkován nezávisle na ostatních. Možné kombinace: 2 nebo 3 automobily nad sebou a 1 nebo 2 automobily na paletě.

Lze využít pro různé světlé výšky mezi paletami, zvolit šíři a délku palet. Požadavek: upravený základ a výška objektu vzhledem k výškovému přesunu palet.

### *Závislé parkování bez spodní palety*

Vhodné pro dva automobily nad sebou, horní automobil je závislý a může být vyparkován pouze není-li spodní automobil zaparkován. Požadavek: upravená výška objektu dle výšky parkovaných automobilů.

Poloautomatický, cenově výhodný systém parkování s uložením automobilů na palety nad sebou. Ve variantě závislého i nezávislého parkování. Vhodný pro rezidentní parkování. Nenáročná údržba a obsluha.

### *Vhodné příklady použití*

Rodinné domy, obytné a polyfunkční budovy, kancelářské objekty, hotely, renovace a rekonstrukce objektů - navýšení parkovacích míst stávajících domů, zejména ve sklepech, dvorcích a zahradách.





### 2.7.3 KOMA MULTI LIFT

Automatický systém nezávislého parkování s uložením automobilů na palety nad sebou a vedle sebe. Pokud parkujícímu automobilu brání jiný zaparkovaný automobil, je přesunut do jiné polohy ve stejné řadě nebo do řady jiné. Proto musí být v systému vždy jedno místo volné. Pouze pro zastřešené prostory. Modulární systém s možností provedení úprav dle požadavku. Možné nadzemní, podzemní nebo kombinované provedení. Vhodné pro abonentní parkování.

Z bezpečnostních důvodů se doporučuje umístit před parkující automobily bezpečnostní vrata. Objekt má více samostatných vjezdů. Řidič může přijet před kterýkoliv vjezd (paletu). Pomocí karty se náležitá paleta k tomuto vjezdu přistaví, řidič na ni najede a opustí parkující prostor.

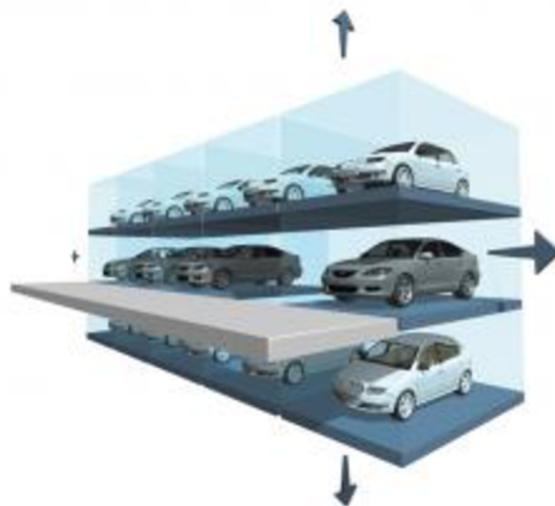
Cenově výhodné řešení parkování s navýšením počtu parkujících automobilů 2x až 3x. Nenáročná údržba a obsluha. Použití prověřené hydrauliky. Výhodné řešení pro parkování automobilů při vjezdu z jedné roviny.

Automatický systém nezávislého parkování s uložením automobilů na palety nad sebou a vedle sebe. Objekt má více samostatných vjezdů. Cenově výhodné řešení.

#### *Vhodné příklady použití*

Obytné a polyfunkční budovy, kancelářské objekty, hotely, rodinné domy, rekonstrukce a renovace - navýšení kapacity parkování stávajících domů, zejména ve sklepech.

Možno kombinovat pro dvě nebo tři řady automobilů nad sebou a pro několik automobilů vedle sebe. Doporučujeme max. 10 automobilů vedle sebe. Lze zvolit šíři a délku palet.



## 2.7.4 KOMA DECKER

Automatický systém nezávislého parkování, využívající přesunu palet ve vodorovném (přesun všech palet společně) i svislém směru (zvedání palet na obou krajích pomocí zvedacích zařízení). Pro vjezd a odjezd je využíván jeden prostor, většinou průjezdný. Může být doplněn i točnou. Pouze pro zastřešené prostory.

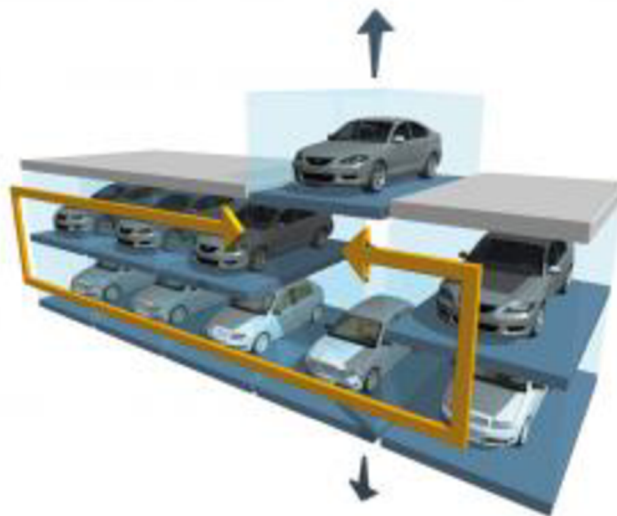
Objekty mohou být v provedení nadzemním, podzemním, nebo kombinovaném. Vhodné pro abonentní a také hodinové parkování. Maximálně do počtu 60-ti automobilů. Zhodnocení prostoru pro parkování. Vhodný pro úzké a delší pozemky s omezeným příjezdem k objektu.

Automatický systém nezávislého parkování, vhodný pro úzké a delší pozemky s omezeným příjezdem k objektu.

### *Vhodné příklady použití*

Hotely, kancelářské objekty, renovace a rekonstrukce objektů - navýšení parkovacích míst stávajících domů, zejména ve sklepech.

Parkovací objekt sestává ze 4-10 automobilů vedle sebe, 2-5 pater nad sebou, případně 2-3 automobily za sebou.



## 2.7.5 KOMA TOWER

Automatický systém nezávislého parkování, využívající skladování automobilů nad sebou a přesouváním palet na jednu či druhou stranu od zvedacího zařízení. Dle potřeby může být sestaveno několik provedení vedle sebe, nebo za sebou. Systém je vhodný maximálně pro 100 automobilů.

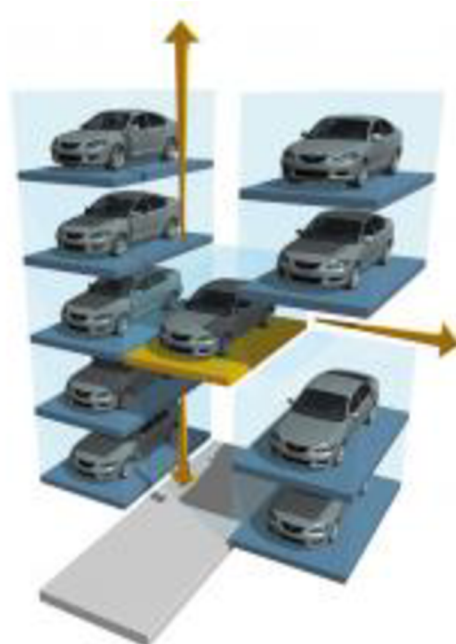
Pouze pro zastřešené prostory. Možnost nadzemního, podzemního i kombinovaného provedení. Vhodné pro abonentní i hodinové parkování.

Zhodnocení prostoru pro parkování. Vhodný typ pro malé prostory obdélníkového typu. Objekty mohou být umístěny na bocích obytných budov, nebo stát samostatně.

Automatický systém nezávislého parkování. Podle potřeby může být sestaveno několik provedení vedle sebe nebo také za sebou. Vhodný pro malé prostory obdélníkového typu (sídliště)

### *Vhodné příklady použití*

Sídliště, nová zástavba, renovace dvorů. Počet automobilů vedle sebe může být 1-3 na obou stranách od zvedacího zařízení. Počet pater může být až 20. Vjezdový prostor pro 3 automobily vedle sebe může být vybaven točnou, a to na obou stranách od zvedacího zařízení. Pro dva automobily vedle sebe je v případě použití točny nutné rozšířit odbavovací prostor.



## 2.7.6 KOMA MULTI TOWER

Automatický systém nezávislého parkování, využívající skladování automobilů nad sebou a přesouvání palet na jednu či druhou stranu od zvedacího zařízení pomocí přesuvných vozíků (skipů). Jedná se o parkovací objekt s velkou kapacitou a využitím většího počtu zvedacích zařízení, odbavovacích prostorů a přesuvných skipů.

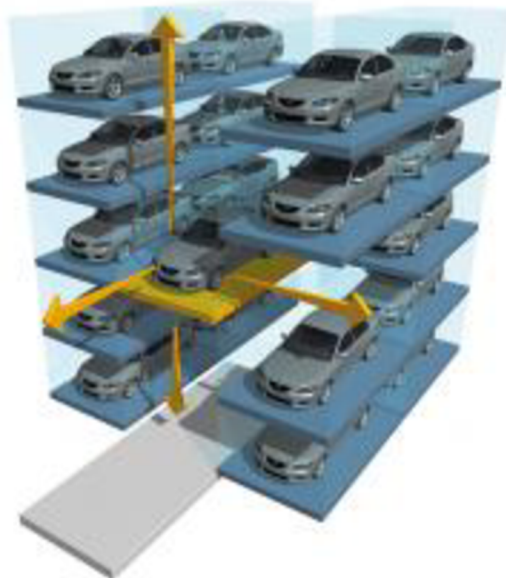
Objekty mohou být v provedení nadzemním, podzemním, nebo kombinovaném. Vhodné pro abonentní a také hodinové parkování.

Zhodnocení prostoru pro parkování. Parkovací objekt využívá souběhu činností a tím dosahuje minimalizace technologických odbavovacích časů.

Automatický systém nezávislého parkování, skladující automobily nad sebou s přesouváním palet na jednu či druhou stranu od zvedacího zařízení. Vhodný pro velkokapacitní parkování.

### *Vhodné příklady použití*

Velkokapacitní parkoviště. Celkové uspořádání a skladba je závislá na možnostech pozemku, počtu parkovaných automobilů za hodinu a dopravní obslužnosti.



### 2.7.7 KOMA RING

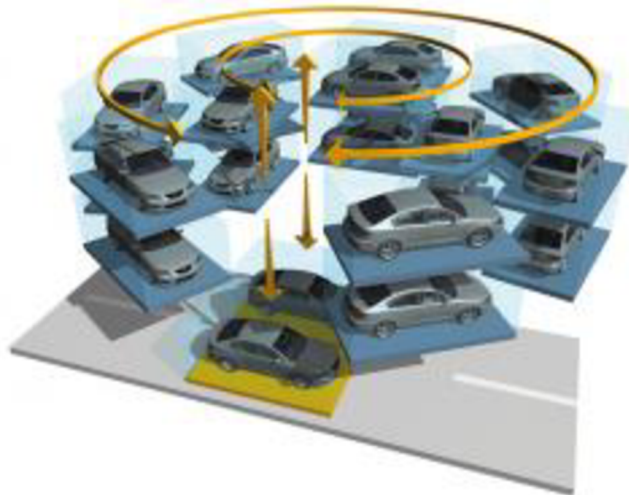
Automatický systém nezávislého parkování, využívající zhodnocení prostoru pro parkování uložením automobilů na palety do kruhu na jednotlivých mezikružích a nad sebou. Pouze pro zastřešené prostory. Možnost nadzemního, podzemního i kombinovaného provedení. Vhodné pro abonentní i hodinové parkování.

Na malém prostoru lze uskladnit velké množství automobilů. Řešení vhodné pro místa s velkou koncentrací parkujících automobilů. Nekonenční tvar a atraktivní design. Možnost komerčního využití přízemních prostor.

Automatický systém nezávislého parkování s uložením automobilů na palety na jednotlivých mezikružích nad sebou. Atraktivní design. Možnost komerčního využití přízemních prostor budovy.

#### *Vhodné příklady použití*

Záchytná parkoviště pro místa s hustou dopravou. Jedná se o soustavu mezikružích a zvedacích zařízení. Počet vjezdů je dán počtem mezikružích. V kombinovaném provedení (nad i pod zemí) může být počet vjezdů zdvojnásoben jejich umístěním i na protilehlých stranách.



### 3. Základy svařování

Svařovaná konstrukce vznikne svařením jednotlivých dílů, polotovarů a podskupin v celek, čímž vzniká nerozebíratelné spojení. Vlastnosti tohoto spojení je nutno posuzovat v celku. Nejsou rozhodující jen vlastnosti základního materiálu použitého pro výrobu jednotlivých dílů svařované konstrukce nebo jen vlastnosti přídavného materiálu (svarového kovu), kterým spojujeme jednotlivé díly. Kromě vlivu metalurgických dějů při svařování přistupuje ještě vliv tepelně deformačního ( tenzotermického ) účinku svařování na vlastnosti základního materiálu. Je nutné vzít v úvahu vlastnosti všech jednotlivých částí vytvořeného spojení, tzv. svarového spoje: základního materiálu, tenzotermicky ovlivněné oblasti základního materiálu, přechodové oblasti u hranice natavení a svarového kovu. (1)

#### 3.1. Základní zdroje tepla při svařování (1)

Významnou úlohu z hlediska výsledků svařování má také stav, ve kterém se materiál nachází v době vzniku spojení součástí a použitý druh energie na vytvoření svaru. Podle toho lze rozdělit svařování na několik skupin.

##### 1) Svařování tavné

Základní a přídavný materiál se vhodným zdrojem tepla zahřeje až na teplotu tavení a oba materiály se vzájemně spojí.

metody:

- svařování plamenem
- ruční svařování elektrickým obloukem
- automatické pod tavidlem
- elektrickým obloukem v ochranných atmosférách
- elektrostruskové
- plazmatem
- elektronovým paprskem
- laserem

##### 2) Svařování za působení tepla a tlaku

Rozsah teplot při tomto způsobu svařování je velký.

a) materiál se ohřeje až na teplotu, kdy se začne tavit

metody:

- svařování odporové bodové, švové, na lísech, stykové odtavením

b) materiál se dostane jen do plastického stavu

metody:

- odporové stykové svařování tlakem

c) materiál se vůbec nenataví a ke spojení dochází v tuhé fázi za působení teploty a tlaku

metody:

- difúzní svařování
- tlakem za tepla a polotepla

##### 3) Svařování jen za působení tlaku

Není zde přiváděno žádné teplo a ke spojení dojde pouze za působení tlaku

metody:

- výbuchem
- tlakem za studena
- svařování ultrazvukem

### 3.2. Svarový kov (2)

Svarový kov vzniká tavením základního a přídavného materiálu. Podíl nataveného základního materiálu ve svarovém kovu nazýváme promísení. Při svařování kořenové části svarového spoje je promísení vyšší než při svařování výplňové části. Při ručním obloukovém svařování je stupeň promísení od 10 – 40 %, při svařování automatem pod tavidlem až 85 % a při elektrostruskovém svařování 90 %. Při některých technologiích svařování je svarový kov tvořen pouze nataveným základním materiálem (svařování el. odporem, elektronovým paprskem).

Velikost a tvar svarové lázně (objem) je přímo úměrný měrnému příkonu svařování, přičemž geometrické faktory – šířka a hloubka – jsou nejvýrazněji ovlivňovány intenzitou svařovacího proudu (hloubka) a svařovacím napětím (šířka). Poměr šířky k hloubce svarového kovu označujeme jako koeficient tvaru svaru  $\Psi$ . Tvar svarové lázně ve směru svařování ovlivňuje zejména rychlost svařování.

### 3.3. Svařitelnost materiálu (3)

Svařitelnost udává, zda lze za daných podmínek svařování vyhotovit svar předepsané jakosti. Podmíněná svařitelnost znamená, že jakostní svar lze vyhotovit jen za určitých podmínek svařování. Závisí na chemickém složení materiálu, jeho tepelném a deformačním ovlivnění v místě spoje, provedeného příslušnou technologií svařování. To znamená, že při volbě materiálu musí konstruktér zvážit vzájemnou vazbu mezi základním materiálem, přídavným materiálem, technologií svařování a požadavky na tuhost a pevnost svarového spoje. Proto je nutno při hodnocení svařitelnosti materiálů použít celý soubor vhodně volených zkoušek, podle nichž je možno stanovit vlastnosti svarového spoje. Pro spolehlivý provoz svařovaných strojních součástí a konstrukcí je nutno znát jejich provozní ukazatele, do nichž se zahrnuje způsob namáhání svarového spoje, vliv rozměrů svařované konstrukce, vliv pracovního prostředí, vliv provozní teploty, mechanické a fyzikální vlastnosti základního materiálu atd.

Vhodnost základního materiálu pro svařování je určováno:

- chemickým složením materiálu
- způsobem jeho výroby
- technologií tváření, příp. odlévání
- technologií tepelného zpracování
- mechanickými vlastnostmi materiálu

Jakost svarového spoje je ovlivněna:

- základním materiálem
- metodou svařování
- postupem svařování
- přídavnými materiály
- svarovými úkosy a jejich přípravou
- tepelným příkonem
- způsobem svařování
- předehřevem, dohřevem
- tepelným zpracováním po svařování atd.

Chemické složení oceli je jedním z dominantních vlivů, určujících svařitelnost ocelí. Jednotlivé chemické prvky ovlivňují svařitelnost materiálu následovně:

<b>Uhlík</b>	(C)	- do obsahu uhlíku 0,25 % jsou oceli vhodné ke svařování - při větším obsahu (C = 0,3 %) je svařitelnost obtížná
<b>Křemík</b>	(Si)	- je výhodný do obsahu 0,8 %
<b>Mangan</b>	(Mn)	- zlepšuje svařitelnost oceli do obsahu 1 %
<b>Nikl</b>	(Ni)	- zhoršuje svařitelnost
<b>Chrom</b>	(Cr)	- zhoršuje svařitelnost
<b>Molybden</b>	(Mo)	- zlepšuje svařitelnost
<b>Vanad</b>	(V)	- zlepšuje svařitelnost
<b>Titan</b>	(Ti)	- výrazně zlepšuje svařitelnost
<b>Kyslík</b>	(O)	- výrazně zhoršuje svařitelnost
<b>Dusík</b>	(N)	- výrazně zhoršuje svařitelnost
<b>Vodík</b>	(H)	- výrazně zlepšuje svařitelnost (způsobuje však vložkovou křehkost)
<b>Fosfor</b>	(P)	- zhoršuje svařitelnost (způsobuje lámavost za studena)
<b>Síra</b>	(S)	- zhoršuje svařitelnost (způsobuje lámavost za tepla)

### 3.3.1. Svařitelnost jemnozrnných ocelí (2)

Materiál použitý při výrobě pojízdného rámu svařováním patří do skupiny tzv. jemnozrnné mikrolegované oceli. Jeho označení je ČSN 11 375. Obecně jsou vlastnosti této skupiny popsány na řádcích níže.

Hodnoty mechanických vlastností nelegovaných konstrukčních uhlíkových ocelí jsou určovány především obsahem uhlíku a manganu. Obecně můžeme říci, že jsou zpevněny především substitučním a intersticiálním mechanismem. Existuje však také jiná možnost, jak zvýšit mez kluzu a mez pevnosti nelegovaných konstrukčních ocelí při zachování jejich dobré houževnatosti a zároveň potlačit nepříznivý vliv uhlíku na jejich svařitelnost. Jedná se o dolegování materiálu malými obsahy prvků jako Al, Ti, Nb a V. Příznivé působení uvedených prvků spočívá v tom, že umožňují vznik jemnozrnné struktury a navíc svou vazbou na uhlík a dusík formou precipitačního zpevnění zvyšují pevnostní vlastnosti materiálu. Proto tyto materiály nazýváme jemnozrnné oceli.

Polotovary z jemnozrnných ocelí se vyrábějí nejčastěji řízeným válcováním v kombinaci s tepelným zpracováním, které zvýrazňuje vliv mikrolegur (Al, Ti, Nb a V) na vlastnosti materiálu. Obsahy mikrolegujících prvků jsou obvykle limitovány – Al min. 0,015 hm. %, Ti max. 0,15 hm. %, V max. 0,1 hm. % a Nb max. 0,04 hm. %.

Všechny uvedené prvky tvoří s uhlíkem a dusíkem karbidy, nitridy nebo karbonitridy. V případě hliníku to je nitrid AlN. Titan tvoří karbid TiC, nebo karbonitrid Ti (C, N) a nitrid TiN. Niob vytváří karbid NbC, nebo karbonitrid Nb (C, N) a vanad karbid V<sub>4</sub>C<sub>3</sub> nebo karbonitrid V (C, N).



Precipitace uvedených částí je příznivá ze čtyř hledisek:

- 1.) Formou precipitačního zpevnění zvyšují mez kluzu a mez pevnosti oceli.
- 2.) Přítomnost precipitátů o velikosti do cca 50 nm v mikrostruktuře oceli brání migraci hranic zrn při rekrystalizaci a tím i hrubnutí zrna.
- 3.) Precipitáty mikrolegujících prvků váží i část intersticiálního dusíku. Pravděpodobnost vzniku nitridů železa  $\text{Fe}_4\text{N}$ ,  $\text{Fe}_{16}\text{N}_2$  způsobujících stárnutí oceli je proto minimální. Materiál nestárne.
- 4.) Vazba uhlíku na karbidy a karbonitridy snižuje uhlíkový ekvivalent a zlepšuje svařitelnost oceli.

Během řízeného válcování se růstu zrn zabraňuje dvěma způsoby:

- 1.) Precipitáty Nb a Mo snižují kinetiku rekrystalizace austenitu během deformace.
- 2.) Precipitáty Al a Ti brání růstu zrn při rekrystalizaci.

Oba způsoby se v praxi používají. Růstu zrn při rekrystalizaci brání rovněž snížená dovalcovací teplota, která se používá při výrobě polotovarů z mikrolegovaných jemnozrnných ocelí. Tváření ocelí při snížených dovalcovacích teplotách cca 600 až 700 °C je také považováno za určitý způsob termomechanického zpracování. Proto mohou být i jemnozrnné mikrolegované oceli dodávány jako termomechanicky zpracované materiály. Typickými představiteli jemnozrnných a jemnozrnných mikrolegovaných ocelí jsou oceli označené podle ČSN 11378, 11447, 11448, 11449, 11503, 11523, 13116, 13118 a 13128.

**11 375** – konstrukční ocel ve stavu nežíhaném, normalizačně žíhaném. Svařitelnost je zaručená pro tyče o  $\phi$  16 mm, pro plechy, tvarové tyče do tl. 13 mm. Pro tl. 13 až 28 mm je zaručeně podmíněně svařitelná s předehřevem na 150 až 200°C, pro tl. 25 až 60 mm svařitelnost dobrá. Nejmenší mez kluzu  $R_e = 200 - 240$  MPa, pevnost v tahu  $R_m = 370 - 450$  MPa. Uhlíkový ekvivalent  $C_e = 0,28$ , teplota žíhání ke snížení vnitřních pnutí  $T = 600 - 650$ °C. Ocel je vhodná na výrobu strojních součástí menších tloušťek namáhaných staticky a kvazistaticky, na kované součásti pro tepelná energetická zařízení a klenutá lemovaná vysokotlaká dna.

### 3.4. Svarové spoje (3)

Při konstrukci svaru nebo svařované konstrukce volíme vhodný svarový spoj mimo jiné dle následujících hledisek:

- 1) **Podle polohy průřezu svaru** vzhledem k zátěžným silám.  
- čelní, boční, šikmé
- 2) **Podle účelu.**  
- svary spínací (u velkých průměrů potrubí)  
- svary těsnící (nádrže)  
- svary nosné (ocelové konstrukce)  
Ve zvláštních případech je nutné provést kombinaci svarů.  
- svary těsnící a nosné (tlakové nádoby, parní generátory, tlaková potrubí)

3) **Podle tvaru svaru** (svarové plochy).

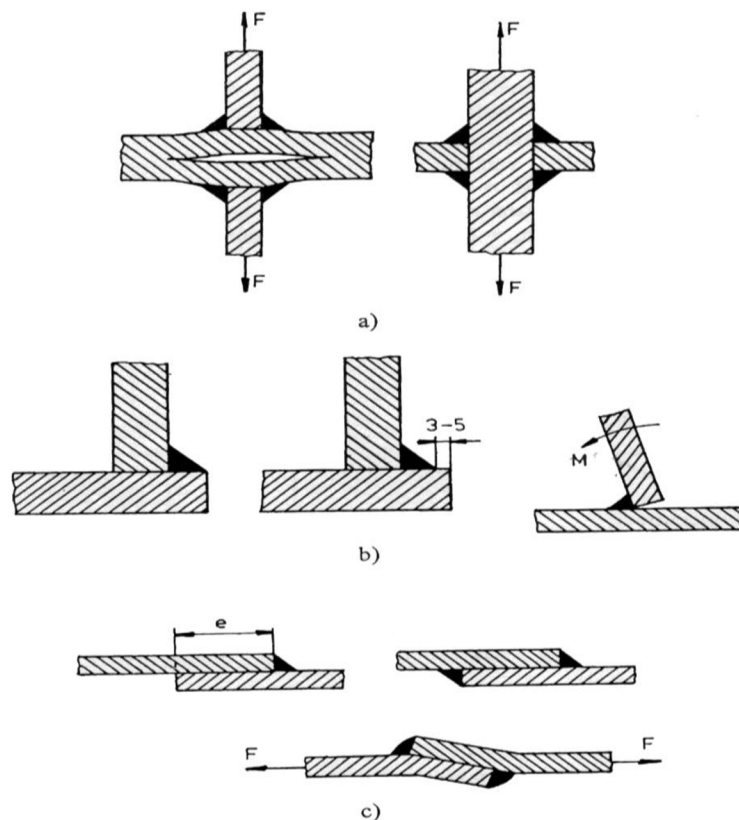
- svary tupé, koutové, rohové
- svary žlábkové, děrové
- svary bodové, švové
- přeplátované spoje

Volba tvaru svaru závisí na konstrukčním provedení svarku, na tvaru a tloušťce svařovaných dílců, na charakteru zátěžných sil, na zvolené technologii svařování, na výrobních podmínkách, dobré přístupnosti k místu svaru a minimální spotřebě přídavného materiálu.

*Pozn.:* Vzhledem k charakteru a použitému materiálu vyráběné součásti se budu dále zabývat jen koutovými a rohovými svary.

### 3.4.1. Koutové a rohové svarové spoje (3)

Koutové a rohové svarové spoje jsou z pevnostního hlediska méně únosné než např. svarové spoje tupé. Svařované dílce se přikládají kolmo k sobě a svarové plochy se běžně neupravují. Pouze v mimořádných případech se přechody u koutových svarů opracují. Pokud možno se svarové spoje svařují dvěma koutovými svary, aby se vyloučil vliv ohybového momentu na svar (obr. 3.1). V případě vyššího zatížení svarového spoje je účelné kombinovat koutové svary s tupými. Úpravu svarové plochy je nutno u tupého svaru provést podle tloušťky svařovaného dílce, podle pevnostních požadavků a způsobu namáhání. Typické konstrukční provedení koutových svarů, rohových svarů a kombinovaných svarů s tupými je znázorněno v tab. 3.1, kde je jako příklad uvedena část tabulky z ČSN EN 29692. Jsou v ní znázorněny úpravy svarových ploch u koutových a rohových svarů, provedených ručním svařováním elektrickým obloukem.

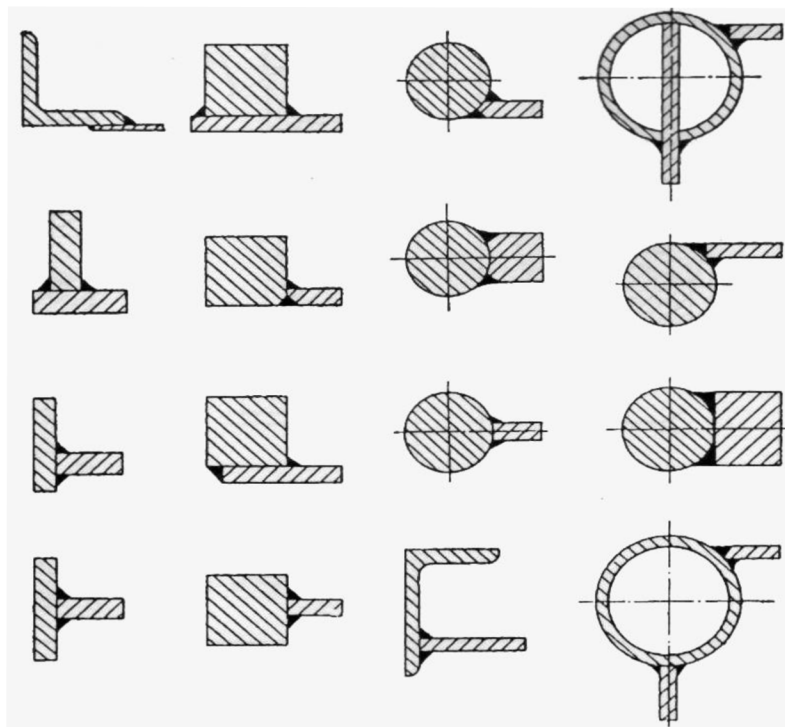


**Obr. 3.1 Vliv ohybového momentu na svar**

Svar				Tvar svarové plochy				
Číslo	Tloušťka materiálu t	Pojmenování svaru	Značka (podle ISO 2553)	Zobrazení	Řez	Rozměry		Doporučená metoda svařování (podle ISO 4063)
						Úhel $\alpha, \beta$	Mezera b	
4.10.10A	$t_1 > 3$ $t_2 > 3$	Oboustranný koutový svar Rohový spoj (s mezerou)				$70^\circ \leq \alpha \leq 110^\circ$	$b \leq 2$	3 111 131 135 141
4.10.10B	$t_1 > 2$ $t_2 > 5$	Oboustranný koutový svar Rohový spoj (bez mezery)				$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	-	3 111 131 135 141
4.10.10C	$2 \leq t_1 \leq 4$ $2 \leq t_2 \leq 4$ $t_1 > 4$ $t_2 > 4$	Oboustranný koutový svar				-	$b \leq 2$	3 111 131 135 141

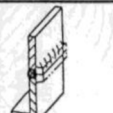

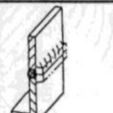
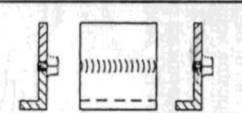
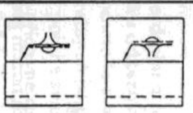
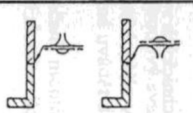
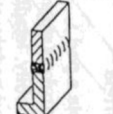
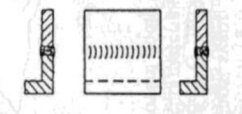
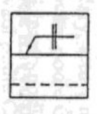
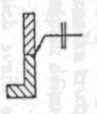
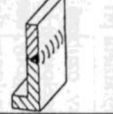
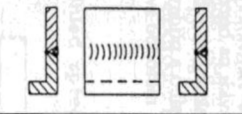
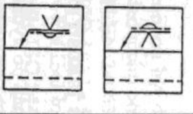
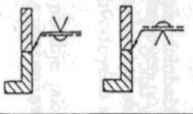
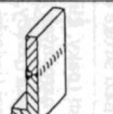
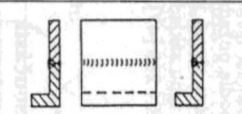
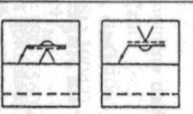
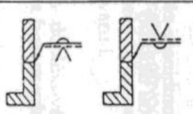
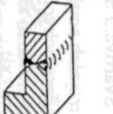
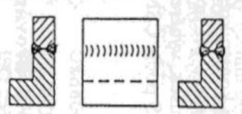
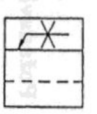

Tab. 3.1 Tvary svarových ploch pro jednostranné koutové svary

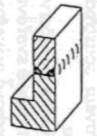
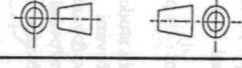
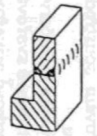
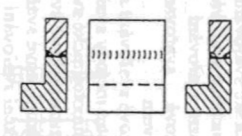
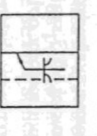
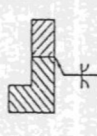
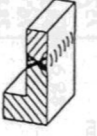
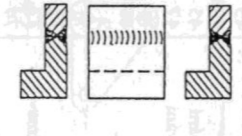
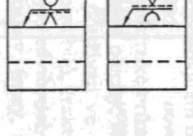
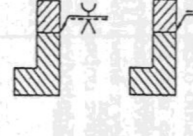
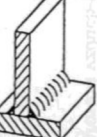
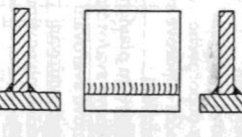
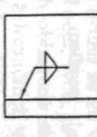
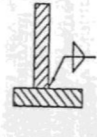

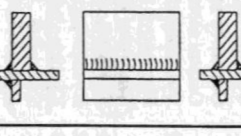
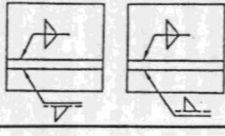
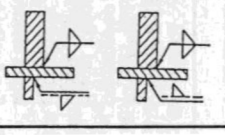
Různé druhy koutových a rohových svarových spojů a jejich použití můžeme vidět na následujícím obrázku č. 3.2



Obr. 3.2 Rohové a koutové svarové spoje

V tabulce č. 3.2 vidíme mimo jiné značení oboustranných koutových svarů v různých situacích.

Čís.	Pojmenování značka číslo podle tabulky 6.8	Názorné vyobrazení		Zobrazení a vyobrazení na výkresu	
				v pohledu	v řezu
1	Lemový svar 1 podložený 9 1-9				
2	Oboustranný I - svar 2 2-2				
3	V - svar 3 podložený				
4	9 3-9				
5	Oboustranný V - svar 3 (X - svar) 3-3				

Čís.	Pojmenování značka číslo podle tabulky 6.8	Názorné vyobrazení		Zobrazení a vyobrazení na výkresu	
				v pohledu	v řezu
11	Oboustranný 1/2 U - svar 8 8-8				
12	Oboustranný kombinovaný V, U - svar 3 7 3-7				
13	Oboustranný koutový svar 10				
14	10-10				

Tab. 3.2 Příklady kombinací základních značek

## 4. Tavné svařování (1)

### 4.1. Svařování elektrickým obloukem

#### 4.1.1. Elektrický oblouk

Elektrický oblouk využitelný ve svařování je nízkonapěťový elektrický vysokotlaký výboj, který hoří v prostředí ionizovaného plynu. Stabilně hoří za předpokladu napětí dostatečného pro ionizaci daného prostředí a proudu udržujícího plazma oblouku v ionizovaném stavu.

Charakteristické znaky oblouku jsou:

- 1) malý anodový úbytek napětí
- 2) malý potenciální rozdíl na elektrodách
- 3) proud řádově ampéry až tisíce ampér
- 4) velká proudová hustota katodové skvrny
- 5) intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku
- 6) intenzivní vyzařování UV záření

#### 4.1.2. Části elektrického oblouku:

**a) Katodová skvrna** - je ostře ohraničená oblast, která termickou emisí emituje prvotní elektrony důležité pro zapálení oblouku a ionizaci plynného prostředí. Elektrony získávají v oblasti katodového úbytku napětí tak velkou kinetickou energii, že jsou schopny při srážkách ionizovat neutrální atomy na kladné ionty a sekundární elektrony. Teplota skvrny je cca 2600 °C.

**b) Anodová skvrna** - Anodovou skvrnou jsou neutralizovány a odváděny dopadající záporné částice. Kinetická energie částic se mění na tepelnou a z části i na elektromagnetické záření. Teplota anodové skvrny je cca 3000 °C.

**c) Sloupec oblouku** - je zářivě svítící oblast disociovaného a ionizovaného plynu ve formě plazmy mezi elektrodami, která dosahuje vysokých teplot 4000 až 7000 °C.

#### 4.1.3. Voltampérová charakteristika oblouku

Statická voltampérová charakteristika oblouku vyjadřuje závislost proudu na napětí oblouku při konstantní délce oblouku. Na vlastní tvar a polohu charakteristiky oblouku má značný vliv chemické složení elektrody, geometrie hrotu elektrody, složení plazmy oblouku i průměr elektrody.

Z těchto důvodů se někdy používá tzv. **standardní statická charakteristika oblouku:**

$$U = 20 + 0,04 \cdot I \quad [V]$$

#### 4.1.4. Svařování ruční obalenou elektrodou

Pro ruční svařování elektrickým obloukem se jako přídavné materiály používají obalené elektrody. Tyto se skládají z jádra a z obalu elektrody. Jádro elektrody tvoří drát průměru 1,6/2,0/2,5/3,2/4,0/5,0 a 6,0 mm.

Podle složení obalu rozdělujeme elektrody na:

- stabilizační
- rutilové (R)
- rutil-celulozové (RC)
- rutil-kyselé (RA)
- rutil- bazické (RB)
- tlustostěnné rutilové (RR)
- kyselé (A)
- bazické (B)
- celulózové (C)

#### **Funkce obalu elektrod:**

- *funkce plynotvorná* (při hoření oblouku vznikají z obalu kouře a plyny, které vytvářejí druh ochranné atmosféry a brání přístupu vzdušného kyslíku a dusíku ke svarové lázni, např. celuloza, tepelný rozklad  $\text{CaCO}_3$  na  $\text{CO}_2 + \text{CaO}$  )

- *funkce ionizační* (slouží v obalu pro usnadnění zapalování a hoření oblouku, např. soli alkalických kovů K a Na)

- *funkce metalurgická* – rafinace (snížení P a S), deoxidace (snížení  $\text{O}_2$ ) a legování (především prvků náchylných k propalu – Cr, Mo, Ti atd.)

*Pozn.:* Pro danou svařovanou konstrukci jsem zvolil svařování elektrickým obloukem, konkrétně metodou MAG.

#### 4.2. Svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu metodou MIG / MAG

Svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu MAG patří vedle svařování obalenou elektrodou v celosvětovém měřítku k nejrozšířenějším metodám pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Svařování MIG v inertním plynu získává na důležitosti vlivem růstu objemu konstrukcí, staveb, lodí a dopravních prostředků vyráběných z hliníkových slitin.

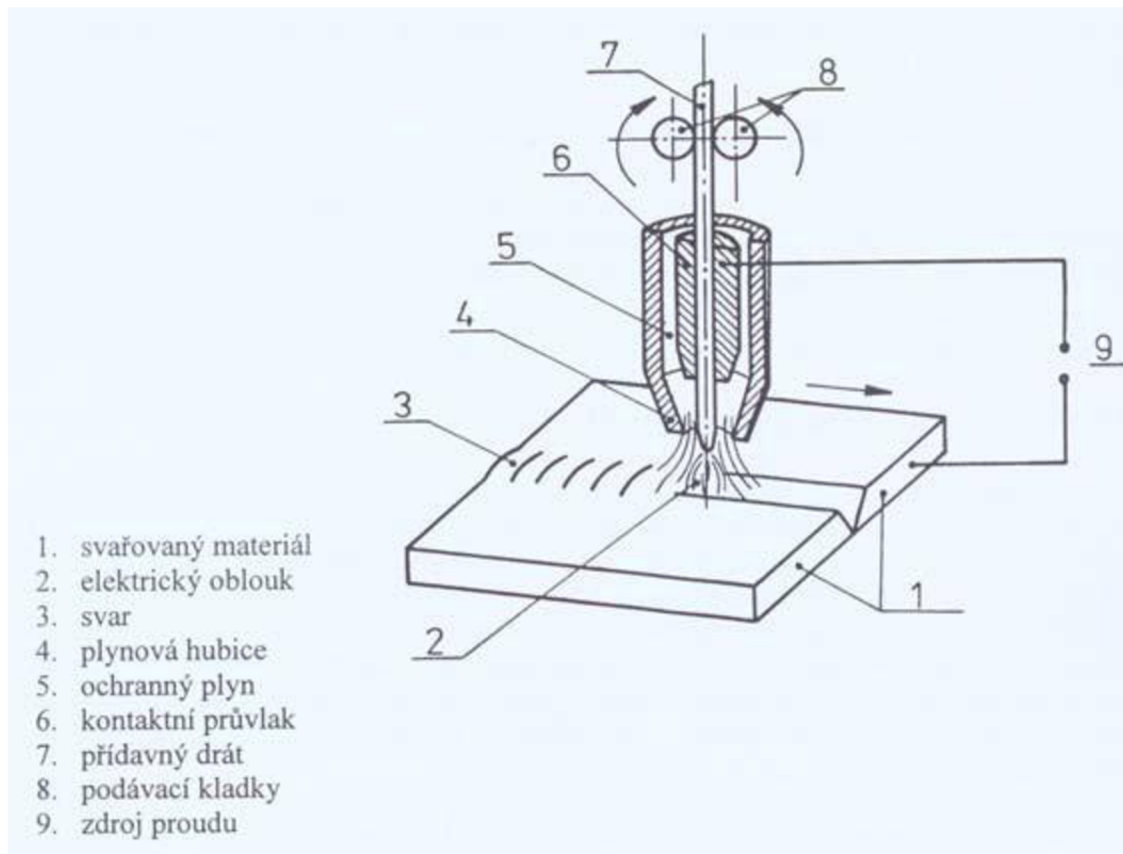
Hlavními důvody rozšíření metody MIG/MAG jsou: široký výběr přídavných materiálů a ochranných plynů, snadná možnost mechanizace a robotizace, velký sortiment vyráběných svařovacích zařízení a především významné výhody a charakteristiky uvedené metody svařování.

Svařování metodou MIG/MAG je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší. Drát je podáván podávacími kladkami umístěnými v podavači, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů z cívky o běžné hmotnosti 15 kg. Proudová hustota je u svařování MAG nejvyšší ze všech obloukových metod a dosahuje až  $600 \text{ A}\cdot\text{mm}^{-2}$  a svařovací proudy se pohybují od 30 A u svařování

tenkých plechů drátem o průměru 0,6 – 0,8 mm, až do 800A u vysokovýkonných mechanizovaných metod.

Charakter přenosu kovu obloukem závisí na parametrech svařování a ochranném plynu, přičemž běžný je zkratový pro tenké plechy a sprchový pro větší tloušťky plechů. U vysokých proudů se mění charakter přenosu kovu obloukem a vlivem elektromagnetických sil se dosahuje rotujícího oblouku. Teplota kapek se při MAG svařování pohybuje v rozmezí 1700 až 2500 °C a teplota tavné lázně se v závislosti na technologii, parametrech svařování, chemickém složení a vlastnostech materiálu pohybuje mezi 1600 až 2100 °C.

Díky vysokým proudům se svařovací rychlosti blíží hranici 150 cm.min<sup>-1</sup> a rychlost kapek přenášených obloukem přesahuje 130 m.s<sup>-1</sup>. Ochranná atmosféra se volí podle druhu svařovaného materiálu, ovlivňuje však také přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku.



**Obr. 4.1 Princip svařování metodou MIG/MAG**

#### 4.2.1. Metalurgické reakce při svařování MAG

Nejdůležitějšími metalurgickými reakcemi jsou oxidační a deoxidační pochody probíhající v kapkách tavicí se elektrody a v roztaveném svarovém kovu. Tyto reakce zásadně ovlivňují tvar oblouku i povrch svarové housenky, přechod svarové housenky do základního materiálu a vnitřní čistotu svaru. Na rozsah reakcí má vliv především množství disociovaného kyslíku schopného slučování s prvky v tavenině.

Vzniklé kapky svarového kovu jsou obohaceny kyslíkem při přechodu do tavné lázně a dosahují vysoké teploty, poněvadž oxidační reakce jsou exotermické. Tyto reakce uvolňují teplo, které je difúzí vedeno do okolního materiálu a výsledkem je hlubší a oválnější svarová lázeň u svaru s ochranným plynem  $\text{CO}_2$ , který má větší oxidační schopnost než u směsi  $\text{Ar} + \text{CO}_2$ , nebo v čistém  $\text{Ar}$ .

Slučováním oxidu  $\text{FeO}$  s  $\text{C}$  se tvoří bubliny  $\text{CO}$ , které jsou za určitých podmínek příčinou pórovitosti a bublinatosti svarů. To je také jeden z důvodů, proč se musí provést dokonalá deoxidace taveniny svarového kovu. Deoxidačními prvky  $\text{Mn}$  a  $\text{Si}$  jsou přídavné materiály přelegovány v určitém poměru tak, aby vzniklá struska měla vhodnou tekutost a snadno vyplavala na povrch tavné lázně.

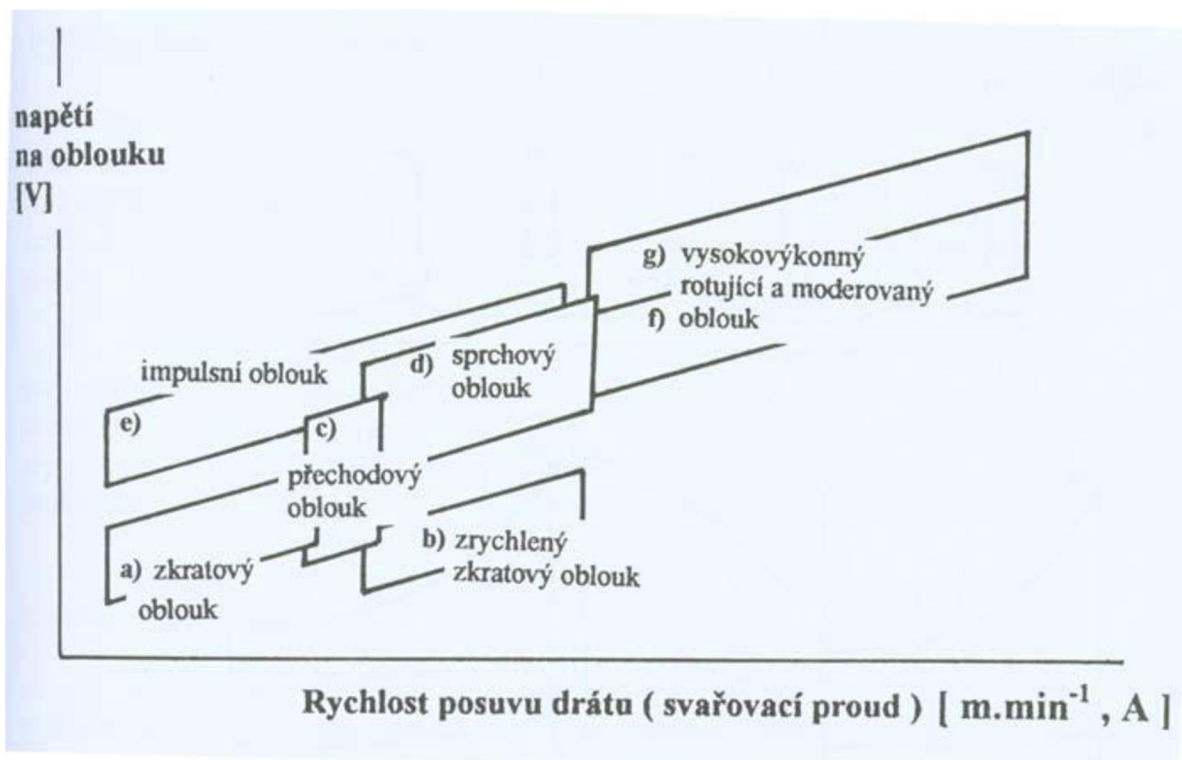
Doporučený poměr mezi  $\text{Mn} : \text{Si}$  je cca 1,5 : 1 až 1,8 : 1 a optimální složení přídavných materiálů je:  $\text{C} = 0,1 \%$ ,  $\text{Mn} = 1,7 \%$ ,  $\text{Si} = 1,0 \%$ .

#### 4.2.2. Přenos kovu v oblouku

Přenos kovu v oblouku patří mezi základní charakteristiky metody svařování elektrickým obloukem tavicí se elektrodou a závisí především na svařovacích parametrech tj. proudu a napětí. Významně však jeho charakter ovlivňuje složení ochranného plynu, druh přídavného materiálu a technika svařování. Můžeme ho rozdělit na jednotlivé typy:

- a) krátký oblouk se zkratovým přenosem kovu
- b) krátký oblouk se zrychleným zkratovým přenosem
- c) přechodový dlouhý oblouk s nepravidelnými zkraty
- d) dlouhý oblouk se sprchovým bezzkratovým přenosem
- e) impulsní bezzkratový oblouk
- f) moderovaný bezzkratový přenos
- g) dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu





Obr. 4.2 Druhy přenosů kovu obloukem

### *Zkratový přenos*

Zkratový přenos se uplatňuje v rozsahu svařovacího proudu od 60 do 180A a napětí 14 – 22V. Výkon navaření při těchto parametrech se pohybuje v rozmezí 1 – 3 kg.hod<sup>-1</sup>. Při zkratovém způsobu přenosu dochází k přerušování oblouku zkratem, při kterém se odděluje část kovu elektrody.

### *Sprchový přenos*

Sprchový přenos je typický pro hodnoty svařovacího proudu do 200 do 500A a napětí 28 – 40V. tento typ přenosu se dá realizovat ve směsích plynů Ar s CO<sub>2</sub>, případně O<sub>2</sub>, nebo čistém Ar u svařování neželezných kovů. Vzhledem k vysokým hodnotám povrchového napětí v CO<sub>2</sub>, nelze tento přenos realizovat, poněvadž nelze získat dostatečně drobné kapky.

Charakteristické pro sprchový přenos v Ar a směsích bohatých na argon (minimálně 80%) je, že díky snadné ionizaci plynu obklopuje plazma i konec tavicí se elektrody a tím se urychluje ohřev drátu, který tvoří ostrý hrot.

### **4.2.3. Svařování impulsním proudem**

Svařování impulsním proudem je zvláštní formou bezzkratového přenosu kovu. Parametry svařování impulsním proudem překrývají oblast zkratového i sprchového přenosu. Impulsní forma přenosu kovu obloukem, jehož průběh je řízen elektronickou cestou, má pravidelný cyklus daný frekvencí amplitudy impulsního proudu. Základní proud je nízký od 20 do 50 A a jeho funkce je udržení ionizace sloupce oblouku, a tím i vedení proudu. Impulsní proud, který se nastavuje, je tvarově i časově řízený a v konečné fázi jeho amplitudy je zajištěno odtavování kapky přídavného materiálu.

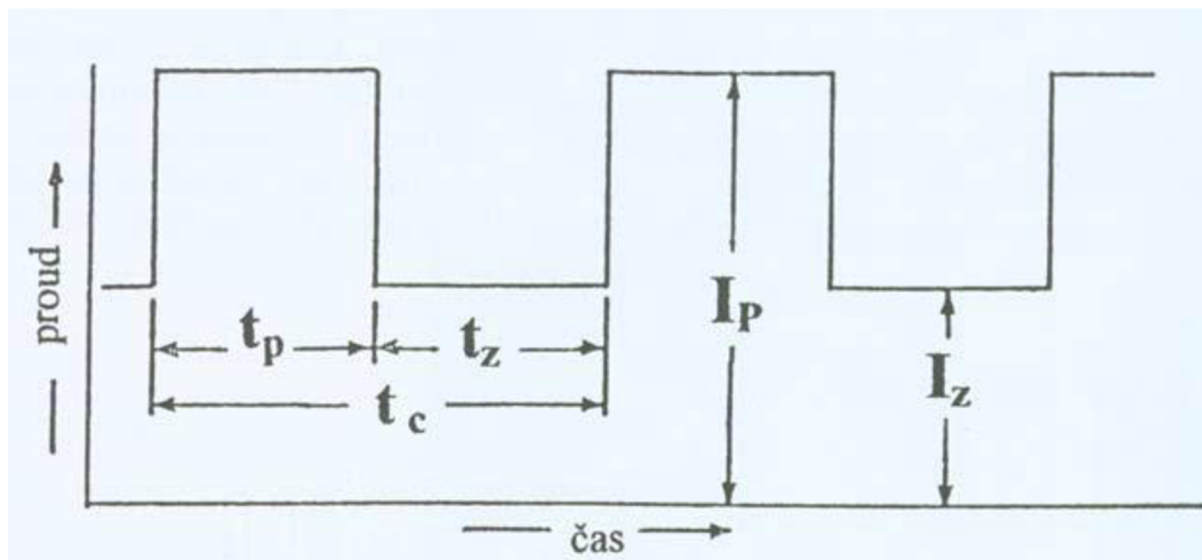
V celém průběhu amplitudy impulsního proudu intenzivně hoří oblouk, který ohřívá svarovou lázeň i samotný přídavný materiál.

Svařování impulsním proudem má řadu výhod :

- efektivní hodnota impulsního proudu je nižší než u konstantního, a tím se vnáší méně tepla do svaru s menším deformačním účinkem
- lze svařovat tenké plechy i polohové svary bezkratovým přenosem
- vysoký impulsní proud taví i dráty větších průměrů, které jsou levnější
- výkon navaření se pohybuje mezi 2 – 5kg. hod<sup>-1</sup>
- pravidelná jemná kresba povrchu svaru i kořene
- velmi vhodný přenos pro svařování hliníku a jeho slitin i vysokolegovaných ocelí
- díky možnosti nastavení proudu, napětí, frekvence a amplitudy poskytuje zdroj impulsního proudu široké aplikační možnosti.

Optimální plyn pro svařování uhlíkových ocelí je směs Ar s 8 % CO<sub>2</sub> a pro nerezavějící oceli Ar + 2 % O<sub>2</sub>. U hliníku se používá čistý argon. Nejširší uplatnění je v současnosti při ručním a mechanizovaném svařování nelegovaných, nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí, při použití směsného plynu argonu s oxidem uhličitým. Tato metoda svařování se vyznačuje těmito výhodami:

- svařování ve všech polohách od tloušťky materiálu 0,8 mm
- minimální tvorba strusky
- přímá vizuální kontrola oblouku a svarové lázně
- vysoká efektivita, úspory nedopalků tzv. nekonečným drátem
- snadný start oblouku bez nárazu svařovacího drátu do svařence
- velmi dobrý profil svaru a hluboký závar
- malá tepelně ovlivněná oblast především u vysokých rychlostí svařování
- vysoká proudová hustota
- vysoký výkon odtavení
- široký proudový rozsah pro jeden průměr drátu
- stabilní plynová ochrana v různých variantách umožňující diferencované typy přenosu kovu v oblouku a ovlivnění mechanických vlastností svarů
- nízká pórovitost
- malý nebo žádný rozstřík kovu elektrody
- snadná aplikace metody u robotizovaných a mechanizovaných systémů svařování



Obr. 4.3 Závislost proudu na čase

- $I_p$  - impulsní proud
- $I_z$  - základní proud
- $t_p$  - čas pulsního proudu
- $t_z$  - čas základního proudu
- $t_c$  - celkový čas cyklu – frekvence pulsního svařování

#### 4.2.4. Ochranné plyny

Hlavní úlohou ochranných plynů je zamezit přístupu vzduchu do oblasti svařování tj. především chránit elektrodu, oblouk i tavnou lázeň, její okolí a kořen svaru před účinky vzdušného kyslíku, který způsobuje oxidaci, naplynění, pórovitost a propal prvků.

Ochranné plyny mají také významný vliv na typ přenosu kovu v oblouku, přenos tepelné energie do svaru, chování tavné lázně, hloubku závaru, rychlost svařování a další parametry svařování.

Jako ochranné plyny pro metodu **MAG** se používá čistý plyn oxid uhličitý  $CO_2$ , nebo v současnosti častěji používané vícesložkové směsné plyny se základem argonu –  $Ar + CO_2$ ,  $Ar + O_2$ ,  $Ar + CO_2 + O_2$  a  $Ar + He + CO_2 + O_2$ .

Při svařování metodou **MIG** se používá většinou čistý plyn argon a helium nebo jejich dvousložková směs  $Ar + He$ . Čistota plynů a přesnost míchání směsí jsou stanovené normou ČSN EN 439.

***Ochranný plyn svým složením a množstvím ovlivňuje tyto charakteristiky svařování:***

- vytvoření ionizovaného prostředí pro dobrý start a hoření oblouku
- metalurgické děje v době tvoření kapky, při přenosu kapky obloukem a ve svarové lázni
- síly působící v oblouku
- tvar a rozměry oblouku
- charakter přenosu kovu v oblouku, tvar a rozměry kapek a rychlost jejich přenášení obloukem
- tvar a rozměry průřezu svaru
- hladkost povrchu svaru a jeho přechod na základní materiál
- kvalitu, celistvost a mechanické vlastnosti svarového spoje

Vlastnosti	Ar + CO <sub>2</sub>	Ar + O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Závar • normální poloha • nucená poloha	dobrý  spolehlivější s rostoucím % CO <sub>2</sub>	dobrý  může být kritický z důvodu předbíhání svarové lázně	dobrý  spolehlivý
Tepelné zatížení hořáků	vysoké, snižuje se s rostoucím % CO <sub>2</sub>	vysoké, výkon může být omezen, jestliže je hořák příliš horký	nízké díky dobré tepelné vodivosti
Stupeň oxidace	nízký, stoupá s rostoucím % CO <sub>2</sub>	výrazně závisí na obsahu O <sub>2</sub> (1 – 8%)	vysoký
Porozita	snižuje se s rostoucím obsahem CO <sub>2</sub>	vysoká citlivost	spolehlivá
Přemostitelnost mezery	zlepšuje se s poklesem % CO <sub>2</sub>	dobrá	horší než u směsných plynů
Tvorba rozstříku	stoupá s rostoucím % CO <sub>2</sub>	téměř bez rozstříku	vysoká, stoupá s rostoucím výkonem
Vnášení tepla do svaru	stoupá s rostoucím % CO <sub>2</sub> nižší rychlost ochlazování menší nebezpečí vzniku trhlin	nejnižší vysoká rychlost ochlazování, nebezpečí vzniku trhlin větší	vysoké malá rychlost ochlazování, nebezpečí vzniku trhlin malé
Typ přenosu kovu obloukem	všechny typy	všechny typy	zkratový, kapkový

**Tab. 4.1 Porovnání vlastností ochranných plynů**

#### 4.2.5. Přídavné materiály

Pro metodu MIG / MAG se vyrábějí plné a plněné (trubičkové) dráty. Plné dráty jsou vyráběny a dodávány v průměrech 0,6 / 0,8 / 1,0 / 1,2 / 1,6 / 2,0 a 2,4 mm. Nejčastěji používané průměry jsou 0,8 až 1,6 mm. Dodávají se na cívkách o hmotnosti nejčastěji 15 kg.

**Norma ČSN EN 440** označuje klasifikaci přídavných materiálů pro svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí MIG/MAG takto:

#### **EN 440 - G 46 3 M G3Si1** kde

EN 440 je číslo normy  
G svařování v ochranné atmosféře plynu  
46 pevnost a tažnost (dle tabulky je min. mez kluzu 460 MPa, mez pevnosti 530 až 680 MPa a tažnost 20 %)  
3 nárazová práce – číslo udává desetinu minusové teploty, při které bylo dosaženo nárazové práce 47 J. Trojka značí, že této hodnoty bylo dosaženo při – 30 °C  
M ochranný plyn – M jsou směsné plyny a C platí pro oxid uhličitý  
G3Si1 chemické složení

Plněné elektrody se označují podle normy **ČSN EN 758** takto:

**Plněná elektroda EN 758 – T 46 3 1Ni B M 4 H5** kde

EN 758	je číslo normy
T	plněná elektrody
46	pevnostní vlastnosti
3	nárazová práce
1Ni	chemické složení dle tabulky
B	typ náplně – bazická náplň
M	ochranný plyn – směsný plyn
4	poloha svařování. Poloha svařování označená 4, platí pro tupý svar v poloze vodorovné shora a koutový svar do úžlabí.
H5	obsah vodíku. Označení H5 platí pro 5 ml/100g čistého svarového kovu.

## 5. Svařovací pomůcky (1)

Pro dokonalé ustavení svařovaných částí se používají různé pomůcky. Od těch nejjednodušších, jako jsou různé typy upínek, přes složitější svařovací přípravky a různé polohovadla, až po svařovací roboty, které po naprogramování nahradí lidskou sílu. Na dalších řádcích bych se chtěl pokusit vám tyto pomůcky trochu přiblížit.

### 5.1. Upínací přípravky a upínací zařízení (4)

Nezbytným doplňkem svařovacích pracovišť jsou upínací přípravky, které umožní ustavení a upnutí jednotlivých dílů svaru před jeho nastehováním a svařením. Upínací přípravky jsou koncepčně řešeny jako jednoúčelové v hromadné a velkosériové výrobě a stavebnicově ve výrobě kusové a malosériové. Konstrukce svařovacího upínacího přípravku musí vycházet z velikostí a tvarů svaru. Koncepce řešení přípravku musí vycházet z jednoduchých prvků, které mohou být doplňovány a musí umožňovat i uchycení jednoduchých upínek pro upnutí jednotlivých dílů svaru, přičemž celý přípravek i s upnutím svařovaného kusu musí umožňovat snadný přístup svařovací hlavice, která může být vedena ručně nebo nesena jako koncový člen robotu.

Z ekonomického hlediska je doporučováno řešení operačních upínacích přípravků jako stavebnicový systém, který umožní vzájemné skládání stavebnicových dílů přípravků do potřebných rozměrů a tvarů. Toto má největší význam hlavně v kusové výrobě a v malosériové výrobě, kde jednoúčelové přípravky by zbytečně zvyšovaly náklady výroby. Podle informací z výrobních provozů je možné stavebnicovou konstrukcí nahradit až 80 % upínacích svařovacích přípravků. Zavedení stavebnicových svařovacích přípravků může zjednodušit i průběh technické přípravy výroby. V praxi to znamená, že není třeba navrhovat, rozkreslovat a vyrábět upínací přípravky a tím klesají nároky na konstrukční práce a na výrobní kapacity například v nářadovněch. Dochází ke zkrácení času potřebného na přípravu výroby. Důležitým předpokladem pro úspěšné využívání těchto stavebnic je jejich znalost a uplatňování poznatků již při konstrukci svaru.

#### Přípravky jsou tvořeny:

- a) pracovní stůl – je možné je navzájem spojovat a ustavovat z nich různé tvary pracovních ploch
- b) ustavovací prvky – pomocí nich lze nastavovat potřebné plochy svařovaných dílů a tvořit vlastní svařovací přípravek
- c) upínací prvky – pevně spojují ustavovací a upínací prvky mezi sebou a se základní ustavovací plochou

Upínací zařízení může být nejrůznější koncepce. Dříve používané šroubové upínky jsou sice univerzální, ale šroubování je zdlouhavé a činné části šroubu jsou velmi často zanášeny a znečištěny rozstříkáním kovu při svařovacím pochodu.

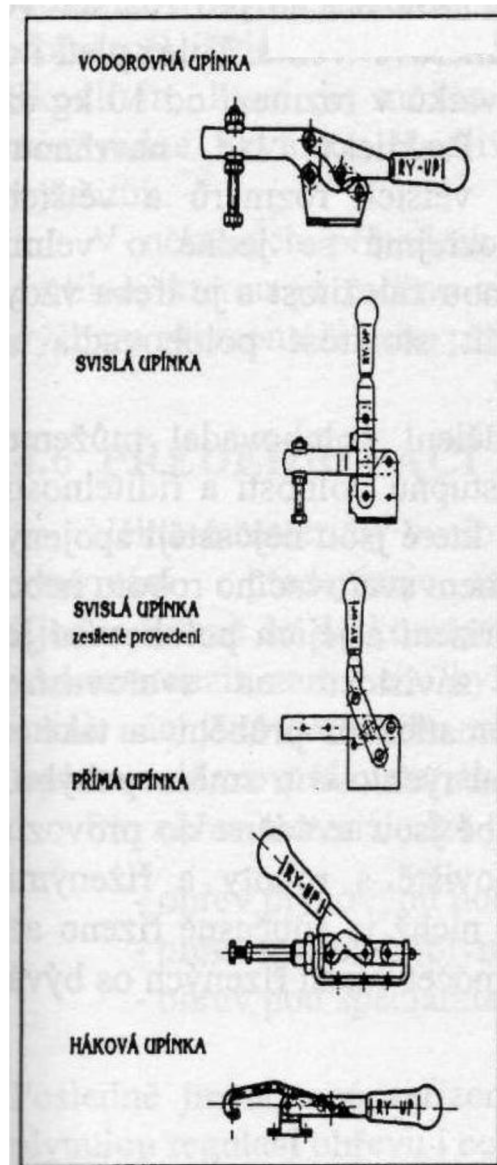
Velmi rozšířené jsou nyní tzv. rychloupínky, jejichž upínací síla je

vyvolána kloubovým mechanismem s minimálním vynaložením síly pracovníka nebo od elektrického pohonu, pneumatického nebo hydraulického upínacího systému. Předností rychloupínek je jejich rychlost upnutí, při dodržení přesnosti upnutí a bezpečnosti práce. Koncepce upínek je podmíněna umístěním upínky při upínání součásti a podle toho se

může volit upínka vodorovná, svislá, přímá, háková apod. Některé typy jsou znázorněny na obr. 5.1

Rychloupínky mají největší uplatnění na robotizovaných svařovacích pracovištích. Mohou být vzájemně propojeny a ovládány z jednoho místa a tím velmi urychlují upnutí a zajišťují přesnou polohu svařovaných dílů.

V praxi se mohou vyskytovat i jiné upínky, konstruované pro speciální použití – např. pro upnutí a polohování trubek před svařováním.



Obr. 5.1 Typy upínek

## 5.2. Polohovadla (4)

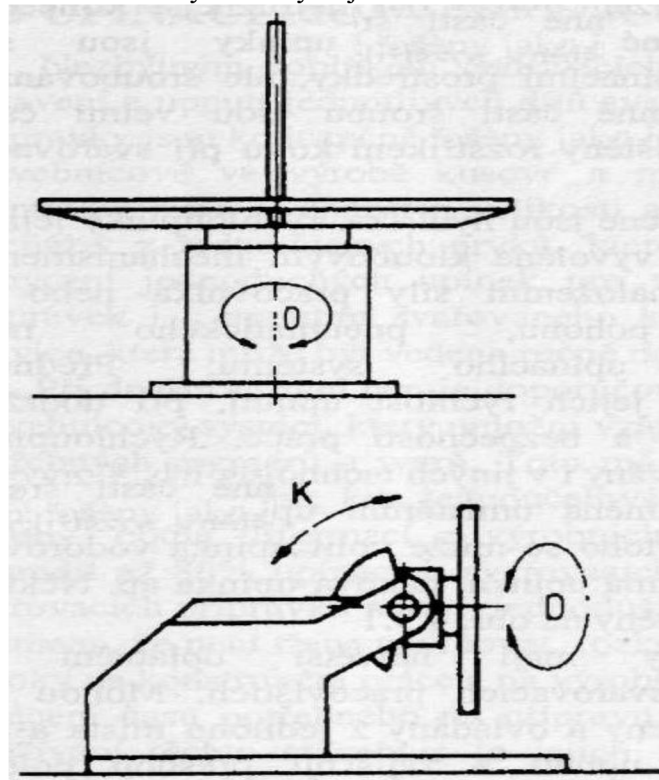
Velmi časté je využití polohovadel, které jsou nosiči přípravků a navíc umožňují polohování prováděného svaru v nejuhodnější poloze. V praxi se používají polohovadla stolová, kladková a speciální.

Nejčastěji sestávají polohovadla z pevného rámu, na kterém je kotvena pracovní část polohovadla. Ta je vytvořena rotačními polohovacími osami doplněnými posuvnými mechanismy v nejrůznější vzájemné kombinaci. Na obr. 5.2 nahoře je stolové polohovadlo s jednou řízenou osou, dole potom polohovadlo se dvěma řízenými osami. To jsou nejjednodušší případy polohovadel, které mohou být navzájem skládány do takových sestav, že obsahují třeba 7 i více řízených os.

Koncepčně jsou řešena pro všechny velikosti svarků. Od rozměrově malých až po rozměrově velké. Totéž platí i o hmotnostech svarků, které mohou být v rozmezí od 10 kg do 400 t. Prakticky lze navrhnout polohovadlo i větších rozměrů a větších nosností, ale jedná se o

cenově velmi nákladnou záležitostí a je třeba ji zvážit hlavně z ekonomického hlediska (složitost svarku, počet kusů apod.).

Další rozdělení polohovadel můžeme provést podle stupňů volnosti a říditelnosti ovládaných os. Ty jsou nejčastěji spojeny s řídicím systémem svařovacího robotu nebo svařovacího zařízení a jejich polohování je prováděno v závislosti na svařovacím procesu v automatickém průběhu a také s plynulou volbou rychlosti a směru pohybu. Nyní se můžeme setkat se svařovacími pracovišti s roboty a řízenými polohovadly, u nichž je současně řízeno až 16 os, přičemž počet všech řízených os bývá ještě větší.



Obr. 5.2 Polohovadla

### 5.3. Robotizace (4)

Často se podceňují některé problémy pracovišť. Spočívají ve svařování složitých konstrukcí, velikosti svarku, toleranci připravovaných polotovarů a dílů svarku, velikosti výrobní série apod. Tyto podmínky potom ovlivňují robotizovaná pracoviště.

Svařovací roboty a pracoviště se nyní již převážně dají skládat a vzájemně kombinovat z vyzkoušených prvků translačních a rotačních pohybových mechanismů, sestavených do takových konfigurací, které umožňují optimální přístup ke všem polohám svarové spáry.

Nosnosti robotů pro obloukové svařování jsou volně programovatelné a adaptivní. Minimální počet stupňů volnosti je  $5^\circ$ . Přesnost svařovacích robotů dostačuje 0,5 – 1 mm. Někteří výrobci nabízejí i roboty s přesností  $\pm 0,1$  mm.

Pohyby robotů umožňující svařovací operace, mají jednotlivé pohyby řešeny s kontinuálním nastavením rychlosti většinou v rozsahu 0 – 2,5 m/min. Mimo to je požadováno ještě řešení rychlých pohybů při přestavování koncového bodu svařovacího hořáku s maximální rychlostí 1 – 1,5 m/s.



Řízení svařovacích robotů a navazujících periférií, jako jsou polohovadla, upínače, odsávání apod., obsahuje hardware i software pro souvislé řízení pohybu svařovacího robotu synchronně se všemi pohybovými osami. Běžně se již dosahuje řízení až 16 os. Programování může být realizováno i metodou „Teach-in“, tj. „učením“, pomocí přenosného přístroje, kterým lze současně zadávat i speciální funkce, svařecí parametry atd. Lze řešit současné svařování svarku více roboty najednou, jejich synchronizaci pohybu a vzájemnou komunikaci.

Součástí řízení je i polohování svarku na polohovadlech tak, aby provádění svaru bylo v nejvýhodnější poloze. Pro vícevrstvé svary lze v rámci software vytvořit programy pro provádění stejných svarů a uložit je do tzv. „knihovny parametrů svaru“.

Kromě stávajících známých měřících a kontrolních přístrojů používaných na svařovacích pracovištích si vyžádala robotizovaná pracoviště nová řešení senzorů a čidel pro vyhledávání počátku svaru, sledování dráhy svarového spoje a technologického procesu. Pro tyto účely se využívá nejrůznějších fyzikálních principů od elektrických veličin jako je napětí, proud, indukce, kapacita, poznatků optiky a měření tlakových ztrát při proudění plynu. Na základě těchto principiálních řešení jsou čidla elektrická, indukční, kapacitní, optická (kamery s CCD prvky), tlaková a další.

Typová skladba svařovacího zařízení pro robotizované systémy obloukového svařování podle obr. 5.3

#### Robotizované svařovací pracoviště nejčastěji zahrnuje:

1.) Zdroj svařovacího proudu a napětí je poloautomatické (popř. automatické) svařovací zařízení, které umožňuje nastavovat minimální a maximální velikost svařovacího proudu, plynule regulovat výstupní napětí zdroje, nastavovat frekvenci při krátkopulsním svařování, plynule regulovat čas pulsu a čas mezery u dlouhopulsního svařování, plynule regulovat rychlost podávání svařovacího drátu, napájecí jednotku chlazení svařovací hlavice, ohřevu ochranného plynu, regulovat tlaky ochranných plynů apod.

V současné době zdroje svařovacího napětí a proudu jsou přizpůsobené pro dálkové ovládání z jednotky předvolby parametrů, resp. Z mikroprocesorové jednotky svařovacích parametrů. Zdroje svařovacího proudu musí vyhovovat technologickým požadavkům a bezpečnostním předpisům a ČSN EN 60974-1 Svařování.

Při volbě svařovacího zdroje je potřeba zohlednit pracovní cyklus, tj. dobu zatížení a dobu přestávky. V případě robotizovaného pracoviště je potřeba volit zdroje s vyšším zatěžovadlem.

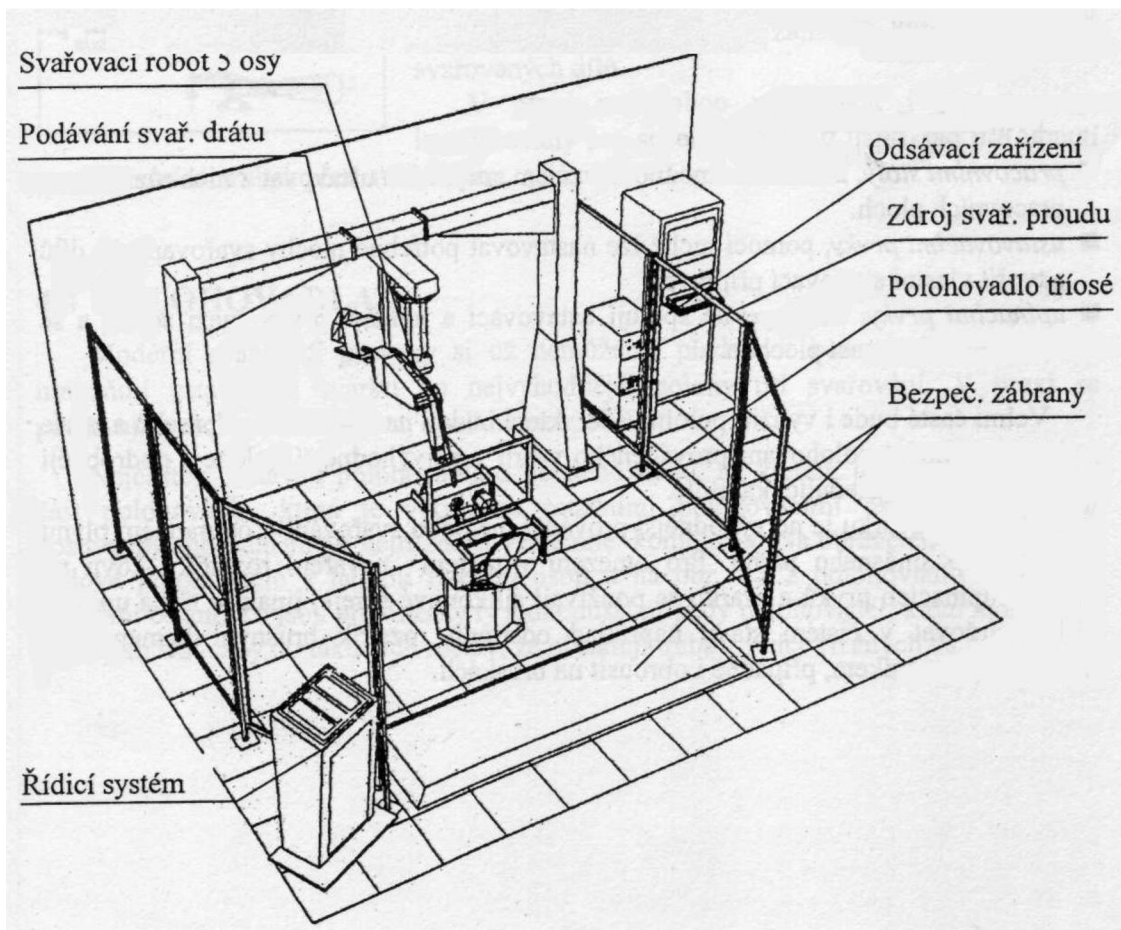
2.) Mechanismus podávání svařovacího drátu umožňuje podávat plné resp. trubičkové dráty s daným rozsahem průměru na vzdálenost 2 až 16 m.

3.) Svařovací hlavice sestává z vlastního hořáku, držáku hořáku, senzorického systému, chlazení hořáku, samočištění hořáku. Konstrukce hořáku musí umožňovat dobrý přístup do místa svařování, možnost odklápění hořáku mimo pracovní činnost apod.

4.) Jednotka předvolby svařovacích parametrů umožňuje programování a výběr parametrů. Je řešena na bázi mikroprocesorů.

5.) Pomocné jednotky k chlazení svařovacího hořáku, k čištění svařovacího hořáku a k odsávání a filtrování znečištěného vzduchu.

5.) Zásobníky ochranných plynů a přípojné vedení.



**Obr. 5.3 Robotizované svařovací pracoviště**

## 5.4. Odsávání (4)

Při svařování vznikají škodliviny, které obtěžují pracovníky obsluhující technologická zařízení, a proto musíme zajistit jejich odsávání a jejich likvidaci. Odsávání škodlivin je možno provádět několika způsoby. Volba způsobu odsávání je ovlivněna řešením pracoviště a podmínkami technologie.

Základní odsávání, které by mělo být vždy navrženo je vlastně větrání uzavřeného prostoru s nucenou výměnou vzduchu, přičemž množství výměny vzduchu je udáváno násobkem výměny vzduchu v uzavřeném prostoru za hodinu a bude v technologii svařování pouze jako podpůrné odsávání. Hlavní způsob odsávání musí být řešen tak, aby pracovník, který provádí svářečské práce, byl chráněn před škodlivými účinky exhalací.

Podle technologie svařování bude řešeno i odsávání. Odsávání můžeme řešit speciálně upravenými kryty nad svařovanými díly nebo odsávání spodem přes rošt. Doporučené je odsávání přes nastavitelné flexibilní odsávací rameno v hadicovém provedení s vnitřním samonosným ústrojím. Pro obloukové svařování v ochranném plynu, což je právě tento případ, je vyvinut hořák, jehož součástí je i řešení přívodu ochranného plynu a na vnějším obalu jsou otvory pro zpětné odsávání škodlivin ve vzduchu, včetně zbytku ochranného plynu vznikajících při svařovacím procesu.

Požadavkem hygieniků je vytvoření takového systému odsávání, který umožní odsávaný vzduch po filtraci vracet zpět do pracovního prostoru. Jsou vyvinuty různé typy filtrů, jejichž účinnost je udávána větší než 99 %, někteří výrobci udávají odlučivost až 99,9 %, což umožňuje zpětné vrácení vzduchu do pracovního prostoru. Některé systémy využívají pro jímání nečistot filtry, u kterých však zatím není úspěšně dořešena likvidace těchto filtrů. Některá zařízení používají zásobníky pro zachycování škodlivin, které je možno snadno vyprázdnit, ale ani zde není dořešena otázka nezávadné likvidace škodlivin s následným uložením na skládku nebo snad jiným využitím.

Malým zlepšením se může stát zabudování pracovní svítilny do odsávacího hrdla. Zlepší se tím místní osvětlení pracoviště, což má hlavně význam při montáži nebo při ustavování dílů před vlastním stehováním.

## 6. Úpravy po svařování

### 6.1 Snižování svarových napětí a deformací (4)

Svarová napětí a deformace jsou vyvolány přívodem energie do místa vytváření svarového spoje a sdílením tepla do okolního základního materiálu. Napětí a deformace vznikají ve fázi ohřevu i ochlazování svařovaného materiálu v důsledku nestacionárního sdílení tepla a teplotních závislostí fyzikálních vlastností materiálu a metalurgických procesů. Svarová napětí a deformace vznikají zákonitě u každého procesu svařování a jejich vzniku nelze zabránit. Technologickými zásahy a konstrukčním řešením svarku však samozřejmě můžeme svarová napětí a deformace účinně ovlivňovat.

#### 6.1.1 Klasifikace svarových napětí

Vnitřní napětí vznikají v tělesech i u jiných technologických procesů a obvykle se rozdělují podle následujících hledisek:

I. Podle charakteru vzniku:

- Teplotní – napětí vznikající v důsledku nerovnoměrného ohřevu a ochlazování materiálu
- Strukturní – napětí vznikající vlivem časového posunu fázových transformací v různých elementech materiálu nebo tím, že v různých elementech mohou vznikat různé produkty fázových přeměn

II. Podle doby existence:

- Přejídná – napětí působící v materiálu pouze po určitou dobu, kdy existuje příčina, která vedla k jejich vzniku
- Zbytková – napětí zůstávající v materiálu i po ukončení technologického procesu

III. Podle oblasti působení:

- Makronapětí – vznikají a vyrovnávají se v makroobjemech materiálu, mají určitý směr v souvislosti s geometrickým tvarem tělesa a velikost
- Mikronapětí - vznikají a vyrovnávají se v mikroskopických objemech tělesa (oblast jednotlivých krystalů), nezávisí na velikosti a tvaru tělesa a nemají určitý směr
- Ultramikroskopická napětí – vznikají a vyrovnávají se v ultramikroskopických objemech tělesa (v oblasti do několika elementárních buněk krystalické mřížky) a z hlediska vnějších deformací těles nemají praktický význam

## 6.1.2 Deformace způsobené svařovacím procesem

Svarová napětí vyvolávají svarové deformace. Klasifikace svarových deformací je poměrně obtížná a bývá provedena různým způsobem, vzhledem k rozličným podmínkám vzniku i jejich charakteru. Některá hlediska pro rozdělení svarových deformací jsou obdobná jako pro svarová napětí. Deformace vyvolané svařovacím procesem se například rozdělují:

### a. Podle oblasti působení:

- Vnitřní – uplatňují se v jednotlivých vláknech nebo objemech průřezu
- Vnější – projevují se změnami geometrického tvaru a rozměrů svařovaných částí a dělí se dále na:
  - Elementární – deformace svarového spoje
  - Lokální – projevují se pouze v určité části svarku a na celkovou deformaci konstrukce většinou nemají vliv
  - Celkové – projevují se jako změna tvaru a rozměrů celé konstrukce

V této kategorizaci je vhodné uvést i členění deformací podle rozsahu:

1. Makroskopické – souvisí s makroskopickým napětím a projevují se změnami geometrického tvaru a rozměrů svařovaných dílů (jsou to vnější deformace)
2. Mikroskopické – vznikají v mikroobjemech srovnatelných s velikostí zrn a nemají vliv na změnu tvaru nebo rozměru svarku (jsou to vnitřní deformace)
3. Submikroskopické – vznikají v důsledku ultramikroskopických napětí a jsou lokalizovány do objemů řádově na úrovni elementárních buněk (jsou to vnitřní deformace)

### b. Podle doby existence:

- Přejídné – přejídné pouze po určitou dobu, kdy existuje příčina, která vedla k jejich vzniku
- Zbytkové – zbytkové deformace zůstávají ve svařených dílech i po ukončení technologického procesu

### c. Podle stálosti:

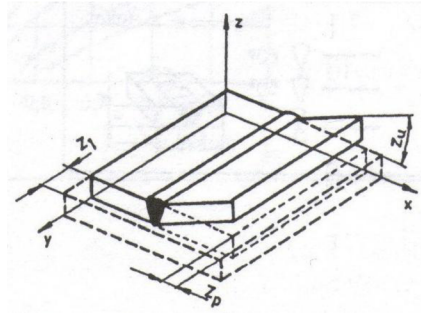
- Elastické – tyto deformace způsobuje napěťový stav, kde napětí nepřesahuje mez pružnosti a po odstranění síly se těleso vrátí do původního stavu
- Plastické – pro jejich vznik muselo napětí překročit mez kluzu. Jsou to deformace trvalé a existují v tělesech bez dalšího působení napětí.
- Elasticko plastické – pro jejich vznik napětí muselo překročit mez kluzu a v tělese existuje určité zbytkové napětí

Elementární deformace svarového spoje jsou zbytkové deformace způsobené smršťováním svaru ve všech směrech. Je složena v souladu s obr. 6.1 ze tří druhů smrštění:

$Z_p$  – příčné smrštění

$Z_l$  – podélné smrštění

$Z_u$  – úhlové deformace

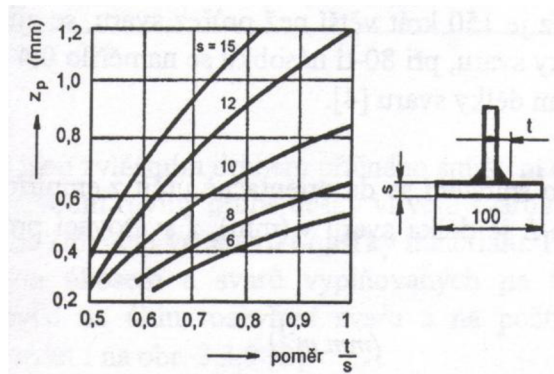


**Obr 6.1 Deformace smrštěním**

Příčné smrštění jsou deformace ve směru kolmém na podélnou osu svaru v rovině povrchu plechu a jejich velikost závisí na

- Množství tepla vneseného do místa svaru
- Způsobu svařování a stehování
- Tvaru svaru a jeho délce
- Tloušťce materiálu
- Tuhosti svarku a způsobu upnutí dílů

U koutových svarových spojů jsou hodnoty příčného smrštění pro malé natavení základního materiálu menší než u tupých svarů a jsou závislé na poměru velikosti svaru a tloušťky plechu. Jak se mění hodnoty příčného smrštění dvojitého koutového svaru pro různé tloušťky plechu je vidět na obr. 6.2.



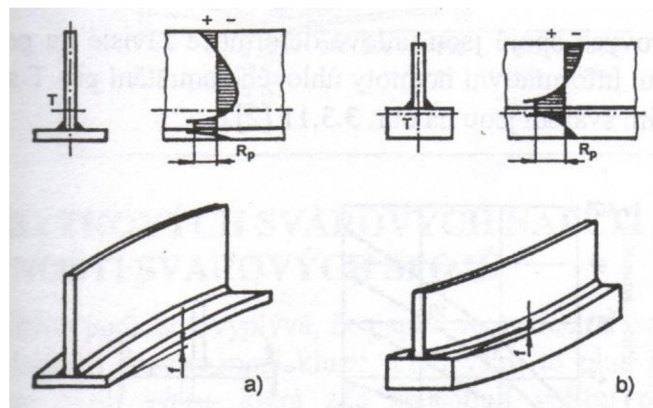
**Obr. 6.2 Příčné smrštění v závislosti na tloušťce materiálu**

Podélné smrštění jsou deformace svařovaného dílu ve směru osy svaru. Velikost podélného smrštění je závislá na

- Metodě svařování
- Způsobu vyplňování úkosu
- Tuhosti dílu ve směru svařování

Během svařovacího procesu má ohřátý základní materiál v oblasti svarové lázně tendenci dilatovat. Prodloužení v podélném směru je však silně omezeno okolním, málo ohřátým, základním materiálem. Ve fázi ohřevu se proto silně ohřátý materiál v oblasti tvorby svaru plasticky deformuje, ve fázi ochlazování začínají narůstat v oblasti svaru napětí a po ochlazení se projeví v podélném směru smrštění. Do jaké míry se projeví podélné deformace, závisí výrazně na tuhosti. U desek s velkou tloušťkou a vysokou tuhostí je podélné smrštění malé a to jen na koncích plechu. U tenkých plechů dochází vlivem nízké tuhosti k vyboulení.

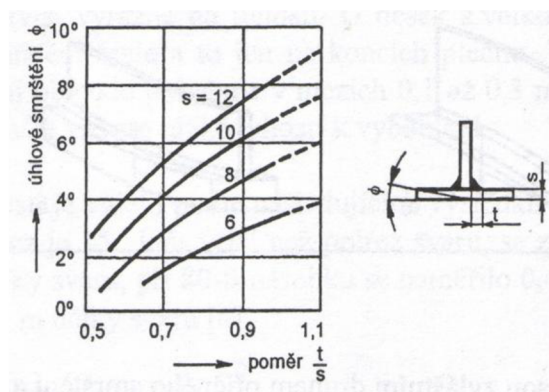
Podélné smrštění může vyvolat i prostorové deformace svařovaného dílu. Na obr. 6.3 je uveden příklad deformací T nosníků svařeného dvěma koutovými svary. Způsob deformace nosníku je závislý na poloze smršťující síly vzhledem k těžišti průřezu nosníku.



**Obr. 6.3 Deformace nosníku v závislosti na těžišti**

Úhlové deformace jsou zvláštním druhem příčného smrštění a jedná se o odchýlení roviny jedné desky od původní roviny druhé desky vlivem svařování. Jejich příčinou je nestejná velikost příčného smrštění ve směru tloušťky materiálu. Projevují se především u svarů s nesymetrickým úkosem a svarů vyplňovaných na více vrstev. Velikost úhlových deformací závisí na úhlu rozevření svaru a na počtu a způsobu kladení svarových vrstev

U koutových svařových spojů jsou úhlové deformace závislé na poměru velikosti svaru a tloušťky plechu. Informativní hodnoty úhlového smrštění pro T spoje svařované oboustranným koutovým svarem jsou na obr. 6.4.



**Obr. 6.4 Úhlové smrštění v závislosti na tloušťce materiálu**

### 6.1.3 Snížení svarových napětí a deformací

Svarová napětí a deformace spolu jednoznačně souvisejí. U ocelí určených ke svařování je obvykle dostatečná rezerva plasticity a opatření při svařování se zaměřují především na zmenšení deformací s cílem snížit náklady na operace obrábění eventuelně rovnání apod.

Charakter a velikost svarových napětí závisí výrazně na celé řadě technologických i konstrukčních faktorů:

- Svařovacích parametrech
- Metodě svařování a postupu vytváření svaru
- Teplotnímu režimu během a po svařování
- Druhu základního materiálu a jeho stavu
- Tloušťce materiálu
- Druhu, velikosti, počtu a umístění svarů
- Konstrukčnímu řešení vlastní oblasti svaru s ohledem na tuhost

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že existuje celá řada praktických možností jak snížit svarová napětí ve svarku již v procesu svařování. K těmto metodám patří:

- Svařování volných neupnutých dílů snižuje příčná napětí
- Svařování s vyšším přívodem energie na jednotku délky svaru snižuje podélná napětí, ale zvyšují se napětí příčná
- Svařování s předběžnou prožnou deformací v opačném smyslu než je deformace vzniklá od svařování (částečně se sníží i deformace)
- Místní předpětí nebo ohřev snižuje aktivní i reaktivní napětí
- Svařování s celkovým předehřevem snižuje makroskopická napětí (snižují se teplotní gradienty) i zbytkové deformace a výrazně se mohou snížit strukturní napětí
- Vhodný postup vytváření svarového spoje (pořadí a postup kladení svarových housenek a vrstev)

Uvedená opatření sice svarová napětí mohou snížit, ale zabránit vzniku napětí nemohou. Jednotlivé elementární deformace svarového spoje můžeme snížit následujícími zásahy:

1. Snížení příčných deformací
  - Vnější tuhé upnutí
  - Zmenšení průřezu svaru
  - Snížení množství tepla na jednotku délky svaru
  - Vhodné stehování
  - Prokování svaru
2. Snížení podélných deformací
  - Svařování s menším tepelným příkonem
  - Kladení většího počtu menších svarových housenek
  - Svařovat s malým závarem
  - Vhodný způsob vyplňování úkosu (přestávky mezi svary, vratný a střídavý krok)



### 3. Snížení úhlových deformací

- Vnější tuhým upnutím
- Postupem kladení svarových housenek
- Co nejmenší počet housenek (to však vede ke zvětšení podélných deformací)
- Vhodná úprava svarových ploch
- Vhodná volba svařovacího režimu
- Předběžná pružná nebo plastická deformace svařovaného dílu v opačném směru než je deformace od svařování
- Vhodným sestavením dílů před svařováním

V odůvodněných případech se vnitřní napětí vyvolané svařováním může snížit následnými operacemi po svařování:

#### 1) Žihání na snížení vnitřního pnutí

- S celkovým ohřevem svarku
- S místním ohřevem

#### 2) Mechanické způsoby

- Prokování svaru
- Vibracemi
- Jednorázové nebo opakované zatížení (přetížení) konstrukce

Při žihání ocelových svarků na snížení vnitřního pnutí s celkovým ohřevem se provádí pomalý ohřev v peci na teplotu pod  $A_{C1}$  obvykle v rozmezí 500 až 650 °C. Při této teplotě je mez kluzu i mez tečení natolik nízká, že při výdrži se vnitřní napětí mohou odbourat místní plastickou deformací. Doba výdrže a teplota žihání závisí na druhu materiálu, velikosti, tvaru a složitosti svarku. Při nižší teplotě žihání se doba výdrže prodlužuje. Doba výdrže činí zhruba 4 min na 1 mm největší tloušťky v místě svaru, ale nejméně 20 min. Po výdrži se provádí pomalé ochlazování v peci nebo alespoň částečně v peci.

## 6.2 Žárové zinkování

Jako povrchovou úpravu jsem navrhl pozinkování rámu palety v zinkové lázni. Je to proto, že paleta bude mechanicky namáhána, namáhána na otěr od pneumatik automobilů a přijde do kontaktu s chemickými roztoky v podobě sněhu se solí v zimních měsících.

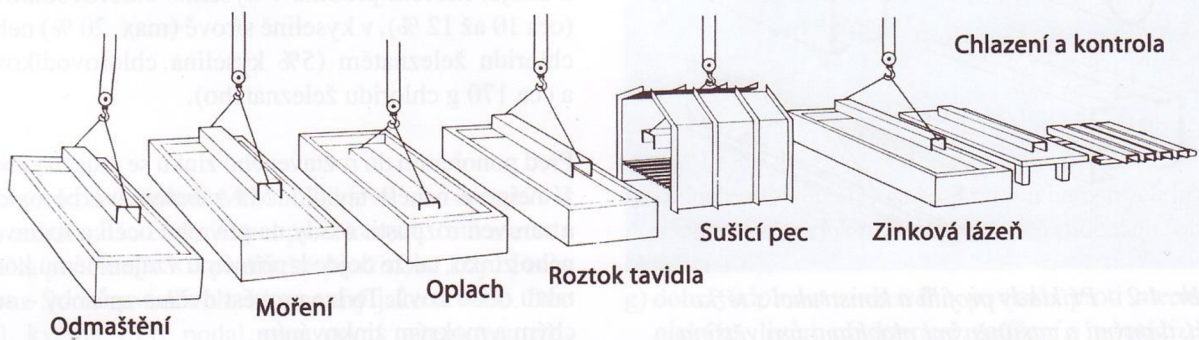
### 6.2.1 Žárové zinkování ponorem (6)

Žárové zinkování ponorem (dále jen žárové zinkování) je metalurgický proces, při kterém se povlak na ocelovém nebo železném dílu vytváří vzájemnou reakcí základního materiálu výrobku se zinkovou taveninou v lázni. Při reakci kovově čistého povrchu ocele s roztaveným zinkem vznikají postupně slitinové fáze železa a zinku (gama, delta, zeta), ve kterých směrem od rozhraní materiál-povlak klesá obsah železa). Při vytahování z lázně ulpí na slitinových fázích vrstva čistého zinku (fáze eta). Pokud v průběhu chlazení tato vnější vrstva zinku nezreaguje se železem, pak povlak zůstává kovově lesklý. Za přítomnosti legujících prvků, které nejsou rozpustné v pevné eta-fázi zinku (cín, olovo), krystalizuje povrchová vrstva zinku a vytváří různě orientované krystaly tzv. květu.

Předběžná úprava pro kusové žárové zinkování se skládá z odmaštění, moření v kyselině chlorovodíkové (HCl) a jednotlivých mezioperačních oplachů. Speciální operací navíc oproti jiným technologiím je nanášení tavidla, které zajišťuje konečné dočištění povrchu oceli před pokovením. Způsob nanášení tavidla rozlišuje technologii žárového zinkování na tzv. **suché** (obr. 6.5) a **mokrý** (obr. 6.6) zinkování. Při mokřém zinkování je tavidlo ve formě taveniny na hladině pokovovací lázně. Suché zinkování využívá vodný roztok solí, do kterého se díly ponoří a voda se následně, ještě před vstupem do roztaveného kovu, odpaří v sušárně. Základními složkami tavidla je **chlorid zinečnatý a chlorid amonný**. Na vlastnosti výsledného povlaku nemá výběr technologie žárového zinkování žádný vliv.

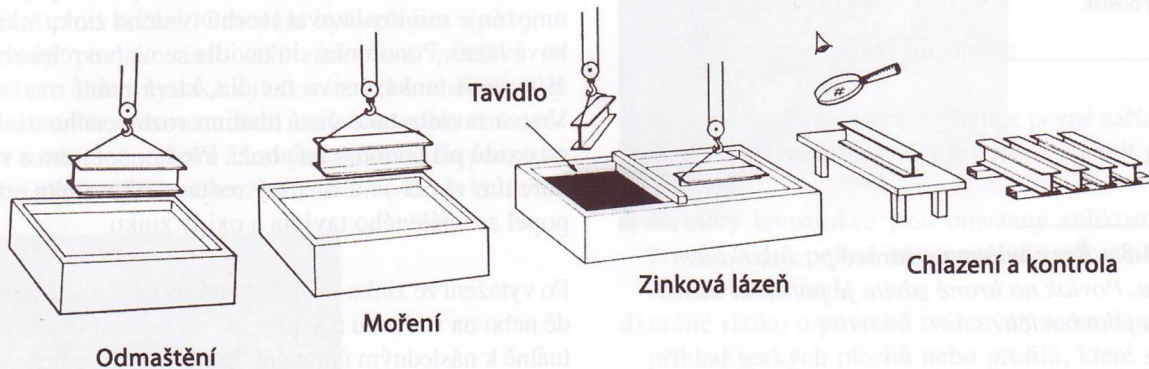
Zásadní vliv na průběh reakce železa a zinku má forma zeta-fáze, která má buď zhuštěný charakter a transport iontů železa, nutných pro další reakci, se zinkem brzdí, nebo mu neklade žádné překážky, pokud je struktura této fáze rozvolněná. Žárové zinkování se většinou provádí v ocelových vanách při teplotě 450 až 470 °C.

### Suché zinkování



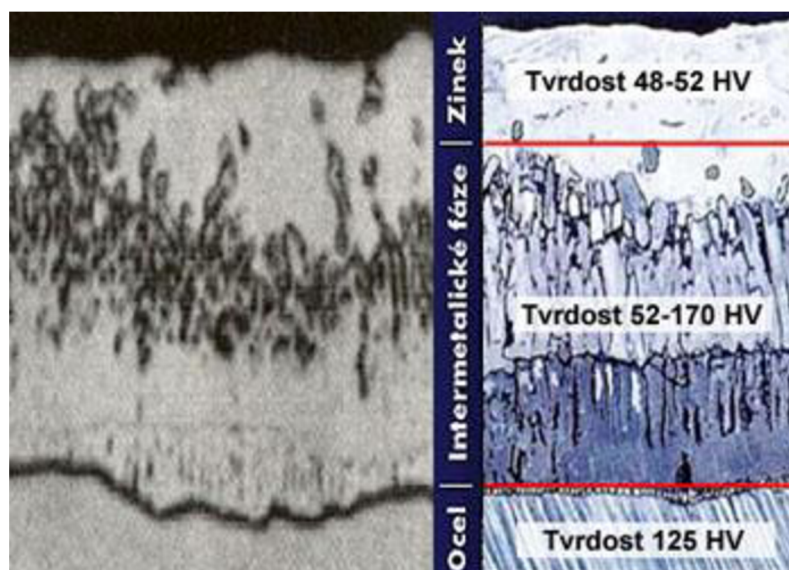
Obr. 6.5 Suché zinkování

### Mokrý zinkování



Obr. 6.6 Mokřé zinkování

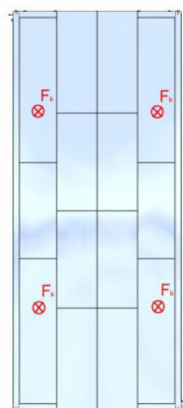
Na následujícím obrázku (obr 6.7) je vidět rozložení tvrdosti v povlaku zinku. S ohledem na otěr a opotřebení je informace o tvrdosti důležitá.



**Obr. 6.7 Rozložení tvrdosti v povlaku zinku**

## 7. Výpočet namáhání parkovací palety

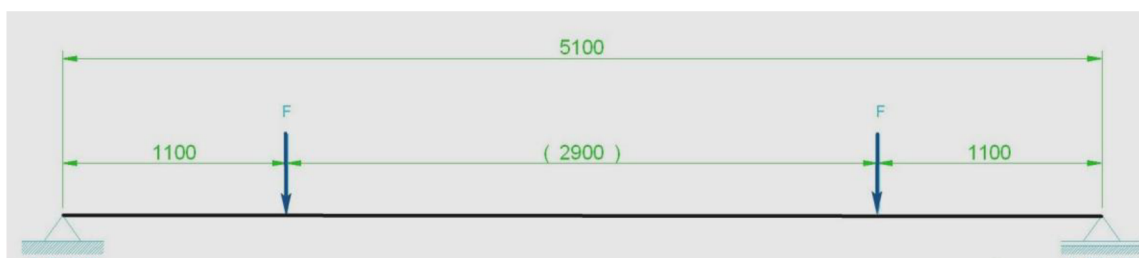
Před zahájením samotného návrhu parkovací palety bylo důležité udělat si zjednodušený návrh, kde parametry zatížení simulují do čtyř bodů – předpokládané body dotyku kol s paletou. Po několika různých variantách vzešel konečný návrh (Obr. 7.1), který se dále podrobil pevnostní a napěťové analýze pro dosažení optimálních požadavků na průhyb palety a její hmotnost, která ovlivňuje náklady.



Obr. 7.1 Návrh palety 2150x5100 mm

Z hlediska uložení různých typů automobilů různých hmotností jsou výpočty prováděny pro zatížení 3 000 kg a 2 200 kg.

Pro předběžný výpočet jsem použil zjednodušené zatížení hlavního podélného nosníku (obr. 7.2). Toto zatížení jsem zadal do výpočtového modulu programu Solid Edge ST2, ve kterém pracuji. Zadání bylo pro 2 různé zatížení.



Obr. 7.2 Zjednodušené zatížení podélného nosníku

Vypočtené průhyby podélného nosníku jsem zapsal do následující tabulky (Tab. 7.1).

Profil [mm]	F [N]	PRŮHYB [mm]
160x80x3	3750	<b>13,5</b>
160x80x3	2750	<b>10,1</b>

**Tab. 7.1 Vypočtené průhyby**

Na základě zjednodušeného výpočtu jsem vytvořil kompletní model palety, který byl dále počítán metodou konečných prvků ve specializovaném středisku.

## 7.1 Pružnostní výpočet (5)

**Požadavek:** Výpočet parkovací palety metodou konečných prvků pro zjištění deformací a napětí v jednotlivých profilech rámu palety.

**Materiál:** Profil 160x80x3 ... S235

Profil 100x80x3 ... S235

Profil 80x40x3 ... S235

Profil 40x40x3 ... S235

Pochozí plechy ... S235 (žárově zinkováno)

**Pracovní teplota:**  $-25^{\circ} \div 40^{\circ} \text{ C}$

**Výpočtový systém:** MARC - elastický obor; prostorové prvky

Konečné varianty:

CEC55R ... Řešena svařovaná konstrukce parkovací palety včetně kontaktu mezi součástmi, které jsou v interakci - zatížení Z1.

CEC57R ... Dtto varianta CEC55R - zatížení Z2.

Zatížení Z1: na paletě působí čtyři kolové síly  $F_{k11} = 7500 \text{ kN}$  + účinky vlastní váhy, kola palety jezdí po tuhé zemi, paleta je symetrická, proto řešena pouze čtvrtina palety; horní stav

Zatížení Z2: na paletě působí čtyři kolové síly  $F_{k12} = 5500 \text{ kN}$  + účinky vlastní váhy, kola palety jezdí po tuhé zemi, paleta je symetrická, proto řešena pouze čtvrtina palety; horní stav

### **Spektrum provozních zatížení:**

Simul. spektrum 1: 50 % cyklů zatížení Z1  
50 % cyklů zatížení Z2

Simul. spektrum 2: 55 % cyklů zatížení Z1  
45 % cyklů zatížení Z2

Simul. spektrum 3: 60 % cyklů zatížení Z1  
40 % cyklů zatížení Z2

Simul. spektrum 4: 66,6 % cyklů zatížení Z1  
33,3 % cyklů zatížení Z2

Simul. spektrum 5: 75 % cyklů zatížení Z1  
25 % cyklů zatížení Z2

**Počet zatěžovacích cyklů:** 5 cyklů / den

**Požadovaná životnost:**  $N > 90000$  cyklů (50 let)

### **Předpoklady výpočtu:**

- zatížení je uváženo jako statické
- jde o lineární výpočet (stálá platnost Hookova zákona)
- použity geometrické nelinearity (kontaktní úloha)
- uvážena vlastní hmotnost

**Hodnocení mezních stavů:** Programový systém SKALA

Pevnostní hodnocení spočívá v posouzení předpokládaných kritických průřezů a míst z hlediska možnosti vzniku tvárného, únavového a náhlého lomu včetně šíření trhlin.

Program SKALA plně využívá výsledky pružnostního řešení systémem MARC v lineárním oboru a k určení plastických deformací, nutných pro hodnocení životnosti, je v širokém rozsahu uplatněn zobecněný Neuberův princip.

**Charakteristiky materiálů:** Čerpány z databáze SKALA (údaje z ČSN, ČSN EN, případně jiných norem a standardů, z měření, odborné literatury či odborného odhadu).

**Druh zatěžování:** 1. Stacionární amplituda zatížení (max. provozní)

Mezní stavy tvárného a náhlého lomu jsou limitovány maximálním provozním, či zkušebním, respektive havarijním nebo fretážním zatížením (pokud jsou zadána).

**Popis kritických míst:** Umístění kritického místa je zřejmé z obrázků, které budou následovat.

a) KM1 ... Tahová oblast kořene koutového svaru profilů 160x80x3 a 40x40x3 - U 62704/P 31907, (HS – CEC55R + zbytkové napětí (Zb) od svařování; DS – zbytkové napětí (Zb) od svařování); viz obr. CECxxR-1.3, CEC55R-4.1, CEC55R-4.2.

b) KM2 ... Tahová oblast kořene koutového svaru profilů 40x40x3 a 40x40x3 - U 57143/P 29103, (HS – CEC55R + zbytkové napětí (Zb) od svařování; DS – zbytkové napětí (Zb) od svařování); viz obr. CECxxR-1.3, CEC55R-4.3, CEC55R-4.4.

Vysvětlivky zkratk: U - uzel číslo      HS - horní stav napětí  
P - prvek číslo      DS - dolní stav napětí

Varianta výpočtu Zatížení	Krit. průřez	Krit. místo	Tvárný lom $n_{Rm}$ $n_{Rk}$	Únava	Náhlý lom		Šíření trhliny		
				N $n_{\sigma}$	$n_{sig}$ $n_{def}$	$L_k$	$n_r$ $L_p$	$N_{kr}$ ( $N_f$ )	$L_{kr}$ ( $L_f$ )
(CEC55R+Zb) / Zb  (Z1+Zb)/Zb	a)	KM1	Vyhovuje  2.1 1.3	591816  -	3,871  2,948	  9,25	-  1.00	-  (29654)	-  (8)
(CEC55R+Zb) / Zb  (Z1+Zb)/Zb	b)	KM2	Vyhovuje  2.1 1.3	<b>50536</b>  -	2,744  2,439	  5	-  1.00	-  (8835)	-  (8)

**Tab. 7.2** Stručný přehled výsledků

Varianta výpočtu Zatížení	Krit. průřez	Krit. místo	Tvárný lom $n_{Rm}$ $n_{Rk}$	Únava	Náhlý lom		Šíření trhliny		
				N $n_{\sigma}$	$n_{sig}$ $n_{def}$	$L_k$	$n_r$ $L_p$	$N_{kr}$ ( $N_f$ )	$L_{kr}$ ( $L_f$ )
(CEC55R+Zb + CEC57R+Zb) / Zb  (Z1+ Zb a Z2+Zb) / Zb	b)	KM2	-  - -	96098  <b>RAINFLOW Simulační spektrum 1</b> (50%Z1, 50%Z2)	-  -	-  -	-  -	-  -	-  -
(CEC55R+Zb + CEC57R+Zb) / Zb  (Z1+ Zb a Z2+Zb) / Zb	b)	KM2	-  - -	<b>88140</b>  <b>RAINFLOW Simulační spektrum 2</b> (55%Z1, 45%Z2)	-  -	-  -	-  -	-  -	-  -
(CEC55R+Zb + CEC57R+Zb) / Zb  (Z1+ Zb + Z2+Zb) / Zb	b)	KM2	-  - -	<b>81410</b>  <b>RAINFLOW Simulační spektrum 3</b> (60%Z1, 40%Z2)	-  -	-  -	-  -	-  -	-  -
(CEC55R+Zb + CEC57R+Zb) / Zb  (Z1+ Zb + Z2+Zb) / Zb	b)	KM2	-  - -	<b>73887</b>  <b>RAINFLOW Simulační spektrum 4</b> (66%Z1, 33%Z2)	-  -	-  -	-  -	-  -	-  -



Varianta výpočtu Zatížení	Krit. průřez	Krit. místo	Tvárný lom $n_{Rm}$ $n_{Rk}$	Únava	Náhlý lom		Šíření trhliny		
				N $n_{\sigma}$	$n_{sig}$ $n_{def}$	$L_k$	$n_r$ $L_p$	$N_{kr}$ ( $N_f$ )	$L_{kr}$ ( $L_f$ )
(CEC55R+Zb + CEC57R+Zb) / Zb  (Z1+ Zb + Z2+Zb) / Zb	b)	KM2	- - -	<b>66232</b>  <b>RAINFLOW</b> <b>Simulační</b> <b>spektrum 5</b> (75%Z1, 25%Z2)	- -	- -	- -	- -	- -

**Tab. 7.3** Stručný přehled výsledků pro různá simulační spektra 1 až 5

Vysvětlivky:

N [cykl] ... počet dovolených zatěžovacích cyklů

$n_{\sigma}$  [-] ... bezpečnost proti vzniku mezního stavu únavy (vznik trhliny o smluvní hloubce 1 mm)

$n_{Rm}$ ,  $n_{Rk}$  [-] ... míra bezpečnosti vůči mezi pevnosti respektive mezi kluzu

$n_{sig}$ ,  $n_{def}$  [-] ... míra bezpečnosti vůči namáhání silového, či silového plus deformačního původu

$N_{kr}$ , ( $N_f$ ) [cykl] ... počet cyklů při růstu trhliny z počáteční hloubky 1 mm respektive z hloubky  $L_p$  na kritickou  $L_{kr}$  nebo funkční ( $L_f$ ) hloubku

$L_k$ ,  $L_{kr}$  [mm] ... kritická hloubka trhliny v kritickém místě (uzlu)  $L_k$ , respektive  $L_{kr}$  při jejím šíření; při jejich dosažení vzniká náhlý lom v kritickém průřezu

( $L_f$ ) [mm] ... funkčně přípustná hloubka trhliny

$L_p$  [mm] ... při této apriorní hloubce trhliny by došlo k jejímu šíření pro danou napjatost kritického průřezu (například u skryté vady)

$n_r$  [-] ... násobná rezerva napětí v kritickém místě při  $L_p = 1$  mm, nebo při zastavení šíření trhliny

## Závěr výpočtu

Podle výsledků pevnostního hodnocení zadaných výpočtových variant lze konstatovat:

1) Pro zadaná **maximální provozní zatížení**, výše uvedené materiály a rozsah pracovních teplot **parkovací paleta** vyhovuje v kritických místech **KM1 a KM2** z hlediska obvykle požadovaných bezpečností **jak meznímu stavu tvárného, tak náhlého (křehkého) lomu s dostatečnou rezervou.**

2) Pro zadané **stacionární maximální pulzující provozní zatížení**, výše uvedené mat. a rozsah prac. teplot **parkovací paleta** vyhovuje v krit. místě **KM1** z hlediska obvykle uvažovaných bezpečností **požadované životnosti 50 let [N > 90 000 cyklů]** s dostatečnou rezervou.

Pro zadané **stacionární maximální pulzující provozní zatížení**, výše uvedené mat. a rozsah prac. teplot **parkovací paleta** nevyhovuje v krit. místě **KM2** z hlediska obvykle uvažovaných bezpečností **požadované životnosti 50 let [N > 90 000 cyklů]**. Vyhovuje životnosti pouze **27,7 let [N = 50536 cyklů]**.

3) Pro zadané **nestacionární maximální pulzující provozní zatížení (viz simulační spektra 1 až 5)**, výše uvedené mat. a rozsah prac. teplot **parkovací paleta** vyhovuje v krit. místě **KM2** z hlediska obvykle uvažovaných bezpečností **požadované životnosti 50 let [N > 90 000 cyklů]** s mírnou rezervou **pouze pro spektrum 1**. Dovolené počty cyklů viz tabulka 2 výše.

## 7.2 Grafický výstup výpočtu

Popis k následujícím obrázkům:

CECxxR-1.1 – všeobecný popis počítané palety

CECxxR-1.2 – znázornění zatížení počítaného místa  $F_{k1x}$

CECxxR-1.3 – znázornění kritických míst

CEC55R-2.1 – deformace v ose z – průhyb palety

CEC55R-4.1 – maximální hlavní napětí v kritickém místě KM1

CEC55R-4.2 – výpočtové napětí dle HMH v kritickém místě KM1

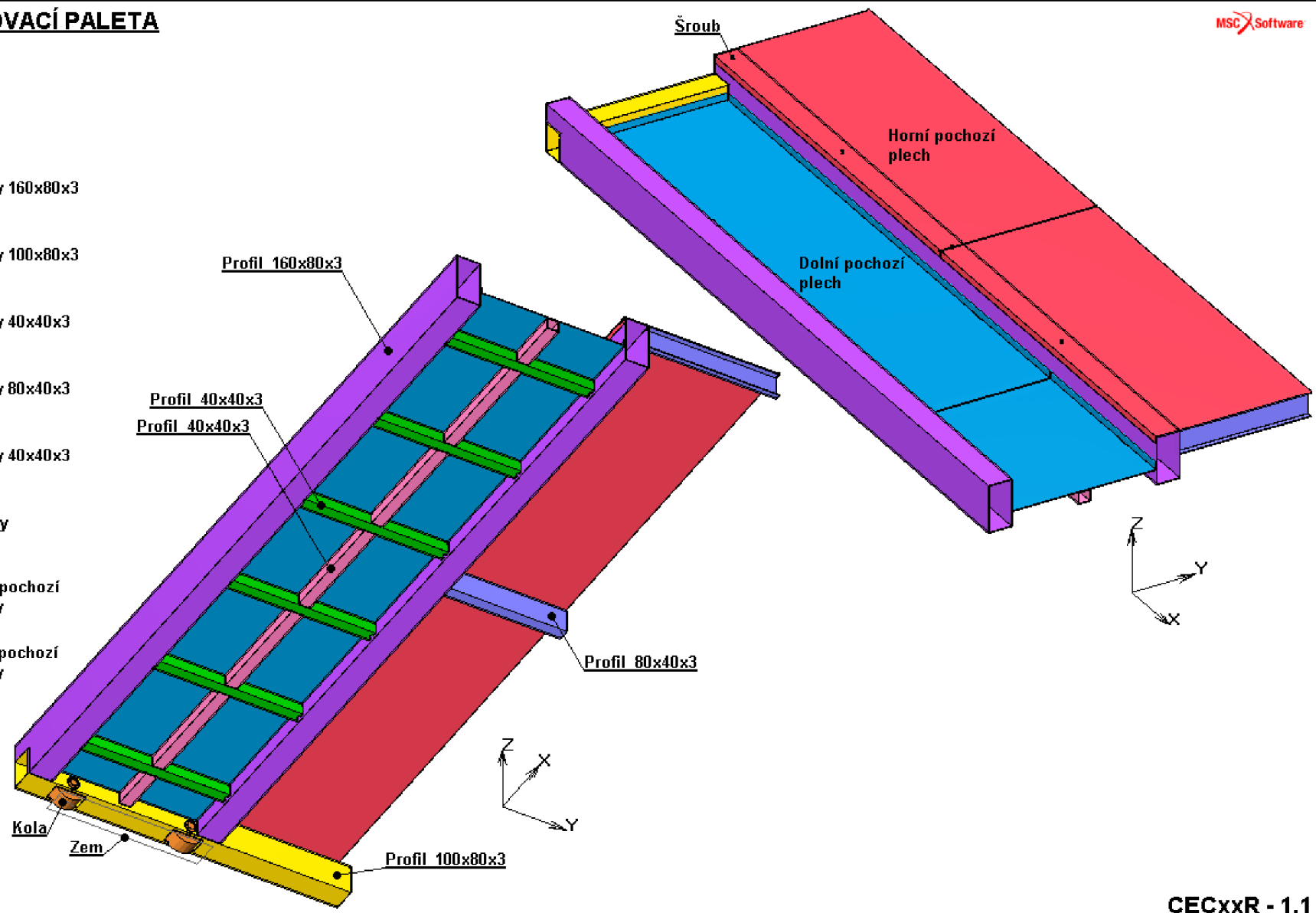
CEC55R-4.3 – maximální hlavní napětí v kritickém místě KM2

CEC55R-4.4 – výpočtové napětí dle HMH v kritickém místě KM2

# PARKOVACÍ PALETA

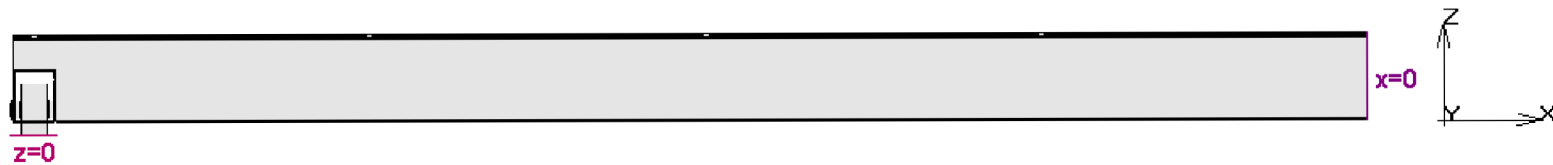
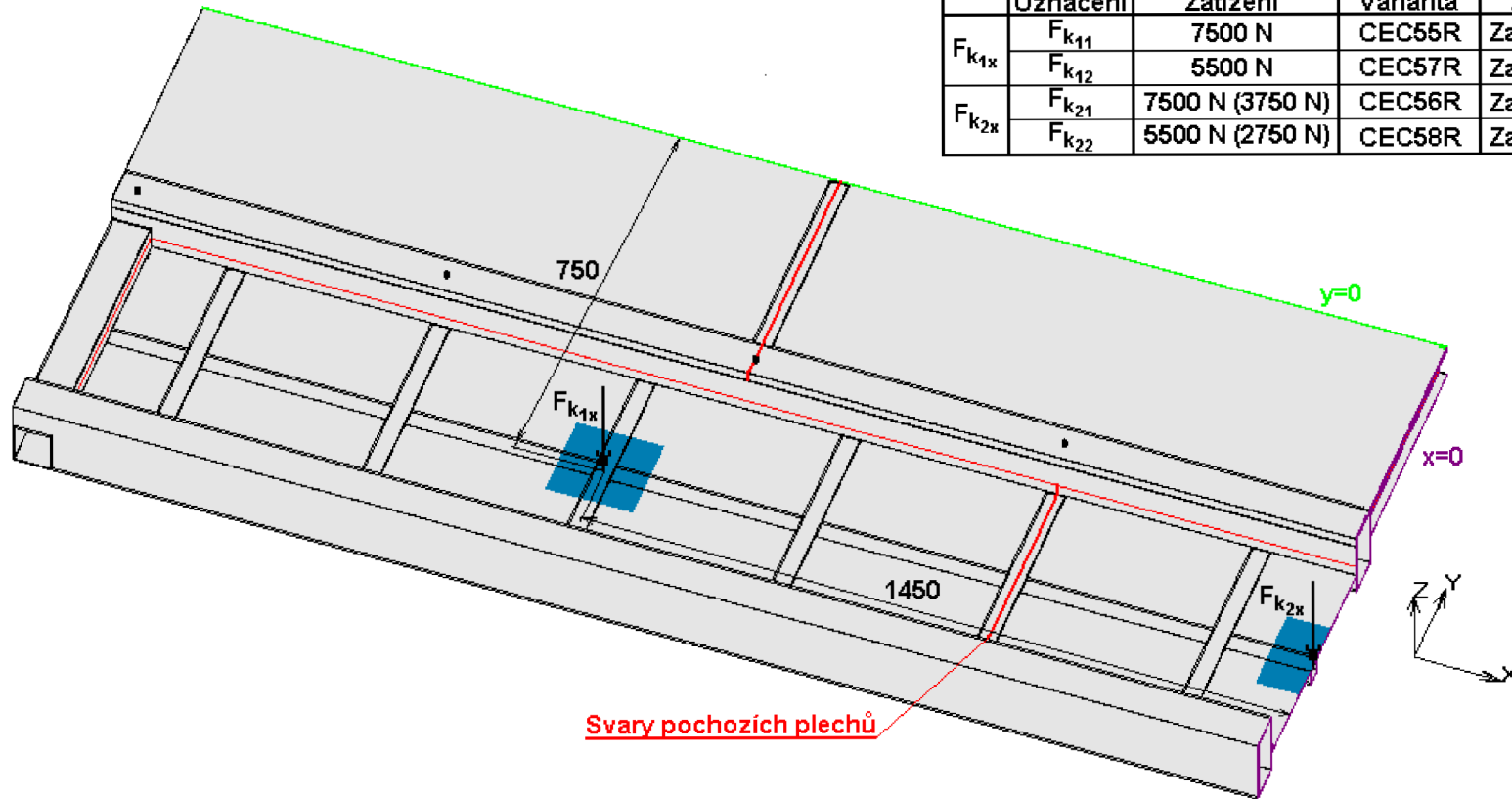
67/85

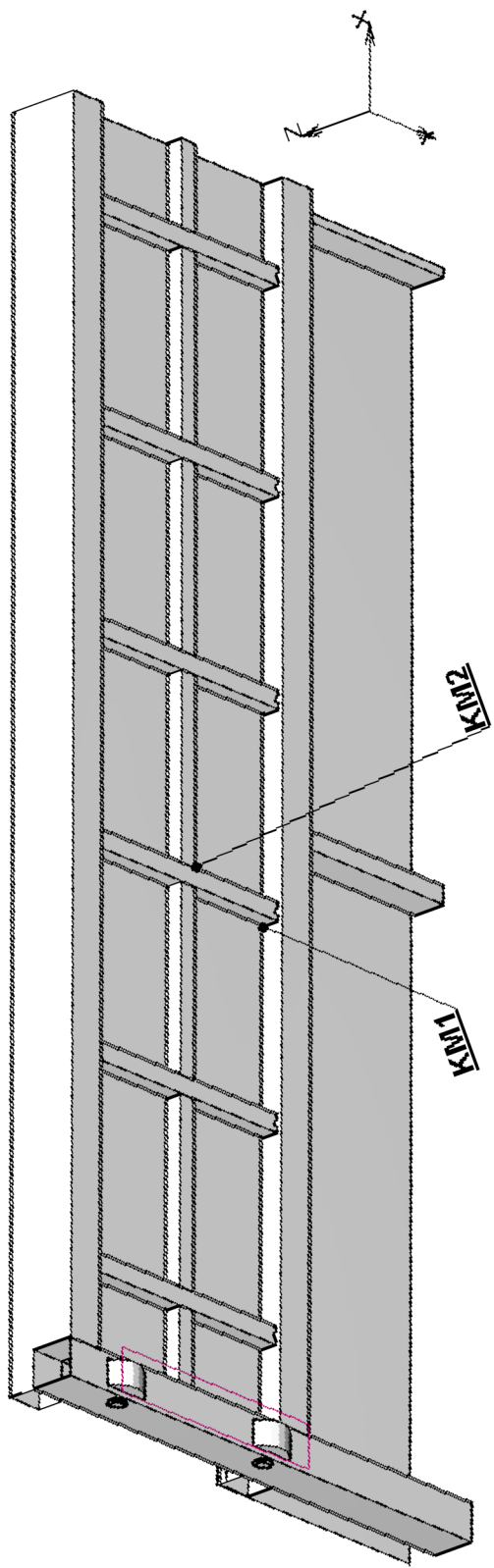
- Kola
- Profily 160x80x3
- Profily 100x80x3
- Profily 40x40x3
- Profily 80x40x3
- Profily 40x40x3
- Šrouby
- Horní pochozí plechy
- Dolní pochozí plechy
- Zem



# Znázornění zatížení na parkovací paletě

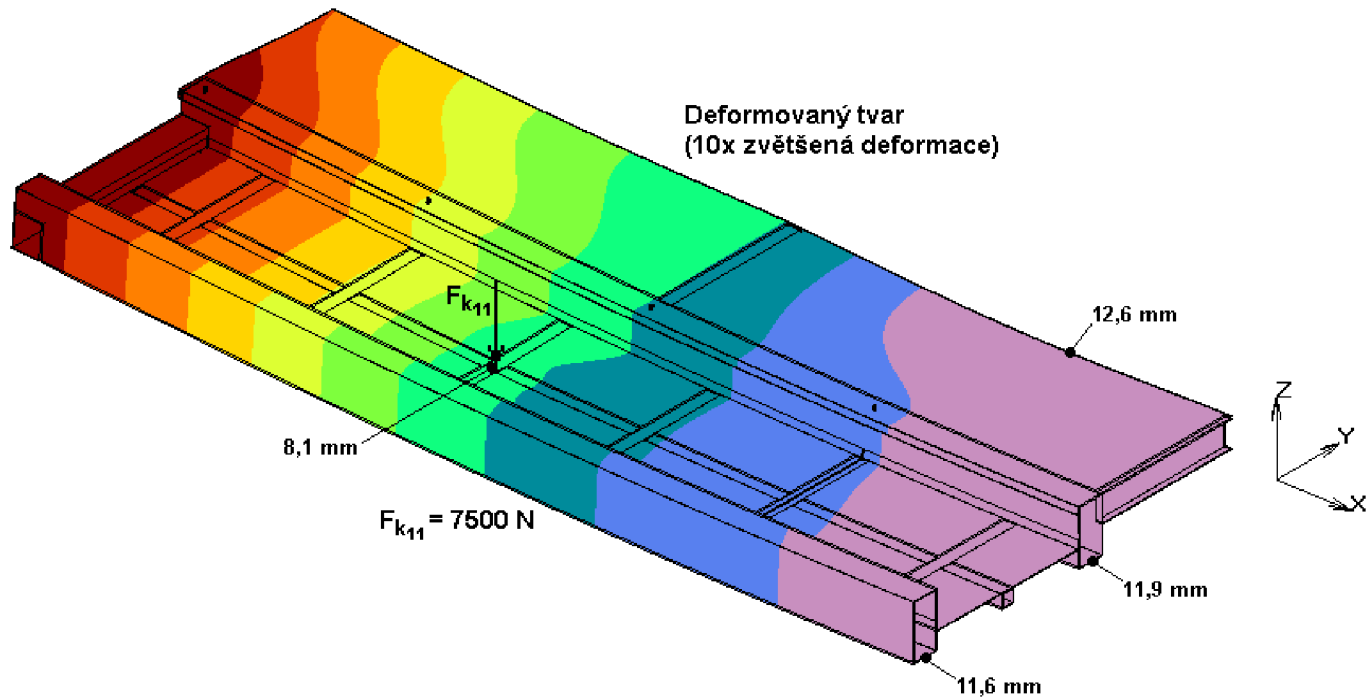
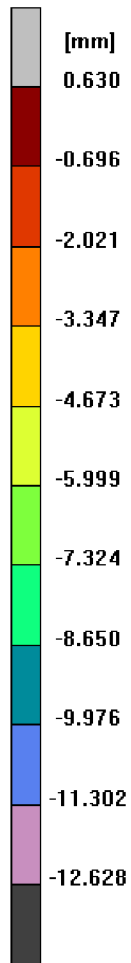
	Označení	Zatížení	Varianta	Zpráva
$F_{k1x}$	$F_{k11}$	7500 N	CEC55R	Zatížení Z1
	$F_{k12}$	5500 N	CEC57R	Zatížení Z2
$F_{k2x}$	$F_{k21}$	7500 N (3750 N)	CEC56R	Zatížení Z3
	$F_{k22}$	5500 N (2750 N)	CEC58R	Zatížení Z4





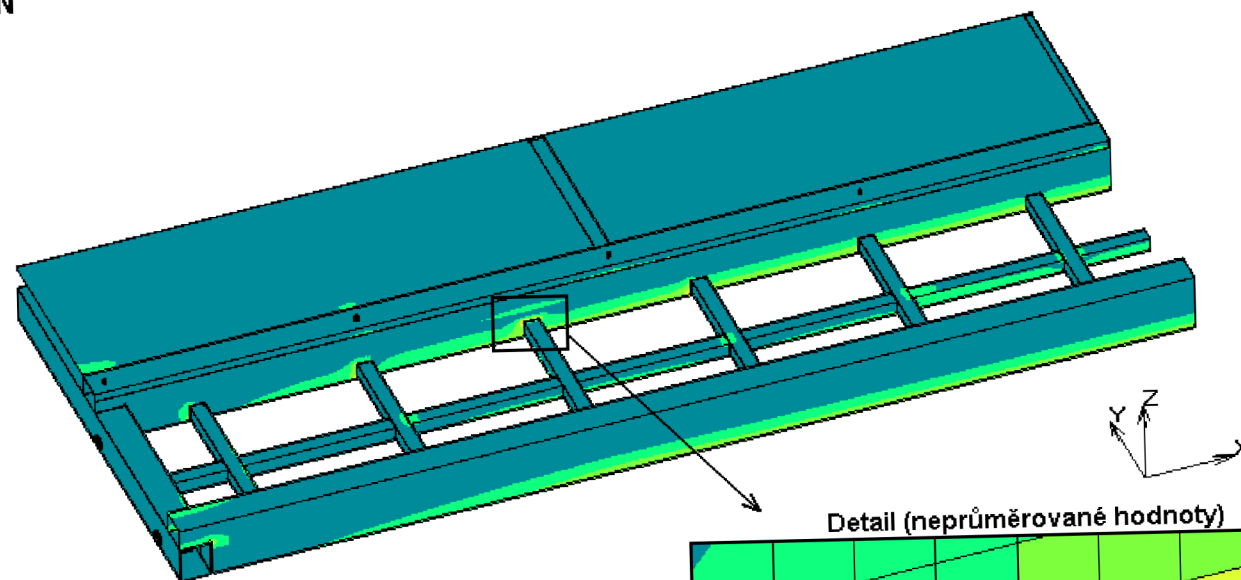
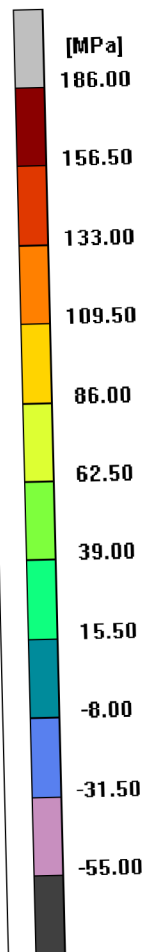
### Deformace ve směru osy Z

70/85

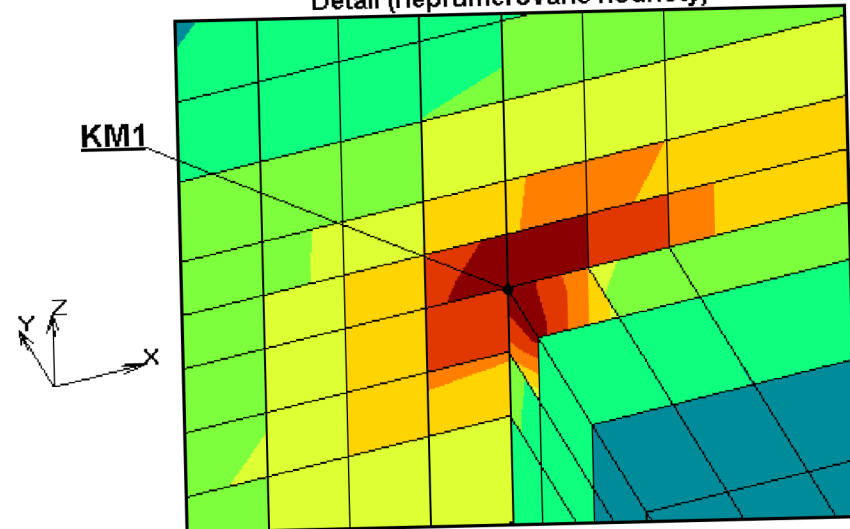


**Paleta - maximální hlavní napětí (průměrované) - var. CEC55R**  
**Zatížení  $F_{k11} = 7500$  N**  
**Kritické místo KM1**

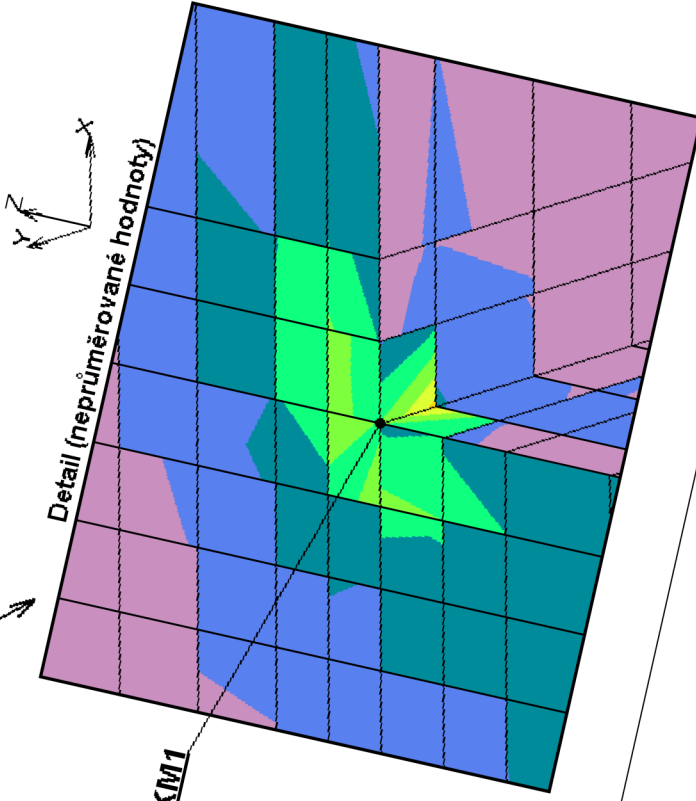
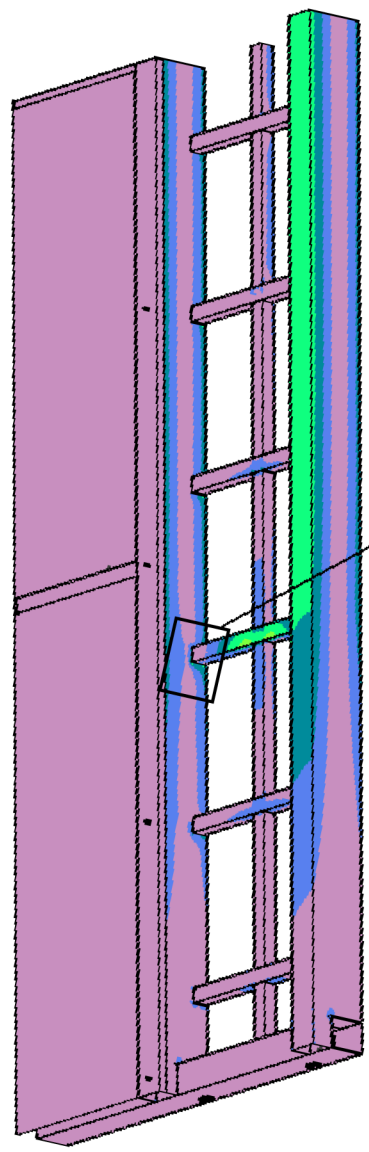
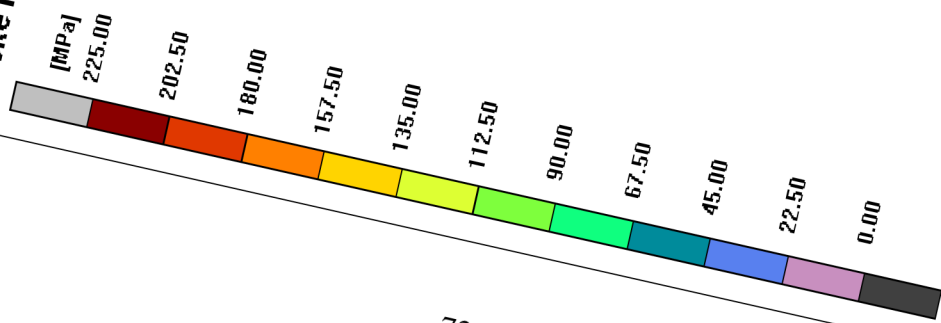
71/85



Detail (neprůměrované hodnoty)

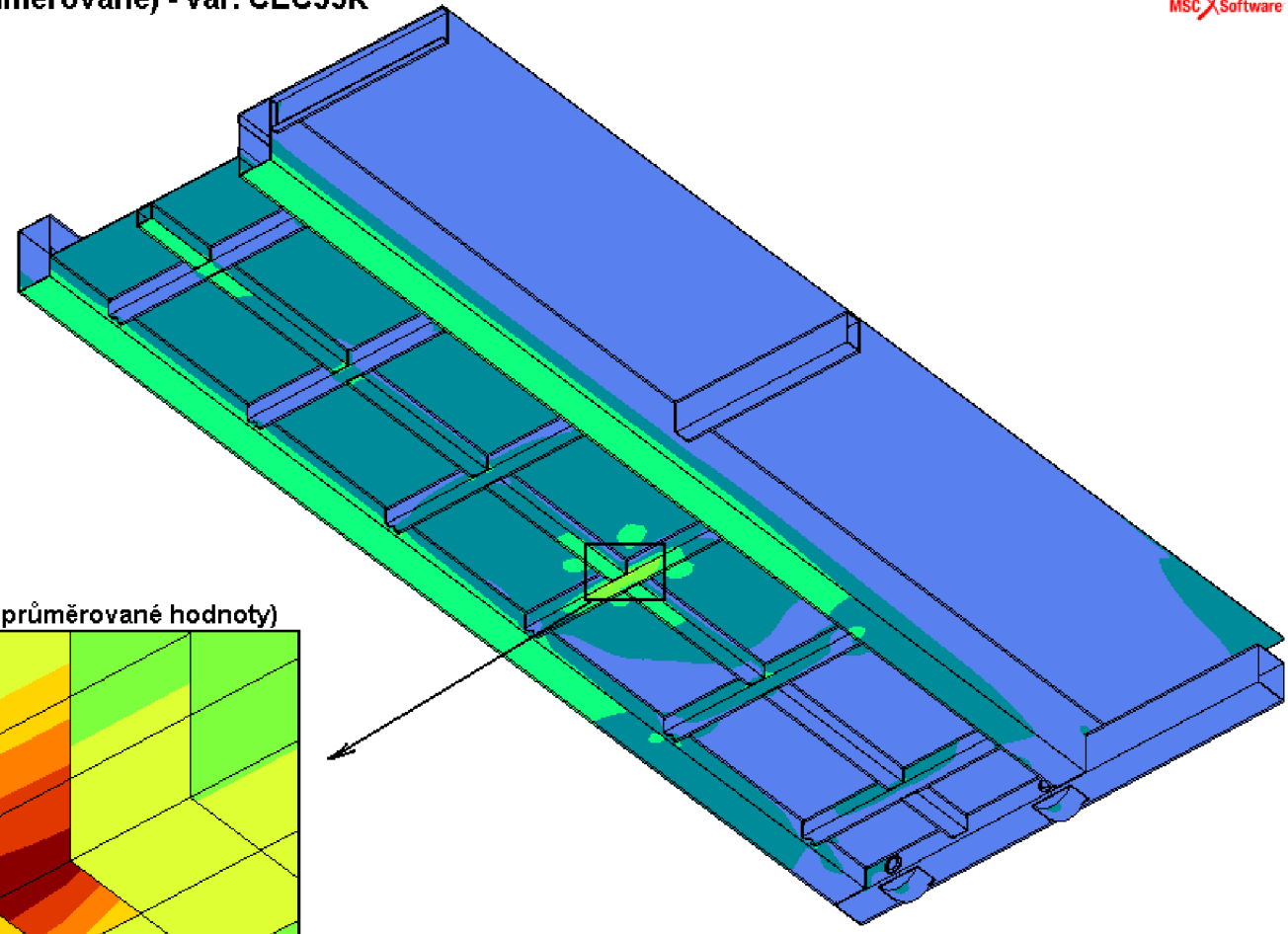
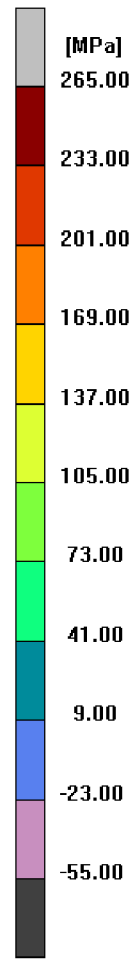


Paleta - výpočtové napětí dle HMM (průměrované) - var. CEC55R  
 Zatížení  $F_{k11} = 7500 \text{ N}$   
 Kritické místo KM1

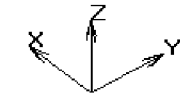
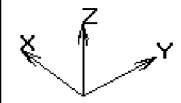
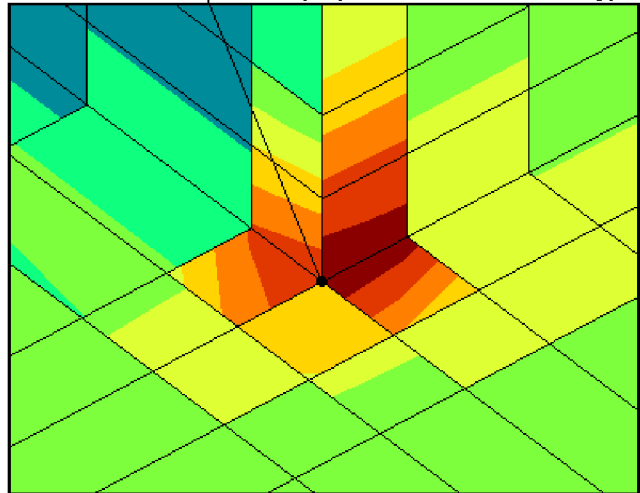




**Paleta - maximální hlavní napětí (průměrované) - var. CEC55R**  
**Zatížení  $F_{k11} = 7500 \text{ N}$**   
**Kritické místo KM2**



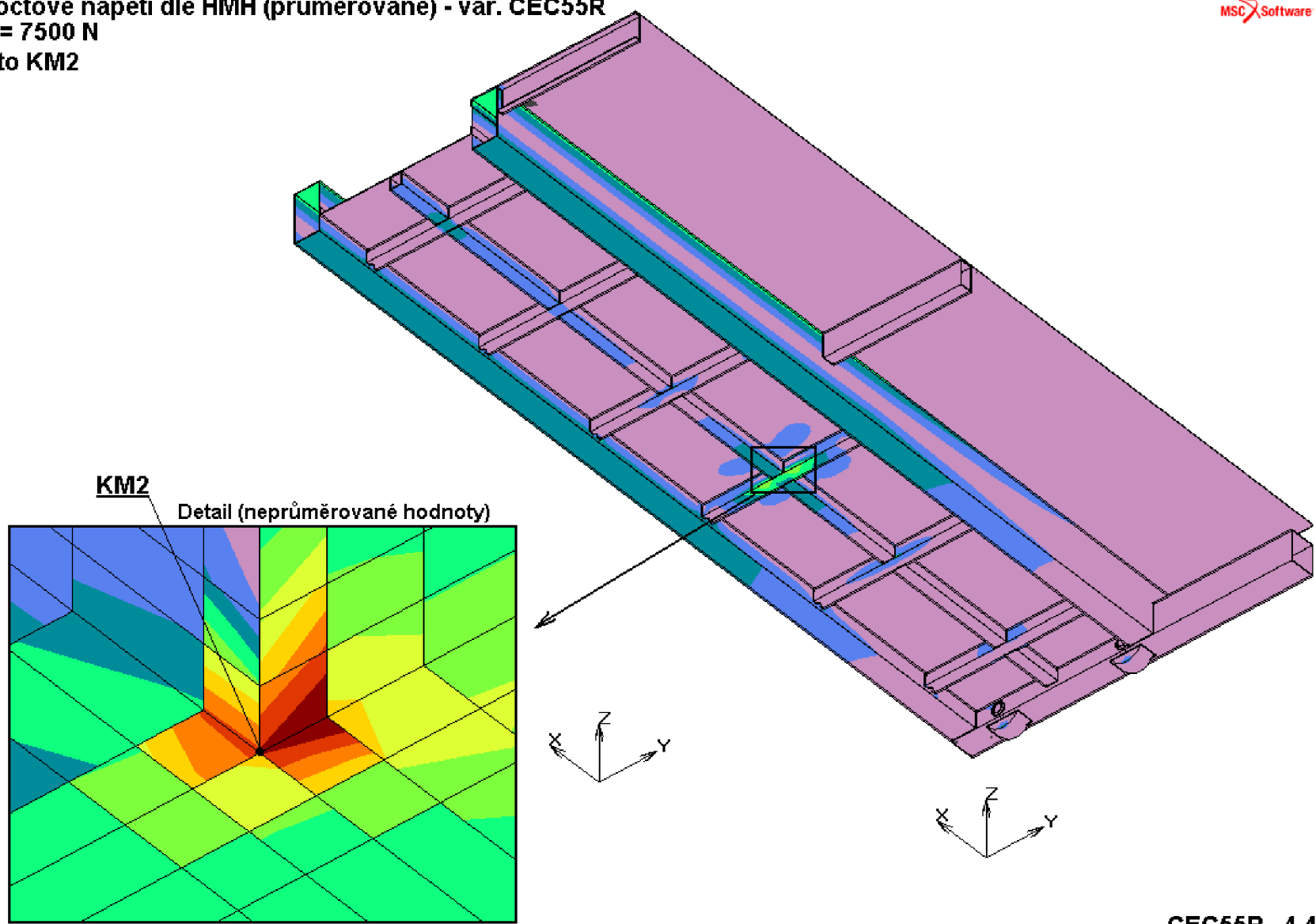
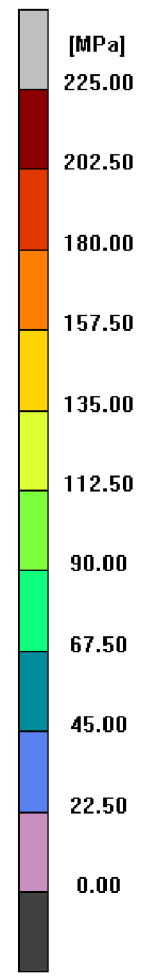
**KM2**  
 Detail (neprůměrované hodnoty)



73/85

**Paleta - výpočtové napětí dle HMM (průměrované) - var. CEC55R**  
**Zatížení  $F_{k11} = 7500$  N**  
**Kritické místo KM2**

74/85



## 8. Výkresová dokumentace

Výkresovou dokumentaci jsem rozdělil na dvě části. V první části jsem se rozhodl zpracovat rám palety. Jedná se o svařenec, který tvoří základ parkovací palety. Druhá část zpracovává parkovací paletu jako celek. To znamená včetně nezbytných doplňků přidaných k základnímu svařenci. Dokumentace je tvořena 2 výkresy a 2 kusovníky k nim patřící.

### 8.1. Rám palety **PP-VUT-0-01**

Rám palety je základ parkovací palety. Je tvořen 4 podélnými a 2 příčnými nosnými profily. Pojezdové žlaby jsou tvořeny mříží menších profilů a na nich jsou přivařeny slzičkové plechy s ohnutými kraji. Ty zvyšují tuhost a rozptylují napětí. Tyto plechy musí být svařeny po celé délce, aby se zabránilo průsaku vody. Uprostřed rámu jsou pomocné profily, které slouží jako podpory pro pochozí plechy popsané v sestavě palety. Ve dvou rozích rámu jsou vyříznuty díry pro samovolný odkap vody. Ve spodku rámu jsou přivařeny 4 unášeče. Slouží k přesunu palety z boxu na skip nebo ze skipu do boxu.

### 8.2. Sestava palety **PP-VUT-0-02**

Sestava palety je tvořena rámem palety a díly na něj přidaných. Ve 2 příčných nosných profilech jsou vyříznuty díry pro pojezdová kola a pro čepy pojezdových kol. V rozích palety jsou díry pro čepy kol bočního vedení parkovací palety. Nahoru do středu palety přijdou přiložit ohnuté pozinkované pochozí plechy. Při montáži se přišroubují samořeznými šrouby k rámu palety. Plechy jsou ohnuté z důvodu menší rezonance při pohybu palety.



## WPS číslo: 01

### Stanovení postupu svařování elektrickým obloukem – WPS (ČSN EN ISO 15609-1)

Místo: **Žďár n. S.**

Zkušební organizace: -----

Metoda svařování výrobce: -----

Způsob přípravy a čištění: -----

Specifikace základního materiálu: **S235JRH – S235JRH** (EN 10027-1)

Výrobce: -----

Metoda svařování: **135**

Druh svaru: **Koutový svar -FW- a=2**

Svařovaná tloušťka (mm): **3 mm**

Údaje o přípravě svarových ploch:-----

Vnější průměr (mm):

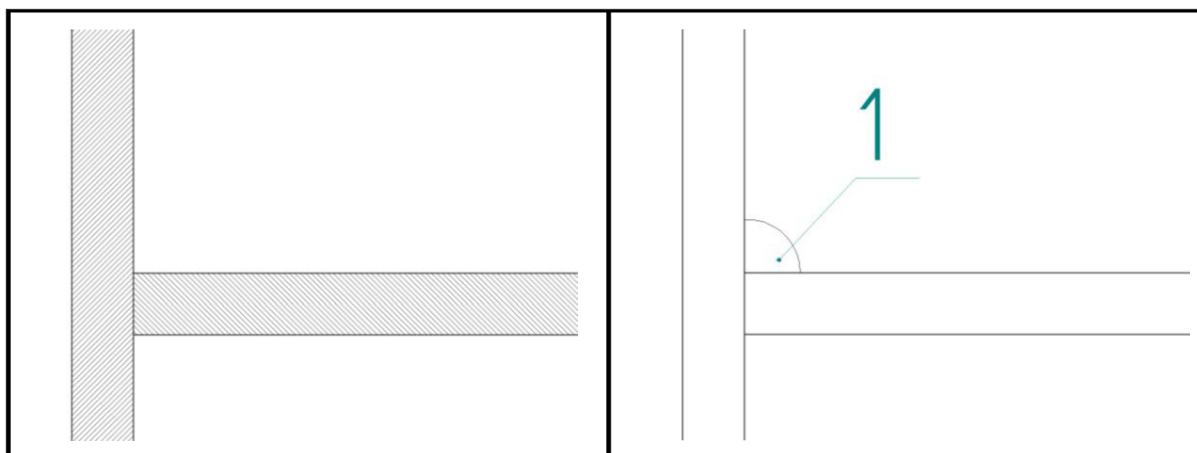
**(160x80x3),(100x80x3),(40x40x3)**

(náčrt \*):

Poloha svařování: PB a PF

#### Tvar spoje

#### Postup svařování



#### Parametry pro svařování

Svarová housenka	1			
Metoda svařování	135			
Průměr přídavného drátu	1,0 mm			
Svařovací proud (A)	170-190			
Svařovací napětí (V)	20-22			
Druh proudu / polarita	DC / +			
Rychlost podávání drátu	8,2 m/min			
Rychlost posuvu	8,5-9,0 mm/s			
Tepelný příkon	0,32-0,42 kJ/mm			

Přídavný materiál - zařazení a značka:)

**EN 440: G3Si1 - OK AUTROD 12.51 / 1,0 mm - ( ESAB Vamberk )**

Předpis pro sušení: N.A.

Ochranný plyn / tavidlo

■ ochranný plyn: **Argon+18% CO2**

■ ochrana kořene: N.A.

Wolframové elektrody, druh / průměr:

Údaje o drážkování / podložení kořene: N.A.

Teplota předehřevu: N.A.

Interpass teplota: N.A.

Tepelné zpracování a / nebo stárnutí: N.A.

Doba, teplota, postup: N.A.

Rychlost ochlazování: **klidný vzduch**

Výrobce:

Další informace:

Rozkyv (max. šířka housenky): N.A.

Rozkyv: amplituda

frekvence

doba prodlevy

Údaje pro impulsní svařování: N.A.

Údaje pro plazmové svařování: N.A.

Úhel nastavení hořáku: N.A.

Zkušební orgán nebo organizace:

## WPS číslo: 02

### Stanovení postupu svařování elektrickým obloukem – WPS (ČSN EN ISO 15609-1)

Místo: **Žďár n. S.**

Zkušební organizace: -----

Metoda svařování výrobce: -----

Způsob přípravy a čištění: -----

Specifikace základního materiálu: **S235JRH – S235JR+AR** (EN 10027-1 – EN 10025+A1)

Výrobce: -----

Metoda svařování: **135**

Druh svaru: **Koutový svar -FW- a=2**

Svařovaná tloušťka (mm): **3 mm**

Údaje o přípravě svarových ploch:-----

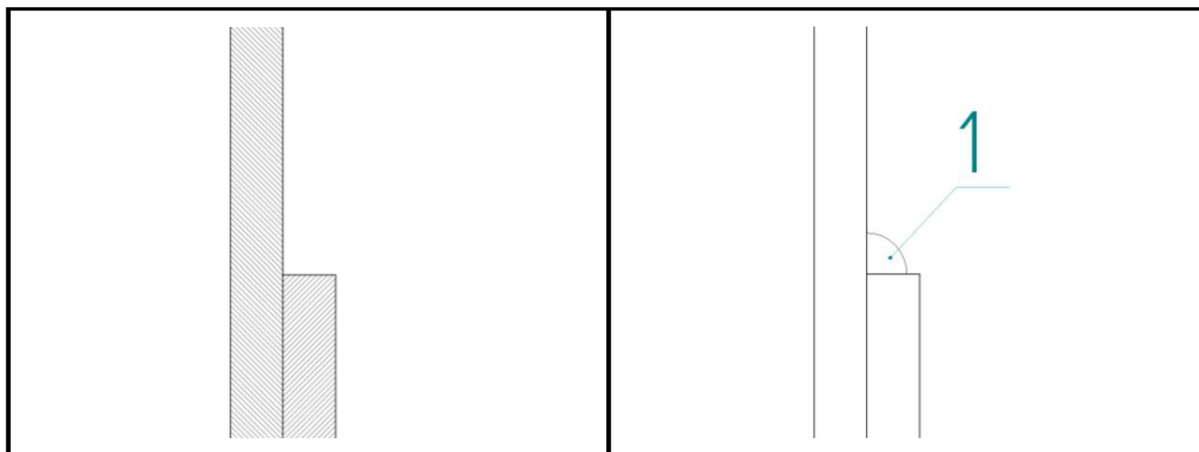
Vnější průměr (mm): **(160x80x3) + (Pl. 3)**

(náčrt \*):

Poloha svařování: **PB a PF**

**Tvar spoje**

**Postup svařování**



### Parametry pro svařování

Svarová housenka	1			
Metoda svařování	135			
Průměr přídatného drátu	1,0 mm			
Svařovací proud (A)	170-190			
Svařovací napětí (V)	20-22			
Druh proudu / polarita	DC / +			
Rychlost podávání drátu	8,2 m/min			
Rychlost posuvu	85-90 mm/s			
Tepelný příkon	0,32-0,42 kJ/mm			

Přídavný materiál - zařazení a značka:)

**EN 440: G3Si1 - OK AUTROD 12.51 / 1,0 mm - ( ESAB Vamberk )**

Předpis pro sušení: N.A.

Ochranný plyn / tavidlo

■ ochranný plyn: **Argon+18% CO2**

■ ochrana kořene: N.A.

Wolframové elektrody, druh / průměr:

Údaje o drážkování / podložení kořene: N.A.

Teplota předehřevu: N.A.

Interpass teplota: N.A.

Tepelné zpracování a / nebo stárnutí: N.A.

Doba, teplota, postup: N.A.

Rychlost ochlazování: **klidný vzduch**

Výrobce:

Další informace:

Rozkyv (max. šířka housenky): N.A.

Rozkyv: amplituda

frekvence

doba prodlevy

Údaje pro impulsní svařování: N.A.

Údaje pro plazmové svařování: N.A.

Úhel nastavení hořáku: N.A.

Zkušební orgán nebo organizace:

## 10. Dokončovací úpravy

Dokončovací úpravy se týkají jen svařence palety. Přidané doplňky už nemají vliv na tyto úpravy. Použitý materiál a množství svarů způsobuje velké vnitřní napětí. Toto napětí je potřeba snížit. Dále je třeba zvolit vhodnou povrchovou úpravu.

Z hlediska zkušeností získaných praxí jsem došel k závěru, že rám palety se bude žíhat ke snížení zbytkového napětí jako dokončovací operaci po svařování. Při výrobě palety (podobného typu) pro zakázku do Bratislavy se podcenilo napětí, které vzniklo po svařování. Palety se prohnutí v příčném i podélném směru. Bylo třeba velkého úsilí i finančních prostředků, aby se tento problém podařilo vyřešit.

Povrchovou úpravu jsem navrhl pozinkováním rámu palety v zinkové lázni z důvodu mechanického namáhání, kontaktu s chemickými roztoky v podobě sněhu se solí v zimních měsících a namáhání na otěr od pneumatik automobilů, kde v dezénu pneumatik dochází k uchycení kamínků.

## 11. Ekonomicko-technické hodnocení

V této problematice jsem se zaměřil na cenu navržené palety a navrhnout možné úspory. Kapitulu jsem rozdělil na dvě části. Výpočet nákladů na výrobu parkovací palety a na případnou úsporu nákladů.

Pro toto zadání vycházím z výpočtu pro výrobu 1 palety pro automatický parkovací systém se 149 paletami.

### 11.1 Výroba navržené palety

Náklady na výrobu rámu palety - svařence:

<i>Hmotnost rámu palety</i>	: $m = 465 \text{ kg}$	( výkres PP-VUT-0-01 )
<i>Cena materiálu</i>	: $p = 40 \text{ Kč/kg}$	( <a href="http://www.ferona.cz">www.ferona.cz</a> )
<i>Dělení materiálu</i>	: $d = 400 \text{ Kč}$	( souhrn prořezů )
<i>Cena normohodiny pro svařování</i>	: $s = 500 \text{ Kč/hod.}$	( podnikové normy fy. KOMA )
<i>Svařovací čas</i>	: $t = 35 \text{ hod.}$	( 9. Svařovací postup )

Cena materiálu: průměr z cen: 2/3 cena za profily a 1/3 cena za plechy

Náklady na materiál:

$$nm = m \cdot p = 465 \cdot 40 = 18600 \text{ Kč}$$

Náklady na svařování:

$$ns = t \cdot s = 35 \cdot 500 = 17500 \text{ Kč}$$

Součet nákladů na rám palety:

$$n = nm + ns + d = 18600 + 17500 + 400 = 36500 \text{ Kč}$$

Náklady montovaných dílů.

<i>Cena pochozích plechů</i>	: $pl = 2500 \text{ Kč}$	( <a href="http://www.ferona.cz">www.ferona.cz</a> )
<i>Cena sestavy pojezdového kola</i>	: $pk = 250 \text{ Kč/ks}$	( nabídka fy. ENSINGER )
<i>Cena sestavy kola bočního vedení</i>	: $bk = 150 \text{ Kč/ks}$	( nabídka fy. ENSINGER )

Cena pojezdu palety:

$$pp = pk \cdot 8kol = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ Kč}$$

Cena bočního vedení palety:

$$bv = bk \cdot 4kola = 150 \cdot 4 = 600 \text{ Kč}$$

Náklady montáže.

<i>Cena normohodiny pro montáž</i>	: $sm = 200 \text{ Kč/hod.}$	( podnikové normy fy. KOMA )
<i>Montážní čas</i>	: $tm = 5 \text{ hod.}$	

Cena montáže:

$$cm = sm \cdot tm = 200 \cdot 5 = 1000 \text{ Kč}$$



Náklady dokončovacích operací.

*Cena žíhání* :  $zh = 2000$  Kč ( podnikové normy fy. ŽĎAS )  
*Cena za pozinkování* :  $zn = 10$  Kč/kg ( nabídka fy. WIEGEL )

Cena zinkování:

$$zd = zn \cdot m = 10 \cdot 465 = 4650 \text{ Kč}$$

Celkový součet nákladů na výrobu palety:

$$Z = n + pp + bv + cm + zh + zd = 36500 + 2000 + 600 + 1000 + 2000 + 4650 = 46750 \text{ Kč}$$

## 11.2. Úspora nákladů

Pro úsporu nákladů jsem navrhl 4 oblasti, kde by bylo možné ušetřit.

### 11.2.1 Rám palety

Zmenšit výšku nosných profilů (poz. 01 a 02). Místo navržených 160x80x3 použít profil 140x80x3 (obr. 11.1). Na napětí to bude mít minimální vliv a průhyb palety (obr. 11.2) je akceptovatelný.

*Hmotnost upraveného rámu palety* :  $m2 = 442$  kg

Náklady na materiál:

$$nmu = m2 \cdot p = 442 \cdot 40 = 17680 \text{ Kč}$$

Úspora nákladů 1:

$$un1 = nm - nmu = 18600 - 17680 = 920 \text{ Kč}$$

### 11.2.2 Subdodávky

Pro snížení ceny dodávaných částí firmou ENSINGER navrhuji poptat i jiné firmy ze stejného odvětví. Při zvýšené konkurenci budou ceny klesat.

### 11.2.3 Montáž

Pro snížení ceny za montáž navrhuji poptat i jiné montážní firmy. Při zvýšené konkurenci budou ceny klesat. Dále navrhuji, v důsledku získání zkušeností z již vyrobených palet, optimalizovat montážní postup a tím snížit montážní čas.

### 11.2.4 Snížení zbytkových napětí

Pro snížení ceny za snížení zbytkových napětí po svařování jsem navrhl zaměnit žíhání rámu palety za snížení zbytkových napětí pomocí vibrace.

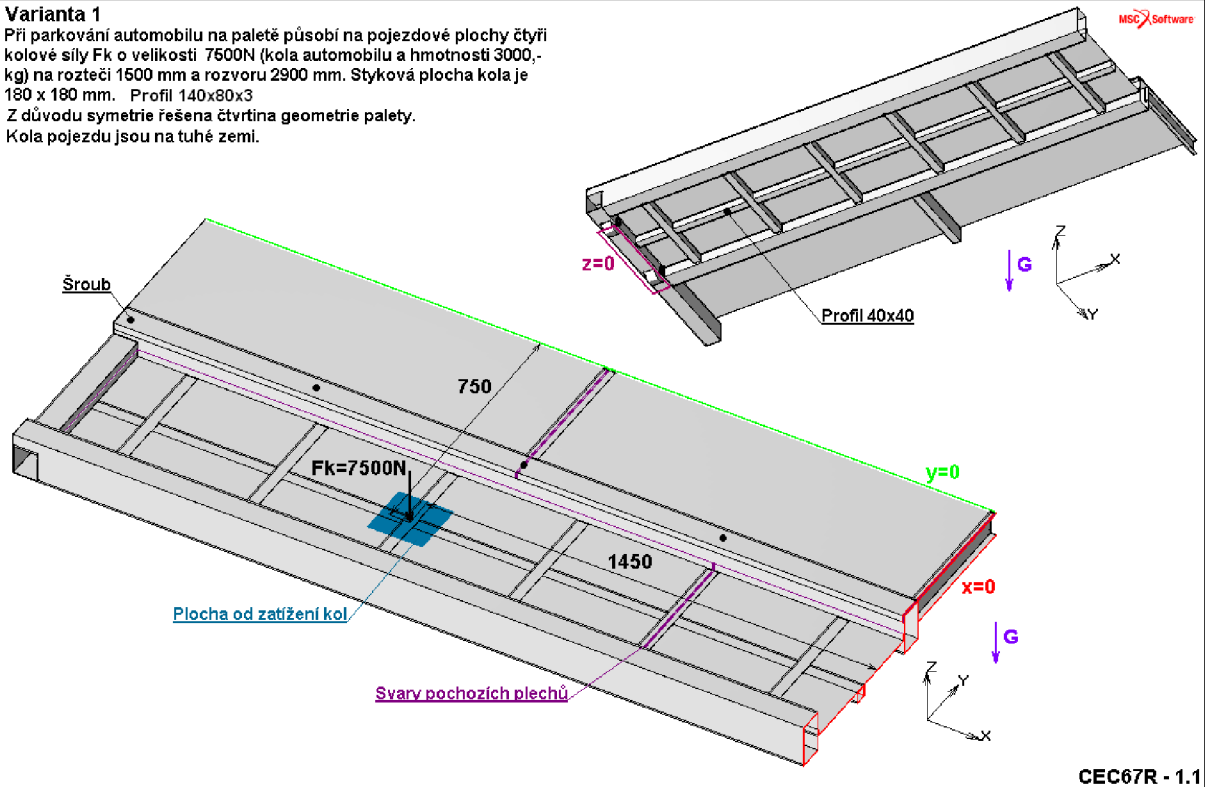
*Cena vibrace* :  $zv = 1000$  Kč ( podnikové normy fy. ŽĎAS )

Úspora nákladů 2:

$$un2 = zh - zv = 2000 - 1000 = 1000 \text{ Kč}$$

**Varianta 1**

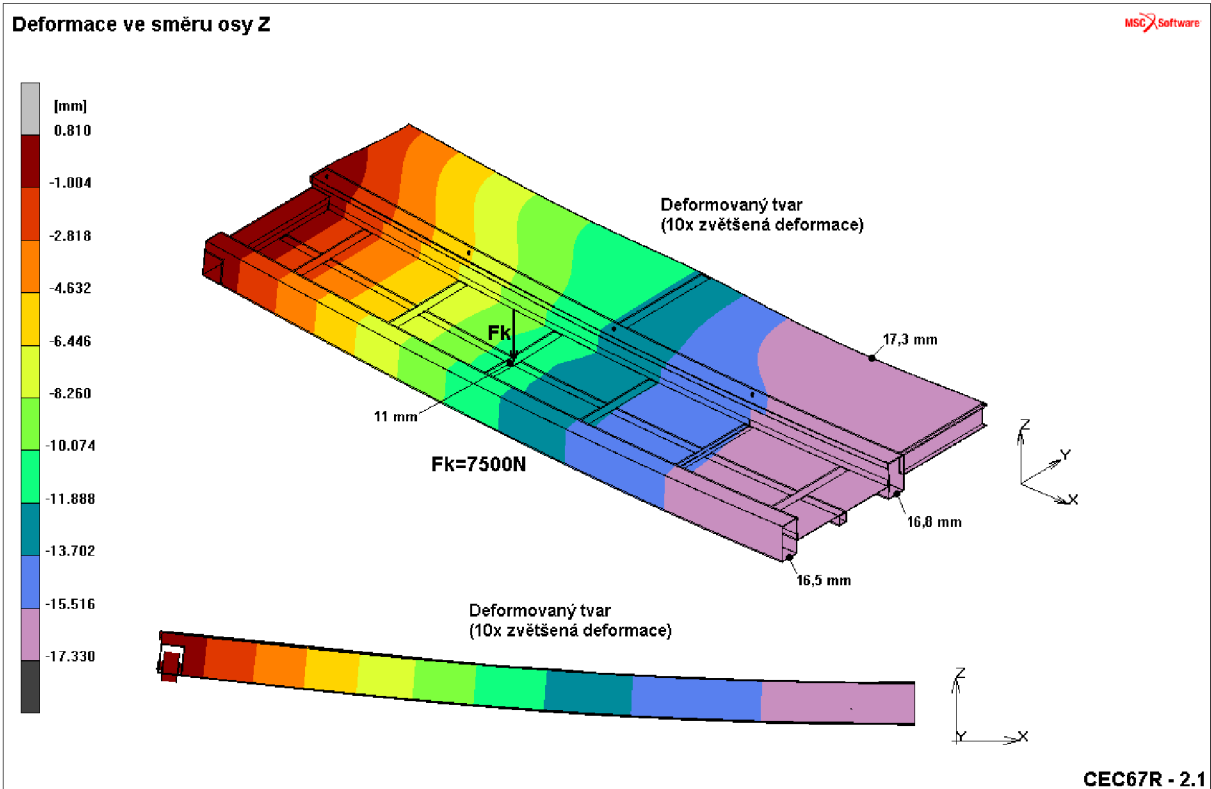
Při parkování automobilu na paletě působí na pojezdové plochy čtyři kolové síly  $F_k$  o velikosti 7500N (kola automobilu a hmotnosti 3000,- kg) na rozteči 1500 mm a rozvoru 2900 mm. Styková plocha kola je 180 x 180 mm. Profil 140x80x3. Z důvodu symetrie řešena čtvrtina geometrie palety. Kola pojezdu jsou na tuhé zemi.



CEC67R - 1.1

**Obr. 11.1 Zatížení při výměně profilů (5)**

**Deformace ve směru osy Z**



CEC67R - 2.1

**Obr. 11.2 Průhyb palety při výměně profilu (5)**

### **Zhodnocení nákladů:**

Bez úspor:  $Z = 46750$  Kč

S úsporami:  $Z_{un} = Z - un1 - un2 = 46750 - 920 - 1000 = 44830$  Kč

Na základě uvedených skutečností je vhodné zvážit navržené úspory. Úspora na výrobu jedné parkovací palety je

1920,- Kč

což při výrobě pro jeden automatický parkovací systém pro 149 automobilů - jen v případě této parkovací palety - představuje

286 080,- Kč

## **12. Závěr**

Ekonomicko-technické hodnocení bylo zaměřeno na výrobu palety a případné úspory. Z hodnot dodaných zadavatelem a vlastního výpočtu jsem si ověřil, že úspory na celém automatickém parkovacím systému jsou z ekonomického hlediska významné. Toto hodnocení v rámci celého parkovacího objektu se dá aplikovat i na jiné části technologie – např. výroba výtahu, výroba otočného mechanismu, ocelové konstrukce atd. V praxi se však počítá s výstavbou dalších parkovacích systémů, což znamená možnou úsporu ve větším měřítku, než jsem zde uvedl.

## Seznam použitých označení

Značka	Veličina	Jednotka
<i>T</i>	<i>Teplota</i>	[°C]
<i>U</i>	<i>Napětí</i>	[V]
<i>I</i>	<i>Proud</i>	[A]
<i>W</i>	<i>Práce</i>	[J]
<i>F</i>	<i>Síla</i>	[N]
<i>Re</i>	<i>Mez kluzu</i>	[MPa]
<i>Rm</i>	<i>Pevnost v tahu</i>	[MPa]
<i>m</i>	<i>Hmotnost</i>	[kg]
<i>R</i>	<i>Poloměr</i>	[mm]
$\varnothing$	<i>Průměr</i>	[mm]
<i>p</i>	<i>Cena materiálu</i>	[Kč/kg]
<i>s</i>	<i>Cena normohodiny</i>	[Kč/hod.]
<i>t</i>	<i>Čas</i>	[hod.]
<i>nm</i>	<i>Náklady na materiál</i>	[Kč]
<i>ns</i>	<i>Náklady na svařování</i>	[Kč]
<i>n</i>	<i>Náklady na rám palety</i>	[Kč]
<i>Tk</i>	<i>Čas pracovní</i>	[min]
<i>Tp</i>	<i>Čas přípravný</i>	[min]
<i>Z</i>	<i>Celkový součet nákladů</i>	[Kč]
<i>pp</i>	<i>Cena pojezdu palety</i>	[Kč]
<i>bv</i>	<i>Cena bočního vedení palety</i>	[Kč]
<i>sm</i>	<i>Cena montážní normohodiny</i>	[Kč]
<i>tm</i>	<i>Montážní čas</i>	[hod.]
<i>cm</i>	<i>Cena montáže</i>	[Kč]
<i>zd</i>	<i>Cena zinkování</i>	[Kč]
<i>zv</i>	<i>Cena vibrace</i>	[Kč]
<i>un1</i>	<i>Úspora nákladů 1</i>	[Kč]
<i>un2</i>	<i>Úspora nákladů 2</i>	[Kč]
<i>Zun</i>	<i>Celkový součet nákladů s úsporami</i>	[Kč]

## Seznam použité literatury

- [1] OSMÍK Jiří. **Návrh svařovacího přípravku pro pojízdný vozík**, Bakalářská práce, Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie, 2004, 42 s.
- [2] KOLEKTIV AUTORŮ. **Materiály a jejich svařitelnost**, 1.vyd., ZEROSS, Ostrava 1999, 296 s., ISBN 80-85771-63-2
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. **Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení**, 1.vyd., ZEROSS, Ostrava 1999, 249 s., ISBN 80-85771-70-5
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ. **Výroba a aplikované inženýrství ve svařování**, 1.vyd., ZEROSS, Ostrava 2000, 213 s., ISBN 80-85771-72-1
- [5] TPK, Technické výpočty. **Výpočet parkovací palety**, V-024/10, ŽŽDAS, a.s., Žďár nad Sázavou 2011, 6 s.
- [6] Kubíček Jaroslav. **Žárové nástřiky – metody a materiály používané při výrobě bezpečných výrobků**, prezentace Microsoft PowerPoint, VUT FSI Brno, 79 s.
- [7] Firemní podklady firmy **KLAUS** (<http://www.klausparking.com>).
- [8] Firemní podklady firmy **WÖHR** (<http://www.woehr.de>).
- [9] Firemní podklady firmy **KRENOTECH** (<http://www.krenotech.cz>).
- [10] Firemní podklady firmy **LOGIPARK** (<http://www.logipark.cz>).
- [11] Firemní podklady firmy **TARANIS INVEST** (<http://www.taranisinvest.com>).
- [12] Firemní podklady firmy **EASYPARKING** (<http://www.easyparking.cz>).
- [13] Firemní podklady firmy **KOMA-Industry s.r.o.** (<http://www.komaparking.cz>).