



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ HAL

PRODUCTION OF STEEL STRUCTURES OF HALLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Ondráček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Pavel Ondráček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok: 2017/18

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 bakalářské práce:

Výroba ocelových konstrukcí hal

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Projektová studie zabývající se výrobou haly od zakázky až po realizaci na pozemku zákazníka.

Cíle bakalářské práce:

- Typy nosných konstrukcí pro haly
- Požadavky zákazníka
- Konstruktivně technologický projekt
- Výroba jednotlivých dílů konstrukce
- Montáž celku u zákazníka
- Cenová kalkulace

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstruktivní oceli. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

SAMEK, Radko, Zdeněk LIDMILA a Eva Šmehlíková. Speciální technologie tváření, 2. část. Brno: CERM, s. r. o., 2011. 163 s. ISBN 987-80-214-4406-5.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-21-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

ONDŘÁČEK Pavel: Výroba ocelových konstrukcí hal

Bakalářská práce uceleným způsobem pojednává o výrobě ocelových konstrukcí hal. V úvodní kapitole seznamuje s výhodami a nevýhodami ocelových konstrukcí, jejich základním rozdělením, jednotlivými typy konstrukcí a jejími částmi. V dalších kapitolách pak uvádí jednotlivé fáze výroby ocelových konstrukcí hal od počátečního návrhu a jednání s investorem přes přípravu výroby, samotnou výrobu až po konečnou montáž. U výrobního procesu jsou popsány možné varianty používaných metod. Popis postupu montáže je doplněn o nejčastější prvky opláštění hal. V praktické části je popsána výroba a montáž konkrétní ocelové konstrukce ve vybraném výrobním závodě. Součástí je též problematika rozpočtování s uvedením jednotlivých položek, majících vliv na konečnou cenu zakázky.

Klíčová slova

Hala, návrh konstrukce, ocelová konstrukce, dělení materiálu, svařování, tryskání, povrchová úprava kovů, montáž, rozpočet.

ABSTRAKT

ONDŘÁČEK Pavel: Production of steel constructions of halls

Bachelor thesis deals with the production of steel constructions of halls in a complex way. The introductory chapter introduces the advantages and disadvantages of steel constructions, their basic distribution, individual types of constructions and their parts. The following chapters describe the individual phase production of steel constructions of halls, from initial design and negotiations with the investor, through preparation of production, production itself, to final assembly. In the production process are described possible variants of the methods used. Description of the assembly procedure is complemented by the most common cover elements of the hall. The practical part describes the production and installation of a specific steel construction in a selected production plant. The part of the bachelor's thesis is also the issue of budgeting with indication the individual items that affect the final price of the contract.

Keywords

Hall, design of the structure, steel construction, material division, welding, blasting, surface treatment of metals, assembly, budget.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ONDŘÁČEK, P. Výroba ocelových konstrukcí hal. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 68 s. 23 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci na téma **Výroba ocelových konstrukcí hal** jsem vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V dne

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

Dále děkuji firmě Unicon, spol. s.r.o., jmenovitě jednateři panu Ing. Jiřímu Jakobovi a vedoucímu výroby ocelových konstrukcí panu Lukáši Špačkovi za projevenou ochotu a umožnění realizace praktické části bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT.....	5
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ.....	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 TYPY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ HAL A JEJICH PRVKY	11
1.1 Rozdělení hal	12
1.2 Dispoziční uspořádání.....	13
1.3 Hlavní části ocelové konstrukce	14
1.4 Části primární (hlavní) nosné konstrukce	15
1.5 Konstrukce sekundární	17
2 POPTÁVKOVÉ ŘÍZENÍ.....	19
2.1 Požadavky zákazníka (investora)	19
2.2 Projektová dokumentace	20
2.3 Třídy provedení ocelové konstrukce	21
2.4 Oprávnění k provádění ocelových konstrukcí	22
3 PŘÍPRAVA VÝROBY	23
3.1 Výrobní a dílenská dokumentace	23
3.2 Materiál a jeho nákup.....	23
4 VÝROBA DÍLCŮ KONSTRUKCE A MONTÁŽ.....	27
4.1 Dělení materiálu	27
4.2 Zhotovení děr	29
4.3 Svarové úkosy.....	29
4.4 Svařování	30
4.5 Rozsah kontrol a jejich specifikace	30
4.6 Povrchová úprava	32
4.7 Transport	35
4.8 Montáž a její příprava.....	36
4.9 Opláštění (dodávka a montáž).....	40
5 VÝROBA KONKRÉTNÍ KONSTRUKCE VE ZVOLENÉM VÝROBNÍM ZÁVODĚ43	
5.1 Technický popis	43
5.2 Postup výroby.....	44
6 ROZPOČET A TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	48
6.1 Cenová nabídka – rozpočet	48

6.2	Struktura rozpočtu	48
6.3	Položky rozpočtu - kalkulace konečné ceny	49
7	DISKUZE.....	53
7.1	Optimalizace nákladů na výrobu ocelové konstrukce.....	53
7.2	Použití konstrukce příhradové, nebo konstrukce z plnostěnných prvků	53
7.3	Volba povrchové úpravy.....	53
7.4	Normy a jejich změny	54
7.5	Modernizace výroby.....	54
	ZÁVĚRY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	65
	SLOVNÍČEK POJMŮ	67
	SEZNAM PŘÍLOH	68

ÚVOD

Výroba ocelových konstrukcí má v České republice dlouhou tradici. Nový impulz v oblasti ocelových konstrukcí halových objektů nastal s rozvojem průmyslových zón na konci 90. let minulého století a na počátku nového tisíciletí v reakci na příliv zahraničního kapitálu a investičních pobídek. Halové objekty s ocelovým nosným skeletem se staly standardním, rychlým a levným řešením potřeb investorů a tento trend pokračuje do současné doby. Objem vyrobených ocelových konstrukcí koresponduje se stavem ekonomiky a v současné době ekonomického růstu je o tyto objekty trvalý zájem.

Z historického hlediska je možno považovat za počátky těchto staveb v zemědělských objektech sloužících pro uskladnění sklizně a ustájení dobytka. S rozmachem průmyslu nastala i potřeba velkých staveb pro průmyslovou výrobu. Dřevo postupně nahradilo zdivo s ocelovými konstrukčními prvky. Tyto objekty byly povětšinou netypizované stavby s dlouhou plánovanou životností. Jejich stavba byla nákladnější a časově náročnější, než je tomu u dnes stavěných hal. Rychlý růst průmyslových a nákupních zón současnosti charakterizují stavby jednoduché rámové, nebo příhradové ocelové konstrukce, kterým jsou konkurentem stavby s konstrukcí železobetonovou. Stavba je v závislosti na velikosti otázkou několika měsíců a to od návrhu po konečnou montáž. Rychlost stavby je též umožněna díky novým unifikovaným prvkům a rychlejšími technologiemi výroby a to jak v projektování, výrobě, tak i montáži. Řadu objektů sloužících ke stejnému účelu lze též typizovat. Z architektonického hlediska nejsou tyto stejně stroze vyhlížející stavby nijak výjimečné, ale z uživatelského hlediska se jedná o ideální stavby s minimalizovanými náklady na jejich stavbu.

Výrobou ocelových konstrukcí hal se dnes zabývá velká řada specializovaných firem. Generální dodavatelé nabízející stavbu haly „na klíč“, výrobci ocelových konstrukcí, menší subdodavatelské firmy. Rozsah nabízených služeb je individuální podle možnosti jednotlivých firem. Jedním z kritérií možného rozlišení velikosti výroby je roční objem výroby v tunách. Dalšími může být například největší rozměry a hmotnost vyrobitelných dílů konstrukce, komplexnost výroby, roční obrát a v neposlední řadě tradice firmy. Provozy větších firem jsou vybaveny moderními výrobními stroji, užívající moderní výrobní metody a výpočetní techniku. Řada procesů je automatizována. Průvodcem procesem výroby ocelových konstrukcí by měla sloužit i tato bakalářská práce, zpracovaná do detailů v rámci možností daných rozsahem bakalářské práce.

1 TYPY NOSNÝCH KONSTRUKCÍ HAL A JEJICH PRVKY

Definice haly dle vyhlášky 441/2013 Sb. § 12 Budova a hala

„(1) Jako budova se oceňuje stavba, kterou nelze zařadit podle účelu jejího užití mezi stavby oceňované podle § 13 až 22. Pokud je budova stavbou, jejíž zastavěná plocha činí nejméně 150 m², o jednom nebo více podlažích, ve kterých souhrn jednotlivých volných vnitřních prostorů vymezených svislými konstrukcemi, podlahou a spodním lícem stropních nebo nosných střešních konstrukcí, o velikosti každého prostoru nejméně 400 m³, činí více než dvě třetiny obestavěného prostoru stavby, je považována za halu; za svislé konstrukce vymezující vnitřní volné prostory se nepovažují vnitřní samostatné podpěrné tyčové prvky, jako jsou zejména sloupy a pilíře, a svislé konstrukce nedosahující výšky 1,7 m“ [2].

Výhody ocelové konstrukce hal

Ocel díky své velké pevnosti umožňuje překonávat značné rozpětí a přenášet velká zatížení. Tyto vlastnosti se uplatňují zejména při výstavbě velkorozměrových výrobních hal. Ve srovnání s konstrukcí železobetonovou jsou ocelové konstrukce stejné velikosti lehčí, což znamená menší stálé zatížení do základů a podloží, projevující se sníženými nároky na zakládání. Lehčí konstrukce je také výhodnější při přepravě a montáži [1, 4].

Výhodou pro investora je rychlost výstavby. Proti zděným a betonovým stavbám se doba od zahájení stavby po její uvedení do provozu pohybuje (v závislosti na velikosti) pouze v měsících. Tím je umožněno stavbu podnikatelsky využívat ve velmi krátkém čase [1].

Při samotné montáži není třeba velké staveniště a skladování materiálu. Hluk a prašnost je minimální. Díly je možné sestavovat i přímo z přepravního prostředku. Díly pro svoji nižší hmotnost používají montážní techniku o nižší nosnosti, než je tomu u železobetonu. Kromě betonáže základů není další plynulost stavby ovlivňována tolik zimním počasím jako u technologií využívající mokré procesy [24].

Další výhodou je velká variabilita, je možno kombinovat prvky konstrukce o různém typu a jakosti materiálu. Je například možné, že části konstrukce jsou plnostěnné a jiné části příhradové, to vše v kombinaci s tenkostěnnými prvky sekundární konstrukce [6]. Kombinovat lze i jakosti oceli. Konstrukce je z oceli běžné jakosti S235 a pouze na určité díly lze použít ocel o vyšší pevnosti S355. To je opět výhodné i ekonomicky, protože celá konstrukce z oceli o vyšší kvalitě by byla dražší. Kombinovat s ocelovou konstrukcí je možné i jiné druhy materiálů – ocelobetonové prvky, ocel – dřevo, ocel – sklo [6].

Ocelová konstrukce umožňuje snadné pozdější úpravy stávající konstrukce, výměny některých dílů, připojení dalších částí konstrukce při rozšiřování haly o přístavky, napojení prodloužení haly [9]. Konstrukci tak lze upravit podle nových požadavků a dále ji využívat. Konstrukci je možné i demontovat a převést na jiné místo [24]. Tím není například po ukončení výroby hala určena k demolici a má stále určitou tržní hodnotu.

Ekologická stránka – ocelová konstrukce je recyklovatelná, ocel putuje do ocelárny a znovu se zpracuje na nový ocelový výrobek. Oproti betonovým je to materiál mnohem šetrnější k životnímu prostředí.

Ocelová konstrukce opatřená povrchovou úpravou s dlouhou životností pozinkováním je to konstrukce takřka bezúdržbová. Snadná je instalace rozvodů na konstrukci, zavěšení technologií, prostup technologií konstrukcí.

Ve srovnání s železobetonovou konstrukcí je výsledná cena ocelové konstrukce nižší. K tomu přispívají všechny výše zmíněné výhody. Ve srovnání se zděnou halou je ocelová montovaná hala výhodnější nad 200 m² zastavěné plochy. S rostoucí zastavěnou plochou

klesají jednotkové nákupní ceny materiálu, klesá cena na jednotku plochy projekčních prací a administrativních záležitostí [1].

Nevýhody ocelových konstrukcí

Ocelová konstrukce má i své nevýhody. Jednou z nich je koroze. Povrch ocelových konstrukcí je třeba chránit proti korozi antikorozní povrchovou úpravou pomocí nátěrových hmot, nebo zinkováním. V průběhu životnosti konstrukce je nutné antikorozní ochranu obnovovat v závislosti na agresivitě prostředí a odolnosti povrchové úpravy.

Další jejich nevýhodou je nižší požární odolnost, než je tomu u betonových konstrukcí. Ve většině případů vyhovuje ocelová konstrukce na požární odolnost R15 (15 minut), silnější prvky až R30 [4, 24]. Ovšem při vyšších požadavcích na požární odolnost je nutné opatřit ocelovou konstrukci pasivní ochranou [1]. Řešením je také kombinace s betonem, například vylití betonem vnitřní prostor ocelových sloupů. Tato dodatečná nákladná opatření výrazně snižují cenovou výhodnost ocelové konstrukce proti betonové.

Konstrukce objektů hal je v současnosti nejčastěji ocelová. Tomuto materiálu konkurují konstrukce železobetonové a konstrukce dřevěné. Dřevo (lepené a příhradové vazníky) je využíváno zejména u objektů sportovních hal nebo v zemědělství. Zbývající dvě možnosti jsou využitelné pro většinu halových objektů a jejich výhody a nevýhody jsou předmětem posouzení u každého konkrétního objektu.

1.1 Rozdělení hal

Rozdělení hal podle projekční a výrobní náročnosti [7]:

- haly standardní (typové, nebo hromadně vyráběné) – haly předem daných rozměrů a typu konstrukce jsou levnější, ale hůře přizpůsobitelné konkrétnímu provozu;
- haly na objednávku (individuálně projektované) – navrhovány pro splnění konkrétních požadavků, přizpůsobeny konkrétnímu provozu. Konstrukce navržena pouze pro danou stavbu.

Rozdělení hal podle konstrukce [11]:

- průmyslové haly s jeřáby (konstrukce jsou masivnější, s konstrukcí uzpůsobenou pro instalaci a provoz jeřábu o určité nosnosti);
- lehké haly bez jeřábů (konstrukce jsou lehčí a jednodušší, některé části mohou být z tenkostěnných profilů).

1.1.1 Rozdělení hal dle jejich účelu

Haly pro průmyslovou výrobu – jsou stavěny nejčastěji v průmyslových zónách. Slouží jako prostory pro výrobu a montáž. Jsou to haly zpravidla velkoprostorové s důrazem na využití vnitřního prostoru [9]. Haly jsou zateplené, předpokladem je stálá přítomnost zaměstnanců. Klade se důraz na osvětlení přirozeným světlem. Za tím účelem jsou tyto haly osazeny světlíky ve střešním plášti a prosvětlovacími pásy, nebo okny ve stěnovém plášti. Světlíky zajišťují i ventilaci pomocí otvíravých větracích klapek. Haly často také obsahují jeřábovou dráhu pro mostové jeřáby různé nosnosti, používané k manipulaci s těžkými břemeny. Průmyslové haly jsou také často osazeny sekčními vraty s integrovanými dveřmi a prosklením ovládané dálkově pro častou manipulaci s materiálem a pohyb osob. Zázemí pro zaměstnance a jako administrativní prostory zpravidla slouží část haly – administrativní vestavek. Nosná ocelová konstrukce s opláštěním sendvičovými panely vyzdění stěn a příček, nebo je vestavek kompletně přistavěn k ocelové hale jako zděný [21].

Skladové průmyslové haly – jsou určeny pro skladování nejrozličnějšího druhu zboží, nebo materiálu. Tyto objekty mohou být i nezateplené, nebo naopak tepelně izolované pro chladírenské provozy. Pro skladování se využívá také výška haly, proto je osvětlení často řešeno střešními světlíky. Pro příjem a expedici zboží, nebo materiálu, slouží sekční vrata potřebné velikosti a o potřebném počtu [34].

Zemědělské stavby – sloužící pro moderní chovné provozy, skladovací haly zemědělských plodin a mechanizace. Pro chovné provozy jsou konstrukce hal uzpůsobené pro daný typ chovu s konstrukčními prvky umožňující co nejlepší přirozenou cirkulaci vzduchu a možnost její regulace. Časté jsou také konstrukce pro zavěšení technologií. Požadavky na tyto provozy jsou regulovány hygienickými normami. V chovných provozech jsou kladeny větší nároky na povrchové úpravy konstrukce pro agresivnější prostředí, na opláštění s požadavky například na omyvatelnost tlakovou vodou. Opláštění jsou od zateplených hal drůbežáren přes nezateplené sklady, seníky, stáje, až po vzdušné ustájení hospodářských zvířat s opláštěním stěn stahovací plachtou.

Nákupní a prodejní centra – se nejčastěji vyznačují nižší výškou a velkou podlahovou plochou. Opláštění zateplené, stěny sendvičovými panely, střechy ploché se skládaným pláštěm. Pro prosvětlení prodejních ploch jsou stěny prosvětleny zasklenými plochami a střešními světlíky. Důraz je kladen i na estetiku stavby, různé doplňky, držáky reklamních panelů.

Logistická centra – jsou podobné prodejním centrům velkou podlahovou plochou, ale vnitřní prostor se zvyšuje zvětšením výšky haly. Haly jsou uzpůsobeny pro vysoce objemové skladování a expedici zboží [21]. Jejich účelem je pojmout co největší objem uskladněného zboží. Dochází zde k častým manipulacím při uskladňování a vyskladňování zboží, proto je vyžadován velký prostor bez příček s minimem podpěr. Část haly je zpravidla určen k administrativním účelům. Prosvětlení takto rozsáhlých hal je převážně střešními světlíky. K zateplenému opláštění se užívají sendvičové panely. Důležitou částí je větší množství vrat s nakládacími můstky, umožňující odbavovat více nákladních automobilů současně.

Sportovní haly – mají konstrukce uzpůsobeny pro daný typ sportu. Pro větší mechanickou odolnost stěn je časté jejich vyzdění. Sloupy jsou v těchto stěnách skryty z důvodu bezpečnosti při sportovních činnostech. Oproti montovaným halám jsou to atypické stavby s důrazem na co největší rozpon a co největší výšku. Vnitřní prostor musí být bez vnitřních podpěrných konstrukcí. Rámové konstrukce se více vyskytují u hal pro míčové hry a příhradové například u zimních stadionů. Další možností jsou obloukové konstrukce s lehkou a pevnou kostrou umožňující rychlé sestavení, o šířkách 18, 21, 25 až 42 m, libovolných délek, s výškou 7–12 m. U sportovních hal jsou kladeny nároky i na vzhled konstrukce a provedení povrchové úpravy. Zvláštní požadavky jsou také na osvětlení haly. K přirozenému osvětlení je nevhodné užívání světlíků, vhodnější je prosvětlení bočními prosvětlovacími pásy [9, 21].

1.2 Dispoziční uspořádání

Haly jsou účelně projektované prostory s dispozičním uspořádáním, odpovídajícím jejich využití. Musí vyhovovat provozním požadavkům, výrobním procesům, materiálovým tokům výroby a přáním investora [9].

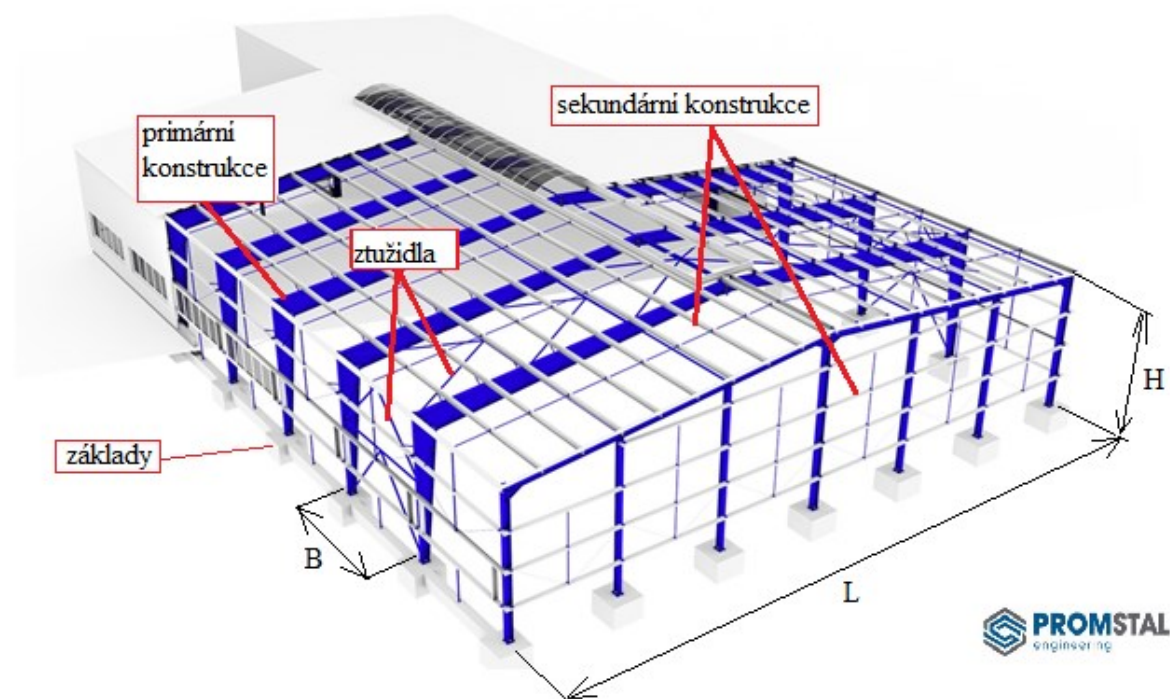
Rozdělení hal podle počtu podlaží [12]:

- jednopodlažní,
- vícepodlažní.

Rozdělení hal podle počtu lodí [13]:

- jednolodní,
- vícelodní.

Lod' je část halového objektu vymezený dvěma souběžnými řadami sloupů ocelové konstrukce. Lod' se dále dělí na pole tvořené dvojicemi protilehlých sloupů [11]. Lodě mohou být o stejné výšce, nebo vůči sobě různě výškově odstupňovány. Lodě mohou být na sebe i kolmé.



Obr. 1.1 Hlavní části ocelové konstrukce haly [8].

Půdorysné dispoziční uspořádání haly – sloupy ocelové konstrukce jsou umístěny v průsečících sítě, kterou tvoří vztažné přímky dané v příčném směru rozpětím haly (L) a roztečí sloupů (B) ve směru podélném (viz obr. 1.1) [23]. V souvislosti s roztečí sloupů se lze setkat s členěním konstrukce na tzv. „moduly“. Velikost modulu je vzájemná vzdálenost jednotlivých rámců konstrukce. Např. modul 5 m znamená, že jednotlivé rámy konstrukce jsou od sebe vzdáleny pravidelně vždy o tuto vzdálenost 5 m. Příslušným počtem modulů je tvořena celková délka haly.

Příčné dispoziční uspořádání haly – výškové kóty haly se vztahují k základní rovině $\pm 0,0$ m zpravidla zvolené v úrovni podlahy. Světlá výška haly (H) je rozměr od základní roviny po dolní plochu vazníku, udává vnitřní využitelnou výšku haly [11, 23].

1.3 Hlavní části ocelové konstrukce

Ocelová konstrukce haly je složitá prostorová soustava skládající se z jednotlivých nosných prvků a dílů spojovaných montovanými spoji v jeden celek (obr. 1.1) [25].

Základní členění ocelové konstrukce [21]:

- primární nosnou (hlavní) ocelovou konstrukci,
- sekundární nosnou (pomocnou) ocelovou konstrukci.

Členění při statickém výpočtu [25]:

- příčný nosný systém,
- podélný nosný systém.

Hlavní konstrukční celky nosného systému jednopodlažní haly [11, 29]:

- konstrukce střechy (vazníky, průvlaky, vaznice),
- hlavní sloupy budovy s kotvením,
- jeřábové dráhy,
- konstrukce obvodových stěn,
- ztužidla (střešní a stěnová ztužidla, brzdny portál),
- doplňkové konstrukce (plošiny, schodiště, světlíky, žebříky, lávky apod.).

Typy ocelových konstrukcí hal:

- Rámová ocelová konstrukce – skládá se z rámů spojovaných šroubovými spoji, nebo u větších rozpětí jsou nosníky svařované. Ocelové rámy jsou tvořeny z ocelových nosných sloupů, ocelových příčlů a ocelových náběhů, které v rozích a v hřebeni zpevňující spojení sloupů a střešních příčlů. Podélně jsou rámy spojeny ztužícími prvky. Výhodou je velká světlá výška, jednoduchá výroba a menší nároky na velikost základových patek [1, 25, 28].
- Příhradová ocelová konstrukce – je lehčí s vysokou pevností. Nevýhodou je vyšší pracnost výroby, vyšší cena polotovarů (při použití uzavřených profilů), tato konstrukce zabírá v hale větší prostor, do základů jsou přenášeny větší tlaky. Sloupy ocelové konstrukce jsou vetknuté. Dnes se užívají méně, než konstrukce rámové, především díky vyšší celkové ceně [28, 30].

1.4 Části primární (hlavní) nosné konstrukce

Primární konstrukce tvoří hlavní skelet, který přenáší zatížení (stálé, klimatické a užité) do základů budovy [21]. Těmto zatížením musí odolávat bez ztráty její stability, porušení, nebo nepřipustných deformací [31]. Je tvořena prvky střešní konstrukce (průvlaky, vazníky) a sloupy, které mohou být doplněny jeřábovou dráhou.

1.4.1 Průvlaky

Jsou vodorovné nosníky sloužící jako opora pro mezilehlé vazníky (obr. 1.2). Roznáší zatížení od mezilehlého vazníku na sloupy v podélných řadách. Užívá se například tam, kde je z technologických důvodů nutno vynechat sloup rámu konstrukce (vrata, technologie, napojení haly) [11].

1.4.2 Vazníky

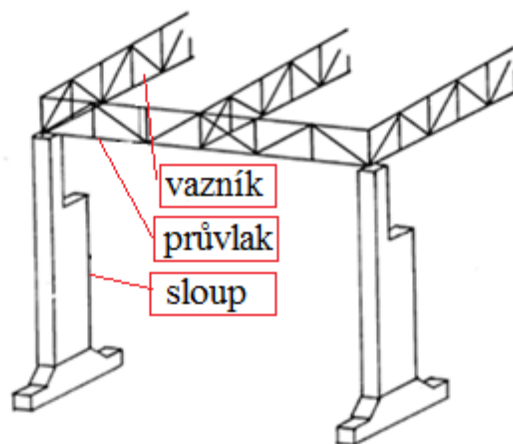
Tvoří vazníkovou soustavu střešní konstrukce skládající se z jednotlivých vazníků – nosníkových prvků uložených na sloupy. Tvoří s nimi příčné vazby. Mezilehlé vazníky jsou uloženy na průvlaky. Tvar vazníků je závislý na tvaru střechy a typ na velikosti rozpětí haly, nebo na požadované světlé výšce haly (příhradové zabírají více místa a snižují tak využitelný

prostor). Uložení vazníků na sloupy může být buď kloubové (viz obr 1.2), kdy vazník je uložen na sloupu (uložení je fixováno), nebo je součástí rámu jako rámová příčel spojena montážním spojem (šroubovaným) se sloupem v rámovém rohu [13].

Podle tvaru střechy mohou být vazníky: přímopasové, pultové, sedlové, lomené, obloukové.

Typy soustav ocelových vazníků (podrobněji v příloze 1) [11, 89]:

- plnostěnné (s prolamovanou stojinou, složené průřezy),
- příhradové vazníky (rovinné, girlandové, sedlové).



Obr. 1.2 Vazník, průvlak, sloup [13].

1.4.3 Sloupy

Jsou svislé prvky hlavní nosné konstrukce (podrobněji v příloze 2). Rozdělení sloupů podle konstrukčního provedení [11, 47]:

- plnostěnné
 - s konstantním průřezem (válcované profily tvaru I, U, L),
 - s proměnným průřezem (svařované profily tvaru I),
- příhradové
 - s konstantním průřezem,
 - s proměnným průřezem.

Rozdělení sloupů podle uložení na základ:

- kloubově uložené sloupy,
- sloupy vetknuté.

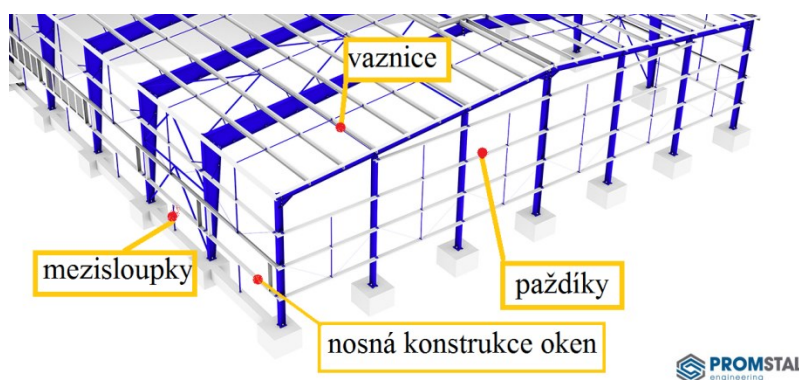
1.4.4 Jeřábová dráha

Je skupina konstrukčních prvků ocelové konstrukce speciálně určených pro provoz jeřábů (podrobně viz příloha 3). Hlavní částí jsou nosníky jeřábové dráhy, kolejnice, koncové nárazníky a narážky. Mezi doplňkové konstrukce jeřábové dráhy patří lávky, žebříky, plošiny, schodiště, zábradlí, nebo konzole pro trolejové vedení [12]. Nejčastěji používané jeřáby jsou jeřáby mostové [11]. Ty se dále dělí podle provedení na klasické a podvěsné mostové jeřáby [14].

1.5 Konstrukce sekundární

Pomocná konstrukce tvořená z paždíků, mezloupek a vaznic (zobrazeno na obr. 1.8). Slouží jako podpěrná konstrukce vynášející stěnový a střešní plášť. K sekundární konstrukci náleží také prvky tvořící výměny pro vrata, okna, dveře, světlíky a jiné výplně opláštění.

Tyto prvky jsou vyráběny z válcovaných profilů z oceli S 235, nebo jako tenkostěnné profily z oceli třídy S 450. Tenkostěnné profily umožňují návrh lehkých a štíhlých konstrukcí. Vzhledem k nutnosti speciálních výrobních strojů a linek k jejich výrobě jsou jako systémové řešení dodávány na trh několika firmami (např. Lindab, Voestalpine – vaznice Metsec, Kovové profily a jiné) [26]. Podrobně o prvcích sekundární konstrukce v příloze 4.

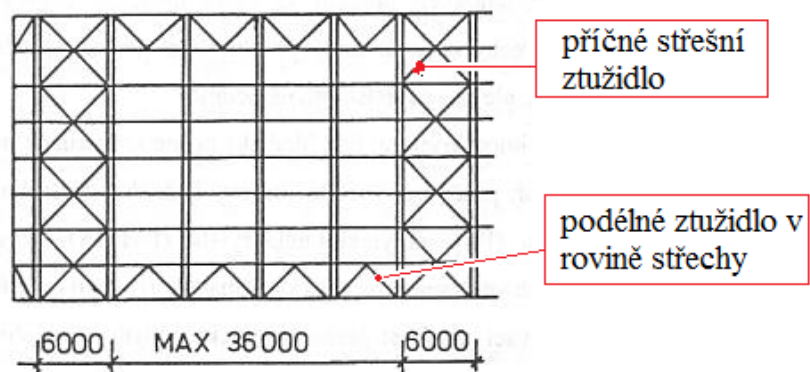


Obr.1.8 Prvky sekundární konstrukce [8].

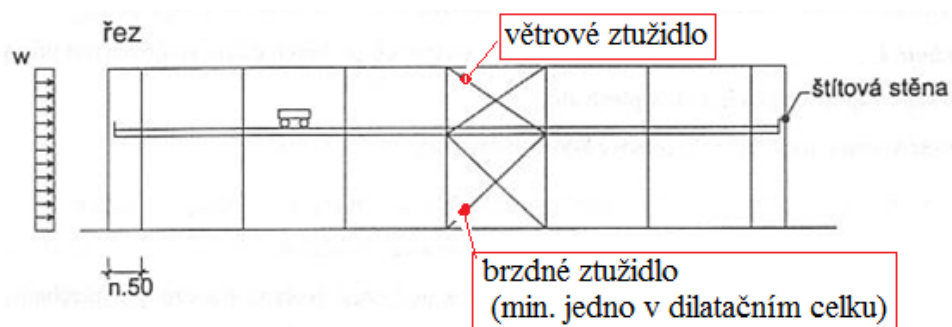
Ztužidla (zavětrování) – prvky konstrukce sloužící k zajištění prostorové tuhosti konstrukce haly, jak v období jejího provozu, tak v době její výstavby. Jsou důležitou součástí každého konstrukčního systému (zobrazeny na obr. 1.12 a obr. 1.13). Ztužidla přenášejí silové účinky a zabezpečují spolupůsobení hlavních nosných dílců. Zajišťují tvarovou a geometrickou stálost konstrukce, zabezpečují tvarovou neměnnost soustavy rovinné, nebo prostorové. U prvků tlačných zabezpečují tyto prvky proti vybočení. Při montáži zajišťují polohu jednotlivých dílců [25]. Podrobně příloha 5.

Rozdělení ztužidel [11, 12]:

- střešní ztužidla:
 - příčné (větrové) ztužidlo,
 - podélné (okapové) ztužidlo,
 - podélné svislé ztužidlo,
- stěnová ztužidla:
 - podélné ztužidlo (u jeřábových drah rozděleno na brzděné a zavětrovací).



Obr.1.12 Příčná a podélná ztužidla v rovině střechy [11].



Obr. 1.13 Svislé ztužidlo stěn haly s jeřáby [11].

2 POPTÁVKOVÉ ŘÍZENÍ

Obchodní oddělení výrobce ocelových konstrukcí má za úkol zajišťovat dostatek zakázek pro výrobu a přímou komunikaci se zákazníkem. Vhodně zvolenou obchodní strategií zakázky aktivně vyhledává, nebo je oslovována zákazníky (investory stavby) poptávkou. Tato poptávka může být v různé fázi přípravy stavby (projektové dokumentace).

2.1 Požadavky zákazníka (investora)

- 1) V počáteční fázi může být pouze informativní, investor zjišťuje cenu takové stavby, zná požadované rozměry a účel stavby bez konkrétního návrhu řešení a data realizace. K tomu účelu vytvořili někteří výrobci ocelových konstrukcí na svých webových stránkách kalkulátory, kde po zadání vstupních údajů získá investor představu o ceně jím specifikované stavby. Výrobci, kteří tyto kalkulátory nevlastní, mohou cenu odhadnout podle podobných již realizovaných akcí. Taková cenová kalkulace je pouze informativní a může sloužit investorovi například k zvážení realizace stavby, nebo k porovnání varianty řešení ocelovou konstrukcí s jinými alternativami (např. železobetonovou konstrukcí). Výhodou osobního kontaktu s investorem v této fázi je možnost navrhnout možná řešení a také získání informací o zamýšlené stavbě.
- 2) Poptávka výroby ocelové konstrukce haly bez vlastního projektového návrhu ocelové konstrukce. Investor ve spolupráci s projektantem celé stavby v poptávce poskytuje výrobcí ocelových konstrukcí informace pro vytvoření technického řešení ocelové konstrukce. Firemní nebo externí statik dle získaných informací navrhuje ocelovou konstrukci haly, podložené statickými výpočty. Návrh je možné zpracovat v několika variantách. Návrh závisí do značné míry na schopnostech a zkušenostech statika. Cílem je navrhnout konstrukci vyhovující platným normám splňující požadavky investora, výrobně vhodnou pro zhotovitele a zároveň o co nejnižší hmotnosti. V rozpočtu představuje cena hutního materiálu majoritní položku, každá úspora hmotnosti tak dělá takovou cenovou nabídku více konkurenceschopnou. Takto zpracovaný projekt (zjednodušený) je podkladem pro vytvoření cenové nabídky, nebo může sloužit jako součást projektu pro stavební povolení.
- 3) Investor má již vypracovaný projekt ocelové konstrukce vlastním statikem a poptává výrobu (výrobu a montáž) ocelové konstrukce. Poskytuje všem výrobcům stejné podklady (vycházející z jednoho statického návrhu) k vypracování cenové nabídky výběrového řízení dodavatele ocelové konstrukce. Pro investora je tato možnost výhodná z hlediska porovnání cenových nabídek – položky cenové nabídky jsou shodné. Dále je výhodou, že komunikuje své požadavky pouze s jím zvoleným statikem nebo projektantem. Projekt je tak možné připravit před výběrovým řízením na dodavatele. Nevýhodou je, že nemá možnost získat více možných řešení od jednotlivých výrobců ocelových konstrukcí. Tato rozdílná řešení konstrukce vycházejí ze zkušeností jednotlivých výrobců s daným typem stavby, používání vlastních typizovaných a standardizovaných dílů, nebo používání výrobků odlišných výrobců, než určených projektem investora. To v převážné většině případů vede k získání nižší pořizovací ceny stavby. Rozsah poptávky je možný v mnoha variantách: od výroby určité části konstrukce přes výrobu a montáž ocelové konstrukce až po stavbu haly „na klíč“. Komplexnost poptávky a následné realizace je dána požadavkem investora a možnostmi dodavatele.

2.2 Projektová dokumentace

Projekt ocelové konstrukce je součástí projektové dokumentace celé stavby. Projektová dokumentace a rozsah jejího zpracování je ve více úrovních (fázích) projektové přípravy stavby. U úrovní uvedených ve vyhlášce č. 499/2006 Sb. se požadavky na obsah řídí touto vyhláškou (podrobnější popis úrovní v příloze 6) [36]:

- dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR),
- dokumentace pro stavební povolení (DSP),
- dokumentace pro provádění stavby (DPS),
- dokumentace pro zadání stavby (DZS),
- výrobní a dílenská dokumentace,
- dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS).

2.2.1 Projekt ocelové konstrukce haly

Zjednodušená forma projektu s vytvořením návrhu technického řešení ocelové konstrukce je např. dokumentace pro stavební povolení (DSP), nebo dokumentace pro provádění stavby (DPS). Pro jejich vytvoření je třeba znát všechny potřebné údaje a specifikace (viz odstavec: Informace důležité pro statický návrh konstrukce). Je stanoven typ konstrukce a typ jejích částí, rozložení jednotlivých rámců, určeno opláštění haly [5]. Obsahuje statický výpočet, technickou zprávu, výkresovou dokumentaci, orientační výkaz, výměr použitého materiálu, požární řešení. Tato dokumentace slouží také k vytvoření cenové nabídky dodávky a montáže ocelové konstrukce haly. Cílem je navrhnout stavbu haly tak, aby byla bezpečná, plnila svůj účel po celou dobu životnosti a zároveň její pořízení bylo cenově přijatelné [4, 34].

2.2.2 Statika ocelové konstrukce

Součástí projektu ocelové konstrukce je statický výpočet navržené varianty technického řešení ocelové konstrukce, kterým je posouzeno, zda navržená konstrukce vyhovuje stanoveným kritériím [22]. Tyto výpočty může provádět pouze autorizovaný statik na základě platných Eurokódů (zavedeny do soustavy ČSN spolu s národními přílohami) [1].

Statický výpočet se provádí na základě projektu a znalostí dalších vstupních informací potřebných k jeho vytvoření (uvedených níže) [5].

Informace důležité pro návrh konstrukce:

- rozměry haly (šířka, délka, výška) – konstrukce je navrhována podle tvaru a rozměrů haly dané architektonickým návrhem. Tímto návrhem je také dán tvar střechy, její sklon, atiky a jiné architektonické prvky. Mimo haly typizované je možnost tvar a rozměry přizpůsobit individuálním přáním a potřebám investora;
- místo stavby – je důležité pro výpočty zatížení konstrukce sněhem a větrem. Charakteristické hodnoty jsou zjištěny po určení sněhové a větrné oblasti z mapy, zatížení sněhem na zemi a mapy větrných oblastí na území ČR [10]. Sněhová oblast udává, kolik sněhu napadne na 1 m². Větrná oblast má vliv na tlak a sání působících vlivem větru na konstrukci haly. To ovlivňuje i výška haly a její orientace vůči převládajícímu směru větru. Konstrukce musí odolávat i současnému působení obou zatížení [5];
- základové podmínky – tzv. „spodní stavba“ je nedílnou součástí haly. Základové konstrukce musí přenášet veškerá zatížení (síly a tlaky z primární nosné konstrukce).

Při jejich dimenzování je třeba počítat se statickým, tak dynamickým zatížením. Založení stavby je závislé na mnoha faktorech, zejména na geologických poměrech oblasti půdorysu stavby. Je třeba znát fyzikálně mechanické vlastnosti základové půdy a její reakce při zatížení stavbou. Ty jsou závislé na únosnosti podkladu v základové spáře (přechod mezi základem a základovou půdou), výšce hladiny spodních vod, na stejnorodosti podkladních vrstev, hloubce a uložení podkladních vrstev [1, 33];

- požadavky na opláštění objektu – určují, zda se bude jednat o halu zateplenou, nebo nezateplenou. Hmotnost opláštění objektu zatěžuje konstrukci stálým zatížením [11]. Podle druhu opláštění a směru kladení je také třeba navrhnout příslušné konstrukční prvky sekundární konstrukce (vaznice a paždíky) [21];
- jeřábová dráha – jestliže je požadovaná, je nutné konstrukci dimenzovat pro provoz jeřábu v závislosti na požadovaném typu a jeho nosnosti. Sloupy haly konstrukčně přizpůsobit a dimenzovat pro montáž prvků jeřábové dráhy;
- požadavky na požární odolnost konstrukce a opláštění – podle využití objektu (požární zpráva) může být z hlediska požární bezpečnosti požadována požární odolnost konstrukce a opláštění. Uvádí se v minutách a představuje dobu, po kterou konstrukce musí od počátku požáru odolat. Při statickém návrhu to znamená volit takové profily a jejich tloušťky, které budou vyhovovat požadované požární odolnosti [3, 4]. Ocelová konstrukce běžně vyhovuje na požadovanou požární odolnost 15 minut. Pokud je požadována vyšší požární odolnost, je nutné chránit konstrukci podle Eurokódu EN-1993. Tato vyšší požární odolnost (30 minut) je například požadována u dvoupatrových administrativních objektů a jednopodlažních skladů hořlavých materiálů [1]. Větší požární odolnost u zatepleného opláštění může znamenat nutnost použití těžších panelů s jádrem z minerální vaty (větší zatížení konstrukce);
- počet a rozměry oken, dveří, vrat, světlíků – při návrhu sekundární konstrukce připravit výměny pro tyto prvky. Počítat se zatížením konstrukce (např. váha světlíku na střeše) [11, 21];
- administrativní vestavek – je část haly uzpůsobena pro administrativní zázemí společnosti. Je možnost členit tyto prostory do několika mezipater. Ocelová konstrukce administrativního vestavku je navrhována jako součást konstrukce haly [21];
- další informace, podmínky a požadavky, důležité pro statický návrh ocelové konstrukce – např. požadavek na povrchovou úpravu konstrukce zinkováním. Díly ocelové konstrukce musí být navrženy v rozměrech umožňujících zinkování. V případě větších rozměrů dílu, než je max. rozměr pro zinkování, je zinkování obtížné (na dvě ponoření), nebo úplně vyloučené. Možnost členění vnitřního prostoru vnitřními podpěrnými sloupy. Požadavky na konstrukční prvky pro zavěšení technologií atd.

2.3 Třídy provedení ocelové konstrukce

Pro provádění ocelových konstrukcí jsou určeny normy [15]:

- ČSN EN 1090-1+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců,
- ČSN EN 1090-2+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce.

V této normě je také obsažen návod na stanovení tříd provedení. Třidu provedení udávanou stupni EXC1 až EXC4 stanovuje projektant stavby.

Pro stanovení třídy je posouzeno [20, 15]:

- třída následků při selhání konstrukce (třída CC1 – malé následky až CC3 – velké následky, ztráty na životech, ztráty ekonomické, sociální, ekologické);
- rizika spojená s provozem konstrukce (její zatížení při provozu, kategorie SC1 – kvazistatické zatížení např. budov, SC2 – konstrukce posuzované na únavu, např. mosty);
- rizika spojená s prováděním konstrukce (PC1- nesvařované dílce a svařované z oceli o nižší pevnosti než S355, PC2 – svařované dílce z oceli S355 a vyšší pevnosti, dílce svařované na stavbě atp.).

Posouzené vlivy jsou sestaveny do matice (tab. 2.1), z které je určena třída provedení EXC. Pro případ konstrukcí s nestanovenou třídou se použije třída EXC2.

Tab. 2.1 Matice pro stanovení tříd provedení ocelové konstrukce [19].

Třídy následků		CC1		CC2		CC3	
Kategorie použitelnosti		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Výrobní kategorie	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4

2.4 Oprávnění k provádění ocelových konstrukcí

Vyrábět a montovat ocelové (kovové) konstrukce, pro které je platná norma ČSN EN 1090-1+A1, mohou pouze firmy, které mají tuto činnost stanovenou v předmětu své živnostenské činnosti, ve zřizovací listině, ve statutu, stanovách, či jiném dokladu (živnostenský list, výpis obchodního rejstříku), na základě kterého jim byla tato činnost povolena úřady ČR [17]. K vydání certifikátu o shodě výrobku v dané třídě provedení (EXC) musí být zhotovitel oprávněn platným osvědčením v souladu s normou ČSN EN 1090-1+A1. Osvědčení o shodě řízení výroby je vydáný pro danou třídu provedení EXC podle ČSN EN 1090-2+A1 a platí pro danou třídu a všechny nižší.

Ocelové konstrukce hal v převážné většině náleží do třídy provedení EXC2 [18]. Pro certifikaci EXC2 a vyšší je požadováno, aby zhotovitel konstrukce měl zaveden systém řízení výroby (FCP) splňující podmínky dané normou ČSN EN 1090+1, která uvádí požadavky na zavedení, dokumentování a udržování FCP. Mimo to musí splňovat požadavky stanovené v ČSN EN 1090-2+A1. Pro proces tavného svařování je třeba zavést systém kvality splňující příslušný stupeň normy ČSN EN ISO 3834-(2, 3, 4). Podmínky splňuje zavedení systému řízení výroby odpovídajícího požadavkům EN ISO 9001 ve spojení se systémem kvality dle ČSN EN ISO 3834 příslušné části (2, 3, 4), dle požadované jakosti [20, 91].

3 PŘÍPRAVA VÝROBY

Výrobnímu procesu předchází jeho příprava. Je zhotovena potřebná dokumentace, nakoupen veškerý materiál potřebný k výrobě konkrétní konstrukce.

3.1 Výrobní a dílenská dokumentace

Po podpisu smlouvy o dílo následuje vytvoření výrobní a dílenské dokumentace. Vychází ze zpracované DPS. Jsou zhotoveny výkresy potřebné k výrobě konstrukce (např. výkresy položek, výkresy dílců), dále vygenerovány data pro zadání do výrobních strojů (NC data a DXF). Jsou vygenerovány strukturované kusovníky (obsahují soupisy dílů, z kterých se dané položky skládají), výpis spojovacího a kotevního materiálu, výpis dílců (je to přehledný soupis všech dílců určených k výrobě a následné montáži), výkaz materiálu (slouží k objednání materiálu v potřebném množství a kvalitě, k zhotovení celé zakázky). Součástí je i montážní dokumentace pro konečnou montáž konstrukce.

3.2 Materiál a jeho nákup

K nákupu materiálu slouží výpis materiálu a výpis spojovacího materiálu. Z těchto výpisů je zřejmé množství materiálu (délky) jednotlivých profilů a požadovaná kvalita oceli. Při nákupu je třeba počítat s prořezem materiálu a nevyužitých zbytků po dělení. Je třeba také nakoupit potřebné množství nátěrového systému vycházející z vypočítané plochy dílců určených ke konečné povrchové úpravě. Je třeba také zajistit potřebné množství technických plynů, svařovacího materiálu, provozních kapalin, abraziva do tryskače, nástrojů, měřidel a náhradních dílů potřebných k realizaci zakázky. Nákup materiálu má v kompetenci nákupčí dodavatele [4].

3.2.1 Hutní materiál

Je dodáván ve formě normalizovaných hutních výrobků členěný do skupin [44]: tyče (profily válcované za tepla a tažené za studena), trubky a jakly, plechy, široká ocel, pásy a tenkostěnné profily. Hutní materiál nejčastěji používaný pro výrobu ocelových konstrukcí – viz příloha 8.

Hutní materiál je vyráběn v průřezových tolerancích udávaných v procentech jmenovitého rozměru, nebo v mm. Průřezové tolerance se u tvarových tyčí vztahují k jejich výšce, tloušťce a tloušťce přírub. U plechů na tloušťku a šířku, u trubek na vnější průměr a tloušťku stěny. Délky profilů jsou dodávány ve výrobních délkách, nebo v přesných délkách. Na tyto délkové rozměry se také vztahují tolerance. Cena hutního materiálu je uváděna za 1 kg s uvedením, jakou hmotnost má daný profil o délce 1 m. Vývoj cen hutního materiálu je velkou měrou dán poptávkou na trhu.

Tenkostěnné profily – se používají v případě konstrukce haly z válcovaných profilů, na prvky sekundární konstrukce. Ovšem z těchto profilů může být i celá konstrukce haly. Konstrukce hal z tenkostěnných profilů jsou nazývány konstrukce lehké. Jsou to systémové konstrukce pro haly s menším rozpětím, skládající se z jednotlivých dílů šroubovanými spoji jako stavebnice. Pro větší rozpětí hal se tenkostěnné profily užívají pro výrobu příhradových vazníků, nebo celých příhradových rámců. Výhodou tenkostěnných profilů je jejich malá hmotnost, umožňující snížení hmotnosti celé konstrukce. Tvar průřezu lze přizpůsobit účelu a funkci prvku v konstrukci, který prvek zaručuje požadovanou pevnost a nosnost. Povrchová úprava je nejčastější provedena oboustranným žárovým pozinkováním. Tenkostěnné profily lze též povrchově chránit lakováním, nebo pokovením hliníkem [25].

Výroba tenkostěnných profilů je prováděna tvarováním oceli za studena. Jako výchozí materiál lze použít veškeré druhy ocelí válcovaných na plechy a pásy [46].

3.2.2 Požadované vlastnosti oceli pro výrobu ocelových konstrukcí

Pro výrobu ocelových konstrukcí se používají konstrukční oceli. Na tyto oceli jsou kladeny následující požadavky [44, 47, 85]:

- mez kluzu f_y a mez pevnosti f_u – poměr f_u/f_y by měl být minimálně 1,10
- tažnost – minimálně 15 %;
- svařitelnost – musí být zaručena, roste od jakostního stupně J0 do K2, u velkých tloušťek, nebo vysokopevnostních ocelí možný nutný přehřev;
- vrubová houževnatost – pro běžné stavební konstrukce postačuje hodnota 27 J, pro dynamicky namáhané 40 J;
- lamelární praskavost – projevuje se u plechů, široké oceli a tvarových tyčí, vlivem anizotropie materiálu. Odolnost proti lamelární praskavosti udává jakostní třída Z (Z15, Z25, Z35), kde číslo odpovídá minimální kontrakce při zkoušce tahem. Pro běžné konstrukce postačuje Z15, pro namáhané Z25;
- lomová houževnatost (křehký lom) – v konstrukci musí být vyloučen (vliv teploty, tloušťky materiálu a jeho jakosti, napětí v posuzovaném místě, řešení konstrukčního detailu, mez pevnosti a rychlost deformace od zatížení). Volit dle ČSN EN 1993-1-10 max. tloušťky pro daný typ oceli;
- Jakost povrchu a vnitřní vady – dané normou.

3.2.3 Třídy oceli nejčastěji používané pro výrobu ocelových konstrukcí hal a jejich značení

V novém značení podle evropského standardu ČSN EN 10027-1 skupinu konstrukčních ocelí označuje písmeno S, třímístné číslo za ním je minimální hodnota meze kluzu, přídatný symbol udává minimální nárazovou práci a teplotu při zkoušce. Za toto označení je možné přidat další doplňkové symboly s oddělovacím znaménkem (+). Příklad značení výrobků válcovaných za tepla z konstrukčních ocelí dle normy ČSN EN 10025-2 je zobrazen na obr. 3.3. Norma technických dodacích podmínek EN 10025-1 až 6 vydaná v roce 2005 nahrazuje dříve používanou normu ČSN EN 10025+A1 (která mimo jiné ruší doplňkové označení G pro rozlišení uklidněných a neuklidněných ocelí). Tabulka 3.1 zobrazuje přehled doporučených základních materiálů pro ocelové konstrukce a přiřazuje značky ocelí ČSN značkám EN [86].

Nárazová práce			Zkušební teplota [°C]
27 J	40 J	60 J	
JR	KR	LR	+ 20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	- 20
J3	K3	L3	- 30
J4	K4	L4	- 40
J5	K5	L5	- 50
J6	K6	L6	- 60

Obr. 3.3 Příklad značení oceli dle ČSN EN 10025-2 [86].

Tab. 3.1 Doporučené základní materiály pro svařované ocelové konstrukce [44].

Pevnostní třída oceli podle ČSN EN 10025-2	Jakostní stupeň podle ČSN EN 10025-2			
	JR	J0	J2	K2
S235	11 373 11 375	11 378	11 378	
S275	11 443	11 448	11 448 11 449	
S355		11 523	11 523 11 503	11 503

Tabulka 3.2 uvádí jmenovité meze kluzu f_y a meze pevnosti f_u nejčastěji používaných materiálů pro výrobu ocelových konstrukcí. Materiál je rozlišen podle tloušťky, protože při stejné třídě oceli se vyšších mezí kluzu i pevnosti v tahu dosahuje u lépe proválcovaných tenčích materiálů. Pro návrh ocelové konstrukce je nejdůležitějším údajem mez kluzu [4]. Při výběru jakosti oceli se volí ocel s dostatečnou lomovou houževnatostí o takových tloušťkách, aby bylo možné svařování bez předehřevu [44].

Tab. 3.2 Jmenovité hodnoty meze kluzu f_y a pevnosti v tahu f_u pro konstrukční oceli válcované za tepla [44].

Norma	Třída oceli	Tloušťka t [mm]			
		$t \leq 40$		$40 < t \leq 100$	
		f_y [MPa]	f_u [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]
ČSN EN 10025-2	S235	235	360	215	340
	S275	275	430	255	410
	S355	355	510	335	490

Používání vysokopevnostních ušlechtilých oceli – (S420, S460, S690 atp.) není pro výrobu ocelových konstrukcí zatím příliš rozšířeno. Z těchto ocelí se převážně vyrábí pouze plošný materiál. Je nutností u nich zaručit svařitelnost i při velkých tloušťkách materiálu a jemnozrnnou strukturu pro dobrou houževnatost. Cenový rozdíl např. mezi S355 a S460 se v současné době snížil (rozdíl 15 %) a je tedy výhodné je z hlediska vyšší meze kluzu používat. Je pravděpodobné, že s rozšířením sortimentu výrobků z těchto ocelí bude v budoucnu jejich použití stále častější a použití vysokopevnostních ocelí se stane novým trendem rozvoje ve výrobě ocelových konstrukcí [4].

3.2.4 Spojovací materiál

Montované konstrukce hal jsou spojovány šroubovými spoji. Počet šroubů, jejich rozmístění, průměr a pevnost určuje statik technickým řešením montážních styků. Šroubové spoje tvoří šrouby podložky a matice.

Šrouby – mají metrický závit a šestihrannou hlavu, jejich závit zpravidla nedosahuje až k hlavě šroubu. K montáži ocelových konstrukcí se používají šrouby o průměrech: M12, M16, M20, M24, M27 a M30, v délce potřebné pro daný spoj [4]. Pevnostní třída šroubů: 5.6; 8.8; 10.9. Z nich nejběžnější je použití šroubů o třídě pevnosti 8.8 a 10.9. Označení pevnostní třídou je na šroubech provedeno z čelní strany hlavy šroubu. Příklad označování na výkresech dle ČSN (ISO, DIN) je uveden na obr. 3.4.

Šroub se šestihrannou hlavou ČSN 02 1101 (ISO 4014, DIN 931) M16 x 100 – 10.9 – A3L

norma

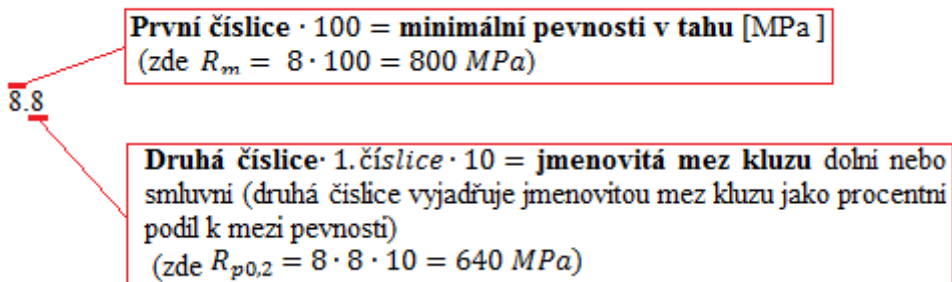
charakteristický rozměr
závitů x jeho délka

pevnostní třída

povrchová úprava

Obr. 3.4 Příklad označování šroubů na výkresech [84].

Označení pevnostních tříd – nejdůležitější mechanické charakteristiky šroubů jsou obsaženy v dvojmístném číselném kódu. Příklad významu jednotlivých číslic je uveden na obr. 3.5 a nejdůležitější mechanické vlastnosti v tabulce (tab. 3.3) v příloze 7.



Obr. 3.5 Označení pevnostních tříd [83].

Matice – přiřazované ke šroubům musí mít stejnou, nebo vyšší pevnostní třídu. Jejich přiřazení je v tab. 3.4 a ukázka označení na výkrese na obr. 3.6. Označení matice pevnostní třídou je dovoleno na dosedací ploše, nebo na plochách pro nasazení klíče a to pouze značením „do hloubky“.

Matice šestihranná ISO 4032 – M16 – 10

norma

charakteristický
rozměr

Pevnostní třída – minimální pevnost v tahu $R_m = \text{číslo} \cdot 100 = 1\,000 \text{ MPa}$

Obr. 3.6 Příklad označení matice [84].

Tab. 3.4 Přiřazení matic ke šroubům dle pevnostní třídy [84].

Pevnostní třída matic	5	8	10
Pevnostní třída šroubů	5.6	8.8	10.9

4 VÝROBA DÍLCŮ KONSTRUKCE A MONTÁŽ

Pomocí jednotlivých operací jsou z polotovarů vyrobeny dílce ocelové konstrukce. Postupuje se podle předem stanoveného plánu a daných postupů. Výroba probíhá ve výrobních halách dodavatele, kde jsou umístěny jednotlivá pracoviště uzpůsobená podle používané technologie. K výrobním procesům je používáno příslušné výrobní zařízení. Podle vybavenosti provozu se navrhuje výrobní postup, kterým musí být dosaženo požadované kvality konečného výrobku. Vybavenost provozů jednotlivých dodavatelů ocelových konstrukcí se může značně odlišovat, což umožňuje určitá variabilita používaných technologií v daných operacích. Technologický postup výroby však musí respektovat ČSN EN 1090-2+A1: Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. V oblasti kvality svařovacích procesů příslušný stupeň (2, 3, 4) normy ČSN EN ISO 3834.

Postup výroby se skládá z následujících hlavních operací:

- dělení materiálu,
- zhotovení děr,
- svařování,
- předpovrchová úprava,
- povrchová úprava.

4.1 Dělení materiálu

Je první operací ve výrobním procesu přeměny normalizovaných polotovarů na konečný výrobek. V této operaci jsou z výchozích rozměrů polotovarů děleny potřebné délky jednotlivých profilů, plošné materiály děleny na potřebné rozměry a tvary dílů sestavy (položky). K dělení materiálu při výrobě ocelových konstrukcí se používají následující technologie.

4.1.1 Dělení materiálu řezáním

Metoda dělení materiálu řezáním patří mezi nejrozšířenější metody dělení materiálu. Patří mezi třískové obrábění, kdy je základní materiál odebírán úběrem malých třísek pomocí mnohobřitého nástroje (viz příloha 9). Patří sem:

- řezání pilovým listem,
- řezání pilovým pásem,
- řezání pilovým kotoučem.

4.1.2 Dělení materiálu rozbrušováním

Metoda často používaná při řezání na stavebních, v dílenské výrobě k řezání např. zkosení rohů, řezání technologických otvorů před zinkováním, opravy svarů nebo dělení polotovarů (viz příloha 10).

4.1.3 Dělení materiálů stříháním

V dílenské praxi se používá k dělení tabulí plechu, pásové oceli, jednoduchých plných profilů týčí, nebo i jiných profilů (pomocí profilových nůžek). Viz příloha 11. Nastříhané plechy dále slouží k výrobě klempířských prvků, nebo tlusté plechy k výrobě svařovaných profilů, styčnickových desek, výztuh atp. Ke stříhání lze použít například hydraulické tabulové nůžky [108].

4.1.4 Tepelné dělení materiálu

Používané metody tepelného dělení materiálu při výrobě ocelových konstrukcí [115]:

- řezání kyslíko-acetylenovým plamenem (řezání kyslíkem),
- řezání plazmou,
- řezání laserem.

Řezání kyslíkem – je při výrobě ocelových konstrukcí užíváno k výrobě výpalků z plechu, zejména větších tloušťek, kde nelze již efektivně použít dělení plazmou, nebo laserem [114]. K tomuto účelu se využívají pálicí stroje (na obr. 4.5), které dnes patří ke standardní strojní výbavě dodavatelů ocelových konstrukcí. Pálicí stroje jsou řízeny programem tzv. pálicím plánem, který obsahuje potřebná data pro zhotovení výpalků z vloženého plechu. V tomto plánu jsou součástky vhodně poskládány tak, aby využití plechu bylo co největší (využití plechu při pálení položek na obr. 4.4). Více v příloze 12.

Řezání plazmou – je doporučováno pro plechy o tloušťce do 20 mm. Řezání plazmou je proti řezání plamenem až několikanásobně rychlejší navíc ekonomicky výhodnější. Plazmový hořák je většinou součástí pálicího stroje spolu s hořákem pro řezání kyslíkem. Podle tloušťky materiálu a požadavků na kvalitu řezu se mezi těmito dvěma technologiemi zvolí ta vhodnější [117]. Podrobně příloha 13.

Řezání laserem – se využívá méně než předchozí dvě metody. Hodí se pro výpalky z tenkých plechů, zvláště v sériové výrobě, kde je efektivně využita rychlost a přesnost laseru. Pro tloušťky plechu užívaných při výrobě ocelových konstrukcí je také dražší, než předchozí dvě metody.



Obr. 4.4 Odpad po vypalování.



Obr. 4.5 Pálicí stroj.

4.1.5 Řezání vodním paprskem

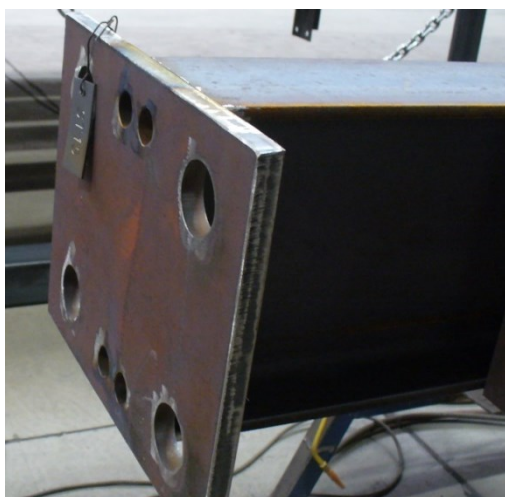
Vodním paprskem lze řezat všechny materiály. Používá se u dílů, kde je třeba zamezit tepelnému ovlivnění řezných ploch. Pro užívané tloušťky plechu je to v porovnání s řezáním plazmou nebo kyslíkem metoda pomalejší a nákladnější.

4.2 Zhotovení děr

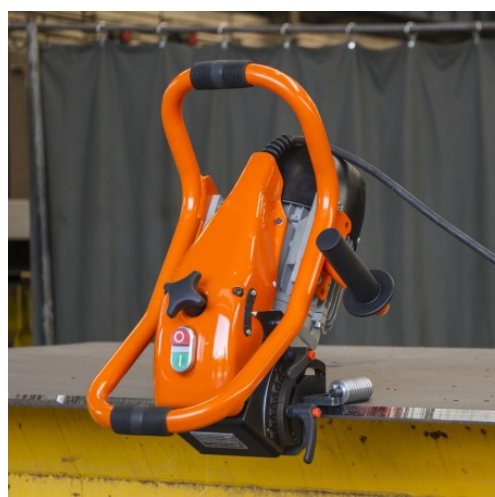
Používané metody [20]:

- vrtání,
- děrování,
- pálení otvorů.

Viz příloha 14. Ocelové konstrukce hal jsou v převážné většině montovány v jeden celek šroubovými spoji, pro které je nutno zhotovit díry (na obr. 4.9). Norma ČSN EN 1090-2+A1 umožňuje díry provádět několika technologiemi: vrtáním, děrováním, vodním paprskem, podmíněně kyslíkovým, plazmovým, laserovým řezáním (pokud jsou splněny požadavky na místní tvrdost řezných ploch a jejich kvalita). Norma dovoluje děrování děr bez vystružení pro třídy provedení EXC1 a EXC2, pro EXC3 a EXC4 děrováním s následným vystružením (platí pro tloušťky plechu větší, než 3 mm). O tom, jakou z těchto technologií bude díra vyrobena, rozhoduje strojní vybavení dané výroby zhotovitele, jaký profil je děrován, tloušťka materiálu a požadavky na provedení dle normy. Oválné díry lze vyfrézovat, vypálit, nebo oválně prostříhnout [91]. Další možností je vyvrtat dvě díry a v ovál je spojit proříznutím [20].



Obr. 4.9 Díry pro kotvení v patním plechu.



Obr. 4.10 Úkosovací zařízení B22 ZERO [121].

4.3 Svarové úkosy

Používané metody:

- frézování: na frézkách, nebo frézováním ukosovacím zařízením (na obr. 4.10),
- broušení: ruční uhlové brusky s brusným kotoučem, nebo lze menší díly brousit na kotoučové brusce,
- řezání: všemi způsoby tepelného dělení materiálu (řezání kyslíkové, plazmové, laserové) nebo vodním paprskem.

Z výrobního hlediska je výhodné provádět svary dílců ocelové konstrukce koutovými svary, které nepotřebují úpravu svarových ploch pomocí úkosů. U svarů, které svarové úkosy vyžadují, např. svary V, nebo $\frac{1}{2}$ V je jejich zhotovení možné uvedenými způsoby.

4.3.1 Příprava základního materiálu dílců před svařováním

Pro zajištění kvalitního svaru je nutné základní materiál před svařováním připravit. To je důležité zejména u koutových svarů. Okolí budoucího svaru do vzdálenosti nejméně 10 mm na každou stranu je nutné zbavit koroze, mastnoty, starých nátěrů, nerovností apod. To lze provést obroušením nebo tryskáním.

4.4 Svařování

Při výrobě ocelových konstrukcí je svařování jednou z hlavních činností. Spojování svařováním vzniká nerozebíratelné spojení dvou, nebo více dílů spojem požadovaných funkčních vlastností. Sestava jednotlivých dílců konstrukce se skládá z položek (jednotlivých dílů) připravených předchozími operacemi výroby. Pro sestavení slouží výkresy dílců a strukturovaný výpis položek pro daný dílec. Z této dokumentace je zřejmé, jak dílec sestavit a z kterých položek se skládá. Po rozměření jsou nejprve položky fixovány na své místo v sestavě krátkými stehovými svary. Sestava dílce je podrobena mezioperační kontrole, po které jsou zhotoveny předepsané svary. Pro konstrukce třídy provedení EXC2 a vyšší se svary provádějí podle stanoveného technologického postupu svařování (WPS), v souladu s požadavky ČSN EN ISO 3834-2 nebo stupně 3, 4. Po jejich provedení následuje vizuální kontrola svarů a geometrie dílce, nebo dle požadavků nedestruktivní zkoušky svarů. Při svařování se používají svařovací polohovadla umožňující polohování svařovaného dílce a přípravky za účelem dodržení správné geometrie.

Při výrobě ocelových konstrukcí se používá několik hlavních metod svařování uvedených v tabulce 4.4 (podrobně příloha 15). Z těchto metod je dominantní metoda 135 Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (MAG). Svoji vysokou efektivitou v průmyslové dílenské výrobě nahradila metodu 111, která je nadále využívána při montážích, opravách a v menších zámečnických dílnách. Metoda 311 je využívána ke svařování (kde zaostává efektivitou za metodou 135), výhodné je její využití při svařování tenkých plechů. Kyslíko-acetylenový plamen se využívá k rovnání deformovaných dílců po svařování, nebo čistění povrchu. Metoda 121 je využívána ve svařovacích automatech, pro výrobu svařovaných profilů proměnné, nebo neproměnné výšky. Je to metoda pro tyto účely velmi efektivní, dovolující využívat proměnné výšky profilů k ideálnímu dimenzování konstrukčních prvků a tím snížení celkové váhy konstrukce.

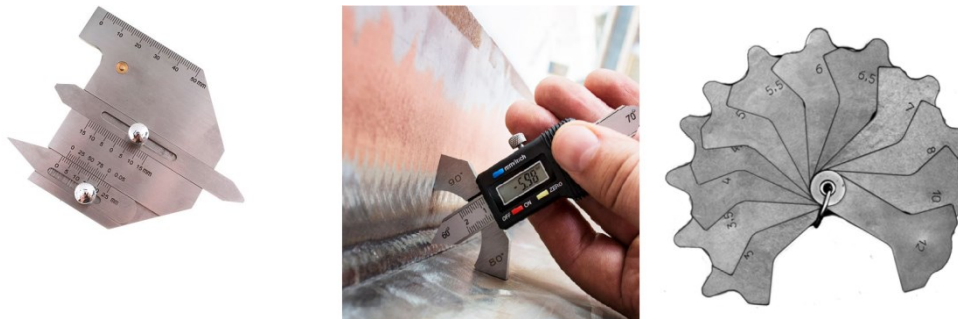
Tab. 4.4 Hlavní metody svařování při výrobě ocelových konstrukcí hal.

Číslo metody dle ČSN EN ISO 4063	Český název metody
111	Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou
121	Svařování pod tavidlem drátovou elektrodou
135	Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (MAG)
311	Svařování kyslíko-acetylenovým plamenem

4.5 Rozsah kontrol a jejich specifikace

Podle stanovené třídy provedení EXC ocelové konstrukce jsou na její provedení kladeny požadavky z hlediska způsobů výroby, geometrických tolerancí, kontroly svarů atd. Například pro třídu EXC1, EXC2 je možné provádět díry děrováním, pro EXC3 a vyšší je nutné po děrování díry vystružit. Uvedená norma dále stanovuje požadavky na kvalitu svarů a provedení jejich kontroly. Ve všech třídách EXC je požadována jejich 100% vizuální kontrola (VT) na výskyt povrchových vad. Doplnkové kontroly nedestruktivními metodami jsou vyžadovány od třídy EXC2. Jejich rozsah a provedení je dán uvedenou normou. Tabulka (tab. 4.5 v příloze 22) uvádí rozsah doplňkových kontrol pro jednotlivé třídy [20, 95].

Vizuální kontrola (VT) – je jednou z nedestruktivních metod kontroly, při kterých nedochází k porušení materiálu svaru. Vizuální kontrola spočívá v kontrole povrchových vad svaru pouhým zrakem, nebo pomocí jednoduchých optických přístrojů. Kontrolu provádí kvalifikovaná pověřená osoba podle norem: ČSN EN ISO 17637, ČSN EN 13018, souladu s ČSN EN ISO 17635. Pro geometrickou kontrolu svaru slouží speciální posuvné měrky a měřidla, universální měrky. Jejich ukázky jsou na obr. 4.11 [17].



a) universální svarová měrka

b) posuvná měrka na ploché a koutové svary

c) šablona pro koutové svary

Obr. 4.11 Měřicí pomůcky pro geometrickou kontrolu svarů [92, 94, 93].

Nejčastěji používané doplňkové nedestruktivní kontrolní metody (k metodě VT):

- kapilární (penetrační) zkoušky (PT),
- zkouška magnetickou práškovou metodou (MT),
- ultrazvuková zkouška (UT),
- radiografická (prozařovací) zkouška (RT).

V praxi výroby ocelových konstrukcí hal se nejvíce používá ultrazvuková zkouška, nebo zkouška kapilární [18].

4.5.1 Hodnocení jakosti svaru

Vyhodnocením nedestruktivních zkoušek je stanoven [19]:

- stupeň kvality B, C, D (dle ČSN EN ISO 5817, pro určování stupně kvality). Stupně jsou rozděleny podle mezních hodnot jednotlivých vad, kde B+ je nejvyšší stupeň kvality s nejpřísnějšími kritérii.
- stupeň přípustnosti uvádí, jaký stupeň kvality je přípustný pro požadovanou třídu provedení konstrukce. Např. EXC1 připouští úroveň kvality svaru D, EXC4 úroveň kvality B+, což je skupina kvality B s dalšími vyššími požadavky. Příloha 23 obsahuje tabulku 4.6 uvádějící kritéria přípustnosti vad vzhledem k třídě provádění konstrukcí.

O provedené zkoušce je vyhotoven písemný záznam (protokol) s výsledkem zkoušky. Při výskytu vady (více vad), které nevyhovují požadované kvalitě, je svar označen jako nevyhovující. Pro odstranění vady je nutná jeho oprava s opětovnou kontrolou [17].

4.6 Povrchová úprava

Vyrobené díly konstrukce je třeba opatřit povrchovou úpravou zajišťující ochranu ocelové konstrukce proti korozi a také z důvodů estetických. Povrchovou úpravu je možné provést aplikací nátěrového systému, nebo zinkováním (popřípadě i nátěrem pozinkované konstrukce). Speciálním protipožárním nátěrem lze také zvýšit požární odolnost konstrukce. Před aplikací nátěrového systému je třeba povrch připravit (otryskat). U povrchové úpravy zinkováním není příprava povrchu tryskáním nutná.

4.6.1 Tryskání – předpovrchová úprava

Vyrobené dílce konstrukce je po svařování třeba připravit na povrchovou úpravu. Povrch dílů je nutné zbavit otřepů, koroze, mastnoty a nečistot pro dobré přilnutí nátěrových hmot. Tato příprava je velmi důležitá, protože až 85 % vad nátěru je díky nedostatečné přípravě povrchu. Přímou tak ovlivňuje kvalitu a životnost aplikované povrchové úpravy nátěrovým systémem. K přípravě povrchu před povrchovou úpravou se v převážné většině používá technologie tryskání (viz příloha 16).

Tryskáním je povrch očištěn v kvalitě, dle normy ČSN ISO 8501-1, udávané stupni čistoty povrchu Sa 1–3, Standardní pro stupeň důkladné otryskání je Sa 2,5. Otryskaný povrch též získá určitou drsnost, tzv. kotvící profil, který má každý nátěrový systém předepsaný [39]. Hodnocení kotvícího profilu probíhá porovnávací metodou se vzorkovnicí (RUGOTEST) [68]. Takto připravené dílce je třeba co nejdříve opatřit ochranným nátěrem, protože povrch po této přípravě je náchylný k opětovné korozi (doporučená doba je do 8 hodin pro vnitřní suché prostředí, pro vnější suché do 4 hodin a pro vnější vlhké pod přístřeškem dokonce již do 30 minut) [70]. Výhodné je tryskat až po operaci svařování, protože jsou takto ošetřeny i svary a jejich okolí. Podklad pro nátěrové hmoty je pak jednotný a nátěrové hmoty přilnou k celému povrchu včetně svarů stejně kvalitně.

4.6.2 Povrchová úprava nátěrovým systémem

Jednou z metod povrchové úpravy ocelových konstrukcí je aplikace nátěrových hmot. Vytvářejí organické povlaky chránící ocelovou konstrukci před korozí bariérovým způsobem (vytváří nepropustnou vrstvu – bariéru zabráňující působení okolního prostředí na chráněný povrch). Rozvoji koroze je zabráněno také adhezním způsobem ochrany, kdy se uplatňuje vysoká přilnavost nátěru k povrchu. U nátěrů s vysokým obsahem zinku se uplatňuje kromě bariérového také elektrochemický mechanismus ochrany, kdy drobné vady v povrchu nátěru jsou utěsněny korozními produkty zinku [77].

Volba nátěrového systému – pro povrchovou úpravu se řídí evropskou normou (EN ISO 12944 Nátěrové hmoty - Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy), nebo harmonizovanou normou ČSN EN ISO 12944 (skládající se z částí 1–8). Volba vhodného nátěrového systému je ovlivněna několika technickými a ekonomickými faktory. Jedny z nejdůležitějších jsou [70, 72, 74]:

- korozní agresivita prostředí;
- požadovaná životnost nátěru;
- typ povrchu pro aplikaci nátěru;
- technické specifikace nátěrového systému;
- hygienické a ekologické předpisy.

4.6.3 Nejčastěji užívané nátěrové systémy při výrobě ocelových konstrukcí

Rozdělení podle chemického složení základní pojídkové složky v tab 4.7.

Tab. 4.7 Nejčastěji používané nátěrové systémy (NS) na ocelové konstrukce hal.

Alkydový (syntetický)	Polyuretanový	Epoxidový
• jednovrstvý NS • dvouvrstvý NS	• jednovrstvý NS • dvouvrstvý NS • třívrstvý NS	• jednovrstvý NS • dvouvrstvý NS

Jaký nátěrový systém bude zvolen a jaká bude tloušťka nátěru je závislá především na určené korozní agresivitě prostředí a požadované životnosti nátěru. Snahou je minimalizovat náklady na povrchovou úpravu, proto nejvýhodnější je použít jednovrstvý nátěr aplikovaný na jeden nástřik, v co nejslabší vrstvě, co nejlevnější nátěrovou hmotou, splňující všechny stanovené podmínky. Konstrukce halových objektů jsou často v suchém prostředí s malou korozní agresivitou (C2), kde lze použít nástřik 80 μm (tl. suchého povlaku) při předpokládané životnosti 2–5 let. Pro poskytnutí záruky 5 a více let jsou aplikovány nástřiky o tloušťce 100–120 μm zhotovitelné na jeden nástřik. Pro prostředí s vyšší korozní agresivitou se užívají silnější vrstvy vícevrstevných nátěrových systémů. Nejčastěji polyuretanový. Epoxidové nátěry jsou odolné nátěry, na konstrukce mechanicky namáhané, konstrukce trvale vystavené vlhkosti, ponoření ve vodě, případně chemickým látkám. Nevýhodou je, že na přímém slunci jejich povrch rychle degraduje. Jsou tedy určeny pro vnitřní zastíněné prostory, nebo jako základová vrstva pro jiné vrchní nátěry [73, 74].

4.6.4 Kontrola nátěru

Tloušťka povlaku nátěrové hmoty je měřena během aplikace a kontrola suché vrstvy po jejím uschnutí. Měření je prováděno následujícími způsoby [76]:

- **měření tloušťky mokré vrstvy** – je orientační měření během aplikace nátěrové hmoty. Jejím stanovením lze vypočítat tloušťku suché vrstvy po vytvrzení. K měření slouží měřicí hřeben, nebo excentrické kolečko. Hřeben má po svém obvodu zuby odstupňované výšky s číselným údajem o tloušťce mokré vrstvy. Hřeben se postaví kolmo do barvy a po vyjmutí se hodnota vrstvy odečte mezi posledním obarveným zubem a zubem již neobarveným. Na podobném principu funguje i excentrické kolečko, kterým se projede barvou a výsledek je odečten na rozmezí mezi obarvenou a neobarvenou částí. Výhoda těchto způsobů měření je, že po vyjmutí měrek se mokrá barva znovu sleje a nevznikne poškození nátěru. Také umožňují okamžité provedení korekcí v technologii aplikace za účelem dosažení správné tloušťky suché vrstvy;
- **měření tloušťky suché vrstvy** – pro nedestructivní měření jsou určeny přístroje na principu magnetické indukce (pro měření materiálu nemagnetického na materiálu magnetickém), označované jako feromagnetické tloušťkoměry F. Norma ČSN EN ISO 2808 tento postup označuje jako 7C. Přístroj (obr. 4.15) obsahuje elektromagnet vytvářející nízkofrekvenční elektromagnetické střídavé pole zesilované feromagnetickým materiálem podkladu. Tloušťka vrstvy nátěru pak způsobí změnu v zesílení tohoto pole o velikosti odpovídající vzdálenosti elektromagnetu od podkladu. Zesílení je snímáno druhou (snímací) cívkou. Moderní universální přístroje jsou vybavené duální sondou FN (metoda magnetické indukce i metoda vířivými proudy) umožňující měření tloušťky nátěrové hmoty i na neferomagnetickém podkladu.



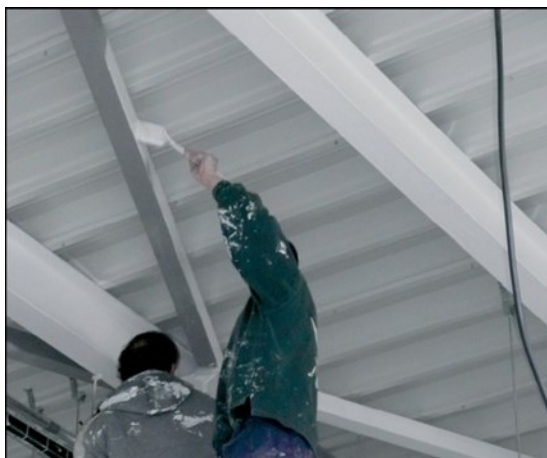
Obr. 4.15 Digitální tloušťkoměr vrstvy suchého nátěru.

V případě mezioperačních kontrol objednatelem jsou takto přejímány jednotlivé operace postupu zhotovení povrchové úpravy. O přejímce je proveden zápis do stavebního deníku. Kontrola kvality zhotovení jednotlivých vrstev nátěrového systému je provedena vizuálně a měřením tloušťky vrstev nátěrů. Odtrhovou zkouškou dle ČSN EN ISO 4624 je ověřena přílnavost nátěru, nebo ji lze orientačně provést dle ČSN ISO 2409 mřížkovou zkouškou. Barevný odstín je porovnán se vzorníkem RAL.

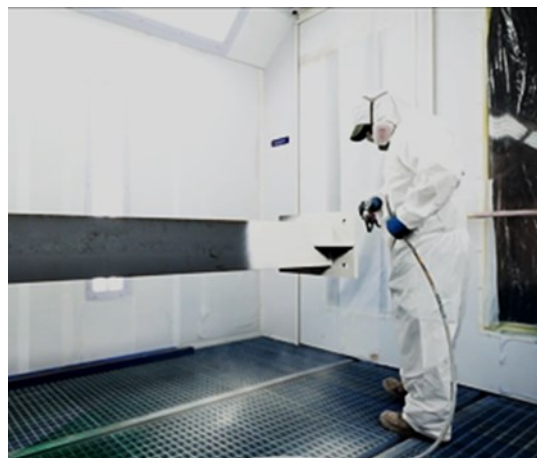
4.6.5 Technologie používané k nanášení nátěrových hmot

Při výrobě ocelových konstrukcí se používá hlavně metoda stříkáním a to z důvodu velkých a různě členitých ploch. Podrobně v příloze 17. Stručný přehled způsobů nanášení nátěrových hmot [71]:

- Ruční nanášení nátěrových hmot – nanášení válečkem, nebo štětcem je používáno k opravám nátěrů, při aplikaci protipožárních nátěrů (obr. 4.16), malé pořizovací náklady a malé ztráty nátěrového systému.
- Pneumatické stříkání – využívá se tlakového proudu vzduchu, který se ve stříkací pistolí smísí s barvou umístěnou v nádobce a tlakem vzduchu nese rozprášenou barvu ve formě kapiček na lakovaný povrch.
- Vysokotlaké stříkání (air less) – je stříkání bez tlakového vzduchu. Nátěrová hmota je ze zásobní nádoby nasávána vysokotlakým čerpadlem a vedena pod vysokým tlakem (8–16 MPa) hadicí k stříkací pistolí (obr. 4.17).



Obr. 4.16 Aplikace protipožárního nátěru ručním nanášením štětcem [75].



Obr. 4.17 Vysokotlaké stříkání [9].

4.6.6 Protipožární nátěry, nástřiky a obklady

Ocel je materiál nehořlavý, ale v případě požáru dochází k ohřátí ocelových prvků konstrukce na teplotu, kdy ocel ztrácí své mechanické vlastnosti s následnou destrukcí konstrukce. Každý profil má stanovenou svoji požární odolnost vycházející z poměru A_m/V [m^{-1}], kde (A_m) je plocha povrchu nechráněného ocelového prvku (vystavena požáru) vztažena na jednotku délky, (V) je objem ocelového prvku vztažený na jednotku délky (plocha příčného průřezu daného prvku) [81, 82]. Záleží tedy na tom, zda je daný profil vystaven požáru pouze částečně (např. jednou stranou chráněn stěnou) a na tloušťce materiálu profilu (slabé plechy se prohřejí rychleji, než silné) [80]. Podrobnosti v příloze 18.

V případě požadavku požární odolnosti ocelové konstrukce lze její požární odolnost zvýšit:

- protipožárním nátěrem,
- protipožárním nástřikem,
- protipožárním obkladem.

4.6.7 Žárové zinkování

K ochraně konstrukce před vnějším prostředím lze použít žárové zinkování prováděné v zinkovnách. Je to metalurgický proces, při kterém se na povrchu železného, nebo ocelového dílce ponořeného do lázně zinkové taveniny vytváří slitinové fáze železa a zinku tvořící ochranný povlak [50]. Pro zinkování je třeba konstrukci náležitě připravit, (výtokové a odvzdušňovací otvory u uzavřených prvků, připravit zavěšovací prvky atd.) viz příloha 19. Velikosti dílců je nutné navrhovat v rozměrech max. rozměrů dle vany zinkovny. Výhodou této povrchové úpravy je dlouhá životnost (50–100 let v málo agresivním prostředí) a ochrana i vnitřních ploch uzavřených profilů, nevýhodou je obtížná oprava poškozeného povrchu a možné deformace dílců teplem.

4.7 Transport

Dílce konstrukce jsou z místa výroby do místa stavby expedovány nákladními automobily. Vhodné je dílce konstruovat tak, aby byly přepravitelné na běžně používaných nákladních automobilech s návěsem. Délka do 13,6 m, šířka do 2,48 m, výška 2,8 m, hmotnost do 24 000 kg, nebo 25 000 kg (dle vozidla). Dílce se na ložnou plochu přepravního prostředku skládají tak, aby byla co nejvíce využita jeho přepravní kapacita. Nesmí být překročena maximální hmotnost nákladu. To je kontrolováno podle hmotnosti nakládaných dílců uvedených ve výrobní dokumentaci. K nakládce a vykládce je třeba používat takové prostředky, aby nedocházelo k poškození povrchové úpravy. Jednotlivé dílce musí být uloženy a připevněny pevně, proloženy dřevěnými, nebo jinými proklady tak, aby bylo zamezeno jejich vzájemnému dotyku (obr. 4.25).

Pro náklady přepravované po silnici jsou limity rozměrů vozidel stanoveny vyhláškou č. 341/2014 Sb. takto: šířka 2,55 m, výška 4 m, délka 16,5 m (tahač s návěsem) a 18 m (přívěsu), hmotnost 48 000 kg. V případě, že nelze dodržet délku dílců přepravitelnou běžným tahačem s návěsem, je nutné využít přepravu nadrozměrnou. K přepravě nadrozměrných nákladů je třeba povolení zvláštního užívání komunikace – přepravy nadměrného nebo nadrozměrného nákladu (vozidla). K této přepravě jsou užívány buď běžné návěsy – dílce jsou dopravovány s přesahem ložné plochy (do 17 m), omezenou hmotností dle rozložení nákladu, nebo speciální hlubinné návěsy, jumbo soupravy, teleskopické (roztahovací) návěsy pro přepravu velmi dlouhých (až 80 m) a těžkých dílců. Přeprava takových dílců je řešena pro konkrétní náklad a je cenově více nákladná [42, 123].

Alternativou k dopravě po pozemních komunikacích je doprava po železnici nebo lodní. Volba způsobu dopravy je otázkou ekonomiky. Je nutné vždy porovnat veškeré výhody a náklady spojené s druhem přepravy. Pro železniční dopravu na krátké vzdálenosti je nevýhodou, že většina výrobců nemá železniční vlečku s napojením na železniční síť. To znamená dopravu konstrukce nákladním automobilem na místo železniční nakládky a zajištění manipulační techniky k nakládce a vykládce. Pokud není místo stavby napojeno na železnici, tak opět zajistit dopravu od železnice na místo stavby. Využití je pro dopravu na delší vzdálenosti.



Obr. 4.25 Přeprava dílců ocelové konstrukce [43].

4.8 Montáž a její příprava

Po vyrobení jednotlivých dílců a jejich dopravě na místo stavby následuje jejich montáž v jeden celek – ocelovou konstrukci. Montáž probíhá za pomoci šroubových spojů. Svařování na stavbě se používá pouze v nutných případech.

Základy stavby – je nutné připravit před montáží ocelové konstrukce haly. Jejich zhotovitelem je dodavatel stavební části – „spodní stavby“. Návrh základové konstrukce je závislý na geologických podmínkách (reakce základové půdy při zatížení vrchní stavbou). Viz také příloha 2 – patky. Základy přenáší všechna zatížení nosných konstrukcí přes vodorovnou základovou spáru do základové půdy. Základ jako nejspodnější nosná konstrukce musí být správně dimenzován tak, aby tyto zatížení přenášel bezpečně, za minimálních deformací a sesedání. Tímto zaručuje stabilitu stavby. Podle druhu klimatického pásma a druhu základové zeminy je určena hloubka založení, která musí být až v hloubce nezámrazné. Hloubka založení je také závislá na hloubce, v jaké se nachází únosná vrstva základové půdy [58, 59].

Podlití patek – cementovou maltou je prováděno po montáži ocelové konstrukce. Jeho účelem je zajištění dokonalého styku patního plechu se základem. Přenos zatížení od horní stavby do základů je tak celou plochou patního plechu. Podlití je o tloušťce max. 0,2 šířky patního plechu. Provádí se ze strany patního plechu (obr. 4.26), nebo pokud je patka příliš rozměrná, tak také předem připravenými otvory v patce. Podlévá se na vlhký beton. Do otvorů rozměrných patek se podlévá pod tlakem. Vytvrdnutím tato vrstva získá požadovanou únosnost a ukotvení konstrukce je možné dokončit dotažením kotevních prvků na 60 % jejich pevnosti v tahu [25, 89].



Obr. 4.26 Postup při podlévání patky [90]

4.8.1 Montáž konstrukce

Jednotlivé díly ocelové konstrukce jsou spojovány v jeden celek šroubovými spoji v místech styků a přípojů. Sestavování konstrukce probíhá podle předem vypracovaného a schváleného montážního postupu zajišťujícím správné sestavení. Během stavby musí být zajištěna stabilita konstrukce v každé fázi montáže, včetně zamezení přetížení kteréhokoli prvku. Dle Přílohy č. 5 k nařízení vlády č. 591/2006 Sb. (Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích) je třeba k montážnímu postupu vypracovat i plán BOZP [61].

Přejímka stavby – předchází montážním pracím. Přejímka staveniště (montážního pracoviště) je provedena osobou zodpovědnou za řízení montážních prací [61]. Připravenost staveniště pro montážní práce musí být dle požadavků, např.: dostatečně zpevněné příjezdové cesty na staveniště, dostatek místa na skladování materiálu, prostor kolem plánované haly přístupný, plocha stavby dostatečně ztuhlá pro bezpečné použití zdvihací techniky atd. [1]. Pro montáž konstrukce je velmi důležitá technická přejímka základových konstrukcí. Patky nebo jiné základové konstrukce musí být jejich dodavatelem zhotoveny v požadované kvalitě. Objednatelem je před předáním stavby provedeno geodetické kontrolní zaměření stavby dle projektové dokumentace a vystaven protokol s výsledky měření. Dále je provedeno vytyčení os sloupů a kontrola připravených kotevních prvků. Při přejímce staveniště objednatel předá takto připravené staveniště zhotoviteli OK s podklady zaměření a jednoznačným určením výškových bodů. Jsou také určeny skladovací plochy, odběrná místa elektrické energie a vody, vyjasněny další specifika stavby (např. omezení vyplývající z provozu stávající výroby). Přejímka staveniště je provedena písemným zápisem do stavebního deníku [62].

Při montáži ocelové konstrukce haly jsou používána zdvihací a montážní zařízení včetně zařízení pro horizontální a vertikální dopravu. Všechny tyto zařízení musí být před zahájením montážních prací zkontrolovány a splňovat technické normy [61].

Zdvihací technika – jsou používány zejména pojízdné jeřáby (autojeřáby) zobrazené na obr. 4.27. Je třeba zvolit takový jeřáb, jehož parametry budou splňovat požadovanou nosnost danou hmotností přemísťovaných dílců a výšku zdvihu danou výškou konstrukce. Jejich výložník (rameno) může být konstruováno jako výsuvné, nastavitelné, příhradové, nebo kombinace výsuvného s příhradovým nástavcem. Jeřáb je ovládán jeřábníkem, který dostává pokyny od signalisty. Signalista navádí jeřábníka při manipulaci se zavěšeným dílcem až do jeho bezpečného usazení na požadované místo. Za upevnění jednotlivých zavěšovaných prvků zodpovídá vazač. Připojovaný dílec zůstává upevněn na zdvihadle až do jeho pevného připojení ke konstrukci a zajištění stability. Ke zdvihu lehčích konstrukčních prvků lze například využít i manipulátoru s nástavcem ke zdvihu břemen (obr. 4.28) [9, 61].



Obr. 4.27 Zdvihač na autojeřábu [60].



Obr. 4.28 Zdvihač na podvozku – manipulátor [9].

Montážní technika – pracovníci montáže se při montážních pracích musí pohybovat ve výškách montážních styků. K těmto účelům je používána montážní technika umožňující pohyb ve vertikálním i horizontálním směru. To umožňuje rychlé přemísťování montážní skupiny po stavbě. Využívají se pracovní plošiny s pracovním košem, s motorovým zdvihem i pojezdem: nůžkové pracovní plošiny (obr. 4.29a), plošiny na samostatném podvozku (obr. 4.29b), pracovní plošiny na automobilovém podvozku (obr. 4.29e), přívěsné zdvihačské plošiny (obr. 4.29c) [66]. Dále to mohou být různé typy manipulátorů (obr. 4.28) a vysokozdvižných vozíků (obr. 4.29d) vybavených pracovní plošinou s pracovním košem. Manipulátory lze vybavit i jinými nástavci a využívat je i k manipulaci s materiálem a zdvihu břemen. Jaký druh pracovní plošiny bude použit, závisí na potřebách montáže, požadované dosažitelné výšce, podkladu pro pojezd, nebo sklonu terénu. Druh pohonu (spalovací motor, akumulátorový – elektromotor) je zvolen s ohledem na dostupnost elektrického napájení pro dobíjení akumulátorových plošin a také na prostředí, kde budou použity. Pohon spalovacím motorem je využíván u plošin konstruovaných k pohybu v terénu a neuzavřených prostorách. Akumulátorové plošiny pro pohyb v uzavřených prostorách (nehrozí zakouření výfukovými plyny) dokončovaných hal se zpevněnou podlahou [14].



Obr. 4.29 Pracovní plošiny [64, 65]. a) nůžková, b) teleskopická, c) přívěsná, d) vysokozdvižný vozík s plošinou f) automobilová plošina

Ostatní prostředky a zařízení používané při montáži ocelové konstrukce – pro dopravu materiálu ve vertikálním směru mohou být při stavbě haly použity výtahy a vrátky, nebo pomocné konstrukce a montážní lešení pro montážní práce. Jejich použití musí být v souladu s jejich určením a požadavky zajišťující BOZP [62].

Pracovníci provádějící montáž ocelové konstrukce pohybující se ve výškách, musí být seznámeni s opatřeními vyplývajícími z nařízení vlády č. 262/2005 Sb. pojednávajících o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovišti s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky v rozsahu nezbytném pro prováděné práce na staveništi [61].

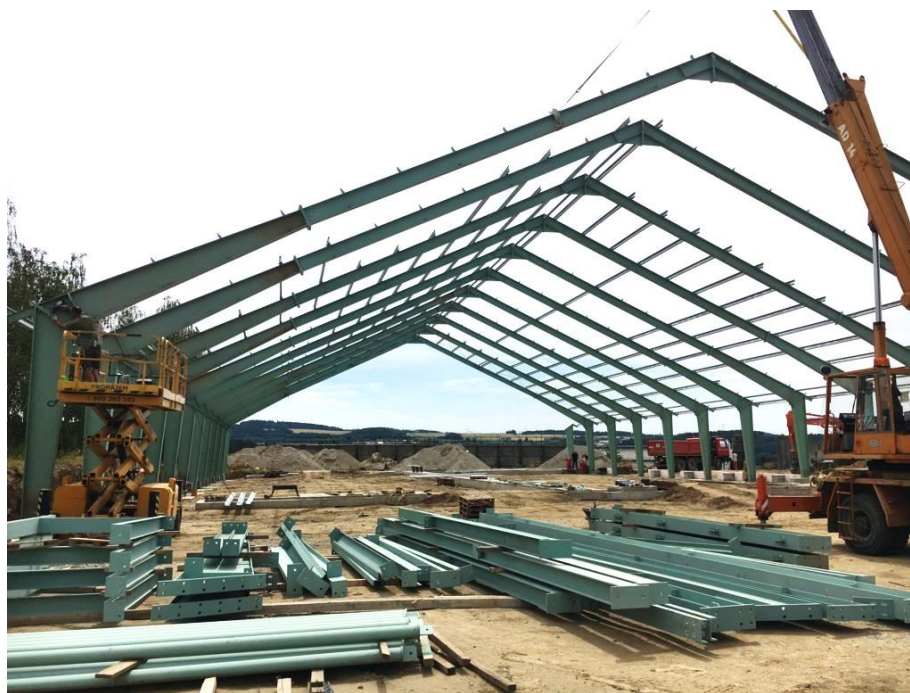
Průběh montáže konstrukce – při sestavování ocelové konstrukce je třeba minimalizovat spojování jednotlivých dílů svařováním. Ve venkovním prostředí za ztížených povětrnostních podmínek je obtížné dodržet požadovanou kvalitu svaru a bez speciálních přípravků dodržet geometrickou přesnost svařovaných dílců [62]. Nutné je také zhotovení povrchové úpravy na stavbě. Svařování se tak provádí v nutných případech, například při opravě vadného dílu, nebo pokud nové okolnosti na stavbě vyžadují úpravu konstrukce.

Průběh montáže řídí vedoucí montáže. Určuje správný sled montovaných prvků, jejich usazení a způsob provedení spojů. Řídí pracovní činnosti podřízených pracovníků (montérů, vazačů, jeřábníků a dalších pracovníků podílejících se na montáži). Je zodpovědný za kvalitu prováděných prací jejich soulad s technickými požadavky a dokumentací [61].

Konstrukce je spojována šroubovými spoji za použití spojovacího materiálu o předepsané pevnosti a povrchové úpravy. U spojů s požadavkem na utahování určitým momentem se pro utahování používá momentový klíč [67]. Konstrukce je sestavována z jednotlivých dílců v pořadí podle montážního postupu a montážní výkresové dokumentace. Každý díl má své nezaměnitelné označení a musí být umístěn na projektové místo se správnou orientací (nesmí být např. otočen) [62]. Montáž probíhá zpravidla nejprve ukotvením sloupů primární konstrukce (obr. 4.30), na které se montují příčle [1]. Konstrukce je stabilizována montáží ztužidel, nebo dočasnými podpěrami a ztužidly zaručujícími stabilitu konstrukce během montáže. Dočasné podpěry se demontují až po montáži dílů konstrukce zaručující trvalou stabilitu podle projektu [61]. Na sestavenou primární konstrukci je poté namontována sekundární konstrukce [9].

Při sestavování je třeba dbát na zamezení vzniku přídavných napětí, díly konstrukce se sestavují bez použití násilného vkládání. Úprava dílců, např. vrtáním dalších otvorů, je možná pouze se souhlasem zpracovatele projektové dokumentace.

Konstrukce je po sestavení směrově i výškově vyrovnána a vyměřena geodetem. Naměřené hodnoty musí být v mezích tolerancí daných normou ČSN EN 1090-2+A1. Naměřené hodnoty jsou zapsány do stavebního (montážního) deníku. Po správném vyrovnání je možné dotáhnout veškeré spoje a kotevní prvky [61, 62].



Obr. 4.30 Montáž ocelové konstrukce na stavbě [60]

Oprava nátěru konstrukce – během přepravy, skladování a montáže je třeba dbát opatrnosti a chránit povrchovou úpravu ocelové konstrukce proti poškození. Každé poškození je pro ocelovou konstrukci nebezpečné z hlediska rozvoje koroze. Proto je nutné po montáži všechna poškození opravit (zapravení) příslušným nátěrovým systémem o stejné tloušťce jako nepoškozený nátěr. K aplikaci se používá váleček, nebo štětec, méně stříkání (sprej) z důvodu nutnosti opakovat nástřik pro dosažení požadované tloušťky nátěru a také z důvodu nutnosti zakrývat okolní plochy před nechtěným nástřikem (např. opláštění, vrata, jiné již nainstalované technologie).

Oprava zinkovaného povrchu – obtížnost opravy pozinkovaného povrchu je nevýhodou této metody. Dojde-li k poškození pozinkovaného povrchu, ať už při montáži, nebo při nutných úpravách konstrukce není možné opravit povrch na místě stavby ve stejné kvalitě. To je možné pouze opětovnou demontáží a novým pozinkováním v zinkovně. K opravám menších poškození se používají jednosložkové, nebo dvousložkové nátěrové hmoty s vysokým obsahem zinku. Aplikují se stříkáním (sprej), nebo nanesením štětcem. Minimální obsah zinkového prachu v suché vrstvě nátěru je 92 hmotnostních % (62 % objemových). Tloušťka vrstvy aplikovaného nátěru by měla být min. o 30 μm větší, než vrstva kovového povlaku vytvořeného žárovým zinkováním. Stříkáním je nanesena vrstva přibližně 5 μm , je proto nutno nástřik několikrát opakovat. Jedna vrstva barvy nanesená štětcem má průměrnou tloušťku 100 μm , což je vrstva dostačující [48]. Tyto nátěrové hmoty jsou někdy nesprávně označovány za galvanizaci zinkem za studena [49].

Předání stavby objednateli – po dokončení stavby v rozsahu dané smlouvou o dílo je stavba předána objednateli. V případě stavby „na klíč“ je hala předána k užívání, v případě zhotovení konstrukce je předána tato část stavby objednateli, který ji dále předá dodavateli navazujících částí. Předání a převzetí díla probíhá za přítomnosti odpovědných osob zhotovitele a objednatele. Zhotovitel je povinen vést stavební (montážní) deník, do kterého jsou písemnou formou zapisovány veškeré údaje o průběhu montáže a dohody a ujednání mezi objednatelem a zhotovitelem. Při předání stavby je provedena kontrola, zda je dílo provedeno v rozsahu dané smlouvou v požadované kvalitě a je provedeno v souladu s realizační a výrobní dokumentací. V případě, že je shledáno, že dílo je dokončeno v daném rozsahu, bez vad a nedodělků, je o této skutečnosti učiněn zápis do stavebního (montážního) deníku a vystaven předávací protokol díla. Vše musí být stvrzeno podpisy odpovědných osob zhotovitele a objednatele. Zhotovitel opouští stavbu vyklizením stavební techniky a likvidací odpadů.

Předávání díla může probíhat po průběžně dokončených částech, nebo předáním vyhotovených částí, které budou následně postupem dalších prací zakryta. Vše se opět zapisuje do montážního deníku. Jsou-li dohodnuty mezioperační kontroly, pak zodpovědné osoby objednatele přejímají dílo v průběhu výroby a montáže po dokončení předem dohodnutých operací. Například po vyrobení svařenců, po aplikaci povrchové úpravy, průběžné kontroly dokončených částí při montáži na stavbě. Pro přejímku po každé z mezioperačních kontrol slouží vystavený příslušný protokol mezioperační kontroly [67].

4.9 Opláštění (dodávka a montáž)

Často je realizace zakázky dodávky a montáže OK (ocelové konstrukce) včetně opláštění haly. Nezateplené haly jsou opláštěné trapézovým plechem. U hal zateplených je opláštění řešeno sendvičovými panely s jádrem PUR, PIR, nebo s jádrem z minerální vlny (požární odolnost). Panely PIR (kombinace uretanových a isokyanurátových vazeb) mají oproti PUR (polyuretan) zlepšené parametry, zejména vyšší požární odolnost, izolační vlastnosti, pevnost v tlaku, nebo rozměrovou stabilitu [87].

Opláštění se dále člení na opláštění střechy a opláštění stěn a to z důvodu použití

rozdílných profilů (obr. 4.31). Z hlediska rozpočtu cena sendvičových panelů roste s jejich tloušťkou (větší tloušťka izolačního jádra = menší součinitel prostupu tepla U_a tím kvalitnější zateplení). Rozdílná je také cena pro různé specifikace (kotvení, vnitřní a vnější profil, barevné řešení a povrchová úprava, typ jádra, prosvětlovací panely atd.)

Pro ploché střechy je užíván skládaný střešní plášť. Je složen ze samostatných vrstev (nosný profil, folie, izolační vrstva, krycí folie a další), vrchní vrstva je tvořena hydroizolační fólií (svařované pásy).

Pro dodávku materiálu opláštění je třeba určit celkové plochy, včetně prořezu. Přesněji je lze určit z kladečského plánu, kde jsou určeny jednotlivé délky panelů (plechů) pro vytvoření objednávky u výrobce.

Montáž opláštění probíhá kotvením na sekundární konstrukci, nebo v případě vodorovného kladení opláštění stěn přímo na nosné sloupy. Montážní technika je obdobná jako u montáže OK, také rozpočet obsahuje podobné položky jako u montáže ocelové konstrukce (montážní technika, mzdy, ubytování, doprava atd.)

Klempířské prvky opláštění – je to soubor standardních klempířských prvků vyráběných z plechu (stříhání, ohýbání) použitých k dokončení opláštění (nároží, hřeben, krycí lišty, těsnění, lemování oken vrat a dveří, atd.), dále speciálně vyráběné prvky (úžlabí, podsady světlíků, lemování světlíků atp.) Cena těchto prvků opláštění je závislá na jejich povrchové úpravě a počtu ohybů uskutečněných na daném prvku. Výrobní cena je uváděna v Kč/bm, nebo cena za kus (různé délky). Samostatnou vyčleněnou položkou může být například řešení těsnění a prostupů požárně dělicí konstrukcí.



Obr. 4.31 Prvky opláštění haly [9].

Okapový systém – je dimenzovaný podle odvodňované plochy střechy. Rozdílný je i podle tvaru střechy. Například u střech sedlových je řešen venkovním okapovým žlabem, u střech plochých vnitřním odvodňovacím systémem se střešními vpustěmi. U vícelodních hal mezistřešním žlabem (úžlabím), u hal s atikou zaatikovým žlabem. Jednotlivé systémy musí obsahovat veškeré prvky pro danou realizaci a dané specifikace (např. střešní vpuště nevyhříváné/vyhříváné, žlaby tvaru půlkruhového/čtyřhranného, elektrické vyhřívání žlabů, objímky, svody, háky, žlabové kotlíky atd.). Na cenu okapového žlabového systému má značný vliv požadovaná povrchová úprava a materiál (ocelový pozinkovaný plech, ocelový

poplastovaný plech, měděný plech, hliníkový plech, zinkový plech, titan-zinkový plech, plastické hmoty)

Výplně otvorů – okna, vrata a dveře. Opláštění může být včetně dodávky a montáže oken vrat a dveří v požadovaném počtu a specifikaci. Prosvětlení stěn lze řešit také prosvětlovacími pásy z transparentního polykarbonátu. U vrat je cena závislá na typu použitých vrat – od jednoduchých nezateplených ocelových dvoukřídlých vrat po průmyslová sekční vrata vybavená: dálkovým ovládáním, integrovanými dveřmi, s prosklením, těsnícím límcem, vyrovnávacím můstkem a clonou proti průvanu.

Světlíky – výrobou a montáží světlíků se zabývá řada specializovaných firem. Existuje více typů světlíků (obloukové, šedové, sedlové, bodové) o různé specifikaci výplně, konstrukce, počtu větracích klapek vybavených různými typy otevírání. Tyto specifikace spolu s velikostí světlíku tvoří jeho cenu. U zateplených hal se sedlovou střechou je nejčastěji používán obloukový hřebenový světlík s výplní komůrkovým polykarbonátem, hliníkovou konstrukcí a zateplenou podsadou. U hal s plochou střechou světlíky bodové otevíravé, nebo pevné.

Specifické konstrukce – různé doplňky konstrukce, nebo atypické konstrukce a prvky. Například různé lávky, schodiště, zábradlí, žebříky. Jejichž výroba je svojí pracností, povrchovou úpravou a použitým materiálem velmi liší od výroby hlavní nosné konstrukce. Standardizované díly jsou často nakupovány, nebo tyto prvky řešeny subdodávkou.

5 VÝROBA KONKRÉTNÍ KONSTRUKCE VE ZVOLENÉM VÝROBNÍM ZÁVODĚ

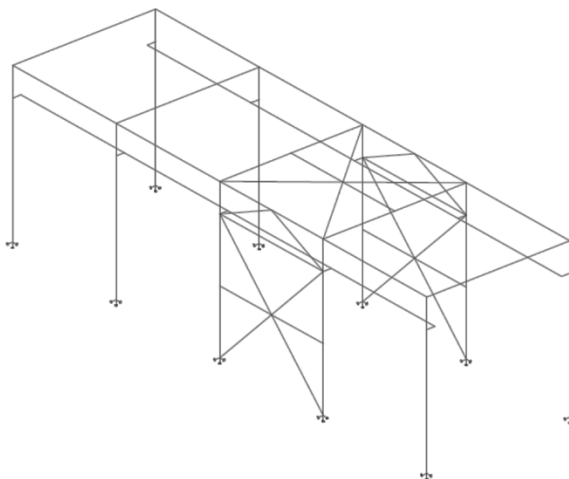
Stavba: Hala E+F

Předmět díla: Ocelové konstrukce, jeřábové dráhy – výroba a montáž

Objednatel: generální dodavatel stavby

Zhotovitel: UNICON, spol. s r.o.

Realizace: 12/2017 až 4/2018



Obr. 5.1 Osový model ocelové konstrukce jeřábové dráhy [98].

5.1 Technický popis

Ocelové konstrukce – jedná se o ocelovou konstrukci ve stávající hale sestávající se z vestavby mezipater s pavlačí a kontrolní lávky. Podlaží vestavby jsou v úrovni +4,680 a +8,380. Nosná konstrukce je tvořena podélnými ocelovými rámy se sloupy profilu HEB 180 a HEB 200, příčně rámy z profilu IPE 450, na rámy jsou příčně napojeny podlahové nosníky IPE 180. Na tuto konstrukci jsou položeny trapézové plechy TR 50/250/0,75 jako nosný prvek podlahy mezipater. Pavlač vestavby je tvořena nosníky profilu IPE 180 a konzolami profilu 2 x UPE 300. Příčné ztužidlo je tvořeno trubkou kruhového průřezu tr. 102/5. Kontrolní lávky umístěny v 2NP tvoří dva ocelové mosty z HEA profilů a trubek. Povrchová úprava těchto konstrukcí je nátěrem do korozního prostředí C2, C3. Požadavek na požární odolnost konstrukce R15, u některých prvků (2. NP) R30.

Konstrukce venkovního požárního schodiště se schodnicí z U 220, příčnými nosníky HEA 160, kruhové sloupy z trubky 152/5, ztužila z kruhové trubky 70/4. Žárově zinkováno.

Součástí dodávky je i ocelová chránička proti njetí do stěny vyrobená z trubky DN 50 o tloušťce stěny 3 mm. Kotveno do podlahy, povrchová úprava zinkováním a nátěrem v žluto černém provedení.

Výrobní kategorie konstrukce EXC2, materiál ocel jakosti S235JR, S 355JR2.

Jeřábová dráha – nosná konstrukce jeřábové dráhy (obr. 5.1) je tvořena příčnými rámy profilu HEA 400 (sloupy i příčně) s konzolami pro jeřábový nosník z HEA 300. Rámy jsou podélně spojeny trubkami tr. 114/4 mm. Jeřábový nosník z profilu HEA 550, kolejnice HR 50/30. Podélná stabilita je zajištěna ztužidlem mezi osami z trubek tr. 114/4 mm a tr. 102/4 mm, příčnou stabilitu zajišťuje tuhost rámy. Spojováno šroubovanými styky. Třída provedení

portálového rámu a ztužení EXC2, třída provedení jeřábové dráhy je EXC3. Jakost oceli S235JR, kolejnice S355J2.

Spojovací a kotevní materiál pevnostní třídy 8.8 a 10.9. Povrchová úprava nátěrovým systémem do korozního prostředí C2.

5.2 Postup výroby

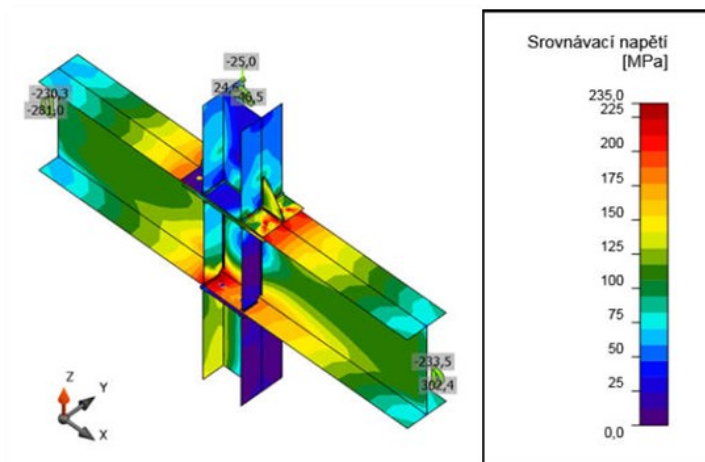
Vytvoření cenové nabídky – na základě zaslané poptávky je vytvořena cenová nabídka objednateli. K jejímu vytvoření slouží zaslané podklady ve formě projektové dokumentace stupně: pro ohlášení stavby, nebo pro vydání stavebního povolení (DSP). Dokumentace je v průběhu přípravy realizace dále upřesňována, což vede ke změnám v konstrukcích, nebo je doplňována o další dodatečné konstrukce. Na základě těchto změn je postupně vytvořeno několik revizí nabídky.

Předmětem cenové nabídky je výroba a montáž ocelové konstrukce vestavby o celkové hmotnosti 41 004 kg, dodávka a montáž trapézového plechu podlahy o výměře 626 m², výroba a montáž, nebo dodávka a montáž doplňkových konstrukcí (lávky, schodiště, chránička) o celkové hmotnosti 14 646 kg. Výroba a montáž ocelové konstrukce jeřábové dráhy, včetně prodloužení dvou stávajících jeřábových drah o souhrnné hmotnosti 76 643 kg. Cena zahrnuje zhotovení výrobní dokumentace. Konstrukce je dimenzována tak, aby splňovala požadavek požární odolnosti R 15. Na R 30 bude v 2.NP chráněna SDK obklady (není předmětem nabídky).

Výběr dodavatele – po předložení konečné cenové nabídky je ve výběrovém řízení vybrán dodavatel poptávané části stavby. Po oznámení výsledku výběrového řízení objednatel v návrhu smlouvy s vítěznou firmou upřesňuje všechny podmínky a harmonogram. Jako dodavatel ocelových konstrukcí byla vybrána firma UNICON, spol. s.r.o. Mezi objednatelem a dodavatelem je následně sepsána smlouva o dílo (SoD).

Výroba ocelových konstrukcí (dílů) – výroba dílců ocelových konstrukcí probíhá ve výrobním závodě firmy UNICON, spol. s.r.o. v Třebíči.

Zhotovení výrobní dokumentace – před zahájením samotné výroby ocelových konstrukcí je zhotovena výrobní dokumentace (ukázka řešení detailů šroubových spojů na obr. 5.2) vycházející z projektové dokumentace a statického výpočtu dodané objednavatelem.



Obr. 5.2 Statický výpočet šroubových spojů, dokumentace (DSPS) [98].

Nákup materiálu – v množství dle výkazu výměr (sklad materiálu na Obr. 5.3). Kvalita oceli S 235JR a S355J2. Subdodávka trapézového plechu TR 55/250/0,75 mm spodní strana

ochranný lak 7–10 µm, horní strana polyester 25 µm RAL 9002 šedobílá, celkové množství 526 m². Spojovací a kotevní materiál v pevnostní třídě 8.8 a 10.9.



Obr. 5.3 Sklad materiálu.

Příprava programů pro výrobní stroje řízené počítačem – výroba je vybavena moderním počítačem řízeným pilo-vrtacím strojem Kaltenbach zobrazeném na Obr. 5.4 (skládající se z pásové pily KBS 761 a profilového vrtacího stroje KDM 615), pro tyto stroje jsou připraveny výrobní plány s potřebnými daty pro dělení profilů a jejich vrtání. Pro vypalování a vrtání dílů z plechu jsou připraveny pálicí plány pro pálicí stroj Kaltenbach KF 1606.

Stanovení technologických postupů, plán výroby, harmonogram – ve firmě je zaveden systém řízení výroby odpovídajícího požadavkům ČSN EN 1090-1 ve spojení se systémem managementu kvality dle ČSN EN ISO 3834-2. V souladu s těmito normami jsou vytvořeny technologické postupy výroby, svařecí postupy (WPS), vypracován plán výroby, plán kontroly kvality, harmonogram průběhu výroby a další.

Dělení materiálu – řezání profilů probíhá na pilo-vrtacím stroji za současného vrtání děr. Řezání trubek a menších profilů na pásové pile. Dělení plechu probíhá na hydraulických tabulových nůžkách CNTF 4000/8 CNC, vypalování tvarově složitějších dílů z plechu na pálicím stroji.



Obr. 5.4 Dělení materiálu na pilo-vrtacím stroji.

Zhotovení děr – u profilů dělených na pilo-vrtacím stroji jsou vrtány otvory podle předem daného programu. Vrtání probíhá vrtáky umístěnými ve vertikálních i horizontálních vřetenech. To umožňuje současné vrtání ze tří stran. Trubky jsou vrtány na sloupové vřtače. Otvory součástí vypalovaných z plechu jsou vrtány přímo na pálicím stroji, který disponuje vrtacím vřetenem. Ukázka výpalků opatřených otvory je na obr. 5.5



Obr. 5.5 Jednotlivé položky připravené k sestavování.

Zhotovení úkosů před svařováním a příprava svarových ploch – většina svarů je koutových nevyžadující svarové úkoso, u několika V nebo $\frac{1}{2}$ V svarů jsou svarové úkoso zhotoveny ruční úkosovačkou. Odstranění otřepů po dělení materiálů je provedeno úhlovou bruskou. Před svařováním je povrch všech dílů otryskán v průběžném tryskacím zařízení s válečkovou dráhou. Tím je očištěn od mastnoty a koroze.

Sestavování dílců z jednotlivých položek – dílce se skládají z jednotlivých dílů (položek), ty jsou v jeden svařenec (dílec) připojovány svařováním metodou MAG 135 (obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivní ochranné atmosféře). Pozice připojovaných položek k hlavnímu nosnému profilu jsou na tomto profilu rozměřeny a označeny. Pro zachování správné geometrie a pozice při svařování jsou použity speciální a univerzální přípravky. Sestavované dílce jsou nejprve stehovými svary sestaveny (ukázka na obr. 5.6). U takto sestavených dílců je provedena kontrola správného sestavení, kontrola rozměrů a geometrie. Zkontrolované (vyhovující) dílce jsou přesunuty na svařovací pracoviště, kde jsou svařeny předepsaným svarem. Svařený dílec je podroben kontrole rozměrů a geometrie po svařování, svary podrobeny vizuální kontrole.



Obr. 5.6 Sestavování dílců pomocí stehových svarů.

Tryskání – vyrobené dílce určené k povrchové úpravě nátěrovým systémem jsou otryskány v tryskacím boxu na stupeň čistoty povrchu Sa 2,5.

Značení – položky k sestavení jsou značeny ražením kódu položky, jsou také operativně značeny např. křídou, nebo fixou. Sestavené dílce jsou opatřeny štítkem s vyraženým označením.

Povrchová úprava – dílce konstrukce jsou opatřeny v lakovacím boxu jednvrstvným

nátěrovým systémem dvousložkovou polyuretanovou nátěrovou hmotou (Hepathane Fast Dry 55750) o celkové tloušťce suché vrstvy 120 μm . Konstrukce žárově zinkované (schodiště) jsou zinkovány v zinkovně Wiegel Velké Meziříčí.

Doprava na místo stavby – vyrobené dílce jsou dopraveny na místo stavby nákladním automobilem s návěsem a nákladním automobilem s rukou.

Montáž – probíhá podle předem stanoveného harmonogramu koordinátorem generálního dodavatele. Je vypracován plán BOZP, provedeno proškolení pracovníků montážní skupiny, vypracován technologický postup montáže, dodány potřebné dokumenty kvalifikací, revizí zařízení a vypořádány další administrativní záležitosti. Následuje protokolární předání staveniště, určena připojovací místa (el. energie). Vykládka z konstrukce z přepravního prostředku je pomocí ruky umístěné na nákladním automobilu na zavážecí plošinu, kterou jsou přepraveny díly konstrukce do místa montáže uvnitř stávající haly. Zde je doprava zajištěna pomocí vozíků a palet. K manipulaci při montáži je použit pásový jeřáb URW-547 s nosností 4 000 kg. Pro montáž je použita vysokozdvizná plošina a lešení. Pro montáž je využito běžné elektrické ruční nářadí (vrtačky, utahováky, nastřelovací pistole). Montáže se podle průběhu prací účastní maximálně dvě pracovní skupiny po pěti pracovnících, jedna skupina pro dopravu materiálu a jedna skupina pro opravu nátěrů.



Obr. 5.7 Montáž jeřábové dráhy [122].

Postup montáže vestavby probíhá vytyčením kotvicích míst, jsou vyvrtány díry pro kotevní šrouby, které jsou následně zalepeny do otvorů pomocí chemických kotev. Po vytvrdnutí probíhá montáž sloupů a příčlích. Stabilizace je zajištěna přikotvením k železobetonovým sloupům stávající konstrukce. Na příčle jsou namontovány stropnice a na ně trapézový plech. Stejný postup je i při montáži nové jeřábové dráhy (JD) a doplňkových konstrukcí (Obr. 5.7). Montáž prodloužení stávajících JD je řešeno samostatným postupem za využití stávajících jeřábů v hale. Kotvení JD je na základové konstrukce s mikropilotou. Provedena rektifikace jeřábových drah. Po ukončení montáže je proveden celkový úklid pracoviště a jeho vyklizení. Jednotlivé části díla jsou předány objednateli.

V průběhu realizace došlo k několika změnám ve specifikaci jeřábu a úpravě konstrukce prodloužení jedné ze stávajících jeřábových drah, které si vynutilo revizi nabídky. Bylo třeba vyjasnit základové konstrukce pro kotvení, ověřit požární odolnost konstrukce. Operativně řešena kolize nosíků pavlače s věncem. K stávající poptávce byly poptávány další pomocné konstrukce a stavební prvky řešené samostatně. Veškeré nově nastalé situace byly zdárně vyřešeny a dílo dokončeno dle nově stanovených harmonogramů.

6 ROZPOČET A TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Vliv na cenu výroby a montáže ocelové konstrukce haly (nebo i opláštění) má celá řada faktorů. Ty vyplývají z velké variability těchto staveb a také z rozdílného strojního vybavení výrobní provozů dodavatelů. Proto nelze stanovit u netypizovaných hal zcela jednotný přístup ke kalkulaci ceny, ale vždy je nutné přihlédnout ke specifickým dané zakázce.

Sestavení rozpočtu je nutné k stanovení ceny díla a vytvoření cenové nabídky. Zahrnuje veškeré náklady (přímé a nepřímé) potřebné k úspěšné realizaci díla bez vad a nedodělků v požadované kvalitě a rozsahu daných požadavky zadavatele.

6.1 Cenová nabídka – rozpočet

Cenová nabídka je tvořena pro zadavatele (např. generálního dodavatele, nebo investora stavby) na základě obdržené poptávky. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1, rozsah poptávky může být od výroby a dodávky ocelové konstrukce, až po stavbu „na klíč“. Podle tohoto jsou poptávkou osloveny firmy schopné realizovat zakázku v požadovaném rozsahu. Na trhu tak působí firmy schopné generální dodávky, dodavatelé ocelových konstrukcí, nebo firmy specializující se na repasi použitých ocelových konstrukcí. Z hlediska dodavatele (výrobce) musí cenová nabídka obsahovat veškeré náklady nutné k úspěšné realizaci a přiměřený zisk. Cenová nabídka je předložena objednateli, který na základě obdržených cenových nabídek, ve výběrovém řízení vybere dodavatele. Při tvorbě cenové nabídky je třeba zohlednit veškerá specifika stavby. Části, které budou řešeny subdodávkou, je vhodné předem popsat u subdodavatelů a to nejen pro zjištění ceny, ale také pro ověření případné kapacity v daném termínu. Při výběrovém řízení je jedním z nejdůležitějších kritérií cena (pokud ne vůbec nejdůležitější). V případě, že je u poptávky možné použít vlastní konstrukční řešení a navrhnout použité materiály, je zde větší možnost zvolit takové řešení, které nejlépe vyhovuje výrobním možnostem dodavatele a povede tak k dosažení lepší cenové nabídky.

6.2 Struktura rozpočtu

Rozpočet sestavuje rozpočtář dodavatele. Rozpočet (kalkulace ceny) se svojí strukturou členěnou na položky odlišuje od struktury rozpočtu cenové nabídky předkládané zadavateli. Přesný návod na strukturu a sestavení rozpočtu není dán a liší se podle zvyklostí a potřeb jednotlivých firem. Rozpočet pro potřeby kalkulace ceny je možné detailně rozčlenit na položky umožňující porovnání různých variant řešení, odlišit položky řešené subdodávkou, nebo uvádět důležité položky interního charakteru (zisk, odpisy strojů, spotřeby energií, splátky úvěrů mzdy THP pracovníků, povinné odvody a jiné správní a výrobní režie). Ukázka jedné z možných variant sestavení rozpočtu je uveden v příloze 20 (autor rozpočtu si přeje zůstat utajen). Takto sestavený rozpočet slouží k vytvoření cenové nabídky.

Cenová nabídka předkládaná zadavateli má zpravidla jednoduché členění na poptávané celky např.:

výroba OK....cena Kč
montáž OK... cena Kč
celkem.....cena Kč

Položky detailně členěného rozpočtu pro kalkulaci ceny jsou zahrnuty v sumách položek cenové nabídky. Strukturu cenové nabídky buď určuje dodavatel dle svých zvyklostí, nebo jsou naceněny položky rozpočtu dodané zadavatelem poptávky. Další možností je předložit cenovou nabídku ve formě jednotkových cen a celková cena díla se pak vyčíslí podle rozsahu díla. Jednotkové ceny se u ocelové konstrukce uvádějí na jednotku hmotnosti 1 kg, u plošných materiálů (oplaštění, plechy ztraceného bednění podlah) na jednotku plochy

1 m². Nabídka obsahuje celkovou hmotnost konstrukce, která je určující pro cenu celkovou (u opláštění a plechů je to celková výměra ploch opláštění). Jakákoliv předložená cenová nabídka by měla být přehledná pro snadné porovnání ve výběrovém řízení s jasnou specifikací jednotlivých položek v textu cenové nabídky. Z tohoto upřesnění by také mělo být zřejmé, co je obsahem cenové nabídky, podmínky její platnosti (realizace do určitého data, možnost revize při upřesnění poptávky atd.) Ukázku cenové nabídky obsahuje příloha 21 [125].

6.3 Položky rozpočtu - kalkulace konečné ceny

Na konečnou cenu mají při vytváření rozpočtu (kalkulaci ceny) vliv zejména níže uvedené položky.

6.3.1 Výroba ocelové konstrukce

Stanovit jednotkovou cenu za výrobu ocelové konstrukce lze podle zkušeností z výroby předchozích podobných realizací, přesněji pak po určení přibližného postupu výroby a počtu normohodin pro výrobu na jednotlivých pracovištích. Cena za výrobu ocelové konstrukce obsahuje veškeré náklady spojené se samotným výrobním procesem (od dělení materiálu až po aplikaci povrchové úpravy). V ceně jsou zahrnuty:

- materiál,
- přímé mzdy,
- výrobní režie,
- projektová dokumentace,
- předpovrchová úprava (tryskání povrchu),
- povrchová úprava,
- správní režie,
- doprava,
- zisk.

Přímé mzdy – jsou to mzdy dělníků podílejících se přímo na výrobě ocelové konstrukce.

Výrobní režie – obsahující mzdy THP pracovníků podílejících se na výrobě, povinné odvody, spotřebu energií a plynu, odpisy strojů a budov, náklady na ochranné pracovní pomůcky a další náklady, například pronájem prostor, nebo strojů. Tyto náklady se liší podle vybavení provozu dané firmy.

Projekční činnost – cena podle rozsahu zajišťované projektové dokumentace. Cena za projektovou dokumentaci pro stavební povolení (DSP), dokumentaci pro provádění stavby (DPS), realizační dokumentaci stavby (RDS) a dokumentaci skutečného provedení stavby (DSPS). Cena je stanovena ceníkem externě spolupracující projekční kanceláře, nebo vyčíslenými náklady vlastní projekční kanceláře.

Materiál – je největší položkou v rozpočtu. Obsahuje nákup veškerého materiálu potřebného ke zdárné realizaci zakázky. Je to hlavně hutní materiál, dále materiál svařovací a materiál spojovací.

- Hutní materiál – jeho cena se odvíjí od momentální cenové nabídky velkoobchodů s hutním materiálem a ceny oceli na trhu. Cena hutního materiálu je uváděna v Kč/kg. Cena je odlišná pro jednotlivé typy materiálu (plechy, válcované profily otevřené, jekly, trubky). Jednotlivé ceny profilů se také liší podle momentální situace na trhu,

vývoj cen je třeba monitorovat a při návrhu konstrukce přednostně volit profily materiálu s nejvýhodnější cenou. Všeobecně platí, že uzavřené profily (trubky, jekly) jsou dražší, než profily otevřené válcované, což je dané typem výroby. U trubek jsou také dražší trubky bezešvé, než trubky svařované.

Odlišná může být také cena hutního materiálu podle pevnostní třídy a jakosti oceli. V současné době je cenový rozdíl mezi profilem vyrobeným z oceli S235 a oceli S355 zanedbatelný. Výsledná cena hutního materiálu také závisí na jeho dostupnosti, na jeho původu (kde je vyráběn), dále na dodavateli (velkoobchod, nebo přímo od výrobce) a na odebraném množství (lepší cenu lze při jednání o nákupu získat množstevní slevou).

Celková cena hutního materiálu se počítá včetně prořezu stanoveným v procentech z celkové hmotnosti (3–5%) u jednotlivých profilů, nebo přesněji u zásadních profilů propočítáním podle výrobní dokumentace. Prořez je větší u plechů (10–20 %) daný procentuálním využitím tabulí.

- Svařovací materiál – jedná se o svařovací dráty a elektrody. Jejich cena se liší podle druhu svařovaného materiálu. Dráty pro svařování ocelí vyšších jakostí jsou zpravidla dražší. Potřebné množství je možné stanovit v procentech z celkové hmotnosti konstrukce, nebo z výrobní dokumentace (předepsané délky svarů a jejich tloušťky). V případě použití svařovacího automatu (pro svařování pod tavidlem) se k ceně drátu připočte cena tavidla.
- Spojovací a kotevní materiál – cena spojovacího materiálu v potřebném množství a kvalitě pro montáž ocelové konstrukce. Standardně se používá zinkovaný spojovací materiál v pevnostní třídě 8.8 a 10.9. Cena se stanovuje podle typu konstrukce (množství spojů) procentuálně z celkové hmotnosti konstrukce. V případě nestandardních spojovacích prvků se cena stanovuje individuálně. Kotevní materiál je cena podle druhu kotvení. Nejdražší je kotevní materiál při kotvení pomocí chemických kotev, kde kromě svorníků je největší položkou cena kartuše pohybující se v řádu stovek korun.

Cena výrobních procesů řešených subdodavatelsky – jsou také součástí výrobních nákladů. V interním položkovém rozpočtu lze pro přehlednost subdodávky vyčlenit jako samostatnou položku. Subdodavatelsky jsou řešeny výrobní procesy, které není možné provést vlastními výrobními prostředky. A to buď pravidelné procesy (např. nebo vypalování plechů, při absenci pálicího stroje), nebo nepravidelné procesy, které nejsou pro výrobu ocelových konstrukcí běžné (například ohýbání profilů na ohýbacím stroji). V obou případech je třeba do těchto nákladů započítat i dopravu dílů konstrukce do místa realizace subdodávky a zpět.

Subdodávkou lze zadat i celou výrobu některých dílů ocelové konstrukce, například pokud nelze z technických nebo časových důvodů tyto díly vyrobit vlastní výrobou. Mohou to být díly rozměrově a hmotnostně vlastní výrobě nevyhovující, část zakázky při jejím velkém rozsahu, nebo pokud je vlastní kapacita výroby částečně naplněna realizací souběžné zakázky. Cena těchto subdodávek se může lišit od ceny výroby vlastními prostředky, proto je výhodné cenu subdodávky zjistit před vytvořením cenové nabídky, nebo položku výroby ocelové konstrukce patřičně navýšit o rizikovou složku.

Tryskání povrchu – náklady spojené s touto metodou přípravy (čištění) povrchu. Tuto položku lze buď zahrnout do povrchové úpravy, nebo ji vyčlenit samostatně. Do této položky se tak zahrnuje tryskání v průběžném tryskací i následné tryskání v tryskacím boxu před lakováním (případ popisované výroby v kap. 5).

Povrchová úprava – do této položky se zahrnují veškeré náklady spojené povrchovou úpravou ocelové konstrukce.

- **Mokrý lakování** – u lakované konstrukce jsou to náklady na nátěrové hmoty, aplikace nátěrového systému a jeho sušení (pokud je použito). Podle typu konstrukce a velikosti ploch dílů se vhodně zvolí nutný přídavek ke spotřebě nátěrových hmot daný postříkem (procentuálním navýšením vypočtené spotřeby nátěrového systému). Nejnižší pořizovací cena je u alkydových nátěrových hmot (lze použít pro stupeň korozní agresivity prostředí C2 i C3). Epoxidové nátěrové systémy jsou i přes vyšší pořizovací cenu/kg výslednou cenou nátěru srovnatelné s alkydy. Díky vyššímu obsahu sušiny v nátěrovém systému tvoří silnější vrstvy suchého nátěru, což vede k menší spotřebě nátěrové hmoty. Cena za nátěrové hmoty roste s jejich spotřebou při nutnosti aplikace silnějších vrstev nátěru (požadavek vyšší životnosti). Jednotková cena/kg s rostoucím stupněm korozní agresivity prostředí, kdy je nutné použít dražší nátěrové systémy např. polyuretanové. Cena aplikace roste s počtem aplikovaných nátěrů (vrstev).
- **Žárové zinkování** – tato položka řešená až na výjimky subdodavatelsky je daná cenou zinkovny za 1kg zinkované konstrukce. K této položce náleží také cena dopravy do zinkovny a případně zpět (možno také přímo na místo stavby).
- **Protipožární nátěr nebo nástřik** – náklady na použité nátěrové hmoty a její aplikace. Cena roste se zvyšujícími se požadavky na požární odolnost konstrukce (silnější vrstva nátěru). Vzhledem k aplikaci na stavbě je cena za 1 m² stanovena včetně potřebné mechanizace podobně jako u montáže ocelové konstrukce. Aplikaci často provádí specializovaná firma subdodávkou (držitel platné autorizace k aplikaci daného typu nátěrového systému).

Doprava ocelové konstrukce na místo stavby – obsahuje náklady na dopravu vyrobené konstrukce, z místa výroby na místo stavby. Lze řešit vlastním přepravním prostředkem, nebo subdodavatelsky. Cena je závislá na vzdálenosti a použitém přepravním prostředku. V případě nadrozměrných nákladů je obvykle cena přepravy vyšší.

Zisk a správní režie – jsou nedílnou součástí rozpočtu pro potřeby kalkulace ceny. Jsou vyjádřeny v procentech z celkové sumy ostatních položek

6.3.2 Montáž ocelové konstrukce

Veškeré přímé i nepřímé náklady spojené s montáží od převzetí pracoviště po předání stavby. Další náklady spojené s montáží a pobytem pracovní skupiny na montáži. Zajištění a provoz montážní techniky. Možné členění v rozpočtu:

- přímé mzdy,
- výrobní režie,
- zisk,
- ubytování,
- stravné,
- doprava pracovníků,
- manipulační a montážní technika,
- ostatní náklady.

Přímé mzdy – mzdové náklady členů montážní skupiny.

Výrobní režie – mzdy THP pracovníku montáží, povinné odvody, spotřeby energií, odpisy montážní techniky, pronájmy ploch, náklady na dopravu THP pracovníků (kontrolní dny, jednání) a další.

Ubytování, stravné, doprava pracovníků – náklady jsou značně závislé na vzdálenosti místa stavby od sídla firmy. Pokud je stavba v dosahu, jsou tyto vedlejší náklady pracovní skupiny menší, než pokud je stavba ve vzdálenosti, která vyžaduje pobyt pracovníků mimo domov.

Manipulační a montážní technika – náklady související s veškerými potřebnými manipulačními a montážními prostředky (provoz, pronájem) užívanými při montáži ocelové konstrukce haly. Jedná se například o jeřáby s nosností a dosahem umožňujícím zajištění potřebných manipulací při montáži. Pokud firma nedisponuje potřebnou technikou, lze si ji pronajmout, nebo zajistit tyto manipulace externí firmou. U jeřábů platí, že čím větší jeřáb (vyšší nosnost a dosah) tím vyšší hodinová sazba. Je nutné také vyčíslit náklady spojené s přesunem techniky, kdy v některých případech je rentabilnější pronajmout techniku v místě stavby, než její přesun ze sídla firmy na stavbu a zpět. Do této položky je možné zahrnout také zajištění potřebného ručního nářadí.

Ostatní náklady – náklady na činnosti, které si vyžadují zvláštní požadavky dané povahou ocelové konstrukce a místem stavby. Například požadavky na rektifikaci jeřábové dráhy, zajištění ostrahy staveniště, úpravy stávajících konstrukcí, ochranné přepažení prostorů při přístavbách hal, kde není přerušena výroba atp.

6.3.3 Financování výstavby haly

Obvyklou formou je financování na základě poskytovaných záloh objednatelem zhotoviteli. Objem záloh by měl korespondovat s objemem provedených prací, nebo dodaným materiálem. Zhotovitel provede soupis provedených prací za daný měsíc a předloží jej objednateli na vystaveném zjišťovacím protokolu k faktuře. Objednatel provede kontrolu stavu a po potvrzení zjišťovacího protokolu provede proplacení faktury. Konečná faktura je vyhotovena na základě protokolu o závěrečném vyúčtování vyhotoveným spolu s předávacím protokolem. Jinou formou (u menších staveb) je proplacení celkové faktury ve sjednané splatnosti po předání díla dodavatelem. Platební podmínky upravuje SoD sjednaná mezi objednatelem a dodavatelem.

Dle zvyklostí objednatele je možné smlouvou požadovat například bankovní záruku za řádně provedené dílo, nebo bankovní záruku po dobu záruční doby (tzv. zádržné), kdy k proplacení určité části z celkové ceny dojde až po uplynutí sjednané záruky. Náklady spojené s touto zárukou je třeba uvažovat při kalkulaci ceny (zahrnout do rozpočtu).

6.3.4 Zvýšení ceny díla – vícepráce

Může být požadováno při zajištění prací, které nejsou předmětem nabídky, nebo provedené z odůvodněných příčin za účelem řádného dokončení díla. Jsou to například neznámé skutečnosti neobsažené v předávané dokumentaci, komplikace vzniklé během montáže, nové požadavky nad rámec původní poptávky po podpisu SoD.

7 DISKUZE

7.1 Optimalizace nákladů na výrobu ocelové konstrukce

Rozborem získaných poznatků bylo zjištěno, že existuje více možností, jak lze optimalizovat celkové náklady na výrobu ocelové konstrukce. Vzhledem k velké konkurenci v tomto oboru je tato optimalizace předpokladem pro předložení výhodné cenové nabídky a získání zakázky. Jednou z možností je snížení hmotnosti konstrukce úsporou materiálu. Projektant ocelové konstrukce má možnost navrhnout její prvky, například z oceli vyšší pevnostní třídy, což mu umožní použít menší průřezy profilů. Cenový rozdíl profilů vyrobených z oceli S 235 a S 355 je v současné době minimální. Použití oceli S 355 je tak stále častější.

Snížení hmotnosti je možné také používáním tenkostěnných profilů na prvky sekundární konstrukce. Dříve používané prvky sekundární konstrukce vyráběné z válcovaných normalizovaných profilů tak postupně nahradily prvky tenkostěnné, které v současné době převažují. Tyto prvky mají i další výhody, jako například možnost jejich nákupu jako systém umožňující jejich okamžitou montáž. Uspořeny jsou tak náklady na výrobu těchto prvků. Z tenkostěnných profilů jsou stále častěji vyráběny také celé konstrukce lehkých hal.

Další možností je používání levnějších profilů. Cena hutního materiálu se podle profilu liší. Monitorováním vývoje cen na trhu tak lze pro návrh konstrukce použít profil s nižší jednotkovou cenou náhradou za původně uvažovaný profil dražší (při zachování veškerých statických podmínek). To může vést i při mírném zvýšení hmotnosti konstrukce k cenové úspoře. Hmotnost konstrukce lze také snížit optimalizací průřezů konstrukčních prvků. Toho lze docílit použitím svařovaných profilů s proměnnou výškou. Konstrukční prvek je tímto způsobem optimálně dimenzován, což vede k celkovému snížení hmotnosti konstrukce.

7.2 Použití konstrukce příhradové, nebo konstrukce z plnostěnných prvků

Posouzení vhodnější varianty je možné z několika hledisek. Příhradová konstrukce bude lehčí, tedy s menší spotřebou materiálu, naopak její výroba bude dražší z hlediska pracnosti. Výhodou lehčí ocelové konstrukce jsou také méně robustní a tím levnější základové konstrukce. Aplikace nátěrových je pracnější, naopak spotřeba nátěrových hmot může být díky menším výměrám i přes větší prostřík menší. Materiál pro výrobu příhradové konstrukce (uzavřené profily) je dražší než materiál pro výrobu konstrukce z plnostěnných prvků (válcované otevřené profily). Podle informací získaných od výrobců je dnes pro ocelové konstrukce hal převažující používání rámových montovaných konstrukcí z plnostěnných prvků. Rozteč jednotlivých ráků (modul) je neekonomičtější v rozmezí 5–6 metrů. Tato vzdálenost umožňuje vodorovné kladení panelů opláštění stěn přímo na sloupy ráků bez pomocné sekundární konstrukce.

7.3 Volba povrchové úpravy

Bylo zjištěno, že požadovaná životnost povrchové úpravy ocelové konstrukce lze dosáhnout několika způsoby:

- silnější celkovou vrstvou levnější nátěrového systému (levnější jednotková cena za kg nátěrové hmoty, ovšem dražší aplikace z důvodů provedení na několik nástřiků, delší doba schnutí a větší spotřeba nátěrových hmot);
- menší vrstvou kvalitnějšího nátěrového systému (jeho jednotková pořizovací cena za kg je vyšší, ale celková spotřeba nátěrových hmot je menší);

- zinkováním konstrukce (větší technologické požadavky na výrobu, vyšší cena této povrchové úpravy, doprava do zinkovny).

Posouzení cenové výhodnosti jednotlivých variant je závislé na požadované životnosti nátěru pro danou kategorii korozní agresivity prostředí.

7.4 Normy a jejich změny

Starší České státní normy (ČSN) jsou postupně nahrazovány, nebo již nahrazeny národními harmonizovanými normami s normami platnými v zemích EU (ČSN EN), nebo mezinárodními normami převzatými evropskou normalizační komisí (ČSN EN ISO). Dochází tak k řadě změn, z nichž některé jsou výrazné oproti dříve zažitým zvyklostem výrobní a projekční praxe. Jednou z podstatných bylo například zavedení nového značení tříd ocelí (pojednáno v části: Materiál pro ocelové konstrukce) podle evropského standardu ČSN EN 10027-1. Toto značení je často diskutované pro jeho menší přehlednost, než je tomu u starého značení dle ČSN, s kterým se lze stále v praxi setkat, i když je to označení nesprávné.

Další změnou je zavedení Eurokódů pro navrhování ocelových konstrukcí, nebo změna klasifikace výrobních tříd konstrukcí. Dříve užívané členění konstrukcí na výrobní skupiny: A, B, C s možným doplňkovým písmenem byly zrušeny a nahradilo je členění na třídy provádění ocelové konstrukce: EXC1–EXC4. S tímto došlo i ke změnám v požadavcích na oprávnění k výrobě pro dané třídy. K těmto změnám stále dochází a je tak nutná kontrola aktuálnosti informací i v poměrně nedávno vydané odborné literatuře.

7.5 Modernizace výroby

Ve starší literatuře, např. [4] z roku 2004 je výrobní postup popisován s použitím převážně konvenčních strojů. Modernizací strojního vybavení lze výrobu výrazně zefektivnit. Příkladem je i modernizace výroby ve sledovaném výrobním závodě. Zavedením moderních počítačem řízených strojů a speciálních strojů konstruovaných pro výrobu ocelových konstrukcí došlo k navýšení výrobní kapacity provozu a změně některých dříve používaných postupů. Vrtání na konvenčních vrtačkách nahrazuje vrtání na speciálních strojích. Díry do plechů jsou vrtány přímo na pálicím stroji, ostatní profily jsou vrtány na pilo-vrtacím stroji při dělení materiálu. Dělení materiálu na tomto stroji nahrazuje dělení materiálu na dříve užívaných konvenčních pásových pilách. Dělení probíhá podle výrobních plánů zadaných do řídicího programu stroje. Výrazně se používání počítačové techniky projevuje při vytváření projektové a výrobní dokumentace. Navrhování a statické posouzení ocelových konstrukcí pomocí výpočetní techniky a k tomu vyvinutých programů umožňuje rychlou změnu konstrukce, nebo posouzení několika možných variant řešení. Software pro 3D modelování konstrukcí umožňuje vygenerování potřebné výrobní dokumentace a výrobních plánů pro počítačem řízené stroje. Tyto inovace ve výrobě si vyžadují nemalé finanční náklady, proto jsou konvenční stroje stále využívány u řady výrobců ocelových konstrukcí.

ZÁVĚRY

Cílem bakalářské práce byl popis výroby ocelových konstrukcí hal. Toto široké téma bylo zpracováno formou rešerše. V úvodní kapitole byly popsány výhody a nevýhody ocelových konstrukcí hal. Bylo zjištěno, že pro převažující výhody je ocel nejpoužívanějším materiálem pro konstrukce hal. Dále byly popsány široké možnosti využití halových objektů dané jejich značnou variabilitou. Konstrukci haly lze přizpůsobit k danému účelu. Pro seznámení s objekty hal bylo uvedeno jejich nejčastější rozdělení podle několika kritérií. Podrobněji byla popsána ocelová konstrukce hal, její části s možnými variantami provedení. Tyto varianty byly popsány podrobněji v přílohách. Bylo zjištěno, že dnes nejpoužívanější primárních konstrukcí jsou rámové montované konstrukce se sekundární konstrukcí z tenkostěnných profilů umožňující jejich rychlou výrobu a montáž.

Ve druhé kapitole byl uveden postup při realizaci ocelové konstrukce haly. Pro povolení stavby je třeba vypracovat projektovou dokumentaci, která je zpracovávána ve více úrovních. Součástí je i zpracování projektu ocelové konstrukce, pro které je nutné znát vstupní informace, jejichž základní výčet je v kapitole uveden. Ocelové konstrukce jsou rozdělovány do tříd provedení. Pro její stanovení je uveden postup s posuzovanými vlivy. Podmínky opravňující zhotovitele provádět ocelové konstrukce pro danou třídu provedení jsou zmíněny v závěru této kapitoly.

V následující kapitole byla uvedena příprava výroby ocelové konstrukce, zjištěny nejčastěji používané pevnostní třídy oceli, které jsou S 235 a S355. V menší míře se používá S275. Novým trendem v této oblasti je používání vysokopevnostních ocelí. Pro spojování konstrukce se používají šrouby pevnostní třídy 8.8 a 10.9.

Popis výroby byl zpracován s výčtem nejpoužívanějších metod s jejich podrobnějším popisem v přílohách. V průmyslové praxi jsou používány hlavně metody vyznačující se vysokou produktivitou a to včetně způsobů nanášení povrchové úpravy ocelové konstrukce. K ní se využívají nátěrové hmoty, nebo žárové zinkování. K expedici vyrobených dílců konstrukce se nejčastěji využívá přeprava nákladním automobilem s návěsem. Možné alternativní druhy přepravy se využívají k přepravě na dlouhé vzdálenosti. Montáž ocelové konstrukce probíhá přímo na místě stavby za pomoci jeřábů a montážních plošin. Po dokončení následuje její předání objednateli. Obvyklá je varianta včetně dodávky a montáže opláštění uvedeného v závěru této kapitoly.

V praktické části byl ověřen teoretický výrobní postup ve výrobním závodě u vybraného dodavatele ocelových konstrukcí. Ve srovnání s výrobcí užívajícími konvenční stroje byla patrná odlišnost vlivem modernizace výrobních zařízení. Používáním speciálních strojů konstruovaných přímo k výrobě ocelových konstrukcí se zvyšuje efektivita výroby, zejména zavedením strojů řízených počítačem. Pozitivně se projevilo používání výpočetní techniky také při návrhu a modelování konstrukce, kdy v průběhu realizace bylo možné provést rychlou změnu konstrukce podle nových skutečností. Montáží konstrukce byla zakázka dokončena bez vad a nedodělků a předána objednateli.

V technicko-ekonomickém hodnocení byla rozebrána problematika rozpočtování staveb z praktického hlediska. Kalkulace ceny probíhá podle zvyklostí jednotlivých firem přizpůsobené jejich potřebám. Ovšem vždy musí obsahovat veškeré náklady pro realizaci díla. Ve velkém konkurenčním prostředí je vytvoření výhodné cenové nabídky předpokladem pro získání zakázky a úspěšného fungování firmy.

Závěrem lze konstatovat, že výroba ocelových konstrukcí umožňuje jejich značnou variabilitu, používat rozdílná technická řešení konstrukce a výrobní metody. Proto mimo haly typizované je ke každé ocelové konstrukci přistupováno individuálně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. UNIHAL [online]. Otrokovice: UNIHAL, c2014 [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <https://www.unihal.cz/>
2. Vyhláška č. 441/2013 Sb. In: . Ministerstvo financí, 2013, číslo 173. Dostupné také z: <http://www.mfcr.cz/cs/legislativa/legislativni-dokumenty/2013/vyhlaska-c-441-2013-sb-16290>
3. ZOUFAL, Roman Zoufal,. Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2010, 2.8.2010 [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/6678-hodnoty-pozarni-odolnosti-stavebnich-konstrukci-podle-eurokodu>
4. STUDNIČKA, Jiří. Ocelové konstrukce. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2942-5.
5. ZOUVALA, Tomáš. Ocelové konstrukce ve stavebnictví [online]. Kroměříž: MONT-KOVO, c2010 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-ocelove.eu/>
6. MĚŘÍNSKÝ, Tomáš. Ocel ve stavebnictví. ASB-portal.cz: odborný stavební portál [online]. Praha: Jaga Media, 19.02.2008 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/konstrukce-a-prvky/ocelove-konstrukce/ocel-ve-stavebnictvi>
7. Josef Macháček: Přednášky OK01 [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/>
8. Bakov: Promstal engineering Referenční projekty. In: Promstal engineering [online]. Jeseník: Promstal engineering, c2016 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.promstal.cz/assets/ref-bakov.jpg>
9. KOUŘIL, Aleš a Tomáš ZOUVALA. MONT-KOVO [online]. Kroměříž: MONT-KOVO, 2016 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.montkovo.cz>
10. KŘIVÝ, Vít. Nová digitální mapa zatížení sněhem na zemi. Konstrukce [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2011, 30.3.2011, , 1 [cit. 2018-02-11]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/nova-digitalni-mapa-zatizeni-snehem-na-zemi/>
11. MACHÁČEK, Josef a Jiří STUDNIČKA. Ocelové konstrukce 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3174-8.
12. VESELKA, Miloslav. Kovové konstrukce I: uspořádání a konstrukční řešení průmyslových budov: studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2006.
13. LORENZ. Nosné konstrukce III. Praha, 2017. Dostupné také z: <http://15122.fa.cvut.cz/?download=/predmet.nk3/5pred.pdf>
14. ŠTRONER, Marek. Manipulační prostředky: přednášky předmětu EMM-K. [2018]. Brno: Vysoké učení technické v Brně.
15. SOKOL, Zdeněk. Základy navrhování ocelových konstrukcí ve vztahu k ČSN EN 1090. České vysoké učení technické v Praze, 2011. Dostupné také z: <http://www.google.by/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwis3sat8KraAhWjZpoKHWUeDU4QFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fstavba.tzb->

- info.cz%2Fdownload.py%3Ffile%3Ddocu%2Fclanky%2F0076%2F007632_EC3_1_Sokol_Tridy_provedeni_podle_EN_1090.pdf&usg=AOvVaw2bFccdnwRbaURsGO59nXoC
16. HÁŠA, Pavel. EXCON A.S. *Konečné řešení náhrady ČSN 73 2601 – provádění kontrol konstrukcí jeřábových drah po zavedení ČSN EN 1090-2*. Praha, 2011. Dostupné také z: <http://www.excon.cz/cs/tiskovy-servis/?c=rok-2011>
 17. VEDRA, Jakub. *Technologický postup výroby ocelových konstrukcí* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/11591>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaroslav Kubíček.
 18. Téma: Legislativa k provádění ocelových konstrukcí. Telefonická konzultace s Ing. Daliborem Gregorem Ph.D., předsedou technické komise ČAOK, dne 11. 4. 2018.
 19. MÍŠEK, Bohumil a Vladimír KUDĚLKA. *Kritéria hodnocení svařovaných ocelových konstrukcí prováděných podle Eurokódů*. Brno, 2009. Dostupné také z: www.ndt.net/article/defektoskopie2009/papers/Misek-6.pdf
 20. *ČSN EN 1090-2+A1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. 73 2601. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
 21. *FEMONT OPAVA s.r.o. - ocelové montované haly* [online]. Opava: FEMONT OPAVA, c2014-2018 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <https://www.femont.cz>
 22. VAŠEK, Milan. Používání výpočetních programů pro statické výpočty, zejména pro ocelové a dřevěné konstrukce. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, c2002-2018, 22.9.2010 [cit. 2018-02-13]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/pouzivani-vypocetnich-programu-pro-staticke-vypocty-zejmena-pro-ocelove-a-drevene-konstrukce/>
 23. VRANÝ, Tomáš. *Ocelové konstrukce 20: pomůcka pro navrhování hal*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-010-2066-5.
 24. HLADÍK, Marek. *Ocelové konstrukce: dovedete si představit život bez nich?*. Ostrava: Česká asociace ocelových konstrukcí, 2015. ISBN 978-80-905356-1-9.
 25. HORÁČEK, Martin, Jindřich MELCHER a Ondřej PERHÁČ. *Detaily ocelových konstrukcí* [online]. Brno, 2011 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://detailyok.webnode.cz>
 26. VRANÝ, Tomáš a Martina ELIÁŠOVÁ. *Ocelové konstrukce 2*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-010-3331-7.
 27. *Lindab* [online]. Praha: Lindab, c2018 [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://www.lindab.com/cz/>
 28. *HAK PROFI s.r.o.* [online]. Moravany u Brna: HAK PROFI, c2018 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <http://www.prumyslovehaly.cz/>
 29. CHARVÁT, Lukáš. *Oceňování ocelových konstrukcí* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební, 2013 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/28588>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Leonora Marková.

30. *Kovopor Strmilov* [online]. Strmilov: Kovopor Strmilov, c2012 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: <http://www.kovopor.cz/>
 31. Nosná konstrukce. *Wikipedie* [online]. San Francisco: WikimediaFoundation, 2001, 5. 10. 2017 [cit. 2018-02-19]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Nosn%C3%A1_konstrukce
 32. JIRKA, Vladimír. *Konstrukční systémy halových staveb: pozemní stavitelství II*. Praha, 2002. Dostupné také z: 15123.fv.cvut.cz/?download=/predmet.ps2/prednaska_haly.pdf
 33. MÜNNICH s.r.o.: *Montované haly pro průmysl a zemědělství* [online]. Kostelec nad Labem: Munnich, c2018 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.munnich.cz/>
 34. *Haly Morkus: Montované ocelové haly zemědělské a průmyslové* [online]. Lazníky: MORKUS Morava, 2017 [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.haly-morkus.cz/>
 35. *Architekti chmelík & partneři s.r.o* [online]. Hradec Králové: architekti chmelík & partneři, c2018 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://www.architektichmelik.cz/>
 36. *Vyhláška č. 499/2006 Sb.* In: . Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, 2018, ročník 2006, číslo 499. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>
 37. *Výborná projekční kancelář* [online]. Teplice: Barbora Výborná, c2017 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <https://www.vybornaprojekce.cz/>
 38. *ACTIV Projekce s.r.o* [online]. Ohrazenice: ACTIV Projekce, c2009-2018 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://www.activprojekce.cz/>
 39. *KOVO - LAKO, s.r.o.* [online]. Prostějov: KOVO - LAKO, \n [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://www.lako.cz/>
 40. LÁNC, Kryštof. *Problematika tryskání povrchů* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2017 [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/65906>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Eva Peterková.
 41. *Oteco* [online]. Bučovice: OTECO CZ spol. s r.o., 2018 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://www.oteco.cz>
 42. PODSTAWKA, Václav. SB 4/2010 LOGISTIKA: Nadrozměrný náklad – každý je originál. *Svět balení* [online]. Praha: ATOZ Studio, 2010, , 1 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://www.svetbaleni.cz/2010/07/01/sb-4-2010-logistika-nadrozmerny-naklad-kazdy-je-original/>
 43. *Moravské Montáže s.r.o.* [online]. Ostrava: Moravské Montáže, c2018 [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://www.mmo-sro.cz/>
 44. RIEGER, Miloš. *OCELOVÉ KONSTRUKCE: 1. Přednáška*. Ostrava, 2009. Dostupné také z: fast10.vsb.cz/odk/prednasok/prednaska1.pdf
 45. *Vitam - Kovovýroba, fotovoltaika, zámečnictví, tryskání, svařování* [online]. Zlonice: VITAM, c2009 [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <http://www.vitam.cz/>
 46. *STEEL PROFIL s.r.o.* [online]. Praha: STEEL PROFIL, \n [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www.steelprofil.cz/program.php>
 47. MELCHER, Jindřich a Miroslav BAJER. *Prvky kovových konstrukcí: MODUL BO02-M0: materiál a konstrukční prvky ocelových konstrukcí*. Brno: Vysoké učení
-

- technické v Brně, Fakulta stavební, 2005.
48. *Příručka žárového zinkování*. [5., aktualiz. vyd.]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2016.
 49. STRZYŽ, Petr. AČSZ – „Studené zinkování“ vs. žárové zinkování. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, c2002-2018, 29.7.2013, , 1 [cit. 2018-02-25]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/acsz-studene-zinkovani-vs-zarove-zinkovani/>
 50. ZDEŇKA HAVRÁNKOVÁ, Zdeňka. Žárové zinkování ponorem - Základní informace pro uživatele. *AČSZ* [online]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, c2011, 4.11.2006 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.acsz.cz/clanek/zarove-zinkovani-ponorem-zakladni-informace-pro-uzivatele/>
 51. POMETLO, Stanislav. *Technologie žárového zinkování* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2012 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/5665>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Kateřina Mouralová.
 52. POMETLO, Stanislav. *Žárové zinkování ocelových konstrukcí* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2014 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/32624>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaroslav Kubíček.
 53. KUKLÍK, Vlastimil. Žárové zinkování jako termický proces. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2018, 25.1.2010, , 1 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/zarove-zinkovani-jako-termicky-proces/>
 54. *ZINKPOWER- žárová zinkovna* [online]. Roudnice nad Labem: ZinkPower, 2010 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.zinkovna.cz>
 55. STRZYŽ, Petr. AČSZ – Navrhování součástí pro žárové zinkování. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, c2002-2018, 27.11.2016, , 1 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/acsz-navrhovani-soucasti-pro-zarove-zinkovani/>
 56. *AČSZ* [online]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2011 [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <http://www.acsz.cz>
 57. *Příručka žárového zinkování* [online]. 2., aktualiz. vyd. Ostrava: Asociace českých zinkoven, Asociácia slovenských zinkovní, 2008 [cit. 2018-02-10]. ISBN 978-80-254-7859-2. Dostupné z: http://www.zinkoza.sk/prirucka_ziaroveho_zinkovania.pdf
 58. *MÜNNICH s.r.o. Montované haly pro průmysl a zemědělství* [online]. Kostelec nad Labem: MÜNNICH, c2018 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <https://www.munnich.cz/>
 59. *ELUC: elektronická učebnice : zakládání staveb* [online]. ELUC, 2014 [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2148>
 60. *Ocelové konstrukce* [online]. České Budějovice: Ocelové konstrukce, 2017 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: www.okcz.cz
 61. BARTÁK, Kamil. Bezpečná montáž kovových konstrukcí. *ASB-portál.cz: odborný stavební portál* [online]. Praha: JAGA GROUP, 2015, 04.02.2015 [cit. 2018-03-05].

- Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/stavebni-technika/bezpecna-montaz-kovovych-konstrukci>
62. KOVOTRADE Group: *montáž díla na staveništi* [online]. Praha: KOVOTRADE Group, c2001-2007 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.kovotradegroup.cz/>
63. KUBÍČEK, Jaroslav. *TECHNOLOGIE II ČÁST SVAŘOVÁNÍ: Syllabus Přednášek ,Díl 1 ZÁKLADNÍ METODY TAVNÉHO SVAŘOVÁNÍ.* 1. Brno, 2006. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/5te_technologie_2_svarovani_tavne_kubicek.pdf
64. *Lehká manipulace: skladová a manipulační technika* [online]. Sviadnov: Čížek & Ptašek, c2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.lehka-manipulace.cz/>
65. ROTHLEHNER Pracovní Plošiny S.r.o. [online]. Praha: ROTHLEHNER pracovní plošiny, c1992-2018 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.rothlehner.cz>
66. VLADIMÍR PLŠEK: *technické revize a školení: třídy plošin* [online]. Klášterec nad Ohří: Vladimír Plšek [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.technikerevize.cz/>
67. *Technologický předpis - OK Univerzal: výroba a montáž ocelových konstrukcí: stavba Stazaproperties a.s.* 1. Praha: OK UNIVERZAL, 2012. Dostupné také z: okuniverzal.infonia.com/vyrobni-dokumenty0/7844265/web_tp.pdf
68. NOVÁČKOVÁ, Monika. *Vliv kotvícího profilu na adhezi nátěrového systému a jeho verifikace.* Brno, 2012. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Michal Černý.
69. CINGROŠ, Vladimír. *Aplikace rozhodovací analýzy v praxi.* Plzeň, 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce Milan EDL.
70. *Kovové konstrukce: povrchová úprava kovových konstrukcí: colorlak.* Staré Město, 2007. Dostupné také z: https://www.colorlak.cz/wp-content/uploads/2016/12/kovove_konstrukce.pdf
71. PAVLÍK, Zdeněk. *Nanášení nátěrových hmot stříkáním. Učební text pro obor Malíř a lakýrník 3. ročník* [online]. Brno: Střední škola polytechnická, Brno, 2009 [cit. 2018-05-05]. ISBN 978-80-88058-50-2. Dostupné z: <https://publi.cz/books/172/09.html>
72. *JAK VYBRAT SPRÁVNÝ NÁTĚROVÝ SYSTÉM: směrnice pro ochranu konstrukcí pomocí nátěru podle normy ISO 12944:Hempel.* Brno, 2012. Dostupné také z: www.hempel.cz/cs-cz/protective/~/_/080288B0007544E089FCEA2A02148A17.pdf
73. KREJČÍ, Stanislav. *PROTIKOROZNÍ OCHRANA OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ POMOCÍ NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ A ISO NORMY.* *Tlakinfo.cz* [online]. Praha: DEKRA CZ, 2013, 29.5.2013 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1933>
74. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí: praktické nátěrové systémy Sika pro všechny důležité oblasti použití.* Brno, 2010. Dostupné také z: https://cze.sika.com/dms/...get/.../Protikorozni_ochrana_ocelovych_konstrukci.pdf
75. KOZINOVÁ, Lenka. *Intumescentní protipožární nátěry.* *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2008, 29.12.2008 [cit. 2018-03-08]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/intumescentni-protipozarni-natery/>
-

-
76. Gamin: tloušťka suché vrstvy. *Gamin* [online]. Ostrava: Gamin, c2018 [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/tloustka-vrstvy/>
77. Ochrana kovů proti korozi. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, 2001, 2001(5) [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/ochrana-kovu-proti-korozi.html>
78. J. Seidl & spol., s.r.o.: protipožární ochrana staveb [online]. Dvůr Králové nad Labem: J. Seidl, c2009 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.seidl.cz/cz/>
79. KEJKLÍČEK, Petr. Požární ochrana nosných ocelových konstrukcí. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, c2002-2018, 9.9.2014 [cit. 2018-03-17]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/pozarni-ochrana-nosnych-ocelovych-konstrukci/>
80. KOZINOVÁ, Lenka. Výpočet spotřeby protipožárního nátěru na ocelové konstrukce. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, c2002-2018, 5.1.2012 [cit. 2018-03-17]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/vypocet-spotreby-protipozarniho-nateru-na-ocelove-konstrukce/>
81. Jaké parametry jsou důležité pro návrh požární ochrany oceli?. *KONSTRUKCE* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, c2002-2018, 30.8.2017 [cit. 2018-03-17]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/jake-parametry-jsou-dulezite-pro-navrh-pozarni-ochrany-oceli/>
82. POŽÁRNÍ OCHRANA OCELOVÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ: *Promat: technická informace č. 4/2005*. Praha, 2005. Dostupné také z: http://web.promatpraha.cz/admin/files_upl/2409.pdf
83. Mechanické vlastnosti ocelových šroubů. *Šroub a Matka: oborový informační server* [online]. Liberec: NetDesign, 2014 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.sroubamatka.cz/cs/technicke-informace/mechanicke-vlastnosti-ocelovych-sroubu.html>
84. SVOBODOVÁ, Magdalena. STŘEDNÍ PRŮMYSL OVÁ ŠKOLA A VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA TECHNICKÁ BRNO. *Spoje a spojovací součásti: druhy šroubů a matic, třídy pevnosti*. Brno, 2012. Dostupné také z: http://domes.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_13-02.pdf
85. ROTTER, Tomáš, STUDNÍČKA, Jiří, ed. Ocel pro stavební ocelové konstrukce. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2018, 15.2.2016 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/ocelove-konstrukce/13744-ocel-pro-stavebni-ocelove-konstrukce>
86. *Ferona a.s.: značení ocelí* [online]. Praha: Ferona, c2017 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>. Telefonická konzultace materiálů a jejich značení dle platných norem (obchodní oddělení Ferona Brno).
87. Co je PIR?. *Puren* [online]. Jihlava: Puren, c2010-2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://www.puren.cz/cz/co-je-to-pir>
88. Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D.: ocelové konstrukce 02 (OK02). *ČVUT v Praze: Fakulta stavební* [online]. Praha: ČVUT v Praze, 2018, 2014 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~sokol/>
89. Miroslav Rosmanit. *VŠB – Technická universita Ostrava: Fakulta stavební* [online].
-

- Ostrava: VŠB – TUO, 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z:
<http://homel.vsb.cz/~ros11/index.html>
90. Kotvení a podlevání ocelových sloupů trolejového vedení na železnici. In: *Profimat s.r.o.* [online]. Tetčice: Profimat, 2018 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z:
<https://www.profimat.cz/stavebni-hmoty/kotevni-a-vyplnove-malty/groutex-601>
91. KUDĚLKA, Vladimír a František DOLÁK. Provádění a klasifikace ocelových konstrukcí výrobků dle EN 1090-2. *Konstrukce* [online]. Ostrava: Konstrukce Media, 2014 [cit. 2018-04-10]. ISSN 1803-8433. Dostupné z:
<http://www.konstrukce.cz/clanek/provadeni-a-klasifikace-ocelovych-konstrukci-vyrobk-dle-en-1090-2/>
92. Univerzální svarová měrka WG. In: *PTS Josef Solnař* [online]. Ostrava Nová Ves: PTS Josef Solnař [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.ptsndt.com/cs/prodej/vt-zkouseni-vizualni/vt-merky-a-meridla/758-univerzalni-svarova-merka-wg-cs>
93. A T G [ADVANCED TECHNOLOGY GROUP, S.R.O.]. *Měrky pro vizuální kontrolu svarů EN 970: šablona pro kontrolu koutových svarů*. Praha, 2009. Dostupné také z:
http://www.atg.cz/cz/pdf/katalogy/VT/merky_pro_vizualni_kontrolu_svaru_en_970.pdf
94. Vizuální kontrola (VT). In: *Gamalux Plzeň, spol.s.r.o.* [online]. Plzeň: Gamalux Plzeň, c2017 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.gamalux.cz/pouzivane-metody/vizualni-kontrola/>
95. KUDĚLKA, Vladimír. Stanovení a kvalifikování postupů svařování (WPS) kovových materiálů - dokladování - protokoly - WPQR. *Česká svářečská společnost ANB* [online]. Praha: CWS ANB, c2006-2018, 20.4.2006 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z:
<http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=36>
96. *Projektová dokumentace: o stavební projektové dokumentaci staveb* [online]. c2013 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://www.projektovadokumentace.cz/>
97. František Kuda: projektová dokumentace staveb. *VŠB – Technická universita Ostrava: Fakulta stavební* [online]. Ostrava: VŠB – TUO, 2018, 17. listopadu 2015 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/kuda/>
98. UNICON. *Dokumentace skutečného provedení stavby: M+H*. Třebíč, 2018.
99. *Fenoza: pilové kotouče na kov* [online]. Bojkovice: Fenoza [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.fenoza.cz/>
100. Robert Čep: skripta technologie_II_2. díl. *VŠB - Technická Univerzita Ostrava: Fakulta strojní* [online]. Ostrava: VŠB – TUO, 2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf
101. KUBLA, Dalibor. *Technologické aspekty řezání válcovaných materiálů* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2012 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/5028>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaroslav Prokop.
102. KOLAŘÍK, Vlastimil. *Řezání: projekt : inovace oboru mechatronik pro Zlínský kraj Registrační číslo: CZ.1.07/1.1.08/03.0009*. 2011. Dostupné také z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=23884&revision=-1&instance=2>
103. Berg & Schmid Velox 350 – kotoučová pila. In: *Forte-Wespa* [online].
-

- Rokycany: Forte-Wespa-Rokycany, c1992-2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://www.forte-wespa.cz/produkt/velox350-kotoucova-pila/>
104. ARG 500 plus S.A.F. In: *Pilous: profesoinální pásové pily na kov a dřevo* [online]. Brno: Pilous, c2016 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.pilous.cz/metal/pasove-pily-na-kov/hydraulicke-poloautomaty/arg-500-plus-s-a-f>
 105. LWB 320 Rámová pila i_02949011. In: *Surplex* [online]. Düsseldorf: Surplex [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://www.surplex.com/cz/m/7/lwb-320-ramova-pila-441917.html>
 106. JERMOLAJEV, Štěpán. *Technologie dělení materiálu rozbrušováním* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2011 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/408>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaroslav Prokop
 107. Výkonná rozbrušovačka 355 mm, 2200 W DeWALT - D28715. In: *DeWALT* [online]. Praha: DeWALT [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://www.dewalt-praha.cz/naradi-k/Vykonna-rozbrusovacka-355-mm-2200-W-DeWALT-D28715-d64.htm?tab=download>
 108. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.
 109. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.
 110. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
 111. KUBIČEK, Jaroslav. *Technologie svařování: Studijní opory pro výuku v kurzech 5TE, ETV,ETV-K*. 1. Brno, 2010. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/technologie_svarovani_5te_etv_etv-k_kubicek.pdf
 112. SOLAŘ, Luboš. *Porovnání technologií kyslíkového a plazmového řezání* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/12763>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ladislav Daněk.
 113. *Typy pro praktiky: řezání plamenem. Linde*. Dostupné také z: <http://www.vildman.eu/Plyny/Tpp-Rezani-plamenem.aspx>
 114. KUPKA, Jakub. *Vliv řezání kyslíkem na vlastnosti základního materiálu* [online]. Praha, 2015 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/63633>. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ladislav Kolařík.
 115. Tepelné dělení materiálu kyslíkem – porovnání s ostatními metodami a praktické aplikace. In: *Technický portál.cz* [online]. Praha: Business Media CZ, 30. květen 2014 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/tepelne-deleni-materialu-kyslikem->

- [porovnani-s-ostatnimi-metodami-a-prakticke-aplikace_25361.html](#)
116. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie II část svařování: díl 2: speciální metody tavného svařování tlakové svařování*. Brno, 2006. Dostupné také z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/5te_technologie_2_specialni_metody_svarovani_kubicek.pdf
117. Kyslíkové pálení: Podrobně o autogenní technologii. *Honkys: tepelné zpracování kovů, dělení materiálů* [online]. Světlá nad Sázavou: HONKYS, 2018 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.honkys.cz/kyslikove-paleni-podrobne-o-autogenni-technologie>
118. Principy řezání plazmou. In: *Svarforum.cz* [online]. Svarweb, 2018, 23. prosince 2007 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.svarforum.cz/forum/viewtopic.php?id=286>
119. Řezání plazmou. In: *Zámečnictví Boubelík* [online]. Zámečnictví Boubelík, c2009 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: http://www.zamecnictvi-boubelik.cz/foto/plazma/cnc_rezani_plazmou2.jpg
120. *Příprava svarových ploch a dělení materiálu*. Plzeň, 2016. Dostupné také z: svarov.cz/wp-content/uploads/Příprava-svarových-ploch-a-deleni-materiálu.pdf
121. Úkosovací zařízení B22 ZERO. In: *NKO MACHINES* [online]. Mladá Boleslav: N.KO, 2018 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.nko.cz/produkty/ukosovaci-zarizeni-b22-zero-1804>
122. BENÍČEK, Zdeněk. ARRANO GROUP S.R.O. *Zápis z kontrolního dne BOZP, deník a kontrolní list závad koordinátora BOZP na staveništi*. Olomouc, 2018.
123. Vyhláška č. 341/2014 Sb.: vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: . Ministerstvo dopravy, 2014, ročník 2014, 134/2014, č.341. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>
124. STRÁNSKÝ, Luboš. *Stroje a nástroje používané ve tváření* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2010 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/16457>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Kamil Podaný.
125. GAMETALL. *Cenová nabídka č. CN-2018-02-11-6595-Gametall*. Kamenný Újezd, 2018.
126. Ztužidlo. In: *Internetová jazyková příručka* [online]. Praha: Ústavu pro jazyk český AV ČR, 2018 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <http://prirucka.ujc.cas.cz/?slovo=ztu%C5%BEidlo>
127. MELCHER, Jindřich a Milan PILGR. *VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ. Kovové konstrukce I: modul BO04-04 : sloupy a větrové ztužidlo*. Brno, 2005.
128. VESELKA, Miroslav. *ČSN 01 3483 - výkresy kovových konstrukcí: kurz BO04*. 2007. Dostupné také z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BO04-Kovove%20konstrukce%20I/BO04-CSN013483-Vykresy-V01-03.pdf>
-

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Označení	Legenda	Jednotka
A_m	plocha povrchu nechráněného ocelového prvku vztažena na jednotku délky	$[m^2/m]$
a	tloušťka svaru	[mm]
B	rozteč sloupů	[m]
B	stavební výška jeřábu	[mm]
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci	
DPS	dokumentace pro provádění stavby	
DSP	dokumentace pro stavební povolení	
DSPS	dokumentace skutečného provedení stavby	
DUR	dokumentace pro územní rozhodnutí	
DZS	dokumentace pro zadání stavby	
EXC	třída provedení konstrukce	
FCP	systém řízení výroby	
FCP	systém řízení výroby	
f_u	jmenovitá mez pevnosti	[MPa]
f_y	jmenovitá mez kluzu	[MPa]
G_j	celková hmotnost jeřábu s kladkostrojem	[kg]
H	světlná výška haly	[m]
H_0	výška jeřábové dráhy	[m]
JD	jeřábová dráha	
l	rozpětí jeřábu	[m]
L	rozpětí haly	[m]
MAG	obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu	
MT	zkouška magnetickou práškovou metodou	
NDT	nedestruktivní testování	
NS	nátěrový systém	
O	rozvor kol příčnicku jeřábu	[m]
OK	ocelová konstrukce	

Označení	Legenda	Jednotka
PIR	polyizokyanurát	
PT	kapilární (penetrační) zkoušky	
PUR	polyuretan	
pWPS	předběžná specifikace postupu svařování	
Q	nosnost jeřábu	[kg]
RAL	stupnice barevných odstínů	
R _m	mez pevnosti	[MPa]
R _{p0,2}	smluvní mez kluzu	[MPa]
RT	radiografická (prozařovací) zkouška	
s	tloušťka plechu	[mm]
s ₀	síla materiálu	[mm]
Sa	stupeň čistoty povrchu	[–]
SoD	smlouva o dílo	
THP	technicko hospodářských pracovník	
U	součinitel prostupu tepla	[W/m ² K]
UT	ultrazvuková zkouška	
V	objem ocelového prvku vztaženy na jednotku délky	[m ³ /m]
V _k	rychlosti pojezdů kladkostroje jeřábu	[m/min]
V _m	rychlost pojezdu mostu jeřábu	[m/min]
VT	vizuální kontrola	
WPQR	kvalifikace postupu svařování (welding procedure qualification report)	
WPS	specifikace postupu svařování (welding procedure specification)	

SLOVNÍČEK POJMŮ

Konstrukce – výrobek pro pozemní a inženýrské stavby, je to kompletní konstrukce, která zahrnuje konstrukční i nekonstrukční dílce.

Ocelová konstrukce – část stavby, výrobku pro stavby, dílec stavby, vyrobených z oceli.

Dílec – je to část konstrukce, sestavená z položek tvořících jeden celek.

Položka – konstrukční prvek s vlastním označením, specifikací rozměru, průřezu materiálu a jeho jakosti.

Nátěr je souvislá – vrstva nátěrové hmoty vzniklá při jedné aplikaci.

Nátěrový systém – skládá se z vrstev nátěrů nanesených na podklad.

Nátěrová hmota – všechny materiály určené k nanesení na podklad. Mohou být ve formě kapalné, pastovité nebo práškové).

Paždík – vodorovný nosný prvek sekundární konstrukce, určený pro roznesení vodorovných účinků opláštění stěn, do sloupů primární konstrukce budovy.

Ztužidla – prvek stavební konstrukce, zajišťující její stabilitu a tuhost.

Vaznice – prvky sekundární nosné konstrukce střechy. Jsou kladené na vazníky střešní konstrukce (nebo na rámové příčle). Jejich účel je podpora střešního pláště.

Rámové příčle – prvky primární rámové konstrukce, umístěné v příčném směru vzhledem k hlavní podélné ose budovy (příčné vazby).

Smlouva o dílo – smlouva uzavíraná mezi dodavatelem a odběratelem. Dodavatel se v ní zavazuje k zhotovení díla v daném rozsahu bez vad a nedodělků, odběratel k jeho odebrání a uhrazení sjednané ceny.

Dodavatel – zhotovitel, výrobce, nebo zprostředkovatel, zajišťující provedení díla. Může to být firma, nebo osoba.

Vyšší dodavatel – „generální dodavatel“, zajišťuje celkové provedení díla. Určité části stavby zajišťuje pomocí nižších dodavatelů, pro které je v SoD objednatelem (odběratelem).

Objednatel – objednává u dodavatele provedení díla, může to být investor stavby, nebo vyšší dodavatel stavby. Po předání díla dodavatelem bez vad a nedodělků, dílo přebírá a hradí dodavateli sjednanou cenu za dílo.

Spodní stavba – část stavby, nebo prvky stavby nacházející se pod úrovní okolního terénu. Patří sem základy stavby, podzemní prostory budovy.

Slovníček vytvořen za pomoci informačních zdrojů: [11, 12, 73, 98, 126, 128].

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Typy soustav ocelových vazníků
- Příloha 2: Sloupy ocelové konstrukce
- Příloha 3: Jeřábová dráha (JD)
- Příloha 4: Prvky sekundární konstrukce
- Příloha 5: Ztužidla
- Příloha 6: Úrovně projektové dokumentace
- Příloha 7: Mechanické vlastnosti spojovacího materiálu používaných pevnostních tříd
- Příloha 8: Nejčastěji používané hutní materiály pro výrobu ocelových konstrukcí
- Příloha 9: Dělení materiálu řezáním
- Příloha 10: Dělení materiálu rozbrušováním
- Příloha 11: Dělení materiálů stříháním
- Příloha 12: Řezání kyslíkem
- Příloha 13: Řezání plazmou
- Příloha 14: Vrtání, děrování, pálení děr
- Příloha 15: Princip a využití metod svařování pro výrobu ocelových konstrukcí
- Příloha 16: Tryskání
- Příloha 17: Aplikace nátěrového systému stříkáním
- Příloha 18: Protipožární nátěry, nástřiky a obklady
- Příloha 19: Povrchová úprava zinkováním
- Příloha 20: Ukázka sestavení rozpočtu
- Příloha 21: Ukázka cenové nabídky
- Příloha 22: Tabulka doplňujících NDT zkoušek svarů
- Příloha 23: Tabulka kritérií přípustnosti vad svarů

Příloha 1 – Typy soustav ocelových vazníků

Nejčastěji užívané typy vazníků ocelových konstrukcí hal [13, 11, 26, 32]:

Plnostěnné vazníky s prolamovanou stojinou – jsou vhodné na menší rozpory (6–9 m) a větší zatížení. Vyrábějí se rozřezáním plnostěnného nosníku řezem ve tvaru lichoběžníků, jejich posunutím o polovinu vlny a svařením styčných ploch.

Plnostěnné vazníky – z válcovaných, nebo svařovaných profilů (složené) jsou v současné době nejvíce využívané vazníky pro jejich snadnou výrobu, nezabírají velké místo pod střechou. Hodí se pro rozpory (12–15 m). Svařované se skládají ze stojiny z plechu o proměnné výšce a horní a dolní pásnice z kolmo přivařeného plošného materiálu.

Příhradové vazníky – různých tvarů a provedení výplně. Mezi dolním a horním pasem je výplň z diagonál a příčlí o rozličných průřezech a profilů. Často z uzavřených profilů (trubky, nebo jekly). Nevýhodou těchto vazníků je jejich velká výška, větší pracnost výroby, výhodou lehká konstrukce při velké nosnosti. Rovinné jsou vhodné pro rozpory 15–24 m, ale mohou být i rozpory větší např. až 36 m. Girlandové sedlové vazníky jsou konstruovány jako trojkloubové s ocelovým táhlem. Dolní pas těchto příhradových vazníků je parabolického tvaru. Jsou určeny pro rozpory velké až 80 m. Sloupy konstrukcí s příhradovými vazníky jsou v převážné většině vetknuté.

Příloha 2/1 – Sloupy ocelové konstrukce

Sloupy plnostěnné – jsou navrhovány nejčastěji v profilu I a to jak při konstantním (válcovaný profil), tak při průřezu proměnném (svařovaný profil). Sloupy zejména těžkých hal je možné v provedení uzavřených svařovaných profilů vzniklých z profilů U nebo L.

Příhradové sloupy – mají menší spotřebu materiálu a vyšší tuhost než sloupy plnostěnné. Tyto vlastnosti jsou využívány pro sloupy vyšších hal. Nevýhodou je vyšší pracnost výroby. Jsou složeny ze dvou pásových prutů z válcovaných profilů U a I spojených příhradovinou ve dvou rovinách. U sloupů se stupňovitou změnou průřezu jsou styky pro tuhé připojení náročným detailem.

Rozdělení podle uložení na základ [127]:

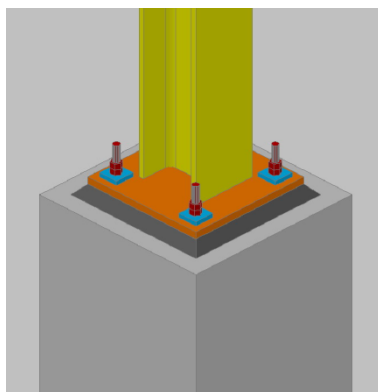
- kloubově uložené sloupy – většinou plnostěnné sloupy s konstantním průřezem se zúžením na koncích. U vyšších hal mohou být příhradové. U rámu dvojklobových a trojklobových jsou sloupy plnostěnné i příhradové s konstantním, nebo plynule proměnným průřezem;
- sloupy vetknuté sloupy – užší zpravidla plnostěnné, širší příhradové. U sloupů hal s jeřábem se sloupy navrhují jako odstupňované. Nosníky jeřábových drah jsou uloženy na ploše sloupu vzniklé odstupňováním, nebo na přivařených úložných konzolách.

Patky sloupů – tvoří přechodový prvek mezi sloupem a základem. Tvoří se sloupem jeden montážní celek.

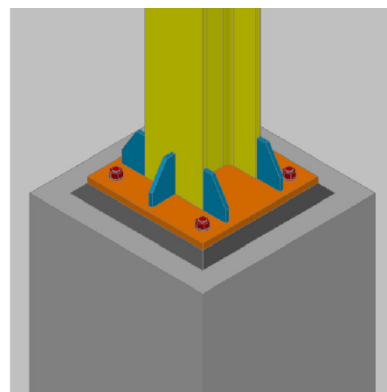
Kloubové patky – vnáší do základů pouze tlak (v případě sloupů ztužidla tah), případně vodorovnou sílu. Obvykle konstrukčně netvoří skutečný kloub. Nevyztužená patka (obr. 1.3) je tvořena patním plechem přivařena na dřík sloupu a kotvena do betonu. Plocha patního plechu je větší než plocha průřezu profilu sloupu. Zatížení soustředěné v průřezu sloupu je tak rozneseno na větší plochu. Tato plocha odpovídá únosnosti základu. V případě, že již nevyztužená patka nevyhovuje, je třeba použít patky vyztužené (obr. 1.4). Výztuhami se zvětší průřez sloupu. Zatížení se přenáší větším průřezem a je tak na jednotku plochy menší a lépe rozprostřeno v ploše patního plechu. Vodorovné síly jsou přenášeny třením mezi tlačnou patkou a základem (popřípadě je počítáno i s přepětím šroubů). Pokud pro přenos vodorovných sil již tato patka nevyhoví, je na její spodní stranu přivařena smyková zarážka zasahující jako čep do základů. Smyková zarážka se tvoří z plechů svařených do tvaru kříže, nebo z přířezu z válcovaného profilu (I nebo H) [11, 25].

Výhodou kloubového kotvení je možnost pozdějšího odmontování od základových patek a lze tak konstrukci přesunout na jiné místo. Základové patky jsou menší než u vetknutého kotvení, čímž se ušetří náklady na spodní stavbu [9].

Příloha 2/2 – Sloupy ocelové konstrukce

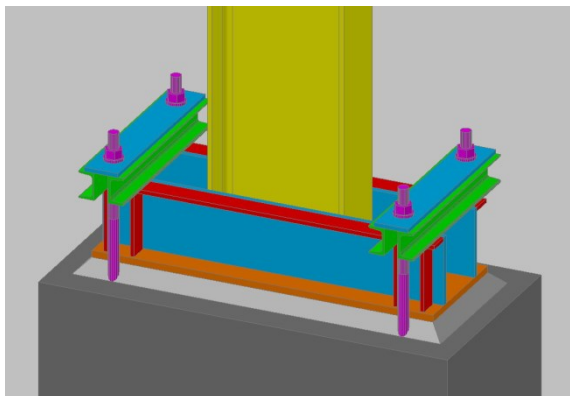


Obr. 1.3 Kloubová patka nevyztužená [25].

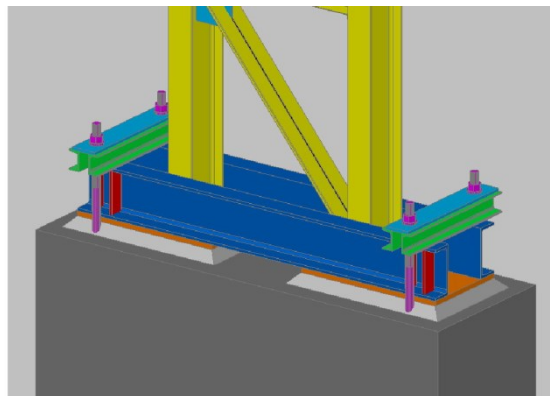


Obr. 1.4 Kloubová patka vyztužená [25].

Vetknuté patky – tyto patky jsou uvažovány jako vetknuté pouze v rovině příčné vazby, v podélné se uvažuje jako uložení kloubové. Díky tomu je jejich půdorysný tvar výrazně obdélníkový se stranou kratší kolmou na rovinu momentu. Ohybové momenty jsou do základů přeneseny kotevními šrouby. Vetknuté patky svoji hmotností těžkou a svoji pracností náročnou částí sloupu. Hmotnost je dána tloušťkou patního plechu, tu lze snížit použitím výztuh ovšem za cenu vyšší pracnosti výroby. Kromě patního plechu a výztuh se vetknutá patka ještě skládá z konstrukce pro uchycení kotevních prvků. Patní plech může být v provedení: s celistvým patním plechem (obr. 1.5) pro sloupy plnostěnné i příhradové, nebo patky s děleným patním plechem (obr. 1.6) pro příhradové sloupy. Vetknuté patky se nepoužívají u patrových budov, protože patky i betonový základ by byly příliš mohutné. Nevýhodou je nemožnost pozdější demontáže konstrukce, která je tímto způsobem připevněna k základům „napevno“ [11, 25].



Obr. 1.5 Vetknutá patka s celistvým patním plechem [25].



Obr. 1.6 Vetknutá patka s děleným patním plechem [25].

Příloha 3/1 – Jeřábová dráha (JD)

Jeřábová dráha se rozděluje na větve. Větev tvoří konstrukční nosné prvky určené k pojezdu jeřábu. Například „klasický“ mostový jeřáb má tak dvě větve (kolejnice s nosníky), z nichž každá jedna větev je umístěna na protilehlých řadách sloupů lodě haly (viz obr. 1.7) [12].

Nejčastěji používané jeřáby

V halách se nejčastěji používají jeřáby mostové. Ty lze dále rozdělit podle provedení na „klasické“ mostové jeřáby a podvěsné mostové jeřáby. Podle použitého jeřábu se liší i provedení konstrukce a její zatížení [11, 14]:

- „klasický“ mostový jeřáb – nosníky jeřábové dráhy jsou umístěny na k tomu určených konzolách sloupů. Na tyto nosníky je montována kolejnice. Provozem jeřábu jsou zatěžovány sloupy konstrukce, které jsou dimenzovány podle hmotnosti jeřábu a jeho nosnosti. Klasické mostové jeřáby je možno přizpůsobit pro optimální využití prostoru haly. V porovnání s jeřáby podvěsnými se používají pro větší rozpětí (do 35 m) a pro větší nosnosti (až 80 000 kg). Mostový jeřáb „klasický“ zobrazuje obr. 1.7;
- podvěsný mostový jeřáb – pro pojezd jeřábu slouží spodní příruby nosníků zavěšených na střešní konstrukci. Výhodou tohoto konstrukčního řešení je nižší hmotnost, nižší stavební výška, dráhu lze přizpůsobit tvaru obsluhované plochy, umožňují překládat náklad mezi jeřábovými drahami v hale. Nevýhodou je, že zatěžují střešní konstrukci, která musí být pro toto zatížení dimenzována. Podvěsné jeřáby mají nižší nosnost (do 8 000 kg) a jsou určeny pro menší rozpětí než klasické mostové jeřáby (do 25 m).

Charakteristickými rozměry jeřábových drah jsou [12]:

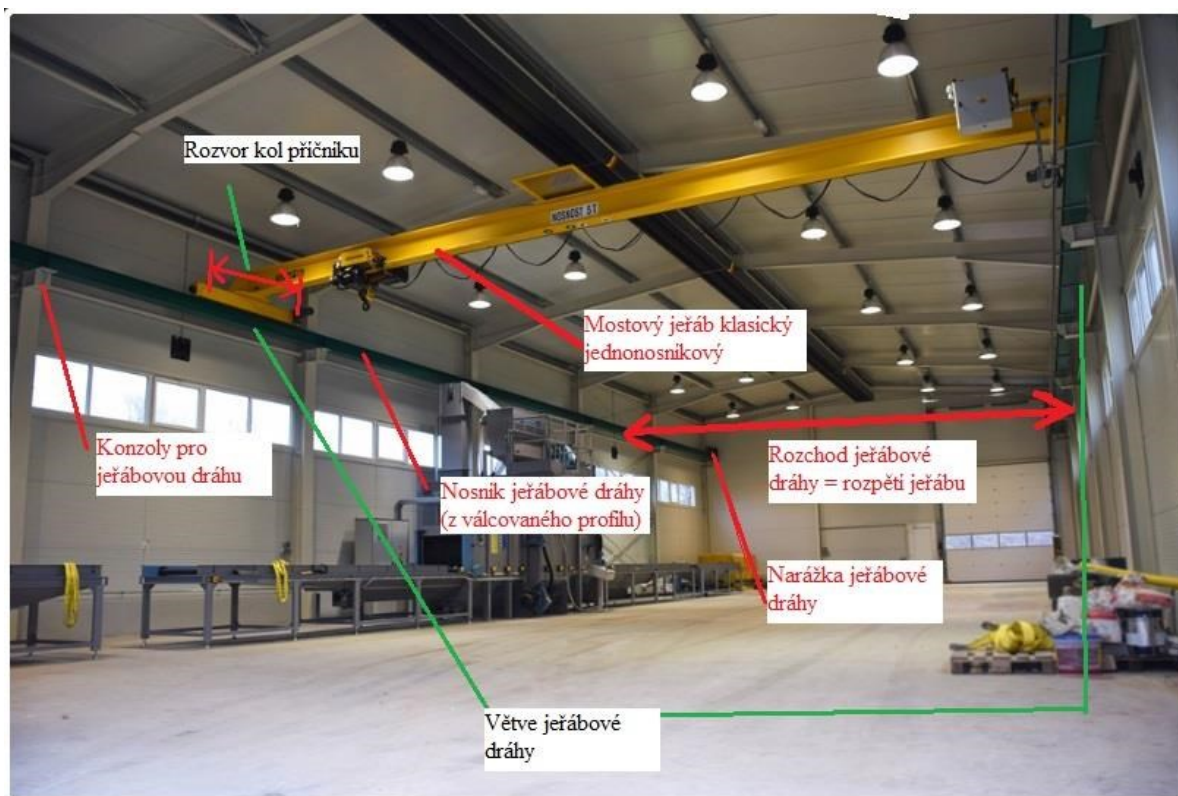
- rozchod jeřábové dráhy – vzdálenost ve vodorovné rovině mezi svislými osami pojezdových kolejnic obou větví jeřábové dráhy (u mostových jeřábů klasických), nebo vzdálenost mezi svislými osami pojezdových nosníků (u podvěsných mostových jeřábů). U mostových klasických jeřábů se rozchod shoduje s jeho rozpětím. Rozpětí je technický údaj samotného jeřábu udávající vzdálenost mezi oporami nosného mostu jeřábu;
- výška jeřábové dráhy (H_0) – dle ČSN ISO 4306-1 je to vzdálenost ve vertikálním směru od podlahy (úroveň země) po úroveň hlavy kolejnice (u jeřábů mostových klasických), nebo po úroveň horní hrany poježděné příruby (u podvěsných mostových jeřábů).

Konstrukční řešení jeřábových drah

Návrh jeřábových drah se v současné době řídí platnými normami: ČSN EN 1993-6, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Část 6: Jeřábové dráhy a ČSN EN 1991-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení [16].

Provedení nosníků jeřábové dráhy je závislé na technických specifikacích jeřábu (uvádí výrobce jeřábu), jsou to například: rozpětí (l), rozvor kol příčnicku (O), stavební výška jeřábu (B), nosnost jeřábu (Q), celková hmotnost jeřábu s kladkostrojem (G_j), rychlosti pojezdů kladkostroje (V_k), mostu (V_m) atp. [88] Pro návrh konstrukce jeřábové dráhy je také důležitá vzdálenosti mezi sousedícími oporami (modul haly) a charakter zatížení [11].

Příloha 3/2 – Jeřábová dráha (JD)



Obr.1.7 Jeřábová dráha s mostovým jeřábem klasickým jednonosníkovým [9].

Zatížení jeřábové dráhy se rozlišuje na [88]:

- zatížení stálé (vlastní tíha konstrukce jeřábové dráhy),
- zatížení proměnné (zatížení jeřábem- proměnná poloha v čase, zatížení doplňkových konstrukcí).

Provedení nosníků jeřábové dráhy [11]:

- nosníky z válcovaných profilů – použití je možné pro lehké jeřáby o rozpětí do 6 m. Při použití profilu I je zpravidla jeho horní pásnice zesílena (přenesení příčných vodorovných účinků jeřábů). Nejčastěji se používají profily HEB, které běžně nahrazují svařované nosníky z důvodu nižší pracnosti výroby;
- nosníky složené – používají se pro středně těžké jeřáby s větším rozpětím. Nosník se skládá z hlavního svislého nosníku (svařovaný symetrický I profil se zesílenou horní pásnicí- nejčastější provedení) a na něj připojeného vodorovného nosníku (provedení plnostěnné, nebo příhradové). Vodorovný nosník také slouží jako podpora pro lávku;
- dvojstěnný nosník – používají se pro těžké jeřáby. Tvoří uzavřený profil, který je při dostatečném průřezu schopen přenést i vodorovné zatěžovací síly a není tak třeba použít vodorovný nosník. Tento profil je také dostatečně odolný proti kroucení.

Stojiny nosníků jsou často pro zvýšení stability zpevňovány příčnými a vodorovnými výztuhami.

Příloha 3/3 – Jeřábová dráha (JD)

Rektifikace jeřábové dráhy – je to vyrovnání jeřábové dráhy po její montáži, nebo v průběhu provozu (vliv teplotních změn, sesedání konstrukce haly, provozní vlivy). Jeřábová dráha musí splňovat montážní a provozní úchytky tvaru podle ČSN 73 5130:1994 Jeřábové dráhy a ČSN EN 1090-1 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 1: Požadavky na posouzení shody konstrukčních dílců. Konstrukce jeřábové dráhy by měla být navržena tak, aby její rektifikace byla co nejsnazší. Například otvory pro šroubové spoje jsou oválné pro možnost posunu, používají se různé vyrovnávací podložky [12, 16].

Další funkční části jeřábové dráhy

Kolejnice – používají se speciální jeřábové kolejnice JKL, nebo mohou být i čtvercového průřezu se zkosenými hranami. Kolejnice jsou nejvíce namáhané části jeřábové dráhy, po kterých přímo pojíždějí kola jeřábu. Z toho důvodu jsou vyrobeny z kvalitnějších ocelí vyšší pevnosti odolávajících opotřebení ojetím. Ke spojení kolejnice a nosníků jeřábové dráhy slouží soustavy příložek, přichytek a zarážek (bezstyková kolejnice – svařena v jeden celek). Kolejnice stykované (nespojené díly kolejnice) se buď přivařují k pásnici nosníku (obtížná vyměnitelnost) nebo jsou přivařeny přichytky, popř. šroubované na přivařené příložky [11].

Nárazníky a nárazky – jsou ochranný prvek umístěný na koncích dráhy zabraňující havárii mostu jeřábu při selhání jeho brzdového systému. Konstrukce nárazníků musí odolat energii nárazu jeřábového mostu v plné rychlosti. Podle rychlosti jeřábů jsou nárazníky do 0,63 m/s pevné s obložením pružným materiálem (pryž, elastomer) a nad tuto rychlost se používají nárazníky pružné (podobné nárazníkům na kolejových vozidlech) vybavené pružinou, hydraulickým zařízením, nebo tlumené pryží [12].

Lávky, schodiště, žebříky, plošiny, zábradlí – slouží k pohybu obsluhy jeřábu (jeřáb s kabinou), nebo pro údržbové a revizní činnosti. U jeřábů s obsluhou ze země nejsou třeba (revize a opravy jsou prováděny z pojízdné plošiny).

Příloha 4/1 – Prvky sekundární konstrukce

Paždíky – vodorovné nosné a podpěrné prvky opláštění obvodových stěn. Používají se vždy při svislém kladení obvodového pláště k zajištění jeho stability a jako prvky konstrukce, na které je obvodový plášť pomocí kotvicích a upevňovacích prvků připevňován. V případě zatepleného pláště sendvičovými panely kladených vodorovně je možné paždíky vynechat a panely kotvit přímo na obvodové sloupy primární konstrukce. To je umožněno jejich velkou pevností (závislé na tloušťce panelu a tloušťce použitého plechu). Toto řešení je z ekonomického hlediska výhodnější.

Ocelové paždíky jsou vyráběny z válcovaných profilů U, UPE, nebo jako tenkostěnné profily z pozinkovaného plechu tvarované za studena válcováním [11]. Paždíky z válcovaných profilů je třeba opatřit povrchovou úpravou nátěrovým systémem a jsou těžší než tenkostěnné profily. U válcovaných profilů je výhodou levnější výroba spolu s primární ocelovou konstrukcí. Tenkostěnné jsou lehčí, což umožňuje i lehčí primární konstrukci a jsou připravené od výrobců k přímé montáži. Nevýhodou je vyšší cena.

Vzdálenost rozmístění paždíků je závislá na druhu opláštění. Obvykle se jejich vzájemná vzdálenost pohybuje okolo 1,5 m [5]. Paždíky mohou být montovány mezi sloupy primární konstrukce a lícovat s ní, nebo montovány z její vnější strany jako předsazená konstrukce [23]. Při této variantě je lze montovat jako spojitě nosníky.

Mezisloupky – se užívají u obvodových stěn jako pomocná konstrukce obvodového pláště při velkých vzdálenostech mezi rámy konstrukce. Pro jejich výrobu se užívají válcované profily IPE. Zda je jejich použití nutné, závisí na typu použitého obvodového pláště, zda je hala s jeřábem a na velikosti modulu konstrukce. Nejsou potřeba v případě, že vzdálenost ráků (modul) je do přibližné hodnoty 6 m. Na tuto vzdálenost jsou paždíky připojovány přímo mezi hlavní sloupy ráků primární konstrukce. Je-li vzdálenost mezi sloupy větší, je nutné rozpětí paždíků zmenšit vložím mezisloupku.

Mezisloupek může vzhledem k sloupům primární konstrukce [23]:

- lícovat se sloupy – paždíky se připojují jak na sloupy primární konstrukce, tak na mezisloupky. Tato varianta je vhodná, pokud v hale nejsou instalovány jeřáby,
- předsazené před primární konstrukcí – v případě těžkých jeřábů v hale se z důvodu omezení dynamických účinků na opláštění vytváří předsazená sekundární konstrukce opláštění. Tuto konstrukci tvoří sloupky předsazené před sloupy konstrukce primární a mezisloupky s nimi lícují. Na takto vzniklou sekundární konstrukci jsou připojovány paždíky.

Vaznice – jsou prvky sekundární nosné střešní konstrukce probíhající ve shodném směru s podélnou osou budovy [25]. Pomáhají zkrátit rozpětí střešního pláště a jsou podpěrným prvkem, na který se střešní plášť ukotvuje. Vaznice se ukládají na vazníky nebo na rámové příče přičných vazeb [11]. Rozteč je daná únosností střešního pláště [23].

Příloha 4/2 – Prvky sekundární konstrukce

Rozdělení vaznic podle umístění na střeše: okapové, mezilehlé, hřebenové (vrcholové).

Hřebenové a okapové vaznice jsou od mezilehlých odlišné svým konstrukčním uspořádáním daným odlišným zatížením a statickým působením. Jsou těžší a mají větší tloušťku. Plní i jiné funkce jako součást střešních ztužidel, nebo konstrukce stěn.

Rozdělení vaznic podle provedení [11]: plnostěnné (válcované profily, tenkostěnné profily), prolamované, příhradové.

Rozdělení vaznic podle statického uspořádání [12]: prosté, kloubové, spojitě, vzpěrkové, závěsné.

Vhodná rozpětí pro jednotlivé typy vaznic jsou uvedené v tab. 1.1

Tab. 1.1 Vhodná rozpětí pro jednotlivé typy vaznic [26].

Statický systém	Konstrukce	Rozpětí [m]
Prosté nosníky	plnostěnné	~6
	příhradové	12 a více
	tenkostěnné	5–8
Kloubové nosníky	plnostěnné	6–9
Spojitě nosníky	plnostěnné	6–9
	tenkostěnné	
Vzpěrkové a závěsné	plnostěnné	9–12
	tenkostěnné	

Pro konstrukce ocelových montovaných hal se používají téměř výhradně plnostěnné vaznice.

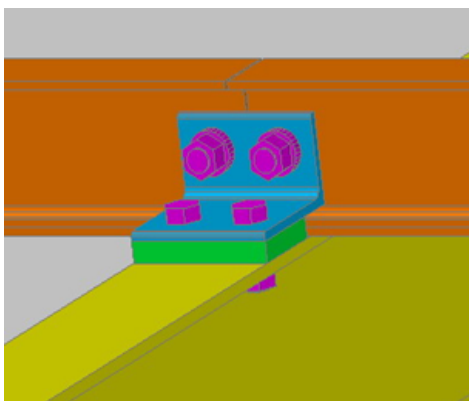
Plnostěnné válcované vaznice – vyrábí se z profilů IPE, v některých případech z profilu U. Výhodou je možnost výroby způsobem běžným pro výrobu jiných dílů ocelové konstrukce obsahující dělení, vrtání děr, povrchovou úpravu. Lze je tak vyrobit spolu s primární konstrukcí.

Plnostěnné tenkostěnné vaznice – v současnosti převládající typ vaznic. Vyrábějí se tvarováním oceli za studena, ohýbáním, válcováním, protahováním, nebo lisováním. Výchozím polotovarem pro výrobu je plech tloušťky 1–3 mm ve formě pásů nebo tabulí. Tabule plechu se užívají při výrobě na ohraňovacích lisech, pásy pro válcování na profilovacích strojích. Šířka pásu odpovídá rozvinuté šířce průřezu. Výrobci mají ve svém výrobním programu tvary příčného průřezu přizpůsobené statické potřebě. Tvary průřezu připomínají písmena Z, C, Σ. Je snahou navrhovat profily takové, které lze do sebe zasunovat. To je výhodné nejen na přepravu a skladování, ale hlavně pro možnost překrytí při montáži za vzniku spojitě vaznice. Povrchová úprava je nejčastěji oboustranným zinkováním (jsou možné i vaznice lakované, nebo pohliníkované). Přednost tenkostěnných profilů je jejich lehkost a optimalizované statické průřezové charakteristiky. Touto úsporou hmotnosti lze snížit hmotnost konstrukce až o 30 % [11, 25, 26].

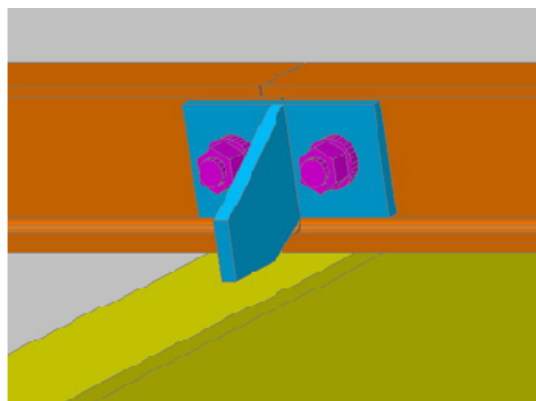
Montáž vaznic – vaznice se kladou na ocelové rámy. Výhodné je vaznice navrhovat jako spojitě, zvyšuje se tak jejich únosnost. Ta se dosáhne buď přesazením dvou sousedních dílů zasunutých do sebe, nebo spojením krátkým spojovacím dílem [26, 27].

Příloha 4/3 – Prvky sekundární konstrukce

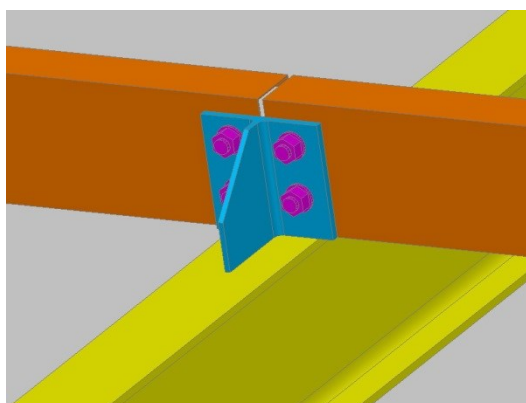
Vaznice se kladou v pravidelných vzdálenostech daných statickým výpočtem (obvykle je to vzdálenost 2 až 3 m). Oba konce plnostěnných prostých vaznic jsou položeny na příčli, nebo na horním pásu příhradového vazníku. K rámové příčli se připojují pomocí šroubů buď pomocí úhelníku vypodložené podložkou (obr. 1.9), nebo pomocí botky (obr. 1.10), což je svařenec kolmého a rovnoběžného plechu přivařeného k horní přírubě rámové příčle [25]. Připojení tenkostěnných vaznic uložených na horní pásnici rámové příčle je pomocí botek přivařených k příčli. Provedení je zobrazeno na obr. 1.11.



Obr. 1.9 Připojení vaznic úhelníkem [25].



Obr. 1.10 Připojení vaznic botkou [25].



Obr. 1.11 Připojení tenkostěnných vaznic botkou [25].

Nosné rámové konstrukce otvorů opláštění (výměny) – rámy pro instalaci oken, dveří, vrat, světlíků a dalších výplní otvorů. Opět jako u předchozích částí sekundární konstrukce je možnost tyto prvky vyrobit z válcovaných profilů opatřených nátěrovým systémem k ochraně proti korozi, nebo jako tenkostěnné prvky ohýbané z plechu. Výrobci výplní otvorů specifikují požadavky na konstrukci těchto prvků jako přípravu na instalaci. Tyto konstrukce mají funkci nosného rámu, ke kterému se daný instalovaný prvek připojuje. Například podsada pro světlík vyrobena z ohýbaného plechu specifikovaných rozměrů připojena k primární konstrukci šroubovanými spoji. Na tuto připravenou podsadu se instaluje střešní světlík.

Příloha 5/1 – Ztužidla

Soustava střešních ztužidel

Příčná (větrová) ztužidla – zabezpečují tvarovou stálost a geometrii střešní plochy. Horní tlačené pásy vazníků stabilizují proti vybočení. V střešní rovině přenášejí podélně působící silové účinky (např. od větru působícího na štítovou stěnu, nebo na stěny příčných světlíků, účinky tření větru o střešní krytinu v tomto směru) [11].

Konstrukčně je příčné ztužidlo navrhováno jako příhradový nosník v rovině střechy. Jeho pásy jsou tvořeny horními pásy vazníků. Jeho výška je tak rovna vzdálenosti příčných vazeb (vazníků). Pokud jsou jejich rozestupy příliš velké, vkládá se do kratší vzdálenosti prut jako druhý pás. Svislice u vaznicových systémů tvoří vaznice, u bezvaznicových systémů je nutné vytvořit svislice vloženými pruty. Diagonály jsou obvykle tvořeny novými pruty tvořenými z úhelníků, trubek, nebo tyčí kruhového průřezu. Přípoje jsou šroubovými spoji. Využívá se soustava zkřížených diagonál uvažovaných pouze na tah. Diagonály z tyčí kruhového průřezu je nutno předepnout. V případě, že je nutné diagonály navrhnout i na tlak, užívají se trubky [23].

Pro jeden dilatační celek postačuje jedno příčné ztužidlo, ale zpravidla jsou navržena příčná ztužidla v obou krajních polích u štítových stěn, zejména pokud je hala vybavena jeřábem. Vzájemná vzdálenost těchto ztužidel by neměla být větší než 36 m (obr. 1.12). Pokud větší je, vkládají se z důvodu snížení této vzdálenosti, další mezilehlá příčná ztužidla [25].

Podélná (okapová) ztužidla v rovině střechy – jsou navrženy jako příhradové vazníky. U vaznicového systému s pásy tvořenými okapovou vaznicí a první mezilehlou vaznicí (obr. 1.12). U bezvaznicového systému jsou tvořeny vloženými pruty. Výplně jsou u obou systémů z vložených prutů (konstrukčně jsou podobné jako příčná ztužidla). Svislice jsou tvořeny horními pásy, nebo pásnicemi vazníků. U hal s vetknutými sloupy (tuhá příčná vazba) jsou příhradové nosníky těchto ztužidel svými konci uloženy na dvě sousedící příčné vazby. Tomu odpovídá i jejich délka rovnající se vzdálenosti těchto vazeb. U hal s kyvnými sloupy je podélné (okapové) ztužidlo konstruováno jako příhradový nosník o délce shodné s délkou haly. Zde má zásadní význam pro podporu všech příčných vazeb [11, 12].

Umístění podélných střešních ztužidel u hal jednolodních je u okapů, u vícelodních také u vnitřních řad sloupů. Je-li rozpětí lodi velké, umísťují se i u hřebene (hřebenová ztužidla). Hlavní funkce podélných střešních ztužidel je zabezpečovat geometrii tvaru střechy a přenos účinků větru na podélné stěny haly. Při větších sklonech střech než cca 10 % mohou přenášet příčné zatížení rovnoběžné se sklonem střechy. V případě konstrukce stěn z mezisloupky tvoří podpory k uchycení jeho vrcholu. Pokud mezisloupky nejsou použity, lze toto ztužení vynechat. To platí i u hal např. uložených na masivní spodní stavbě, které zajišťuje nahrazení funkcí podélného střešního ztužidla [23, 25].

Svislá střešní ztužidla – probíhají mezi vazníky v podélném směru v celé délce budovy.

Podle svého umístění se dělí na [11]:

- a) krajní (vynechávají se v případě uložení vazníku na sloupy u horního pásu)
- b) mezilehlá

Příloha 5/2 – Ztužidla

Vzájemná vzdálenost podélných svislých ztužidel střechy by neměla přesahovat 12 m. Podle toho se také volí jejich počet s přihlédnutím na umístění světlíků. Během montáže do doby instalace vaznic a střešního pláště zajišťují polohu vazníků konstrukce. V případě, že je na jejich horní pás uložen střešní plášť, tak vaznice nahrazují. Naopak pokud jsou použity vzpěrkové vaznice, nepoužívají se již svislá střešní ztužidla (vaznice plní jejich funkci). Nepoužívají se též u rámových konstrukcí, kde jejich funkce není třeba [11, 25].

Stěny – podélné svislé ztužidlo

Haly bez jeřábů – jejich kotvení při uložení kloubovém i vetknutém je v podélném směru uvažováno vždy jako kloubové. Pro zajištění tuhosti v tomto směru slouží podélná svislá ztužidla (nazývaná také větrová) vložená do podélných stěn haly. Jsou většinou umístěna ve středu těchto stěn. Podélná svislá ztužidla přenášejí podélná zatížení z příčných ztužidel střechy do základů. Konstrukčně je ztužidlo tvořeno příhradovou konzolou s pásky tvořenými sloupy, paždíky tvořícími vodorovné prvky (popř. nové pruty – trubky, nebo dvojice úhelníků) a diagonály z nově vložených prutů (provedení z úhelníku, dimenzovány na tah, zkřížené provedení). Pokud jsou pole stěn obdélníkového tvaru, tak není možné použít zkřížených diagonál, diagonály musí svírat se sloupem úhel $45^\circ \pm 15^\circ$, což by v tomto případě nebylo možné dodržet. Proto jsou navrženy diagonály v jiných tvarech s nutností je navrhnout i na tlak [23].

Haly s jeřáby – ztužidla se v tomto případě zpravidla dělí na dvě roviny (zobrazeno na obr. 1.13). Ztužidlo nad jeřábovou dráhou (větrové ztužidlo) – plní stejné funkce jako ztužidlo stěn u hal bez jeřábové dráhy. Většinou je tvořeno jednoduchou příhradovou soustavou ze zkřížených diagonál nebo polopříčkovou soustavou. Ztužidlo pod jeřábovou dráhou (brzdné ztužidlo) – přenáší brzdné síly od jeřábů. Obvykle provedeno jako příhradové [11].

Příloha 6 – Úrovně projektové dokumentace

Dokumentace pro územní rozhodnutí (DUR) – projekt obsahuje záměr investora s architektonickým ztvárněním objektu [4]. Obsahuje základní rozměry stavby, její účel, umístění stavby, napojení stavby na okolní infrastrukturu. Součástí je Průvodní zpráva, Souhrnná technická zpráva, situační výkresy, charakteristické půdorysy a řezy, základní pohledy [37].

Dokumentace pro stavební povolení (DSP) – projekt již mimo jiné obsahuje konstrukční řešení objektu [4]. Je podrobnější než DUR, definice stavby musí být vypracována v úrovni, aby jednoznačně definovala a charakterizovala stavbu umožňující posouzení stavebním úřadem soulad s vydaným územním rozhodnutím, obecnými technickými podmínkami a veřejným zájmem [35]. Úroveň zpracování umožňuje výběr zhotovitele stavby, který na jeho základě je schopen stavbu provést [38]. Mimo podrobněji provedenou dokumentaci pro DUR obsahuje i požárně bezpečnostní, stavebně konstrukční a architektonické řešení, instalace atd. [37].

Dokumentace pro provádění stavby (DPS) – detailněji zpracovaná dokumentace pro stavební povolení (DSP). Obsahuje technické řešení stavby. Specifikace jednotlivých materiálů, položkový rozpočet, dopracovány technické detaily (např. detaily šroubových spojů). V položkovém rozpočtu jsou uváděny již konkrétní materiály nebo i výrobci [96, 97]. Slouží jako podklad pro zhotovitele k vytvoření výrobní a dílenské dokumentace.

Dokumentace pro zadání stavby (DZS) – je vypracován do podrobností umožňující výběr zhotovitele. Používá se především u veřejných zakázek, kdy se posuzují způsobilosti jednotlivých osob, posouzení dodavatelů, podmínky, za jakých bude dílo provedeno [96]. Vychází z DSP, její struktura je upravena do rozpočtových položek. Rozpočtová struktura umožňuje ve výběrovém řízení porovnání cenových nabídek. Pro rozpočet výroby ocelové konstrukce obsahuje schémata konstrukcí a hrubý výkaz materiálu [4, 38].

Výrobní a dílenská dokumentace – dokumentace zpracovaná zhotovitelem [4]. Dokumentace slouží k samotné výrobě ocelové konstrukce, nebo realizaci stavby již přímo konkrétním zhotovitelem se specifikací konkrétních použitých materiálů a postupů. Obsahuje podrobné řešení detailů ocelové konstrukce, výkaz materiálu, dílenské a výrobní výkresy. Zpracovává se před samotnou realizací, po podpisu smlouvy o dílo [38].

Dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS) – soubor dokumentace konečného stavu prováděné stavby zhotovuje dodavatel a předává ji objednateli před zahájením předávacího řízení. Obsahuje: průvodní zprávu, souhrnnou technickou zprávu, situační výkresy, výkresovou dokumentaci, případně geodetickou část. Před předáním stavby je nutné doložit veškeré revizní zprávy, protokoly prohlášení o shodě [97].

Rozsah a obsah jednotlivých úrovní dokumentace (mimo výrobní a dílenskou dokumentaci) definuje vyhláška o dokumentaci staveb vyhláška č. 499/2006 Sb. [36].

Příloha 7 – Mechanické vlastnosti spojovacího materiálu používaných pevnostních tříd

Tab. 3.3 Mechanické vlastnosti šroubů dle normy ISO 898-1 [83].

Vlastnosti \ Pevnostní třída		5.6	8.8 M ≤ 16	8.8 M > 16	10.9
Pevnost v tahu R_m [MPa]	jmenovitá	500	800	800	1000
	minimální	500	800	830	1040
Dolní mez v kluzu R_{eL} [MPa]	jmenovitá	300	–	–	–
	minimální	500	800	830	1040
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	jmenovitá	–	640	640	900
	minimální	–	640	660	940
Pevnostní charakteristika při zvýšených teplotách [MPa] (ISO 898-1)	+100 °C	270	590	590	875
	+200 °C	230	540	540	790
	+250 °C	215	510	510	745
	+300 °C	195	480	480	705
Tažnost A [%]	minimální	20	12	12	9
Vickers HV ($F \geq 98$ N)	HV min.–max.	155–250	250–320	255–335	320–380
Brinell BV ($F = 30$ D ²)	HB min.–max.	147–238	238–304	242–318	304–361
Rockwell HR	HRB min.–max.	79–99,5	–	–	–
	HRC min.–max.	–	22–32	23–34	32–39

Příloha 8 – Nejčastěji používané hutní materiály pro výrobu ocelových konstrukcí

Tyče (profily)

Rozdělení podle průřezu:

- jednoduchého průřezu – tyče kruhové, čtvercové, ploché, šestihranné, osmihranné, tříhranné, půlkruhové, usečové, speciální;
- tvarového průřezu (obr. 3.1 a obr. 3.2) I, U, H, T, L (rovnoramenný, nerovnoramenný);
- tyče pro výztuž do betonu – tyče kruhové, žebírkové, tyče zkrucované za studena;
- kolejnice – jeřábové (obr 3.1);
- tyče tažené za studena – kruhové, čtvercové, ploché, šestihranné, tříhranné, půlkruhové, úsečové a speciální.

Plech

Rozdělení podle tloušťky:

- tenké (do 3 mm),
- tlusté (nad 3 mm).

Rozdělení podle způsobu výroby:

- válcované za tepla,
- válcované za studena.

Plech jsou dodávány v tabulích širokých od 500 mm do 4 000 mm a tloušťkách užívaných pro výrobu ocelových konstrukcí od 5 mm do 50 mm.

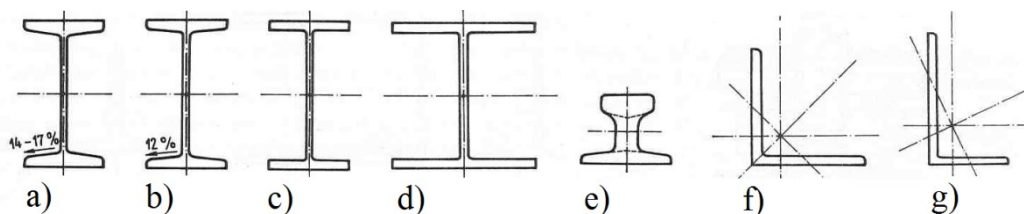
Trubky

Rozdělení podle tvaru:

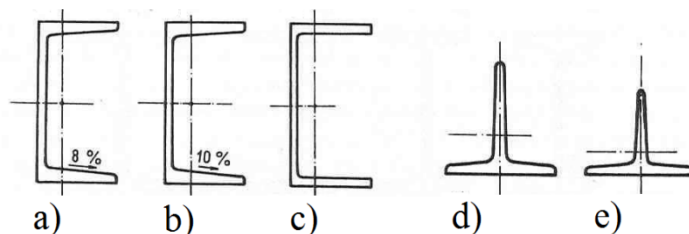
- kruhové,
- čtyřhranné (jakly).

Rozdělení podle způsobu výroby:

- svařované,
- bezešvé.



Obr. 3.1 Tyče tvarového průřezu a kolejnice [44]. a) I, b) IE, c) IPE, d) HEB, e) jeřábové JKL f) úhelník rovnoramenný, g) úhelník nerovnoramenný.



Obr. 3.2 Tyče tvarového průřezu [44]. a) U, b) UE, c) UPE, d) T úzká, e) T široká.

V příloze 8 byly použity zdroje [4, 44, 86].

Příloha 9/1 – Dělení materiálu řezáním



a) Rámová pila s pilovým listem



b) Pásová pila na kov



c) Kotoučová pila

Obr. 4.1 Strojní pily na kov [103, 104, 105].

Řezání pilovým listem – používají se strojní rámové pily (obr. 4.1a). Nástrojem je pilový list upnutý v rámu pily. Rám je veden ve výkyvném rameni a koná vratný pohyb pomocí klikového mechanismu poháněného elektromotorem. Pilový list je vyroben rychlořezné oceli, aby nedocházelo k jeho sevření řezaným materiálem, musí pilový list vytvářet širší řeznou spáru, než je samotná tloušťka pilového listu. Toho lze dosáhnout několika způsoby, například rozvodem zubů, kdy jsou zuby střídavě vychýleny na obě strany od podélné osy pilového listu. Další metodou může být: zvlnění zubů (okraj listu se zuby tvoří vlnovku), pěchováním, nebo volným broušením [102].

Postup řezání – rameno s pilovým listem se ručně, nebo mechanicky nadzvedne, řezaný materiál se upne a po uvedení do chodu se rameno s pilovým listem nastaví do řezu. Posuv je nastaven hydraulicky, nebo je určen vahou vlastního ramene. Aby zuby pilového listu nebyly opotřebovávány při zpětném nepracovním pohybu, je rameno nadzvednuto ze záběru jednoduchým vačkovým, nebo hydraulickým mechanismem.

Nevýhody – nízká produktivita, nízká přesnost řezu, poměrně velké ztráty materiálu.

Výhody – jednoduchá obsluha, malá poruchovost, hospodárnost provozu, nízké pořizovací náklady.

Použití – při kusové a malosériové výrobě [100].

Řezání pilovým pásem – u strojních pil s pilovým pásem (obr. 4.1b) je tenký a dlouhý pilový list svařen do jednoho nekonečného pásu. Pilové pásy jsou až o dvě třetiny tenčí, než pilový list rámových pil, nebo kotouč pil kotoučových. Tím vzniká menší řezná spára a úspora ztráty materiálu prořezem. Pilový pás je vyroben z nástrojových ocelí, bimetalových pásů, nebo pásů z pružné oceli s připájenými zuby ze slinutého karbidu. Úprava zubů proti sevření řezaným materiálem je řešena jako u pilového listu [101]. Při řezání je pilový pás veden mezi hnacím a napínacím kotoučem. V místě řezu vykonává rovnoměrný přímočarý pohyb. Rychlostí otáčení hnacího kotouče je regulována řezná rychlost. Posuv ramene s pilovým pásem je většinou hydraulický, nebo mechanický pomocí pákového mechanismu se závažím.

Nevýhody – větší pořizovací náklady.

Výhody – vysoká produktivita, malá ztráta materiálu při řezání, vysoká přesnost řezání (nepřesnost kolmosti 0,1–0,2 mm na 100 mm výšky materiálu), lze provádět i tvarové řezy [104].

Použití – vysokoproduktivní průmyslové řezání materiálu [100].

Příloha 9/2 – Dělení materiálu řezáním

Řezání pilovým kotoučem – při řezání pilovým kotoučem jsou pilové zuby umístěny po obvodu pilového kotouče, který koná otáčivý pohyb pomocí hnacího mechanismu. Dělí se na rychloběžné a pomaloběžné pily (obr. 4.1c). Velikost stroje je dána velikostí pilového kotouče – vhodné pro velikost řezaných profilů. Pilové kotouče se vyrábějí jako:

- a) celistvé – o průměrech 20 až 900 mm a tloušťkách 0,2 až 6 mm. U kotoučů malých tloušťek jsou zhotoveny dilatační výřezy zabráňující jejich prasknutí během řezání [101].
- b) kotouče z rychlořezné oceli – možnost dalšího zušlechťení pro zlepšení mechanických vlastností, výhodou jejich možnost přebroušení.
- c) kotouče s břitovými destičkami – kotouč je vyroben z ušlechtilé oceli, na jehož obvodu jsou napájeny břitové destičky ze slinutého karbidu, nebo keramiky [99]. Tyto kotouče dosahují nejvyšších výkonů řezání. Vyznačují se dlouhou životností, ale jejich přebroušování je neefektivní.

Operaci řezání pilovým kotoučem lze vzhledem k charakteru práce a kinematice pohybů považovat za operaci frézování jemnozubým nástrojem o malé tloušťce a velkém průměru [100]. Řezný pohyb vykonává nástroj, posuvný může vykonávat nástroj, nebo obrobek.

Nevýhody – velikost řezaného profilu omezena velikostí kotouče.

Výhody – vysoká produktivita, vysoká přesnost řezu, velká životnost pilového kotouče ve srovnání s předešlými metodami řezání, universálnost použití.

Použití – výhodné pro automatizované provozy s automatickým podáváním materiálu [101].

Příloha 10 – Dělení materiálu rozbrušováním

Metoda s velkou produktivitou. Nástrojem je řezací kotouč otáčející se obvodovou rychlostí $60\text{--}125\text{ m.s}^{-1}$. Kotouč má průměr $20\text{--}600\text{ mm}$ a běžné tloušťky $1\text{--}3\text{ mm}$. Řezný kotouč je tvořen brusivem, pojivem a případně vyztužením [100]:

- brusiva – Al_2O_3 , SiC, polykrystalický diamant, nebo kubický nitrid boru (KNB);
- pojiva – pryž (běžná brusiva, pro dělení ocelí za mokra, řezné rychlosti do 60 m.s^{-1}), pryskyřice (těžkoobrobitelné materiály a pro řezné rychlosti až do 120 m.s^{-1}), kovové pojivo (pro diamantové a KNB kotouče);
- vyztužení – používají se sklotextilie.

Při procesu rozbrušování je řezná spára vytvářena oddělováním materiálu abrazivním účinkem částic obsažených v rychle se otáčejícím řezném kotouči. Řezací kotouč se vyznačuje schopností samoostření. Při něm na opotřebované zrno brusiva působí zvýšené řezné síly, které způsobí jeho uvolnění z kotouče za současného obnažení ostrých hran nových zrn. Tímto způsobem se také kotouč opotřebovává. Rozeznáváme rozbrušování za sucha a za mokra (s řeznou kapalinou) [106].



Obr. 4.2 Rozbrušovačka [107].

Nevýhody – rychlé opotřebovávání kotouče a tím jejich velká spotřeba, vysoké teploty v místě řezu (tepelné ovlivnění ploch řezu), vysoká energetická náročnost procesu.

Výhody – malá ztráta materiálu při dělení, kvalitní řezná plocha (rovinnost a drsnost), možnost řezat i tvrdé materiály, dobrá produktivita.

Použití – pro řezání trubek a jiných slabostěnných profilů, pro dělení těžkoobrobitelných materiálů, tyče malých průřezů. Naopak je to tato metoda nevhodná na dělení pozinkovaných a polakovaných plechů, kdy jsou řez a ulpělé třísky místem zvýšeného rizika koroze. Rozbrušováním se také z důvodu vznikajícího tepla v místě řezu, nedoporučuje dělit materiály se sklonem k zakalení, nebo popouštění [100].

Příloha 11 – Dělení materiálů stříháním

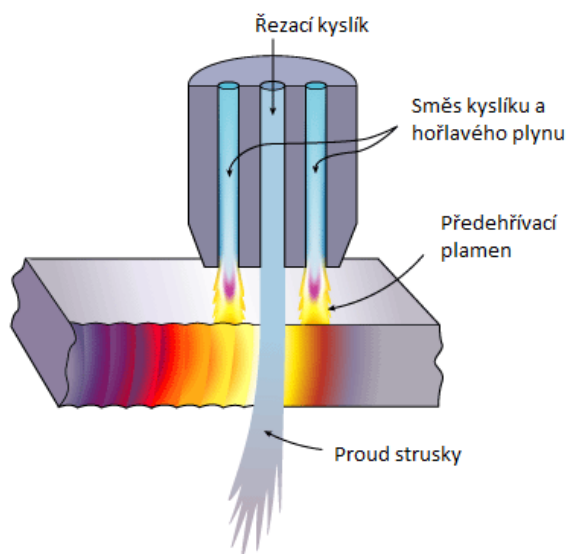
Jedná se o tváření za studena, kdy jako u jediné operace tváření dochází k cílenému porušení materiálu. Po překročení meze kluzu je nutné dosažení meze pevnosti střížného odporu a oddělit materiál. Vlastním principem je oddělování materiálu protilehlými hranami břitů. Pohybem nožů proti sobě je v rovině stříhu stříhaného materiálu vyvozeno potřebné smykové napětí, které iniciuje vznik lomových trhlin. Tím dochází k porušení - lomu v celém průřezu materiálu [110].



Obr. 4.3 Hydraulické tabulové nůžky.

Ve výrobě ocelových konstrukcí se stříháním dělí plech a pásy, v menší míře tyče a profily. Nastříhané plechy dále slouží k výrobě klempířských prvků, nebo tlusté plechy k výrobě svařovaných profilů, styčnickových desek, výztuh atp. Ke stříhání lze použít například hydraulické tabulové nůžky zobrazené na obr. 4.3.

Profily a trubky lze stříhat na profilových nůžkách. Přesnost této metody je ± 1 mm. Konce takto ustřižených profilů jsou deformovány s nekvalitní střížnou plochou, což pro součásti s touto plochou určenou ke svařování lze akceptovat. Stříhat lze profily L, T, U, I, nebo i jiných profilů pomocí výměnných desek. Druhou možností je stříhání profilů v nástroji s odpadem. Je to metoda přesnější, deformován je pouze odpad o šířce tloušťky stříhacího nože. Nevýhodou je, že se u tenkostěnných otevřených profilů musí řešit tvar nožů speciálně pro každý profil. To je vhodné u sériové výroby stejného profilu, proto se u výrobců ocelových konstrukcí běžně nepoužívá. Také stříhání trubek není ve výrobě ocelových konstrukcí běžné [108].



Obr. 4.6 Princip řezání kyslíkem [114].

Proces řezání kyslíkem – řezaný kov je třeba nejprve zahřát pomocí předehřívacího plamene na zápalnou teplotu (1050 až 1250 °C). Tato teplota se zvyšuje s rostoucím obsahem uhlíku v oceli [114]. K zahřátí kovu na zápalnou teplotu se nejčastěji využívá kyslíko-acetylenový plamen pro schopnost acetylenu dosahovat v porovnání s ostatními hořlavými plyny nejvyšších teplot plamene (až 3162 °C) [111]. K nahřátí je nejvhodnější využít hrany plechu, která se rychle prohřeje [109].

Po dosažení zápalné teploty je do místa řezu přiveden řezací kyslík (čistoty alespoň 2,5, tj. 99,5 %) [115]. Dochází k prudké oxidační exotermické reakci kovu s kyslíkem, při které je kov spalován. Produktem spalování je malé množství roztaveného kovu a oxidy (struska), které jsou vyfukovány proudem kyslíku z místa spalování za vzniku úzké řezné spáry. Složení produktů spalování je uvedeno v tab. 4.1. Pro pokračování řezu je nutné udržovat stálou teplotu materiálu a krýt tepelné ztráty. Kromě nahřívacího plamene se větším podílem na pokrytí tepelných ztrát podílí exotermická reakce (70 % uvolněného tepla při řezání připadá na exotermickou reakci spalování, 30 % na nahřívací plamen) [120]. Princip řezání kyslíkem je zobrazen na obr. 4.6.

Podmínky řezatelnosti kovového materiálu:

- Zápalná teplota řezaného kovu nesmí být vyšší, než je jeho teplota tavení (maximálně stejná), jinak se kov nespáluje, ale pouze místně taví.
- Množství vyvinutého tepla musí být dostatečné k pokrytí veškerých tepelných ztrát. To je důležité pro udržení teploty kovu na zápalné teplotě v celé tloušťce materiálu a pokračování procesu řezání.
- Tavicí teplota vznikajících oxidů nesmí být vyšší (maximálně rovna) než tavicí teplota řezaného kovu. To je důležité proto, aby vzniklé oxidy byly dobře tekuté a v proudu kyslíku vytékaly z řezné spáry.
- Řezaný kov nesmí mít vysoký obsah legur zvyšujících kalitnost (např. Mo, W, Ni) a prvků bránících řezání (např. C, Cr, Si).

Příloha 12/2 – Řezání kyslíkem

Tab. 4.1 Složení produktů při spalování železa kyslíkem [109].

Produkty spalování a jejich podíl ve složení strusky		Chemická reakce a tepelný zisk
FeO	25–34 %	$\text{Fe} + \text{O} = \text{FeO} + 268 \text{ kJ}$
Fe ₂ O ₃	asi 15%	$2\text{Fe} + 3\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 828 \text{ kJ}$
Fe ₃ O ₄	35–45 %	$3\text{Fe} + 4\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 1116 \text{ kJ}$
nespalený kov	asi 15 %	

Tab. 4.2 Hodnoty parametrů řezání pro vybrané tloušťky materiálu [112].

Tloušťka řezaného materiálu [mm]	Rychlost řezání [mm/min]	Tlak řezacího kyslíku [MPa]	Spotřeba kyslíku [l/m]	Spotřeba acetylenu [l/m]
5	550	0,22	64,5	13,4
10	415	0,30	112	22,5
40	250	0,47	434	54,0
80	190	0,60	975	83,0
100	175	0,70	1210	114,0

Nastavení tlaku řezacího kyslíku – kinetická energie proudu kyslíku musí být k vyfouknutí ze spáry dostatečná, proto je třeba správně nastavit tlak řezacího kyslíku (uvedeno v tab. 4.2). Na stanovení optimálního tlaku závisí kvalita řezu, kdy hrany jsou ostré a hladký povrch řezných hran. Velké množství kyslíku způsobuje nadměrný odvod tepla a tím ochlazování řezaného materiálu. Pro strojní řezání plamenem se užívají strojní hořáky s druhem trysky podle použitého tlaku kyslíku [113]:

- standartní trysky (tlak kyslíku do cca 0,60 MPa),
- rychlořezací trysky (tlak kyslíku do cca 0,80 MPa),
- vysokovýkonnostní trysky (tlak kyslíku do cca 1,10 MPa).

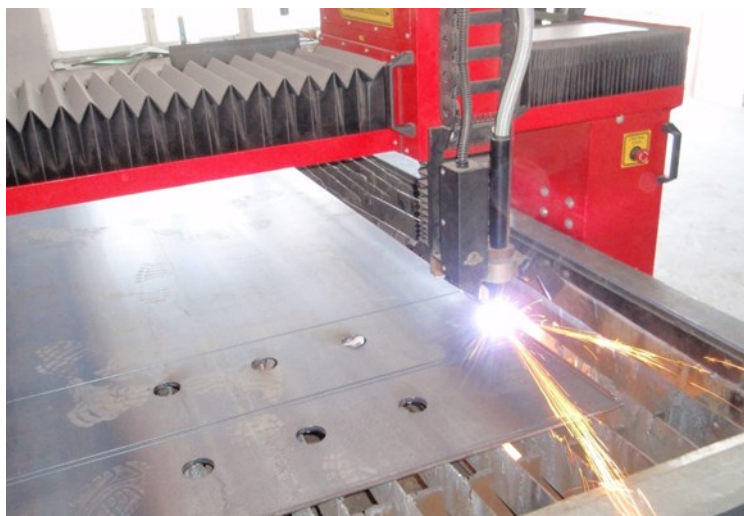
Rychlost řezání – nastavuje se pomocí řezacích tabulek dodávaných k příslušnému hořáku. Při optimálních podmínkách můžeme docílit rychlosti řezu až 800 mm/min [115]. U jiných než přímých řezů se snižuje následujícím způsobem [113]:

- zkosení 30 ° snížení o cca 25 %,
- zkosení 45 ° snížení o cca 45 %,
- zakřivený řez snížení o 10 %.

Použití – tato metoda je vhodná pro řezání nelegovaných a podmíněně nízkolegovaných ocelí (závisí na chemickém složení, především na obsahu uhlíku). Je to tak metoda vhodná pro dělení nelegovaných ocelí používaných pro výrobu ocelových konstrukcí. Lze řezat tloušťku materiálu až 300 mm při zachování kvality řezu. Kvalita řezných ploch je dána normou ČSN EN ISO 9013 [114].

Příloha 13/1 – Řezání plazmou

Princip řezání plazmou – k roztavení řezaného materiálu se využívá velmi vysokých teplot úzkého plazmového paprsku, který ve velmi krátké době (řádově milisekundy) zahřeje kov v místě řezu na teplotu varu. Roztavený kov je poté z řezné spáry vyfouknut vysokou kinetickou energií plazmy. Rychlost vystupující plazmy z hořáku je vyšší, než při svařování plazmou a dosahuje 1 500 až 2 300 m.s⁻¹. Plazma vzniká ionizací plynu. K tomu slouží plazmový plyn, který je ionizován při průchodu elektrickým obloukem hořícího mezi netavící se elektrodou a řezaným materiálem. Při použití dvouatomových plynů (kyslík, vodík, dusík) dochází nejprve k jejich disociaci (rozložení na samostatné atomy), ty jsou ionizovány v elektrickém oblouku pomocí emitovaných elektronů z katodové skvrny elektrody. Tyto elektrony mají tak velkou kinetickou energii, že při srážce s neutrálními atomy u nich dojde k vyražení elektronů z elektronového obalu a tím vzniku kladných iontů a sekundárních elektronů. Podle teploty se dosahuje určitého stupně ionizace. Při 100 000 K je ionizace úplná. Při řezání plazmou této hodnoty není dosahováno, dochází pouze k částečné ionizaci plazmy. Chladnější plyn ve vnějších vrstvách není ionizován, plazma tak proudí soustředěna do paprsku kolem osy hořáku. Plazma je tímto způsobem stabilizována a stěny hořáku jsou chráněny před dotykem plazmy. Řezání plechu pomocí plazmového hořáku je zobrazeno na obr. 4.7 [109, 114, 116].

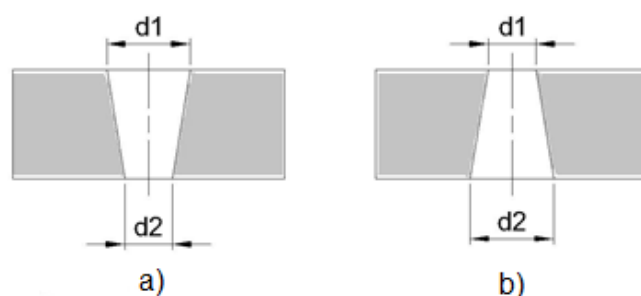


Obr. 4.7 Řezání plazmou [119].

Používané plyny – rozlišujeme tři druhy plynů přiváděných do plazmového hořáku: plazmový, fokusační a ochranný. Pro řezání konstrukční oceli se jako plazmový plyn užívá vzduch, nebo kyslík (při zvýšených požadavcích na kvalitu výpalků). Při použití vzduchu vznikají otřepy z řezaného materiálu, které je nutné po vypálení mechanicky obrousit. Jako ochranný plyn se používá také vzduch, nebo kyslík (dražší varianta, ale kvalitnější řez). Fokusační plyn se u řezání téměř nepoužívá (u svařování zužuje paprsek plazmy).

Řezné podmínky – správná volba řezných podmínek je předpokladem pro vznik řezné plochy s dobrou kolmostí, kvality povrchu, ostrosti hran a ideálně bez otřepů. Je třeba zvolit správnou rychlost řezání a vzdálenost trysky od povrchu.

Rychlost řezání – je závislá na tloušťce materiálu, výkonu zdroje a na fyzikálních vlastnostech řezaného kovu. Běžně lze dosahovat rychlosti $6\,000\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$, u slabých plechů až $12\,000\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Její volba je závislá na výkonu zdroje, fyzikálních vlastnostech řezaného materiálu a jeho tloušťce. Při volbě vysoké řezné rychlosti nastává rozšíření řezné spáry v její horní části a tím ke zkosení hran dle obr. 4.8a. To je způsobeno menším pronikáním plazmy do hloubky materiálu. Při zvolení malé řezné rychlosti je naopak rozšířena spára v její dolní části a zkosení hran podle obr. 4.8b [112, 115, 116].



Obr. 4.8 Vliv rychlosti řezání na tvar zkosení řezných ploch [112].

a) velká rychlost, b) malá rychlost.

Vzdálenost ústí řezacího hořáku od povrchu řezaného materiálu – při volbě velké vzdálenosti může docházet k malému protavení do hloubky, při volbě malé vzdálenosti hrozí poškození trysky hořáku rozstříkujícím se kovem. Obecně lze zvolit optimální parametry z energetické bilance řezání [112].

Připojení pólu zdroje a vznik plazmového paprsku – pro řezání se používá závislé zapojení (přenesený oblouk), kdy na elektrodu je připojen záporný pól (katoda) a na řezaný materiál záporná elektroda (katoda). K zapálení oblouku na velkou vzdálenost slouží VF ionizátor připojený ke kovové trysce sloužící k ionizaci prostředí mezi elektrodou a řezaným materiálem. Na dobu 6 až 10 sekund je pomocí něj je zapálen tzv. pilotní oblouk hořící pouze mezi elektrodou a kovovou hubicí. Plazmový plyn, který ho vyfukuje, je ionizován a vzniká pilotní paprsek. Touto ionizací prostředí jsou vytvořeny podmínky pro zapálení hlavního elektrického oblouku. To nastane po přiblížení paprsku k elektricky vodivému povrchu řezaného materiálu. Řídící elektronika vyhodnocující vodivost zvýší proud a průtok plazmového plynu na požadovanou řezací velikost. Vysoké napětí zdroje naprázdno pohybující se mezi 250 až 350 V po zapálení oblouku poklesne na napětí ionizační. Toto napětí zaručuje kvalitní řez. Vybrané základní parametry pro řezání plazmou jsou uvedeny v tab. 4.3 [118].

Příloha 13/3 – Řezání plazmou

Tab. 4.3 Základní parametry řezání plazmou [109].

Tloušťka řezaného materiálu (s) [mm]	Výkon řezacího zařízení (A) [kW]	Řezací rychlost (v) [mm/min]
25	30	630
50	100	760
100	200	630
200	150	100

Použití – plazmou je možné řezat všechny elektricky vodivé materiály, nejčastější použití je řezání konstrukčních ocelí, například právě při výrobě ocelových konstrukcí hal.

Nevýhody – ve srovnání s řezáním kyslíkem (kyslíko-acetylenovým plamenem) je u této metody vyšší drsnost řezné plochy a její mírné podkosení (2 až 4°) [114]. Větší je také zaoblení horní hrany. Nevýhodou jsou také negativní jevy při provozu, jako vysoký hluk (až 90 dB), intenzivní ultrafialové záření, vznik ozónu, škodlivých par kovů a silný vývin dýmů, které je nutno odsávat a filtrovat. U materiálu větší tloušťky než 15 mm jsou obtížně propalovány otvory.

Výhody – (ve srovnání s řezáním kyslíkem) především již zmiňovaná rychlost řezání a menší provozní náklady, menší tepelně ovlivněná oblast vlivem menšího vneseného tepla do oblasti řezu, tím i menší deformace, dále možnost řezat i vysokolegované oceli a neželezné kovy.

Stručný přehled typů plazmových zařízení a jejich použití

Odlišnosti jsou v jejich použití a některých konstrukčních částech hořáku. Rozlišují se podle plynů používaných ke stabilizaci plazmy [112, 116]:

- plynová plazma – stabilizována směsí argonu a vodíku (někdy argonu a dusíku), elektroda wolframová. Řezání vysokolegovaných ocelí, nikl, molybden, mědi a jiných;
- vzduchová plazma – stabilizace stlačeným filtrovaným vzduchem, elektroda zirkoniová nebo hafniová. Řezání nelegovaných a středně legovaných ocelí, nejvíce používaná, levný provoz. Použití např. pro řezání plechů při výrobě ocelových konstrukcí hal;
- kyslíková plazma – stabilizace kyslíkem, použití pro kvalitnější čisté řezy. Řezané materiály a elektroda shodná se vzduchovou plazmou.
- dusíková plazma kombinovaná s injekčním přívodem vody – stabilizace dusíkem a přívodem vody. Řezání velkých tlouštěk vysokolegovaných ocelí, lze po zapálení řezat pod vodou;
- plazma stabilizovaná vodní párou – stabilizace odpařenou demineralizovanou vodou (disociovanou a ionizovanou), nezávislost na přívodu plynu, nebo stlačeném vzduchu zajišťuje její mobilitu;
- HD - High Definition plazma – nejmodernější, plazmový paprsek je intenzivně zúžen s velkou hustotou energie, zvýšenou teplotou a výstupní rychlostí. Řezání nelegovaných ocelí – pokud je jako plazmový plyn použit kyslík, je řez srovnatelné kvality s laserem. Řezání vysokolegovaných ocelí, hliníku, mědi – plazmový plyn směs dusíku a kyslíku. Výhodou je úzká řezná spára, velká rychlost řezání, vysoká kvalita řezných ploch bez otřepů (je tak levnější alternativou laseru).

Příloha 14 – Vrtání, děrování, pálení děr

Vrtání – provádí se na vrtačkách různých typů. Její použitelnost je určena velikostí vrtaného profilu. Vrtat lze i na moderních speciální NC a CNC strojích. Ruční vrtačky jsou užívány např. pro odstranění otřepů děr, nebo vrtání na stavbách, menší stolní, nebo stojanové pro vrtání děr do plochých dílů (výpalků), nebo vrtání menších profilů. Větší vrtačky lze použít i pro vrtání těžších dílů větších tloušťek materiálu. Moderně vybavené výrobní provozy používají k vrtání plošných profilů vrtací hlavu přímo na pálicím stroji a k vrtání ostatních profilů (kromě kruhových) vrtací vřetena na pilo-vrtacím centru. Vrtání děr na těchto strojích je podle předem zadaného výrobního, nebo pálicího plánu. V případě kruhových profilů je vrtání na pilo-vrtacích strojích obtížné, protože není zajištěna jejich poloha proti pootočení během posunu. Nástroje pro vrtání jsou běžné šroubovitě vrtáky, nebo i moderní vrtáky s břitovými destičkami.

Děrování – je to operace stříhání, kdy do vyráběné součásti je zhotovena díra a vystřižená část je odpad. K děrování je využíváno děrovacích lisů různého provedení a různé jmenovité síly.

Rozdělení používaných děrovacích lisů podle způsobu vyvození síly [124]:

- hydraulické lisy,
- mechanické lisy,
 - klikový,
 - vřetenový,
 - výstředníkový.

Zda je díra vyrobitelná děrováním na konkrétním lisu, určuje celková střížná síla, která je nutná k zhotovení díry. Ta musí být menší než jmenovitá síla lisu. Nástroje pro děrování jsou jednoduchá stříhadla, kdy na jeden zdvih je zhotovena jedna díra. Stříhadla se skládají z pohyblivé části se střížníkem upnuté stopkou do beranu lisu a pevné části se střížnicí upnuté na stole lisu. Při děrování je zhotovený rozměr závislý na rozměru střížníku. Vyráběná součást musí respektovat omezení daná technologií děrování.

Pálení děr – provádí se na pálicích strojích metodami tepelného dělení (řezání kyslíkem, plazmou, laserem).

Příloha 15/1 – Princip a využití metod svařování pro výrobu ocelových konstrukcí

Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou (111) – principem je odtavování obalované elektrody pomocí elektrického oblouku hořícího mezi kovovým jádrem elektrody a základním materiálem. Obloukem je taven i základní materiál. Jádro elektrody dodává přídatný materiál potřebný pro vyplnění svarové mezery a obal svým chemickým složením ovlivňuje kvalitu svarového kovu.

V průmyslové dílenské praxi byla tato metoda postupně nahrazena metodou 135, která je rychlejší. Výhodou této metody je její operativnost z důvodu přenosnosti svařovacího zařízení. Uplatňuje se na stavbách, při opravách a při zámečnických pracích.

Svařování pod tavidlem drátovou elektrodou (121) – tato metoda obloukového svařování je využívána svařovacími automaty. Jsou to moderní stroje, kterými jsou při výrobě ocelových konstrukcí svařovány převážně svařované profily o stejné, nebo proměnné výšce. Tím je umožněna výroba prvků konstrukce, které jsou v místech největšího namáhání lépe dimenzovány a tím dochází k úspoře na hmotnosti celé konstrukce.

Při této metodě elektrický oblouk hoří mezi tavící se drátovou elektrodou a základním materiálem pod vrstvou sytkého tavidla. Vytvořená rozměrná tavná lázeň umožňuje intenzivní difuzní pochody mezi struskou a svarovou lázní vedoucí ke vzniku svaru vysoké kvality. K té přispívá i plynulý chod svařovacího automatu s elektronikou řídící svařovací proces. Efektivita moderních svařovacích automatů je dána použitím silnějších průměrů přídatného materiálu ve formě drátu (až 5 mm) a použitím dvou svařovacích hořáků (současné svařování z obou stran). Tím jsou sníženy deformace a umožněny větší výkony navaření.

Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu (135) – metoda s vysokou produktivitou práce. Touto metodou se v dnešní době svařuje většina ocelových konstrukcí prováděných průmyslově v uzavřených prostorech výrobních hal. Je to metoda obloukového svařování, kdy elektrický oblouk hoří mezi odtavující se elektrodou a základním materiálem. Elektroda ve formě drátu navinutého na cívce je posouvána pomocí kladkového mechanismu. Odtavující se elektroda dodává do svaru potřebný přídatný materiál. Přenos odtavujících se kapek roztaveného kovu z konce elektrody může být několika způsoby: zkratovým přenosem, zrychleným zkratovým přenosem, přechodovým obloukem s nepravidelnými zkraty, nebo bezzkratovým přenosem sprchovým, impulzním, moderovaným, nebo rotujícím přenosem. Jakým způsobem bude přenos kovu v oblouku probíhat, závisí na velikosti svařovacího napětí a proudu, ale také na chemickém složení ochranného plynu, druhu přídatného materiálu a na technice svařování [111]. Kolem odtavující se elektrody proudí svařovací hubicí ochranný aktivní plyn, který svým složením ovlivňuje přenos odtavujících se kapek přídatného materiálu. Nejčastěji se používají směsné plyny skupiny M2. Jsou to směsi Ar s podílem (do 25 %) CO₂ nebo O₂ případně jejich kombinace [109]. Kyslík obsažený v těchto plynech se po jeho disociaci slučuje s prvky v kapkách kovu. Probíhající oxidační exotermické reakce zvyšují teplotu roztavených kapek a tavné lázně. Svařovací rychlost se přibližuje 150 cm.min⁻¹. Při sprchovém přenosu se výkon navaření pohybuje v rozmezí 3–12 kg.hod⁻¹ [63]. Dráty přídatného materiálu mají průměry 0,8–1,6 mm [110].

Příloha 15/2 – Princip a využití metod svařování pro výrobu ocelových konstrukcí

Svařování kyslíko-acetylenovým plamenem (311) – patří mezi metody tavného svařování. Zdrojem tepla tavicího základní a přídavný materiál je chemická energie vznikající při hoření směsi plynu hořlavého a okysličujícího. Okysličující je plyn podporující oxidační hoření – kyslík O_2 . Hořlavých plynů se používá nejčastěji acetylen C_2H_2 . Má největší slučovací teplo uvolňované při svém rozpadu a je tak nejvhodnější plyn pro svařování [63]. Teplota kyslíko-acetylenového plamene se při správném poměru dosahuje až $3150\text{ }^{\circ}C$, což je teplota dostatečná i pro svařování ocelí. Z hlediska poměru kyslíku a acetyleny se používá neutrální plamen, který svým chemickým složením téměř neovlivňuje tavnou lázeň (poměr $O_2 : C_2H_2 = 1$ až $1,2$). Z hlediska výstupní rychlosti plamene se pro svařování používá střední plamen s výstupní rychlostí $100\text{--}120\text{ m/s}$. Tato rychlost zaručuje stabilní plamen s přiměřeným dynamickým účinkem, dobrou jakostí svaru a dostatečný výkon [110, 111].

Při vytváření svarového spoje přidává svářeč v určitých intervalech přídavný materiál (ve formě svařovacího drátu) do předem připravených svarových ploch. Při svařování plamenem se doporučuje užívat především tupé svary a nahrazovat těmito svary i nedoporučované koutové svary, které se u svařovaných konstrukcí užívají nejčastěji [109]. I z tohoto důvodu je objem dnes vyráběných ocelových konstrukcí touto metodou minimální. Nadále je ovšem tato metoda využívána pro svoji universálnost, mobilnost a nezávislost na zdroji elektrické energie. Využívá se kromě svařování (slabé plechy do 4 mm), zejména pro řezání kyslíkem, rovnání zdeformovaných dílců, navařování, pro předehřívání základního materiálu, čištění plamenem, nebo žárové nástřiky [111].

Příloha 16/1 – Tryskání

Technologie tryskání je velmi rozšířená metoda úpravy povrchů před aplikací konečné povrchové úpravy. Je používána při výrobě ocelových konstrukcí, ale lze se z ní setkat i u jiných materiálů, jako je beton, dřevo, sklo a jiné.

Princip – spočívá v působení rychle letících částic abraziva dopadajících na tryskaný povrch. Rychlost je částicím dodávána pomocí tryskacího zařízení, které se podle metody urychlování částic abraziva dělí na:

- a) pneumatické zařízení (injektorové, tlakové),
- b) zařízení s metacími koly (bubnové, průběžné traťové, závěsné nebo stolové zařízení).

Pneumatická zařízení – kinetická energie abrazivu je dodávána tlakem stlačeného vzduchu. Jsou to zařízení mobilnější než zařízení s metacími koly. Většinou se jedná o zařízení ukončené ručně ovládanou tryskou spojenou se zbývajícím částí zařízení hadicí dopravující abrazivum (obr. 4.12). To umožňuje intenzivní tryskání na malé ploše, možnost tryskání i těžce přístupných ploch, použití různého abraziva, variabilitu použití na tryskání různých povrchů. Operativně lze měnit vzdálenost a sklon trysky od tryskaného povrchu a odstranit tak různé vady povrchu. Nevýhodou je poměrně malá stopa trysky a tím velká časová i ekonomická náročnost při tryskání rozměrných dílů.

Injektorová zařízení pracují na principu podtlaku vznikajícím ve směšovací komoře injektoru při rychlém proudění stlačeného vzduchu. Abrazivum je tímto pod tlakem do proudu vzduchu přísáváno. Používá se lehčí abrazivum jako písek nebo balotina.

Tlakové tryskací zařízení má abrazivum v tlakové nádobě tlakované stlačeným vzduchem. Tímto tlakem je abrazivum vytlačováno z tlakové nádoby přes ventil regulující množství abraziva přimíchávaného do proudu stlačeného vzduchu. Tato směs je hadicí unášena do trysky. Je umožněno tryskat i těžším abrazivem. Používá se pro svoji intenzitu (až 3 krát větší, než injektorové zařízení), na čištění kovů od barev okují, rzi.



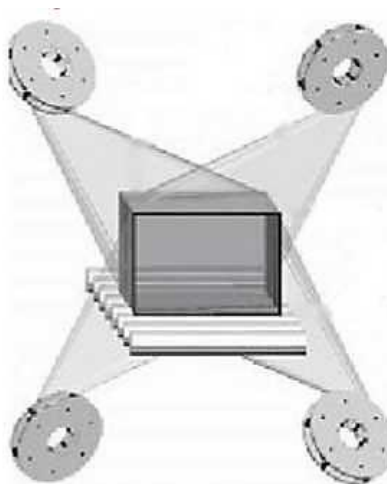
Obr. 4.12 Tryskání pomocí pneumatického zařízení [45].

Příloha 16/2 – Tryskání

Zařízení s metacími koly – zobrazeno na obr. 4.14 funguje na principu urychlování abraziva pomocí odstředivé síly otáčejících se lopatek metacího kola. Metací kolo je duté otáčející se na dutém úhlovém kroužku s výřezem. K tomuto výřezu je abrazivum dopravováno výřezy v dávkovacím rotoru otáčejícím se v dutině úhlového kroužku. Otáčky dávkovacího rotoru jsou souhlasné s otáčkami metacího kola. Jakmile dojde k překrytí otvoru v dávkovacím rotoru a drážky v úhlovém kroužku, je abrazivum odstředivou silou dopraveno na lopatku, která před opuštěním lopatky abrazivum dále urychlí. Abrazivum je po dopadu na trykaný povrch shromažďováno, přečištěno a pomocí korečkového dopravníku dopraveno do zásobníku k novému použití. Používají se hlavně kovová abraziva.

Tyto zařízení jsou vhodná pro průmyslové použití při tryskání ocelových konstrukcí. Průběžné tryskací zařízení s válečkovou tratí disponují více metacími koly (zpravidla 4–6 kol), umístěnými tak, aby trykaný dílec byl otryskán ze všech stran (obr. 4.13). To umožňuje průběžně otryskat součást při jednom průchodu strojem. Tento proces je automatizován, je rychlejší (než pneumatické tryskání) a tím ekonomicky výhodnější.

Použité zdroje v příloze 16 Tryskání [39, 40, 41, 45, 68].



Obr. 4.13 Rozmístění čtyř metacích kol v průběžném tryskacím zařízení [41].



Obr. 4.14 Průběžné tryskací zařízení s válečkovou dráhou [41].

Příloha 17 – Aplikace nátěrového systému stříkáním

Při výrobě ocelových konstrukcí se používá hlavně metoda stříkáním a to z důvodu velkých a různě členitých ploch. Princip této metody spočívá v rozprášení drobných kapiček pomocí stříkacího zařízení na plochu lakovaného předmětu. Povlak je vytvořen nanesením dostatečného množství těchto kapiček, které se díky své tekuté konzistenci slíjí v jeden celek. Výhoda této metody spočívá v její efektivitě, aplikace je rychlá, při poměrně malé fyzické námaze je dosahováno stejnoměrné tloušťky nátěru, stříkat lze různě členité povrchy. Metoda má i své nevýhody, jako například velký postřik při aplikaci na díly s plochou rozčleněnou na drobné plošky (přihradová konstrukce, pletivo, mříže, zábradlí atd.), vyšší spotřeba způsobuje zhoršené pracovní prostředí, delší doba schnutí. Nevýhodou je i vysoká pořizovací cena vybavení. To se odvíjí od použité metody stříkání.

Pneumatické stříkání – využívá tlakového proudu vzduchu, který se ve stříkací pistoli smísí s barvou umístěnou v nádobce a tlakem vzduchu nese rozprášenou barvu ve formě kapiček na lakovaný povrch. Až na výjimky umožňuje nanášet většinu nátěrových hmot. Kvalitnější povrch je dosahován při vyšších tlacích, ale ztráty barvy jsou větší. Proto je třeba takové nastavení parametrů přinášející kvalitní povrch a nízké ztráty „prostřikem“. Specifické pro tuto metodu je používané zařízení skládající se z: kompresoru, zásobníků vzduchu, regulátorů tlaku, tlakových hadic, čističe a odvlhčovače vzduchu, manometry, stříkací pistole.

Vysokotlaké stříkání (air less) – stříkání bez tlakového vzduchu. Nátěrová hmota je ze zásobní nádoby nasávána vysokotlakým čerpadlem a vedena pod vysokým tlakem (8–16 MPa) hadicí k stříkací pistoli. Díky vysokému tlaku je nátěrová hmota tryskou rozstříkována a kapičky dopadají na lakovaný povrch vlastní energií. Nátěrová hmota se lépe zachycuje i na hranách a členitém povrchu. Nátěrová hmota může být méně tekutá, než u pneumatického stříkání, což se pozitivně projevuje na snížení spotřeby ředidel. Specifické zařízení: vysokotlaké čerpadlo (pumpa), zásobní nádoba na nátěrové hmoty, tlakové hadice, manometry, regulační ventily, stříkací pistole.

Pro aplikaci nátěrových hmot stříkáním je nutné vymezit speciální prostor – lakovna, nebo lakovací (stříkací) kabina (obr. 4.18). Tento prostor je vybaven odsáváním a filtrací vzduchu. Kabina může být vybavena sušičkou, která zrychluje schnutí nátěru a tím zkracuje dobu výroby, také snižuje nároky na plochu pro schnutí nastříkaných dílců. Její používání je ovšem energeticky náročné, proto je využívána v odůvodněných případech.

Použité informační zdroje a literatura [68, 69, 71].



Obr. 4.18 Stříkací kabina se sušicím boxem [9].

Příloha 18/1 – Protipožární nátěry, nástříky a obklady

Protipožární nátěry se užívají zejména při nižších požadavcích na požární odolnost R15, R30, (R45) [79]. Protipožární nátěr pohledově nemění vzhled konstrukce, je zakomponován do nátěrového systému skládajícího se ze základové barvy, protipožárního nátěru a případné krycí vrstvy. Aplikaci krycí vrstvy nátěru je zachována protikoroze i estetická funkce nátěru [81]. Krycí vrstva není u některých typů protipožárních nátěrů požadována. Základový i krycí nátěr musí být kompatibilní s použitým typem protipožárního nátěru. Funkce tohoto systému musí být odzkoušena a certifikována. Nejčastěji používané nátěry jsou zpěňující (intumescentní) nátěry. Principem jejich ochrany je vytvoření pěnové izolační bariéry při dosažení zpěňovací teploty (přibližně 200 °C). Pěna svůj objem dokáže zvětšit až 50 krát a ochraňuje ocelovou konstrukci před tepelným působením požáru. Aplikaci může provádět pouze subjekt s patřičnou autorizací a provádí se nanášením štětcem, válečkem nebo stříkáním vysokotlakým zařízením [78]. Aplikace se téměř výhradně provádí na stavbě po montáži konstrukce (obr. 4.16). Nátěr je nanášen na plochy prvků, které nejsou chráněny před účinky požáru jiným způsobem (stěnou, obezděním atp.). Pro správné dimenzování (tloušťku) nátěru slouží dimenzační tabulky vytvořené pro každý typ nátěru na základě spalovací zkoušky v akreditované zkušebně. V těchto tabulkách je uvedena závislost příspěvku k požární odolnosti na poměru A_m/V a návrhové teplotě oceli. Platí, že prvky slabší je třeba opatřit větší vrstvou protipožárního nátěru, než prvky mohutné [80].

Výhodou protipožárních nátěrů je jejich snadná a rychlá aplikace, nezměněný vzhled a štíhlost konstrukce a nízká hmotnost. Naproti tomu nevýhodou je jejich omezená doba minimální funkční životnosti (v současné době min. 10 let), po které je třeba funkčnost nátěru odzkoušet (problematická průkaznost), případně nátěr obnovit (odstranění nátěrového systému a jeho nová aplikace) [78].

Protipožární nástříky – používají se na konstrukce, kde není kladen důraz na estetiku. Ekonomicky jsou vhodné na konstrukce o velkých plošných výměrách [79]. Dosáhnout lze hodnotu požární odolnosti až R180. Výhodou je jejich větší funkční životnost než u protipožárních nátěrů (až 20 let a více). Nevýhodou je jejich vzhled, dále větší hmotnost a tím přetížení chráněné konstrukce. Nejrozšířenější jsou nástříky na bázi expandovaného perlitu (obsahují také vápno a cement, plniva a disperze). Tyto hmoty nazývané také tepelně izolační omítkoviny mají po nanesení nástříkem velmi členitý hrubý povrch (obr. 4.19) [78, 81].



Obr. 4.19 Aplikovaný protipožární nástřík [78].

Příloha 18/2 – Protipožární nátěry, nástřiky a obklady

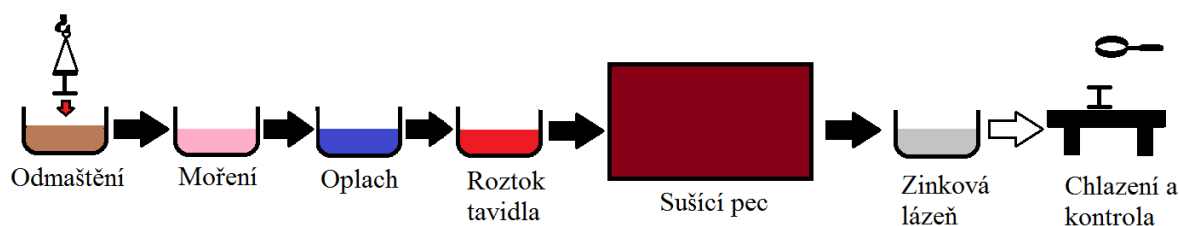
Protipožární obklady – představují alternativu k nátěrům a nástřikům. Používají se deskové materiály, nebo lepené obklady, pomocí kterých lze dosáhnout požární odolnosti konstrukce až R180. Jejich výhodou je v téměř neomezené době životnosti. Výhodou deskových je možnost estetické úpravy, nevýhodou vysoká cena a dodatečné přetížení chráněné ocelové konstrukce. Je také třeba řešit jejich dilataci. Lepené obklady jsou levnější, jsou to lisované desky z minerální plsti, které se na konstrukci lepí speciálním žáruvzdorným trvale pružným lepidlem a zajišťují kovovými sponami. Jejich výhody jsou také, že dodatečně tolik nezatěžují nosnou konstrukci, dají se dobře opracovávat a nedilatují. Celkově je aplikace obkladů náročnější než nátěr, nebo nástřik [78].

Příloha 19/1 – Povrchová úprava zinkováním

K ochraně konstrukce před vnějším prostředím lze použít žárové zinkování prováděné v zinkovnách. Je to metalurgický proces, při kterém se na povrchu železného, nebo ocelového dílce ponořeného do lázně zinkové taveniny vytváří slitinové fáze železa a zinku tvořící ochranný povlak. Tyto slitinové fáze vznikají reakcí povrchu ocele s roztaveným zinkem. Směrem k povrchu povlaku klesá obsah železa, na povrchu je vrstva čistého zinku, který s železem nezreagoval [50, 51]. Ochrana touto vrstvou je nejen pasivní, ale při malém poškození funguje jako katodická ochrana. Vytvoří se elektrochemický článek reakcí zinku a železa ve vlhku. Zinková vrstva v okolí poškození oxidaže a vylučované oxidační produkty se usazují na povrchu oceli [54].

Velké kusy (například konstrukce) se zinkují v ocelových vanách při teplotě lázně 450 až 470 °C. Zinkování malých kusů probíhá hromadným způsobem v koších (např. spojovací materiál). Zinkuje se při vyšších teplotách (až 560 °C), z těchto důvodů je nutné zinkovat v keramických vanách [50].

Existují dva způsoby žárového zinkování – suchý a mokrý, z nichž suchý je proces, který lze snáze mechanizovat. Suchým (zobrazený na obr. 4.20) se takto nazývá, protože před ponořením do zinkové lázně projde tavidlem pokrytý dílec sušením. U mokrého je vynechán oplach a sušení, dílec jde rovnou z tavidla do zinkové lázně. Oba způsoby dávají rovnocennou kvalitu zinkovaného povlaku [48, 51].



Obr. 4.20 Suchý proces žárového zinkování [48].

Důležitým faktorem pro vznik kvalitního povlaku je doba setrvání v zinkové lázni. Zinkovaná součást se musí celá prohrát na teplotu lázně, součásti o velké tloušťce materiálu musí setrvat v lázni déle. S délkou pobytu v lázni roste i vrstva zinkového povlaku. To znamená, že na tlustším materiálu vzniká silnější zinkový povlak. Kvalitu povlaku dále ovlivňuje složení zinkové lázně, drsnost povrchu a jeho předúprava [50, 52].

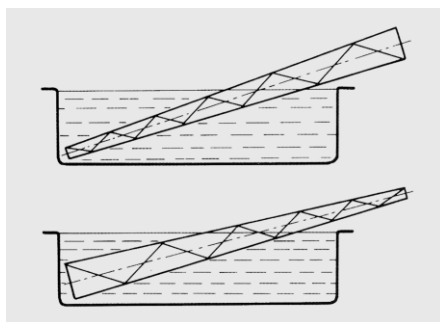
Výhody – nespornou výhodou je dlouhá životnost. V agresivnějším prostředí se udává minimálně 20 až 40 let (přímořské oblasti, průmyslové prostředí) a 50 až 100 let v prostředí méně agresivním [56]. Po dobu životnosti nátěru není třeba konstrukci dále ošetřovat. Ošetřeny jsou i vnitřní plochy jinak nedostupné. Na výstupcích se tvoří stejná ochranná vrstva jako v ploše, nebo i větší, což u nátěrových hmot je tomu naopak. Proces je řízen a předem definován, čímž je zaručen kvalitní povrch.

Nevýhody – obtížná oprava poškozeného povrchu – nelze provést v místě stavby. Dílce konstrukce musí být konstruovány v maximálních rozměrech daných velikostí zinkovací vany. Možnost určité deformace teplem ovlivněných součástí. Nebezpečné exhalace při svařování pozinkovaných dílců [48, 53].

Příloha 19/2 – Povrchová úprava zinkováním

Požadavky na provedení a výrobu konstrukce vhodné pro zinkování – v případě, že se bude aplikovat tato povrchová úprava, je nutné tuto skutečnost zohledňovat již při návrhu konstrukce, tvorbě výrobních postupů a výrobní dokumentace. Výrobky k žárovému zinkování musí odpovídat požadavkům normy ČSN EN ISO 1461 (038560) Zinkové povlaky nanášené žárově ponorem na ocelové a litinové výrobky - Specifikace a zkušební metody. Norma stanovuje požadavky na zinkovací lázeň, specifikaci a zkoušení žárových povlaků zinku nanášených ponorem [54].

Zinkovny uvádějí maximální délku, šířku, výšku a hmotnost jednotlivých kusů, které je možno v zinkovně zinkovat. Rozměrové omezení je dané velikostí van pracovních lázní a hmotnost je omezena nosností jeřábu, popřípadě jiných manipulačních prostředků zinkovny. Projektant při požadavku této povrchové úpravy musí tato omezení zohlednit vhodným dělením konstrukce na díly rozměrově a hmotnostně vyhovující. Ve výjimečných případech lze rozměrný díl konstrukce principem dvojitého ponoru, zobrazeném na obr. 4.21. To znamená, že rozměrný díl se nejprve zinkuje zanořením jedné části, při druhém ponoru se otočí a zinkuje se zbývajících nepozinkovaná část dílu [57]. Při tvorbě výrobní dokumentace a výrobních postupů je nutné dodržovat konstrukční zásady a doporučení dané normami: ČSN EN ISO 14713-1 (038261) Zinkové povlaky - Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi - Část 1: Obecné zásady pro navrhování a odolnost proti korozi a ČSN EN ISO 14713-2 (038261) Zinkové povlaky - Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi - Část 2: Žárové zinkování ponorem [55].

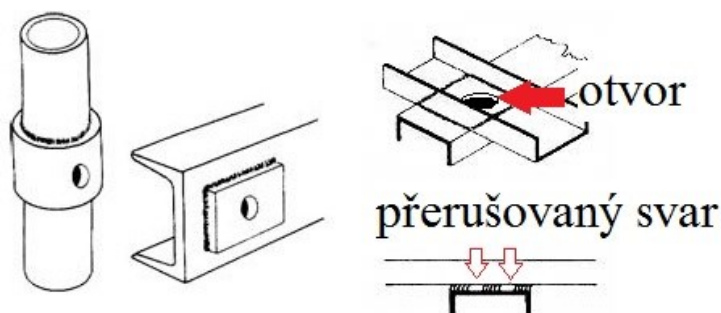


Obr. 4.21 Zinkování rozměrného dílce dvojitým ponorem [48].

Hlavní konstrukční zásady a doporučení jsou [54, 57]:

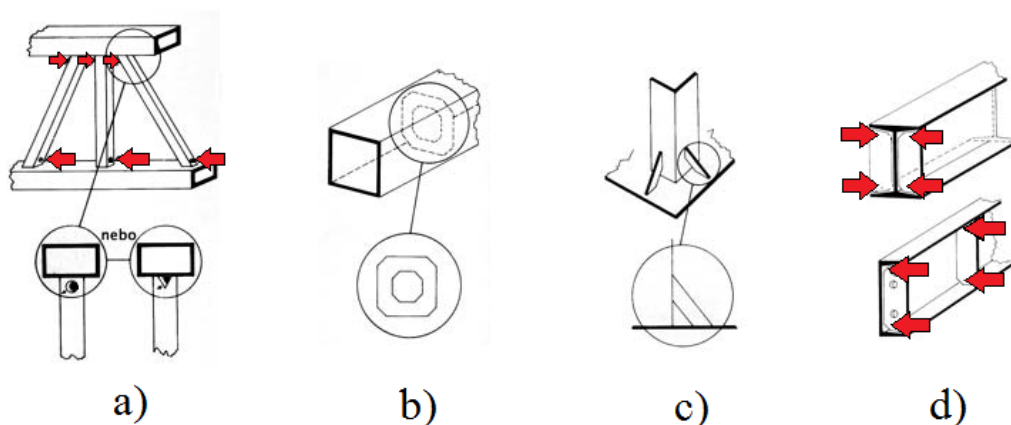
- Uzavřené dutiny, profily a uzavřené kouty, kde je možnost vytvoření vzduchové kapsy po ponoření do zinkovací lázně, jsou třeba opatřit vhodně umístěnými otvory (obr. 4.23a) doporučené velikosti uvedeny v tab. 4.8. Mohou to být kruhové otvory, nebo zářezy ve tvaru V. Ty slouží k odvodu vzduchu, který by v uzavřeném prostoru po ponoření do horké lázně expandoval a vniklý přetlak by mohl vést až k explozi zinkovaného dílu. Otvory také umožňují zatečení a opětovnému vytečení zinku z jinak uzavřených částí a tak je zinkovat.
- Přeplátované plochy je nutné rovněž opatřit otvorem pro odvzdušnění uzavřeného prostoru (obr. 4.22). Jako alternativní řešení je použití přerušovaného svaru. Při nedodržení těchto doporučení hrozí prasknutí svaru.

Příloha 19/3 – Povrchová úprava zinkováním



Obr. 4.22 Překlátované plochy [54].

- Výztuže v uzavřených profilech, které by tvořily uzavřený prostor, je třeba opatřit centrálním otvorem, nebo zajistit otvory dostatečným zkosením rohů výztuže. U rozměrných součástí použít obě možnosti jako na obr.4.23b

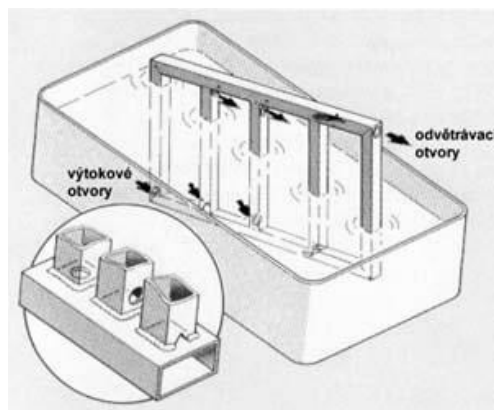


Obr. 4.23 Konstrukční zásady [54]. a) uzavřené dutiny, b) výztuže profilů, c) vzpěry,

d) výztuže otevřených profilů

- U otevřených profilů opatřit výztuže otvory zkosením jejich rohů, jako na obr. 4.23d pro dobrý odtok zinku. To platí i u vzpěr mezi základnou a vertikálním prvkem (obr. 4.23c).
- Díly musí být opatřeny prvky pro zavěšení. K tomu lze využít otvory určené pro spojování, dílů konstrukce, nebo k jejímu kotvení. V případě, že díl nemá takto vhodně umístěné otvory, lze je pro tyto účely speciálně zhotovit, nebo se pro zavěšení přivařují na vhodná místa oka.
- Díly se nezavěšují do vodorovné polohy, ale zešikma (obr. 4.24), umožňuje to dobré stékání přebytečného zinku z povrchu. V rámové konstrukci odtokové otvory umísťovat ve směru stékání a odvěšovací diagonálně proti nim.

Příloha 19/4 – Povrchová úprava zinkováním



Obr. 4.24 Poloha zavěšení a umístění otvorů zinkovaného dílce [54].

- Nepoužívat rozměrné nevyztužené plochy – možné deformace během ohřevu při zinkování. Nevhodné jsou i svařované díly z částí o výrazně jiné tloušťce stěny – deformace rozdílnou rychlostí ohřevu a chlazení.
- Povrch zbavit mastnoty, nečistot a strusky po svařování, zbytků barev apod. V místě jejich výskytu způsobují nepozinkované plochy.
- Dbát na svary bez pórů a díly bez úzkých spár. Mohou zadržovat kyselinu, kterou v nich zinek uzavře. Po prasknutí vrstvy zinku způsobuje kyselina poleptání zinkové vrstvy.
- Otvory pro šrouby vrtat o 2 mm větší než jejich jmenovitý rozměr. Zinkovým povlakem se otvory zmenší.
- Ke spojování zinkovaných konstrukcí by měl být použit pozinkovaný spojovací materiál.

Tab. 4.8 Doporučené velikosti odvětrávacích otvorů [55].

Rozměry dutých profilů [mm]			Nejmenší průměr děr při jejich počtu [mm]		
					
menší než:			1	2	3
15	15	20 x 10	8		
20	20	30 x 15	10		
30	30	40 x 20	12	10	
40	40	50 x 30	14	12	
50	50	60 x 40	16	12	10
60	60	80 x 40	20	12	10
80	80	100 x 60	20	16	12
100	100	120 x 80	25	20	12
120	120	160 x 80	30	25	20
160	160	200 x 120	40	25	20
200	200	260 x 140	50	30	25

Příloha 20 – Ukázka sestavení rozpočtu

Kalkulace ceny OK haly						
Profil	celk. hmotnost	jedn. hmotnost	celk. délka	jed. cena	celk. cena	plocha
HEA 140	4767,00	24,70	193,00	16,50	78655,50	153,24
HEA 200	2335,00	42,30	55,20	17,00	39695,00	62,93
HEA 240	8339,00	60,30	138,29	17,50	145932,50	189,46
IPE 140	7640,00	12,90	592,25	16,50	126060,00	296,12
IPE 200	778,00	22,40	34,73	17,00	13226,00	26,67
IPE 240	4701,00	30,70	153,13	17,50	82267,50	141,18
U 200	1617,00	25,30	63,91	16,50	26680,50	42,25
Trubka 139,7*4	1597,00	13,40	119,18	18,50	29544,50	52,44
Plocháč 60*40	2599,92	18,84	138,00	17,50	45498,60	27,60
Plocháč 120*16	262,00	15,07	17,39	16,00	4192,00	4,73
Kulatina 16	236,00	1,58	149,37	15,50	3658,00	7,47
Kulatina 24	546,00	3,55	153,80	16,00	8736,00	11,54
TPO 80x40x3	322,00	5,31	60,64	18,50	5957,00	14,19
TPO 120x80x4	2069,00	11,70	176,84	18,50	38276,50	70,74
TPO 120x120x5	1368,00	17,80	76,85	18,50	25308,00	36,89
Plech 2	280,00	16,00	17,50	17,00	4760,00	35,00
Přídavek	5918,40	80,00	73,98	16,00	94694,40	147,96
svary	680,63	680,63	0,00	45,00	30628,13	0,00
Spojovak	680,00	680,00	0,00	85,00	57800,00	0,00
	46735,95				861570,13	1320,40

Výroba OK						
	počet prac.	NH/prac.	Celkem hod	Celkem výk.	Kč/jednotku	Celkem Kč
Přímé mzdy	7,19	195	1402,08		95	133197,44
Výrobní režie				1402,08	350	490727,42
Zisk				623924,87	5,00%	31196,24
Celkem PN						655121,11
Dílenská dokum.				46735,95	3,20 Kč	149555,02
Tryskání				1320,40	100	132040,17
Nátěr				1320,40	95	125438,16
Žárové zinkování				46735,95	0	0,00
Celkem nátěry					195,00	257478,33
Doprava				46735,95	0,50	23367,97
Správní režie				1797537,54	3,50%	62913,81
Celkem cena OK						2010006,37

Montáž konstrukce						
	počet prac.	NH/prac.	Celkem hod	Celkem výk.	Kč/jednotku	Celkem Kč
Přímé mzdy	4	180	720		120	86400,00
Výrobní režie				86400,00	75,00%	64800,00
Zisk				151200,00	5,00%	7560,00
Celkem PN						158760,00
Ubytování	4		20	80	0	0,00
Stravné	4		20	80	156	12480,00
Doprava pracovníků				200	6	1200,00
Jeřáb				150,00	950	142500,00
Plošina				180,00	200	36000,00
Celkem cena OK						350940,00
Jednotková cena						7,51

Celkem cena 2360946,37

Příloha 21/1 – Ukázka cenové nabídky



Výroba a montáž ocelových hal a konstrukcí.
Stavíme pro Vás již 24 let.

strana č. 2/6

Pro výpočet ceny byli zadány parametry.

Stavební objekt SO_01 - 24 x 52 x 5* m

Typ střechy: **sedlová**

Opláštění střechy: **ano**

Opláštění stěn: **ano**

Žlaby svody: **ano**

Zateplení střechy: **ano**

Zateplení stěn: **ano**

* Výška 5m, se rozumí výška sloupu od kotvicí desky, po horní hranu sloupu z vnější strany. (Výška stěny z venku).

Sněhové pásmo: **I. - II. pásmo zatížení do 100kg/m²**

Místo montáže okres: **Třebíč**

Celková cena

Cena konstrukce	2 420 000 Kč
Cena střešního pláště	1 474 300 Kč
Cena stěnového pláště	819 000 Kč
Cena výplní - vrata, okna, ...	274 600 Kč
Cena doplňků - žlaby, ...	68 400 Kč
Cena za dopravu	22 800 Kč

Cena celkem bez DPH 5 079 100 Kč

Celková cena včetně DPH

Cena celkem bez DPH	5 079 100 Kč
DPH 21 %	1 066 600 Kč
Celková cena s DPH	6 145 700 Kč

Barevné provedení:

Standardní barevné provedení pláště je v barvách RAL 9002 (slonově bílá) nebo RAL 9006 (stříbrná).

Standardní barevné provedení výplní stavebních otvorů (okna, dveře, vrata) je bílé.

Možnosti jiného provedení na vyžádání.

Součástí dodávky je:

Návrh ocelové konstrukce a statický výpočet.

Montáž, lemování i spojovací materiál.

Součástí cenové nabídky nejsou:

Položky, které nejsou jmenovitě uvedeny v této cenové nabídce. Např. dělicí příčky, požární žebříky, schodiště, přístřešky, spodní stavba, rozvody elektřiny, vody a jiné.

Upřesnění k cenové nabídce:

Uvedené ceny nebudou navyšovány, pokud nebude změněno zadání.

Uvedené ceny obsahují všechny položky nutné k postavení objektu a nebudou navyšovány o skryté položky jako zřízení staveniště, ubytování, přesun hmot, jeřábové práce aj.

Příloha 21/2 – Ukázka cenové nabídky



Výroba a montáž ocelových hal a konstrukcí.
Stavíme pro Vás již 24 let.

strana č.: 3/6

Rozpis cenové nabídky na objekt SO_01

Ocelové konstrukce

Výroba hlavní ocelové konstrukce	1 782 200 Kč
Výroba pomocné ocelové konstrukce	32 800 Kč
Montáž ocelové konstrukce	387 200 Kč
Antikorozní ochrana konstrukce nátěrem	217 800 Kč
Ocelová konstrukce celkem	2 420 000 Kč

Střešní plášť objektu

Střešní plášť 1282 m² - PUR panel tl.100mm	1 092 500 Kč
Montáž střešního pláště	309 600 Kč
Spojovací materiál střešního pláště	72 200 Kč
Střešní opláštění celkem	1 474 300 Kč

Stěnový plášť objektu

Stěnový plášť 780 m² - PUR panel tl.80mm	582 300 Kč
Montáž stěnového pláště	196 600 Kč
Spojovací materiál stěnového pláště	40 100 Kč
Stěnové opláštění celkem	819 000 Kč

Výplně stavebních otvorů

Pevný světlík 2x10m 1ks.	61 400 Kč
Vrata sekční (plné sekce) 4x3m 2ks.	118 800 Kč
Prosvětlení makrolon (zateplený plášť) 2x10m 2ks.	63 400 Kč
Lemování výplní stavebních otvorů pláště	31 000 Kč
Výplně otvorů celkem	274 600 Kč

Doplňky

Žlaby svody barvené pozinkované	61 600 Kč
Žlaby svody montáž	6 800 Kč
Doplňky celkem	68 400 Kč

Doprava a celková cena

Doprava materiálu i osob	22 800 Kč
Cena za objekt bez DPH	5 079 100 Kč

Příloha 22 – Tabulka doplňujících NDT zkoušek svarů

Tab. 4.5 Rozsah doplňujících NDT zkoušek pro zjišťování povrchových i vnitřních vad svarů konstrukcí podle tříd provedení [19].

Typ svaru	Dílenské nebo montážní svary		
	EXC2	EXC3	EXC4
Příčné nebo částečně provařené tupé svary ve spojích s tahovým napětím:			
U > 0,5	10 %	20 %	100 %
U < 0,5	0 %	10 %	50 %
Příčné tupé svary a částečně provařené tupé svary:			
v křížových spojích	10 %	20 %	100 %
v T spojích	5 %	10 %	50 %
Příčné koutové svary v tahu nebo ve smyku:			
s a > 12 mm	5 %	10 %	20 %
nebo t > 20 mm	0 %	5 %	10 %
Podélné svary a svary výztuh	0 %	5 %	10 %
Vysvětlivky: 1) podélné svary jsou rovnoběžné s osou dílce, ostatní jsou svary příčné 2) U = stupeň využití svaru pro kvazistatické zatížení $U = \frac{Ed}{Rd}$ kde: Ed – největší účinek zatížení svaru Rd – únosnost svaru v mezním stavu únosnosti 3) a – tloušťka svaru t – tloušťka tlustšího ze spojovaných materiálů			

Příloha 23 – Tabulka kritérií přípustnosti vad svarů

Tab. 4.6 Kritéria přípustnosti vad svarů vzhledem k třídě provádění konstrukcí [19].

Požadavek	Třída provedení konstrukce (dílce, detailu)				Poznámka
	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4	
Jakost při svařování	ČSN EN ISO 3834-4 (základní požadavky na jakost)	ČSN EN ISO 3834-3 (standardní požadavky na jakost)	ČSN EN ISO 3834-2 (vyšší požadavky na jakost)	ČSN EN ISO 3834-2 (vyšší požadavky na jakost)	Kontrola před, během a po svařování
Kritéria přípustnosti vad dle EN ISO 5817	D	C ¹⁾	B	B+	B+ ²⁾
1) Platí úroveň kvality stupně C, pouze u vad typu 5011, 5012, 506, 601 a 2025, je přípustná úroveň kvality D 2) B+ je úroveň kvality B s dalšími (vyššími) požadavky					