

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Akademický rok 2012/2013

Stanislav KOROSTENSKÝ

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie - technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh nového konstrukčního a technologického řešení výroby vybraných
dílů příhradových stožárů.

Autor: **Stanislav KOROSTENSKÝ**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří VYŠATA Ph.D.**

Akademický rok 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Stanislav KOROSTENSKÝ**
Osobní číslo: **S11N0024K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**
Název tématu: **Návrh nového konstrukčního a technologického řešení výroby vybraných dílů příhradových stožárů.**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod- představení společnosti a výrobního programu
2. Úloha racionalizace práce ve strojírenském podniku
3. Popis dosavadního postupu výroby vybraných dílů příhradového stožáru
4. Analýza problematických míst z pohledu časové náročnosti
5. Návrh inovačního konstrukčního řešení včetně výrobního postupu
6. Zhodnocení pozitivních aspektů navrženého projektu

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

LHOTSKÝ Oldřich. Organizace a normování práce v podniku. Praha: ASPI, 2005. ISBN 80-7357-095-5.

HÜTTLOVÁ Eva. Organizace práce v podniku. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999. ISBN 80-7079-778-9.


KADLČÁKOVÁ Anna. Pracovní inženýrství. Praha: ČVUT, 1993. ISBN 80-01-00968-8

ZELENKA Antonín, PRECLÍK Vratislav. Racionalizace výroby. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02870-4


<http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>, NOVÁK Josef, ŠLAMPOVÁ Pavlína. Racionalizace výroby, [online], VŠB, Ostrava, 2007

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění
Konzultant diplomové práce: **Ing. Václava Pokorná**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání diplomové práce: **29. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2013**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. listopadu 2012

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Vyšatovi Ph.D. a konzultantovi paní Ing. Václavě Pokorné, za podnětné rady a odborné vedení při zpracování mé diplomové práce.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.
Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
Bc. Stanislav KOROSTENSKÝ

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Korostenský	Jméno Stanislav	
STUDIJNÍ OBOR	„Strojírenská technologie – technologie obrábění“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Vyšata Ph.D.	Jméno Jiří	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh nového konstrukčního a technologického řešení výroby vybraných dílů příhradových stožárů.		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2013
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	124	TEXTOVÁ ČÁST	53	GRAFICKÁ ČÁST	71
---------------	-----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Tématem diplomové práce je zhodnocení stávajícího konstrukčního řešení technologie výroby svařovaných příhradových stožárů s následnou racionalizací procesu výroby. Konkrétně se jedná zejména o konstrukci přípravku, který proces svařování zefektivní, při dodržení rozměrových a kvalitativních požadavků na výrobek. Cílem diplomové práce je zlepšení technických, případně organizačních podmínek, při dosažení efektivnější výroby.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Racionalizace práce, svařování, technologie výroby

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Korostenský	Name Stanislav
FIELD OF STUDY	“Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Vyšata Ph.D.	Name Jiří
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Proposal for a new design and technological solutions of selected parts of lattice towers.	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2013
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	124	TEXT PART	53	GRAPHICAL PART	71
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The topic of this thesis is to evaluate the existing structural design technology of welded lattice towers with subsequent rationalization process of manufacturing. Relevant items are especially on the Construction of preparation which more efficient the process of welding, while complying with the dimensional and quality requirements of the product. The aim of this thesis is to improve technical or organizational measures for achieving more efficient production.
KEY WORDS	Rationalization of work, welding, manufacturing technology

Obsah

Obsah.....	6
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	8
Seznam grafů.....	8
Seznam použitých zkratk.....	9
Seznam použitých jednotek.....	9
Odkazy na přílohy v textu (seznam příloh).....	9
1 Úvod.....	10
1.1 Představení řešeného problému.....	10
1.2 Představení společnosti a výrobního programu [5].....	10
1.2.1 Představení společnosti EGE spol. s r.o.....	10
1.2.2 Představení sekce Ocelové konstrukce:	11
1.2.3 Přehled výrobního sortimentu sekce ocelové konstrukce:	11
1.2.4 Detailní popis výrobku příhradového stožáru 22 kV [7].....	13
2 Úloha racionalizace práce ve strojírenském podniku.....	16
2.1 Racionalizace procesu výroby svařovaného stožárového dílu.....	16
2.2 Cíle racionalizace [9]	16
2.3 Systémy a oblasti racionalizace [9].....	17
2.4 Základní nástroje racionalizace [9]	18
2.4.1 Optimalizace provádění pracovních operací	18
2.4.2 Ergonomie pracoviště [3].....	18
2.4.3 Technické úpravy pracovišť.....	18
2.4.4 Technologičnost konstrukce [11].....	18
2.4.5 Uspořádání pracovišť	19
2.5 Jednotlivé stupně racionalizace [9]	19
2.6 Metodický postup racionalizační studie [1]	20
3 Popis dosavadního postupu výroby vybraných dílů příhradového stožáru.....	22
3.1 Popis výrobní haly sekce OKO [5]	22
3.2 Popis pracoviště svařovny	24
3.3 Popis technologie svařování.....	25
3.4 Výběr dílů stožáru pro následnou racionalizaci	27
3.4.1 Výběr vhodného stožárového dílu.....	27
3.4.2 Zhodnocení získaných informací	29
3.5 Postup procesu výroby příhradového stožáru [6].....	31
3.5.1 Výrobní dokumentace	31
3.5.2 Příprava	32
3.5.3 Proces svařování.....	32
3.5.4 Povrchová úprava žárovým zinkováním	37
4 Analýza problematických míst z pohledu časové náročnosti.....	38
4.1 Výběr vhodného úseku výroby z hlediska nasazení racionalizačních opatření. ..	38
4.2 Použití zvolené metody časové studie.....	39
4.3 Zhodnocení získaných informací	41
4.3.1 Svařování.....	41
4.3.2 Přípravek	41
4.3.3 Organizace práce	41
4.3.4 Kontrolní operace	42
4.3.5 Manipulace	42
5 Návrh inovačního konstrukčního řešení včetně výrobního postupu	42

5.1	Přestavitelný přípravek.....	42
5.1.1	Volba konstrukce přípravku	42
5.1.2	Konstrukce přípravku	43
5.1.3	Parametrizace přípravku.....	45
5.2	Výrobní postup	47
5.2.1	Stávající stav	47
5.2.2	Podrobný výrobní postup	47
6	Hodnocení přínosů nápravných technických opatření a závěr.....	50
6.1	Vytvoření organizačních podmínek pro zefektivnění lidské práce	50
6.2	Efekt úspory času, zrychlení přípravy	50
6.3	Ekonomické zhodnocení	51
6.3.1	Investiční náklady na přípravek	51
6.3.2	Výpočet zpracovacích nákladů při staré a nové technologii.....	51
6.3.3	Úspora ve zpracovacích nákladech	52
6.3.4	Výpočet výrobního množství, při kterém budou uhr. investiční náklady	52
6.3.5	Výpočet doby úhrady investičních nákladů	52
6.4	Ochrana zdraví pracovníků a enviromentální efekt	52
6.5	Závěr.....	52
7	Použitá literatura	53
7.1	Knižní publikace	53
7.2	Bakalářské práce	53
7.3	Interní firemní dokumenty	53
7.4	Elektronické zdroje	53

Seznam obrázků

Obr. 1-1	Příhradové stožáry 22 kV.....	11	
Obr. 1-2	Příhradové stožáry 400 kV.....	12	
Obr. 1-3	Rozvodna a příhradová trafostanice.....	12	
Obr. 1-4	Lanovkové stožáry.....	12	
Obr. 1-5	Ocelová hala.....	13	
Obr. 2-1	Cíl a princip racionalizace v podniku.....	16	
Obr. 2-2	Systémy racionalizace v podniku.....	17	
Obr. 3-1	Svářecí pracoviště ohraničené mobilními plechovými zástěnami.....	24	
Obr. 3-2	Detail uchycení stojanu.....	24	
Obr. 3-3	Pracovní stoly.....	25	
Obr. 3-4	Podavač svařovacího drátu	Obr. 3-5 Svařovací hořák.....	25
Obr. 3-6	Svařovací zdroj	Obr. 3-7 Svazek oxidu uhličitého.....	26
Obr. 3-8	Schéma zapojení celého svařovacího systému [10].....	26	
Obr. 3-9	Ustavení bočního dílu do přípravku a rozmístění diagonál.....	33	
Obr. 3-10	Místo pro vycentrování stožárového dílu s dorazem a bez dorazu.....	33	
Obr. 3-11	Pravá a levá stěna stožárového dílu a jejich manipulace.....	34	
Obr. 3-12	Horní prvky svařovacího přípravku.....	34	
Obr. 3-13	Upínka a dorazový úhelník.	Obr. 3-14 Přípavek s doraz. úhelníky.....	36
Obr. 3-15	Umístění rohových stojin do přípravku.....	36	
Obr. 3-16	Prostor paletizace s finálními pozinkovanými výrobky.....	37	
Obr. 5-1	Rozměry „Dílu 2- 13,5/40N“, včetně roztečí otvorů pro konstr. přípravku.....	42	
Obr. 5-2	Půdorysný pohled na přípavek.....	43	
Obr. 5-3	Izometrický pohled na přípavek s vloženým stožárovým dílem.....	43	
Obr. 5-4	Příčný profil se systémem zajištění.....	44	
Obr. 5-5	Detail napojení hlavního a příčného profilu.....	44	
Obr. 5-6	Uchycení, pohled zevnitř stožáru	Obr. 5-7 Uchycení, pohled vně stožáru.....	45
Obr. 5-8	Celková sestava uchycení stožárového dílu (centr. šroub, úhelník, upínka).....	45	
Obr. 5-9	Parametrizace roztečí otvorů pro přípavek.....	46	
Obr. 5-10	Svaření samostatné stěny upnuté v přípravku.....	48	

Seznam tabulek

Tab. 3-1	Objem výroby příhradových stožárů 22 kV za období 1.1.2012-25.2.2013.....	28
Tab. 3-2	Tabulka hmotn. zastoupení jednotlivých dílů ve stožáru 22 kV 13,5/40N.....	29
Tab. 4-1	Zastoupení jednotlivých procesů při výrobě „Díl 2- 13,5/40N“.....	38
Tab. 4-2	Snímek průběhu práce přestavení přípravku ve svařovně.....	39
Tab. 4-3	Snímek průběhu práce ve svařovně „Díl 2- 13,5/40N“.....	40
Tab. 5-1	Tabulka s parametry nastavení přípravku pro vybrané stožárové díly.....	46
Tab. 6-1	Simulace časového snímku průběhu práce přestavby přípravku.....	50
Tab. 6-2	Náklady na pořízení přípravku.....	51

Seznam grafů

Graf 1-1	Struktura holdingu.....	11
Graf 2-1	Příklady úrovně racionalizace práce [9].....	20
Graf 2-2	Graf metodického postupu při racionalizaci a organizaci práce [1].....	21

Seznam použitých zkratk

DP	.....	Diplomová práce
KTO	.....	Katedra technologie obrábění
spol. s r.o.	.....	Společnost s ručením omezeným
OKO	.....	Sekce „ocelové konstrukce“
VN	.....	Vysoké napětí
VVN	.....	Velmi vysoké napětí
cca	.....	Cirka (zhruba nebo přibližně)
tj.	.....	To jest
atp.	.....	A tak podobně
např.	.....	Například
resp.	.....	Respektive
CNC	.....	Computed numerically controlled (počítačem řízený stroj)
MAG	.....	Metal active gas (ochranný plyn aktivního charakteru)
DPH	.....	Daň z přidané hodnoty
WPS	.....	Specifikace postupu svařování
WPQR	.....	Kvalifikace postupu svařování
ČSN	.....	Chráněné označení českých technických norem
EN	.....	Evropská norma
ISO	.....	Mezinárodní norma „Mezinárodní organizace pro normalizaci“
ks.	.....	kusy, kusů

Seznam použitých jednotek

mld. CZK	.....	Miliard korun českých
kV	.....	Kilovolt
kN	.....	Kilonewton
m	.....	Metr
mm	.....	Milimetr
%	.....	Procenta
MPa	.....	Megapascal
mm/m	.....	Milimetrů na metr
min.	.....	Minuta

Odkazy na přílohy v textu (seznam příloh)

Příloha 1:	Výkres stožáru 22 kV s popisem jednotlivých prvků_A0.....	15
Příloha 2:	Schéma výrobní haly IV_A0.....	23
Příloha 3:	Výkres 3D modelu „Díl 2- 13,5/40N“_A2.....	30
Příloha 4:	Výrobní výkres „Díl 2- 13,5/40N“_A2.....	31
Příloha 5:	DP-S-001_SESTAVA_A0	46
Příloha 6:	DP-S-001-3_RÁM_A3	46
Příloha 7:	DP-S-001-5_UPEVNŮVACÍ ÚHELNÍK_A3	46
Příloha 8:	DP-S-001-9_CENTROVACÍ ŠROUB_A4	46
Příloha 9:	DP-S-001-3-1_PŘÍČNÍK_A2.....	46
Příloha 10:	DP-S-001-3-2_PŘÍČNÍK HLAVNÍ_A2	46
Příloha 11:	DP-S-001-3-3_HLAVNÍ NOSNÝ PROFIL_A3	46

1 Úvod

1.1 Představení řešeného problému

Tématem diplomové práce je zhodnocení stávajícího konstrukčního řešení technologie výroby svařovaných příhradových stožárů s následnou racionalizací procesu výroby. Cílem diplomové práce je zlepšení technických, případně organizačních podmínek při kompletaci svařovaného příhradového stožáru, při dosažení efektivnější výroby. Zejména se jedná o konstrukci přípravku, který proces svařování zefektivní, při dodržení rozměrových a kvalitativních požadavků na výrobek.

Pro dobré porozumění řešení představeného problému je vhodné předestřít situaci v podniku vyrábějícím svařované příhradové stožáry a představit ostatní skladbu vyráběného sortimentu. Zejména proto, aby bylo zřejmé, že případný přípravek specializovaný na výrobu příhradových stožárů bude mít podstatný ekonomický přínos.

1.2 Představení společnosti a výrobního programu [5]

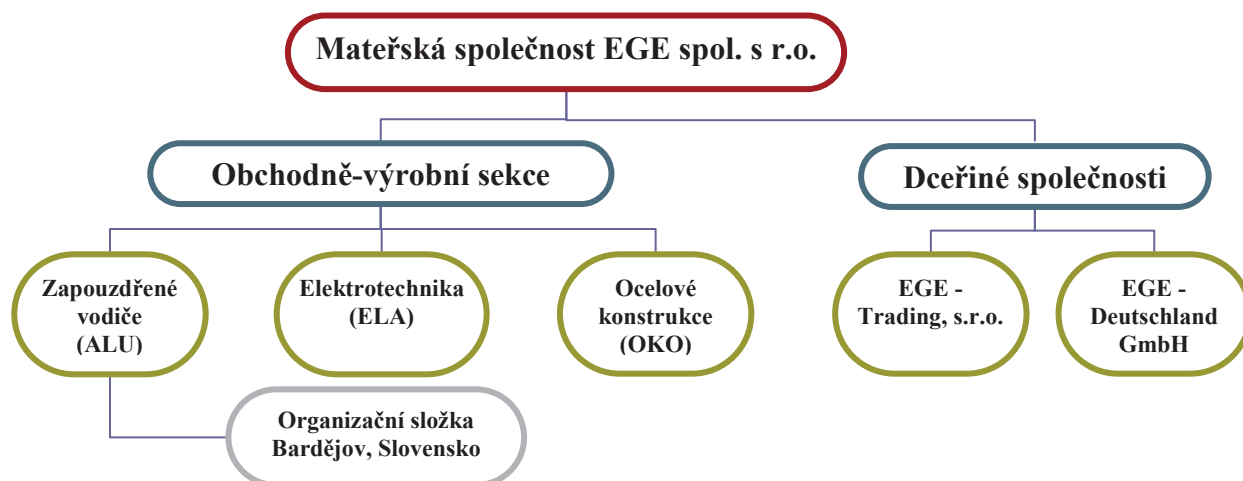
1.2.1 Představení společnosti EGE spol. s r.o.

EGE spolu se svými dceřinými společnostmi tvoří holding, jehož aktivity jsou zaměřeny především na dodávky speciálních zařízení pro potřebu elektroenergetiky doma i v zahraničí. Holding disponuje výhradně českým kapitálem, vlastním know-how, vlastní výrobní základnou a při obratu více než 1,5 mld. CZK zaměstnává cca 600 zaměstnanců, včetně odborných projektantských týmů a zkušených montážních čet.

Historie firmy se datuje od roku 1948. Z původní výrobní dílny pro potřebu Jihočeských elektráren vznikl samostatný podnik Energetické strojírny, který byl roku 1962 podřízen jako výrobní závod podniku Energovod Praha. V roce 1990 se tento závod v rámci restrukturalizací opět osamostatnil a vznikl státní podnik Energetik s tradiční strojírenskou výrobou pro energetiku, avšak s novým vedením a novou podnikatelskou strategií. V roce 1992 vedení společnosti podnik pod názvem EGE v rámci procesu privatizace od státu odkoupilo.

V současné době společnost EGE pokračuje v tradici a výrobním sortimentu určeném především pro potřebu energetiky, avšak v úplně nové kvalitativní a obchodní dimenzi. Důležitým momentem v dalším vývoji bylo rozhodnutí nezůstat pouze v pozici výrobní firmy. Společnost rozšířila svůj výrobní program o projekční a montážní činnosti, rozšířila své obchodní aktivity prostřednictvím dceřiných společností a pro podporu svých aktivit v zahraničí zřídila několik obchodních zastoupení. Rozšířením nabízených služeb firma výrazně posílila své postavení mezi dodavateli energetického průmyslu. Dnes EGE obchoduje prakticky po celém světě a svým zákazníkům může nabídnout řadu ucelených produktů a souvisejících služeb.

EGE, spol. s r.o. vyrábí především zhášecí tlumivky pro kompenzaci kapacitních proudů v sítích VN a VVN, zařízení pro automatizaci provozu zhášecích tlumivek, uzlové odporníky pro uzemnění uzlů transformátorů v sítích VN, zapouzdřené vodiče - generátorové vývody elektráren, stožárové konstrukce všech napěťových hladin od 22 kV do 400 kV, ocelové konstrukce rozvodů, ocelové konstrukce lanovek a průmyslových hal. EGE se dále zabývá projektováním a výstavbou solárních fotovoltaických elektráren dle přání zákazníka a poskytuje specializované služby zaměřené na analýzu distribučních sítí. Ke všem svým výrobkům zajišťuje vlastní vývoj, návrh, projektovou činnost, montáž a servis. [8]



Graf 1-1 Struktura holdingu

1.2.2 Představení sekce Ocelové konstrukce:

Sekce Ocelové konstrukce se zabývá zejména dodávkami ocelových konstrukcí pro energetiku, jako jsou příhradové stožáry pro nadzemní vedení VN a VVN, pomocné a hlavní konstrukce rozvodnů a příhradové trafostanice do 35 kV. Tyto dodávky je sekce schopna zabezpečit od projektu přes výrobu až po stavební realizaci. Měsíční objem výroby činí cca. 660 tun ocelových konstrukcí (tj. cca. 8000 tun/rok). Sortiment příhradových stožárů pokrývá cca 75% výrobní kapacity. Jedná se stožáry jak svařované konstrukce, tak příhradové stožáry šroubované.

Dalším sortimentem, pokrývajícím zbývajících cca 25% výrobní kapacity, jsou anténí příhradové stožáry, lanovkové stožáry, ocelové montážní plošiny, příhradové konstrukce pro dopravníky, ocelové konstrukce hal a speciální konstrukce dle potřeb našich klientů.

Všichni subdodavatelé sekce Ocelové konstrukce jsou držitelé certifikátu ISO 9001. Sekce odebírá materiál zejména od dodavatelů z Evropské unie. Konstrukce jsou zároveň zinkovány dle EN 1461 výhradně v českých nebo západoevropských zinkovnách. [8]

1.2.3 Přehled výrobního sortimentu sekce ocelové konstrukce:

1.2.3.1 Příhradové stožáry 22 kV

Příhradová svařovaná konstrukce z válcovaných rovnoramenných úhelníků. Povrchová ochrana konstrukce je prováděna žárovým zinkováním nebo nátěrem. Typová řada je v rozsahu podle vrcholového tahu od 12 kN do 80 kN a podle výšky stožáru od 12 do 24 m. Vybavení konzolami podle potřeby investora.



Obr. 1-1 Příhradové stožáry 22 kV

1.2.3.2 Příhradové stožáry 220 kV, 1x400 kV, 2x400 kV a 3x400 kV

Příhradová ocelová konstrukce z válcovaných rovnoramenných úhelníků v provedení šroubovaném s možností alternativního řešení svařovaných dílů. Povrchová ochrana konstrukce je prováděna žárovým pozinkováním nebo nátěrem. Typová řada je dělena na stožáry nosné, rohové, výztužné, odbočné nebo portály.



Obr. 1-2 Příhradové stožáry 400 kV

1.2.3.3 Ocelové konstrukce rozvoden 110kV a 400kV a příhradové trafostanice

Ocelová konstrukce z válcovaných profilů, svařovaná nebo šroubovaná, koncepčně individuálně projektovaná pro každý stavební záměr. Povrchová ochrana konstrukce je prováděna žárovým zinkováním dle ČSN EN ISO 1461 nebo nátěrem či kombinací obou možností.



Obr. 1-3 Rozvodna a příhradová trafostanice

1.2.3.4 Lanovkové stožáry

Příhradové ocelové konstrukce z dutých profilů v kombinaci s U-profilů, nebo úhelníků v provedení celošroubovaném či spolu se svařovanými díly. Povrchová ochrana konstrukce žárovým pozinkováním. Návrh a výroba lanovkových stožárů vyžaduje nejnáročnější požadavky na kvalitu. Sekce Ocelové konstrukce má ve zpracování tohoto sortimentu letité zkušenosti.



Obr. 1-4 Lanovkové stožáry

1.2.3.5 Ocelové konstrukce hal a jiné speciální konstrukce

Sekce OKO je výrobcem a dodavatelem ocelových konstrukcí průmyslových a jiných speciálních konstrukcí. OKO je schopna zajistit vše od projekce, zpracování výkresové dokumentace včetně statických výpočtů, přes výrobu, dodávku až po konečnou montáž hal včetně opláštění, klempířských prací, oken, dveří, vrat a světlíků.



Obr. 1-5 Ocelová hala

1.2.4 Detailní popis výrobku příhradového stožáru 22 kV [7]

Podrobnou představu o vzhledu a provedení stožáru získáme z následujícího slovního popisu a zejména z výkresu sestavy stožáru, kde jsou jednotlivé díly i s detaily jejich spojení vyobrazeny. Výkres stožáru 22 kV, s popisem jednotlivých prvků je součástí příloh DP.

1.2.4.1 Druh konstrukce:

Ocelové konstrukce stožárů jsou navrženy jako jednodřívkové prostorové mřížové konstrukce, vyrobené z normalizovaných ocelových válcovaných profilů, které jsou tvořeny příhradou z rovnoramenných úhelníků tvaru L. Jednotlivé prvky v dílech konstrukce jsou vzájemně svařeny a díly dřívku jsou navzájem propojeny stykovými plechy a spojovacím materiálem. Konzoly jsou navrženy z profilů tvaru U a případně vyztuženy rovnoramennými úhelníky tvaru L. Prvky v konzolách jsou navzájem svařeny a k dřívku je konzola připojena pomocí spojovacího materiálu.

1.2.4.2 Hutní materiál:

Základním materiálem pro výrobu stožárů je konstrukční nelegovaná ocel S355JR+AR s minimální mezí kluzu 355 MPa.

1.2.4.3 Spojovací materiál:

Šrouby jsou v konstrukci použity pouze pro spojení dílů stykovými plechy a pro uchycení konzol. Jako spojovací materiál je použito konstrukčních šroubů podle DIN 7990 o pevnosti 8.8 v kombinaci s hrubou maticí dle ČSN EN ISO 4032 a konstrukční podložkou dle DIN 7989. Ke svařování je používán svařovací drát dle ISO 14 341-A (EN 440) G3Si1.

1.2.4.4 Povrchová ochrana:

Povrchová ochrana se řídí požadavkem zákazníka. Standardně je požadováno žárové zinkování dle EN ISO 1461- Žárové povlaky zinku nanášené ponorem na železných a ocelových výrobcích. Jednotlivé díly a prvky stožáru musí být navrženy a konstrukčně připraveny pro žárové zinkování v souladu se směrnicí DAST 022. Spojovací materiál je dodáván rovněž žárově pozinkován.

1.2.4.5 Tvar konstrukce:

Konstrukce se skládá z jednotlivých dílů dřívku a určené konfigurace konzol. Tvar konstrukce určuje výhradně projektant vedení 22 kV.

1.2.4.6 Dřík:

První díl dříku stožáru (hlava stožáru) je v důsledku unifikace počtu konzol ve své horní části vyráběn bez přírůstku šířky (bezúběhový). Hlava stožáru má šířku prizmatické části 700x700mm v délce 5,55 m. Pro uchycení konzol v čelních stěnách dříku jsou v místech daných specifikačním listem zhotoveny otvory o průměru 17,5 mm.

U celé stožárové řady je pro spodní část stožáru použit jednotný přírůstek šířky stožáru 50 mm/m. Všechny dříky jsou čtvercového půdorysu. Výškově jsou nabízeny stožáry od 12m do 24m. Všechny diagonály a příčky dříku jsou vařeny přírubou dovnitř stožáru.

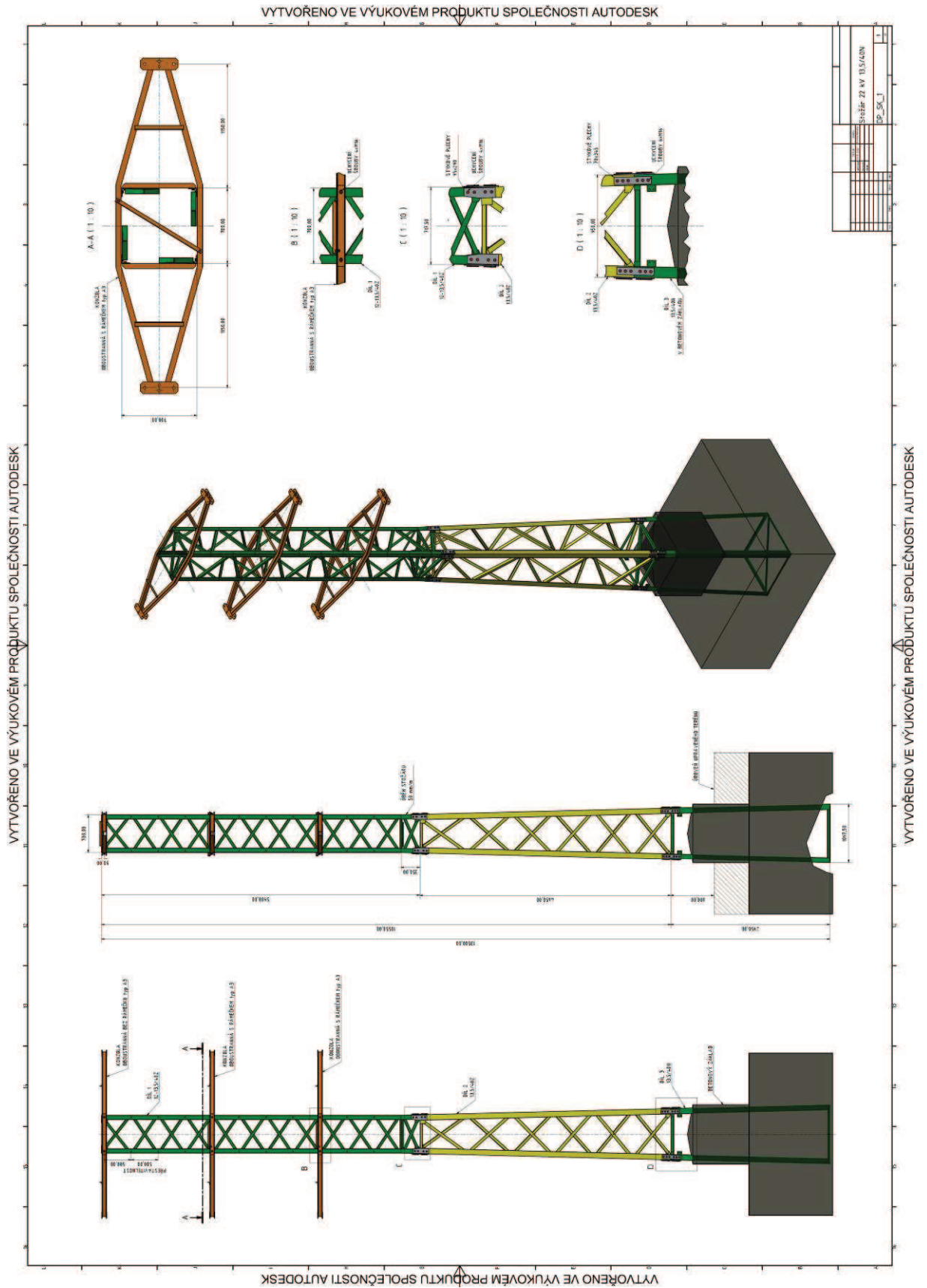
Konstrukce patky byla z důvodu úspory hmotnosti navržena bez nepotřebných diagonál a příček. I přes jejich absenci zajišťuje toto konstrukční řešení dostatečnou tuhost patky při jejím osazení do základové jámy a po zabetonování zajišťuje dostatečnou únosnost pro přenesení vnitřních sil. Konstrukce patky také plně brání možnému vytržení patky z tělesa základu.

1.2.4.7 Provedení styků:

Styky jsou navrženy jako šroubované a jednostřížné. Při konstrukčním zpracování byl z hlediska bezproblémové montáže stykový plech u hřbetu stojiny zúžen o 5 mm. Vlastní otvory styku jsou oproti průměru použitého šroubu standardně zvětšeny o 1,5mm. Vzájemná vzdálenost jednotlivých šroubů a jejich umístění od okrajů připojovaných dílů a stykové příložky jsou uvedeny ve výkresové dokumentaci.

1.2.4.8 Konzoly:

Dle potřeby je v projektech možné použít různé velikosti a typy konzol. Jedná se o oboustranné konzoly nebo jednostranné konzoly v standardních velikostech 1000, 1500 a 2000 mm. Uchycení na dřík stožáru je realizováno pomocí šroubů M16. Na vrcholu dříku stožáru je zavětrovací příčka (rámeček) vyvařena. V případě umístění konzoly do jakéhokoliv jiného místa hlavy stožáru musí být do tohoto místa dříku doplněn i odpovídající zavětrovací rámeček.



Příloha 1: Výkres stožáru 22 kV s popisem jednotlivých prvků _A0.

2 Úloha racionalizace práce ve strojírenském podniku

2.1 Racionalizace procesu výroby svařovaného stožárového dílu

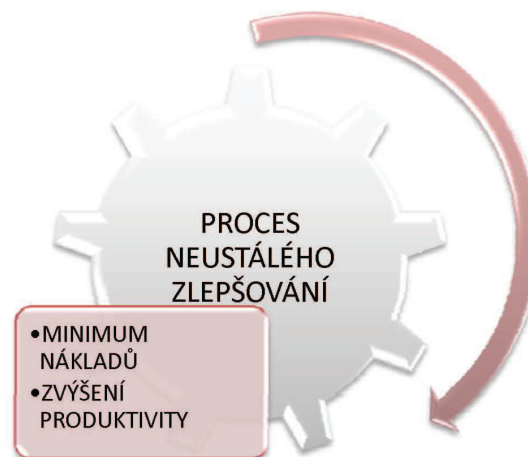
Racionalizace práce je nástroj, díky kterému můžeme dosáhnout zefektivnění výrobního procesu. Pomocí racionalizace práce jsme schopni pochopit a podrobně poznat proces výroby svařovaného příhradového stožáru a tím nalézt nedostatky při jeho výrobě. Získané informace jsou podkladem pro následnou analýzu. Zjištěné nedostatky jsme poté schopni minimalizovat, případně úplně odstranit. Z tohoto důvodu je žádoucí představit proces racionalizace a jednotlivé její přístupy.

2.2 Cíle racionalizace [9]

Podstatou racionalizace práce ve strojírenském podniku je trvalé zdokonalování výrobního systému. Hlavním předpokladem je, aby se výrobní proces zdokonaloval při využití stále vyšší úrovně techniky, technologie, organizace práce, výroby i řízení.

Jejím základem je odstranění ztrát a nalezení existujících rezerv. Racionalizace zároveň vyžaduje zavádění nových technických a organizačních opatření. V oblasti práce jako takové vede racionalizace též k vytvoření podmínek, při nichž se pracovníci mohou na své úkoly plně soustředit, pracovat ve vysokém výkonu s úsporou pracovní síly.

Racionalizace se vždy zaštiťuje ekonomickou kalkulací, protože směřuje k vyšší rentabilitě a hospodárnosti procesů. Hlavním požadavkem racionalizace je její praktické zaměření, kde je využita k ověření a aplikaci praktických změn a nástrojem dalšího rozvoje poznávání.



Obr. 2-1 Cíl a princip racionalizace v podniku

2.3 Systémy a oblasti racionalizace [9]

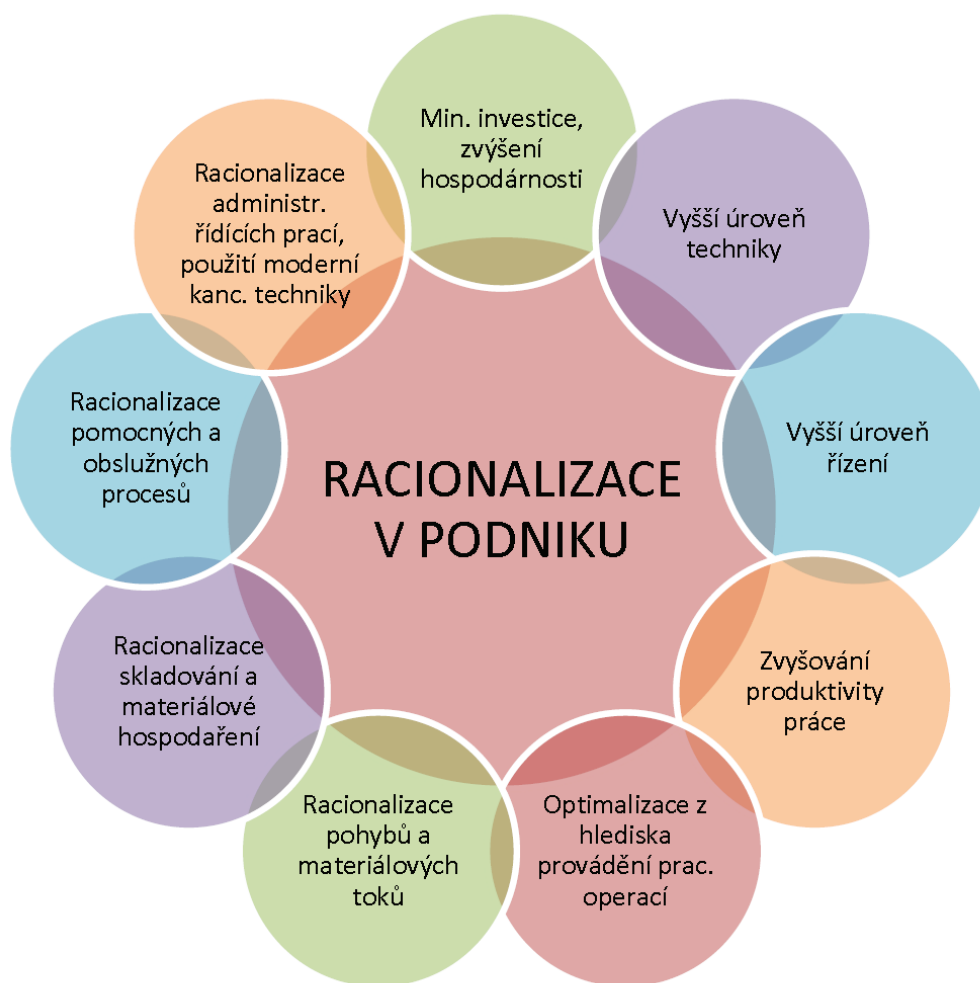
Námi sledovaným oborem je zejména racionalizace práce. Ta je pro nás cílem hlavního racionalizačního úsilí v oblasti řešení technologie, organizace, fyziologie a psychologie práce.

Další oblastí racionalizace je produktivní fungování základních výrobních fondů. Řeší se v ní zejména příprava práce, přísun a odsun zařízení, obsluha, udržování a opravy strojů, budov a staveb.

Jiným cílem racionalizace je materiálové hospodaření a pohyb materiálu. Jeho pohyb a manipulace s ním, představuje značný díl práce i nákladů ve firmě. Úkolem racionalizace dopravy je vylučování zbytečné přepravy materiálu, kdy se volí nejkratší cesta pro jeho přepravu a zároveň se zvyšuje i její plynulost. Snižujeme materiálové reprodukční náklady a zlevňujeme manipulaci.

Velkou oblastí s možností racionalizace je oblast administrativní a oblast řízení. I v těchto činnostech se dají nalézt značné rezervy a možnosti zefektivnění jednotlivých procesů.

Jednotlivé systémy racionalizace jsou přehledně uvedeny na následujícím obrázku.



Obr. 2-2 Systémy racionalizace v podniku

2.4 Základní nástroje racionalizace [9]

Jako základní nástroje racionalizace jmenujme:

1. *Optimalizaci provádění pracovních operací*
2. *Ergonomii pracoviště*
3. *Technické úpravy pracovišť*
4. *Technologičnost konstrukce*
5. *Uspořádání pracovišť*

Bližší představení jednotlivých nástrojů racionalizace:

2.4.1 Optimalizace provádění pracovních operací

Jako optimální, je voleno vždy jen jedno, ideální řešení. To jsme zvolili na základě dosažení hodnotících kritérií, které jsme si předem stanovili. Proto je důležité předem důkladně zvážit druh a zejména důležitost všech vybraných kritérií. V našem případě výroby svařovaného příhradového stožáru jmenujme např. časovou náročnost jednotlivých operací, náklady na strojní vybavení, nebo minimalizace manipulačních časů.

2.4.2 Ergonomie pracoviště [3]

Ergonomie je vědní obor, který se v systémovém pojetí zabývá zejména vazbami mezi člověkem, technikou a prostředím. Zejména fyziologické limity člověka a jejich znalost, pomáhají sladit tento systém ve snaze o zvýšení výkonu při současném snížení pracovní zátěže. Nás z hlediska kompletnosti dílu svařovaného stožáru nás zajímá zejména pohodlná výška pracovní roviny, rizika vyplývající s manipulací s dílcem a proces svařování. Podrobně jsou všechny aspekty věnující se ergonomii svařovacího pracoviště ve společnosti EGE, zpracované v mé bakalářské práci [5]. S ergonomií úzce souvisí i pojem technika prostředí, uspořádání pracoviště a jeho vybavení. To vše může do značné míry ovlivnit výkon člověka a snížit jeho pracovní zátěž. Základními oblastmi ergonomie jsou fyziologie, sociologie a psychologie práce jako takové. Velmi úzce souvisí ergonomie pracoviště s jeho uspořádáním, které je popsáno v následujících odstavcích.

2.4.3 Technické úpravy pracovišť

Do této kategorie patří zejména přípravky, držáky, mechanismy a jiné pomůcky, které jsou schopné práci usnadnit a do značné míry ji zjednodušit. V našem případě se jedná zejména o již zmíněný představitelný přípravek, díky kterému jsme schopni proces výroby urychlit. Jeho nasazení musí být adekvátní množství výrobků, které budeme jeho pomocí vyrábět, aby byla zaručena návratnost vstupní investice. To je potřeba zvážit a podložit technicko-ekonomickým zhodnocením, které je součástí DP.

2.4.4 Technologičnost konstrukce [11]

Je to pojem, který v sobě obsahuje řadu konstrukčních, technologických i ekonomických faktorů. Zjednodušeně ho lze charakterizovat jako vhodnost konstrukce z hlediska výroby. Je závislý na technologických a výrobních možnostech závodu, velikosti výrobní dávky, stupni automatizace a dalších. Vedle samotné racionalizace v sobě zahrnuje další pojmy, jako jsou simplifikace, standardizace, normalizace, typizace, unifikace, dědičnost a klasifikace. Jedná se o proces, který se uplatňuje zejména v návrhu a konstrukci svařovaného stožárového dílu, méně již v procesu výroby jako takové. Vzhledem k typizační směrnici [7] a v ní formulovaných požadavkům zákazníka nejsme schopni jako výrobci

zásadně ovlivnit konstrukci a provedení stožárů. Určitě by ale bylo vhodné a žádoucí, spolupracovat s projektanty při dalším vývoji stožárů a uplatnit zkušenosti s jejich stávající výrobou. Doporučit řešení, která by proces výroby zjednodušila, zkrátila výrobní časy a tím celý výrobek zlevnila. Zejména bych jmenoval systém napojení bezúběhové hlavy stožáru na díl s přírůstkem. Ta je v současné době realizovaná pomocí ohybu rohových úhelníků, ale výrobně jednodušším řešením by bylo docílit změny přírůstku pomocí ohýbaných plechů, jak tomu je v současné době u stožárů, dodávaných pro distribuční síť na Slovensku.

2.4.5 Uspořádání pracovišť

Jak už bylo popsáno, je uspořádání pracoviště blízké organizaci práce a ergonomii. Efektivní rozmístění strojů, minimalizace manipulace s výrobky a blízká dostupnost skladových ploch zásadně ovlivňují nejen výrobní časy, ale zejména pomáhají snížit náklady díky menší časové náročnosti. Důležitá je zejména intenzita materiálových toků, které musí být přizpůsobeno rozmístění pracovišť od navážení materiálu až po expedici hotových výrobků. Pro samotnou výrobní činnost musí být dodrženy vhodné zorné podmínky, pracovní poloha, podmínky pro ekonomické vykonávání pracovních pohybů a biomechanické podmínky.

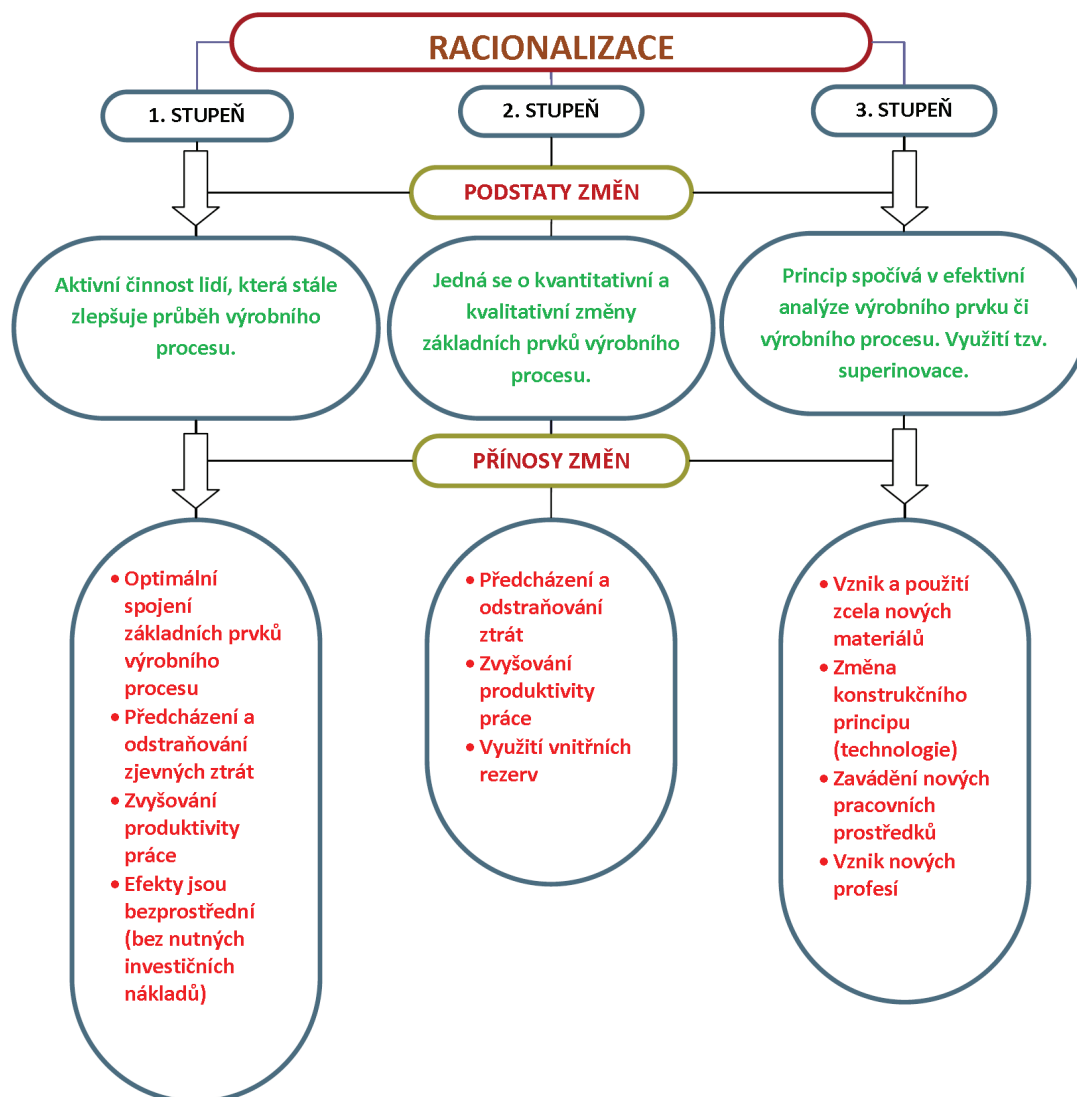
2.5 Jednotlivé stupně racionalizace [9]

Racionalizaci z hlediska poslání dělíme na **dvě základní skupiny**. Jedná se o oblast racionalizace **preventivní a racionalizaci korektivní**.

Preventivní racionalizace v sobě zahrnuje posouzení dokumentace, její komplexnost, zda obsahuje projekt technického a organizačního uspořádání pracovního procesu. Posuzujeme zejména množství pracovních míst, rozmístění pracovišť, optimalizaci pracovních postupů, podmínky práce, a zda je pracovní síla v procesu vynakládána hospodárně.

Korektivní racionalizace analyzuje výrobní proces a navrhuje změny zejména v organizačním uspořádání pracovního procesu pomocí aplikace menších technických změn, které se následně příznivě projevují v normách spotřeby práce. Předmětem korektivní racionalizace je zejména racionalizace počtu pracovníků, pracovišť, racionalizace materiálových toků a pracovních postupů a již zmíněná racionalizace norem spotřeby práce.

Jak už bylo popsáno, racionalizace procesu výroby obsahuje velké množství technicko-technologických, organizačních, ekonomických a hledisek. Komplexním přístupem při hledání optimálního uspořádání všech těchto kritérií dosáhneme maximálního využití rezerv v současném stavu tzv. korektivní racionalizace. Pokud pomocí dalších investic dosáhneme inovace výrobního procesu, hovoříme při tom o tzv. **komplexní racionalizaci**. Jednotlivé stupně komplexní racionalizace jsou patrné z následujícího grafu.



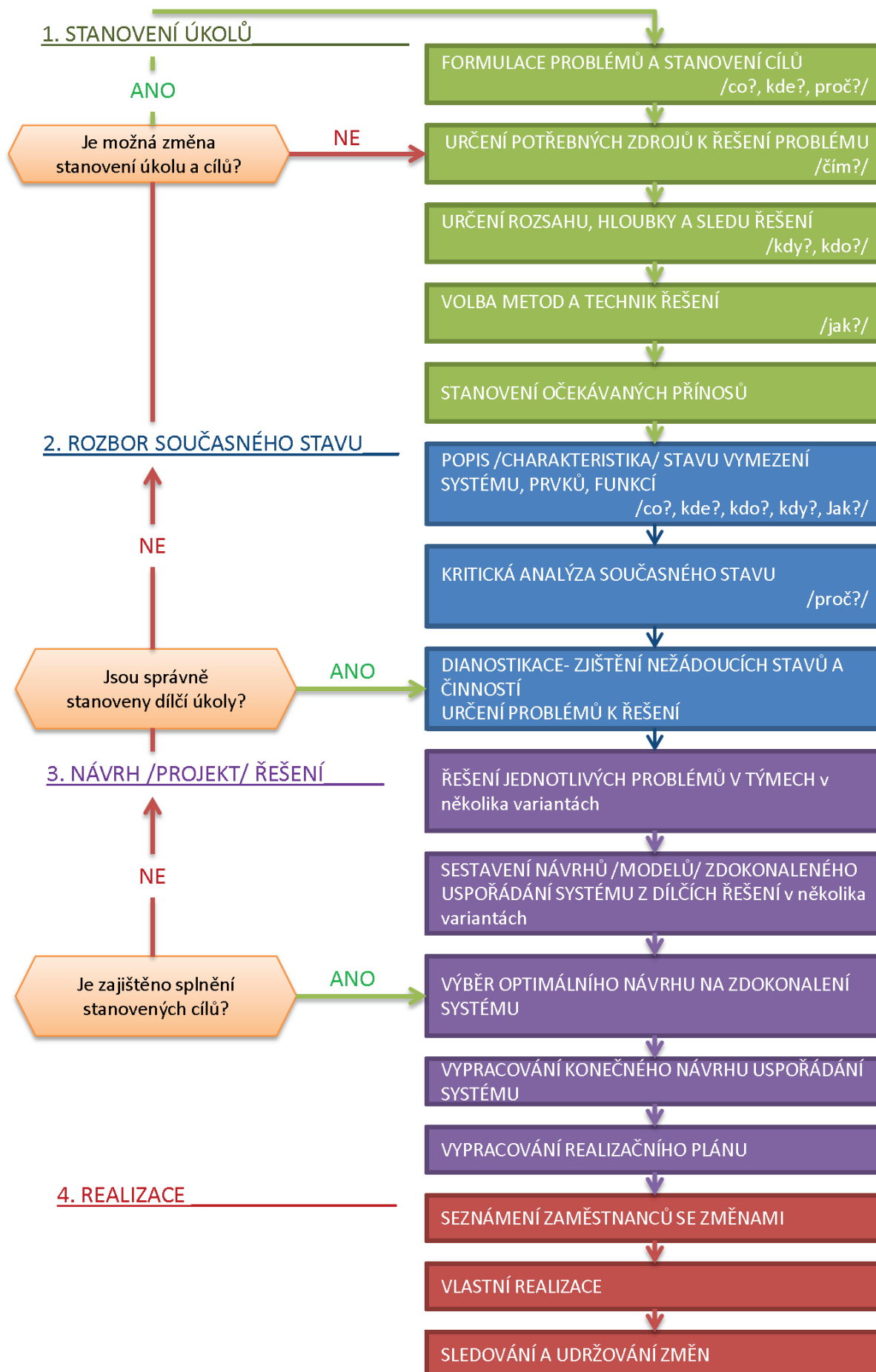
Graf 2-1 Příklady úrovní racionalizace práce [9]

Z pohledu námi řešeného problému výroby stožárového dílu je snaha o dosažení maximální úrovně racionalizace s minimem investičních nákladů. Díky přípravku na svařování a podrobnému výrobnímu postupu dosáhneme druhého až třetího stupně racionalizace prezentovaného v předchozím grafu.

2.6 Metodický postup racionalizační studie [1]

Základem metodického postupu pro racionalizaci práce je analýza, na základě které hledáme cesty ke zdokonalení systému a realizujeme potřebná opatření. Postup je tvořen na sebe navazujícími dílčími kroky, díky kterým je nám umožněno správně posoudit výchozí stav, hledat varianty řešení a realizovat, z hlediska námi zvolených kritérií, optimální řešení a ověřit jeho správnost. Jedná se o aplikaci tzv. **procesního přístupu** k řešení problému organizace práce.

Stručný popis jednotlivých kroků je znázorněn v postupovém grafu. Ten je obecným návodem, který je třeba přizpůsobit konkrétním podmínkám, možnostem a stanoveným cílům.



Graf 2-2 Graf metodického postupu při racionalizaci a organizaci práce [1]

Jednotlivé fáze metodického postupu racionalizace práce tedy jsou:

- 1. Identifikace problému a cíle řešení.*
- 2. Rozbor stávajícího stavu.*
- 3. Návrh (projekt) řešení.*
- 4. Realizace zvolených řešení.*
- 5. Kontrola a vyhodnocení výsledků.*

V diplomové práci postupujeme podle výše uvedeného metodického postupu racionalizace práce. Od identifikace problému, přes rozbor stávajícího stavu a návrhu řešení. V případě realizace a vyhodnocení výsledků bude zhodnocení přínosů probíhat v teoretické rovině, pomocí časové simulace. Pro objektivitu bude časový přínos spíše podhodnocen, aby bylo dosaženo nižší míry rizika, pro výpočet doby a množství nutných pro uhrazení investičních nákladů. Stejně tak tomu bude i při odhadu měsíčního odvodu regálových dílů na sklad.

3 Popis dosavadního postupu výroby vybraných dílů příhradového stožáru.

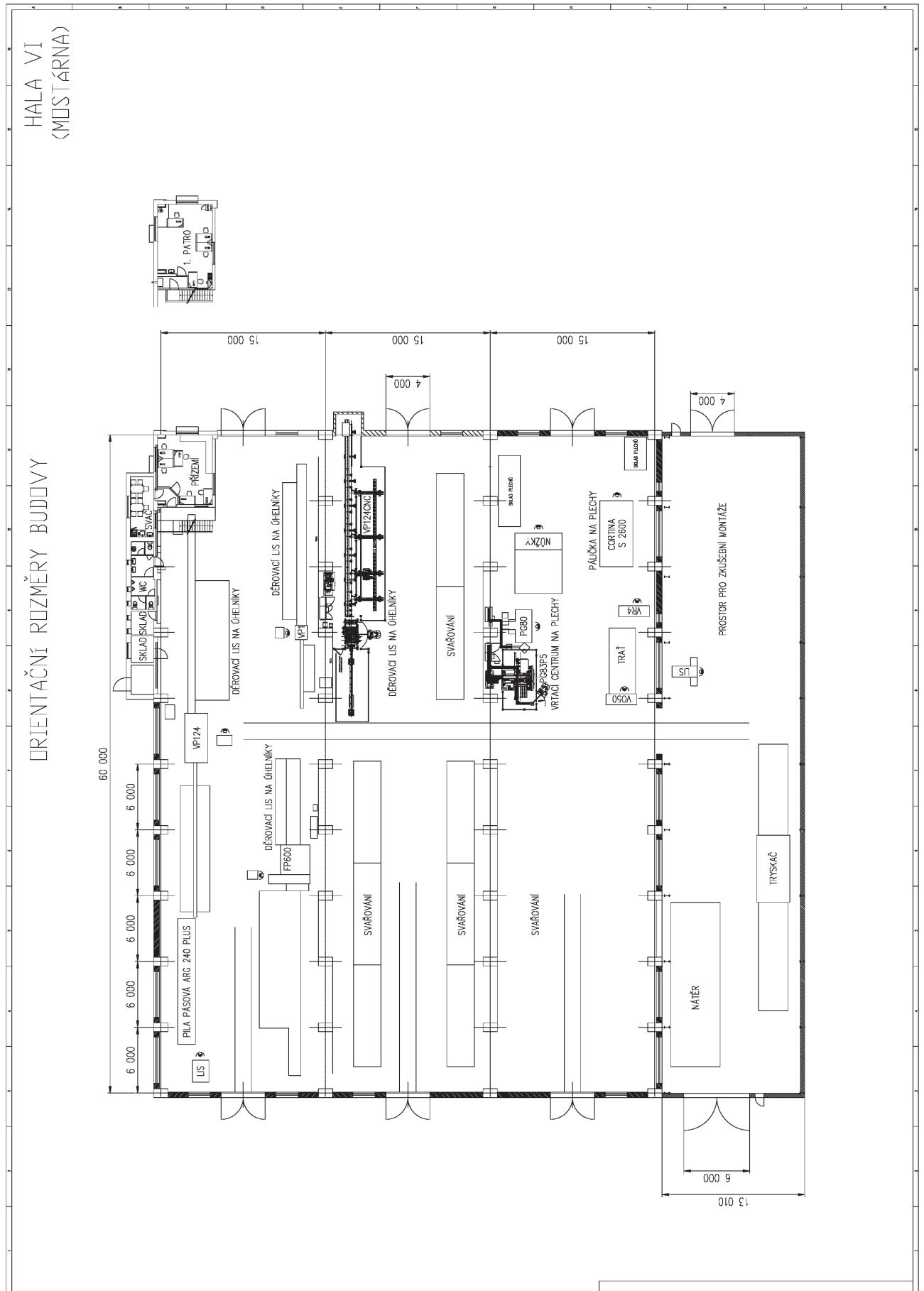
V této kapitole se budeme zabývat popisem výrobní haly, pracovištěm, technologií a samotnou výrobou stožárů 22 kV, tak zejména zaměřením a rozsahem možných racionalizačních opatření, které z hlediska zvolených kritérií nejlépe optimalizují proces výroby. V návaznosti na předešlý graf se jedná o krok č. 2., rozbor současného stavu s nalezením úzkých míst při použití stávajícího způsobu výroby.

Pro dobrou orientaci v problematice je rovněž žádoucí, dobře porozumět technologii výroby a uspořádání jednotlivých pracovišť, tj. poznat prvky výrobního systému z hlediska jejich funkce a vzájemných vazeb.

Zároveň je důležitá i volba a zdůvodnění výběru konkrétních stožárových dílů, na nichž budeme racionalizační opatření aplikovat, abychom díky nasazení racionalizačních opatření dosáhli co největšího efektu.

3.1 Popis výrobní haly sekce OKO [5]

Hlavní výrobní hala je čtyřlodní s příčnou komunikační uličkou. Celá hala je kompletně osazena portálovými jeřáby s nosností 5 tun. Ty zajišťují vykládání materiálů k zpracování, nebo transportují již hotové výrobky na ručně vedené vozíky, které je po kolejích odváží do paletizace. Nosnými prvky výroby jsou děrovací lisy na úhelníky, kterých je ve výrobě nejvíce (na příhradové stožáry VVN). Z jedné strany jsou strojem vtaženy úhelníky, které stroj naděruje a zakrátí. Hotové úhelníky jsou potom transportovány do paletizace a dále do zinkovny na finální povrchovou úpravu. Uspořádání a funkce strojů nevyžaduje a ani neumožňuje úpravy, které by zvýšili efektivnost pracovní činnosti. Podobně jsou na tom i jiná pracoviště strojů. Jmenovitě lisy, vrtačky, CNC vrtací centrum, CNC pálicí stroj na plechy, tryskač, tabulové nůžky a pila. Dalším pracovištěm ve výrobní hale jsou svařecí pracoviště (svařovny). Zde zhotovují dělníci svařence. Svařecí pracoviště a kompletace příhradového stožáru je hlavním předmětem zkoumání v této DP. Rozmístění jednotlivých pracovišť a strojů je patrný z přiložené dispozice.



Příloha 2: Schéma výrobní haly IV_A0.

3.2 Popis pracoviště svařovny

Pracoviště je odděleno od zbytku haly mobilními plechovými zástěnami. Zástěny plní ochrannou funkci, kdy eliminují škodlivý vliv záření, vzniklém při obloukovém svařování. Jejich kovový povrch umožňuje magnetické přichycení výkresové dokumentace potřebné ke kompletaci svařenců. Zástěny jsou opatřeny závěsným okem, díky kterému je umožněna snadnější manipulace pomocí jeřábu. Jednotlivé moduly zástěn jsou 2 m široké a 1,85 m vysoké. Mezi jednotlivými bloky zástěn jsou i moduly s dveřmi, kterými je umožněn průchod z jednoho svařecího pracoviště do druhého.



Obr. 3-1 Svářecí pracoviště ohraničené mobilními plechovými zástěnami

Samotné pracoviště se skládá z kovových stojanů, na kterých svařeč zhotovuje jednotlivé svařence. Stojany jsou fixovány ke dvěma zabetonovaným profilům pomocí nastehování. Jednotlivé stojany jsou kvůli obloukovému svařování připojeny ke svařecímu zdroji pomocí svorek. Výška stojanů je 0,75 m a jsou tvořeny rovnoramenným L profilem 180/18 (200/20) mm o délce 2,5 m. Rozteč jednotlivých stojanů je 1,2 až 2 m. Jejich rozmístění je v pevném rastu a neumožňuje rychlé přestavení rozteče. Výrobky na svařecím pracovišti jsou velmi různorodé a jedná se ve většině případů o kusovou výrobu. Na standardní výrobky, které jsou vyráběny ve větších sériích, jsou vyrobeny přípravky s dorazy, které svařeči pomáhají dodržet potřebné rozměrové tolerance. Ve většině případů se svařence vyhotovují pouze na kovových stojanech, kde jsou upevněny pomocí svorek, nebo jsou ke stojanu přibodovány.



Obr. 3-2 Detail uchycení stojanu

Dalším důležitým prvkem svařecího pracoviště jsou pracovní stoly. Ty jsou umístěny u každého pracoviště. Slouží dělníkům k přípravě dílů použitých následně na svařencích. V zásuvkách stolu má svařeč k dispozici vhodné nástroje. Stůl je rovněž vybaven svěrákem na různé zámečnické práce. Pro lepší zrakovou pohodu je prostor stolu dodatečně osvětlen zářivkovými tělesy. Výška pracovního stolu je 0,85 m, což odpovídá standardní velikosti.



Obr. 3-3 Pracovní stoly

3.3 Popis technologie svařování

Samotné svařování probíhá elektrickým obloukem, metodou MAG při použití ochranné atmosféry z CO_2 s příměsí argonu. MAG – Metal Active Gas - tedy ochranný plyn aktivní, který chemicky reaguje s roztavenou lázní. Zásobování ochranným plynem je uskutečněno pomocí centrálního rozvodu, který je zásobován plynem ze svazků. Argon je do centrálního rozvodu dodáván z venkovního zásobníku. Při svařování MAG je svařovací drát posunován pomocí externího podavače přes hořák do hořícího elektrického oblouku, kde je roztaven a přenesen do svarové lázně. Energie potřebná pro hoření oblouku je dodávána ze svařovacího zdroje. Elektrický oblouk a svarová lázeň jsou chráněny ochranným plynem aktivního charakteru (směs oxidu uhličitého s argonem), který je přiváděn dýzou hořáku.



Obr. 3-4 Podavač svařovacího drátu



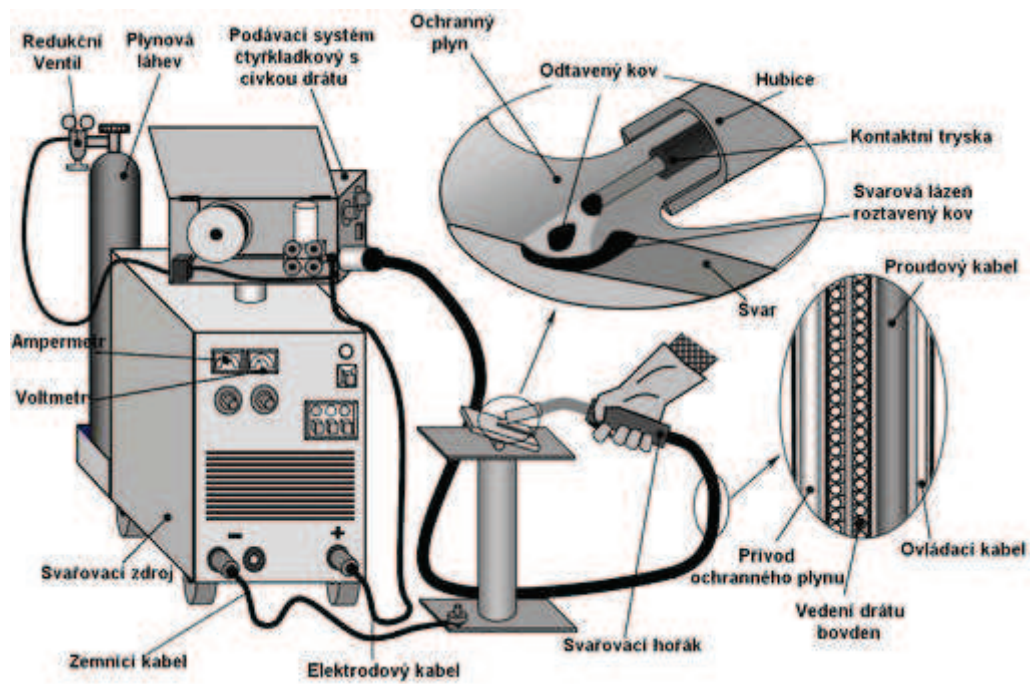
Obr. 3-5 Svařovací hořák



Obr. 3-6 Svařovací zdroj



Obr. 3-7 Svazek oxidu uhličitého



Obr. 3-8 Schéma zapojení celého svařovacího systému [10]

3.4 Výběr dílů stožáru pro následnou racionalizaci

3.4.1 Výběr vhodného stožárového dílu

Jak už bylo popsáno v kapitole 1.2.4, stožár 22 kV se skládá ze základového dílu, dříku a konzol v různých modifikacích, dle konkrétního požadavku projektanta stavby. Ten specifikuje jednotlivé konfigurace stožárů v objednávce. Z hlediska racionalizace bude nejvýhodnější vybrat stožárové díly, které jsou nejčastěji požadovány a tvoří tak největší objem výroby.

Pro tyto účely byla analyzována data expedovaných stožárů za první dva měsíce roku 2013 a celý rok 2012, aby byl vybrán typ stožáru, který byl zákazníky požadován nejvíce. Data byla získána ze seznamu zakázek vedeným oddělením technické přípravy. Obchodní oddělení eviduje pouze celkové hmotnosti objednaných stožárů, ale nevede si statistiky o použití konkrétních stožárových typů. Kontingenční tabulky s jednotlivými stožárovými typy a jejich četností jsou uvedeny níže.

Rok 2012		
Typ stožáru	množství	
12/40N	7	
12/40Z	6	
12/60N	1	
12/60Z	2	16
13,5/20	2	
13,5/30	1	
13,5/30N	6	
13,5/30Z	2	
13,5/40	10	
13,5/40N	12	
13,5/40Z	5	
13,5/50	1	
13,5/60	1	
13,5/80	1	41
15/20N	2	
15/30N	3	
15/40	2	
15/40N	4	
15/40Z	3	
15/50	1	
15/50N	1	
15/60	4	
15/60N	2	
15/70Z	1	
15/80	1	24
16,5/20	1	
16,5/30	1	
16,5/30Z	1	
16,5/40	2	
16,5/40N	1	
16,5/40Z	1	
16,5/60	1	8
18/30N	1	
18/40	1	
18/40N	2	
18/60	1	
18/60Z	1	
18/80	2	8
21/20N	2	2
22,5/40	1	1
24/40	2	
24/60	1	3
Součet	103	stožárů

Rok 2013- do 25.2.2013		
Typ stožáru	množství	
12/40Z	3	
12/60Z	1	4
13,5/20Z	1	
13,5/30	1	
13,5/30N	1	
13,5/30Z	11	
13,5/40	1	
13,5/40N	3	
13,5/40Z	9	
13,5/60	1	
13,5/60Z	6	34
15/100Z	1	
15/30N	1	
15/30Z	11	
15/40N	7	
15/40Z	5	
15/50Z	1	
15/60Z	10	
15/80Z	1	37
16,5/20Z	1	
16,5/30N	4	
16,5/30Z	8	
16,5/60N	1	
16,5/60Z	9	
16,5/80Z	1	24
18/30N	1	
18/30Z	1	
18/40N	3	
18/60Z	2	
18/80Z	1	8
21/40N	2	
21/60Z	2	4
24/20N	2	
Součet	113	stožárů

Četnost stožárů celkem		
Typ stožáru	množství	
12/40N	7	
12/40Z	9	
12/60N	1	
12/60Z	3	20
13,5/20	2	
13,5/20Z	1	
13,5/30	2	
13,5/30N	7	
13,5/30Z	13	
13,5/40	11	
13,5/40N	15	
13,5/40Z	14	
13,5/50	1	
13,5/60	2	
13,5/60Z	6	
13,5/80	1	75
15/100Z	1	
15/20N	2	
15/30N	4	
15/30Z	11	
15/40	2	
15/40N	11	
15/40Z	8	
15/50	1	
15/50N	1	
15/50Z	1	
15/60	4	
15/60N	2	
15/60Z	10	
15/70Z	1	
15/80	1	
15/80Z	1	61
16,5/20	1	
16,5/20Z	1	
16,5/30	1	
16,5/30N	4	
16,5/30Z	9	
16,5/40	2	
16,5/40N	1	
16,5/40Z	1	
16,5/60	1	
16,5/60N	1	
16,5/60Z	9	
16,5/80Z	1	32
18/30N	2	
18/30Z	1	
18/40	1	
18/40N	5	
18/60	1	
18/60Z	3	
18/80	2	
18/80Z	1	16
21/20N	2	
21/40N	2	
21/60Z	2	6
22,5/40	1	1
24/20N	2	
24/40	2	
24/60	1	5
Součet	216	stožárů

Hmotnosti stožárů:

ROK 2012 121 tun
Rok 2013- do 25.2.2013 153,9 tun

Tab. 3-1 Objem výroby příhradových stožárů 22 kV za období 1.1.2012-25.2.2013

3.4.2 Zhodnocení získaných informací

Z tabulky je patrný razantní nárůst objemu výroby příhradových stožárů v roce 2013. Ten je dán potřebou zákazníka a ukazuje na to, že plánovaná racionalizace výroby může přinést značné finanční úspory. Realizovaný objem v roce 2013 je již v druhém měsíci roku o 27% vyšší, než celkový objem výroby za uplynulý rok. To je obrovský nárůst, který mělo obchodní oddělení předpokládat, ale jak se ukazuje, nikdo na nastálou situaci nebyl v dlouhodobém horizontu připraven. Pokud nebudeme znát dlouhodobou potřebu zákazníka, budeme muset počítat s velkou mírou nejistoty při jakémkoliv plánování investic. Zároveň je ale nyní třeba se vypořádat v krátkém čase, s původně neplánovaným objemem stožárů, které výroba není schopna vzhledem ke své kapacitě uspokojit. Tento problém je řešen zajištěním kooperačních firem, ve kterých jsou schopni daný výrobek svařit a dodat ho se všemi požadovanými kvalitativními i funkčními požadavky. To ale klade veliký důraz na kontrolu kvality, ať už samotných vyrobených dílů, tak zároveň na vstupní materiál.

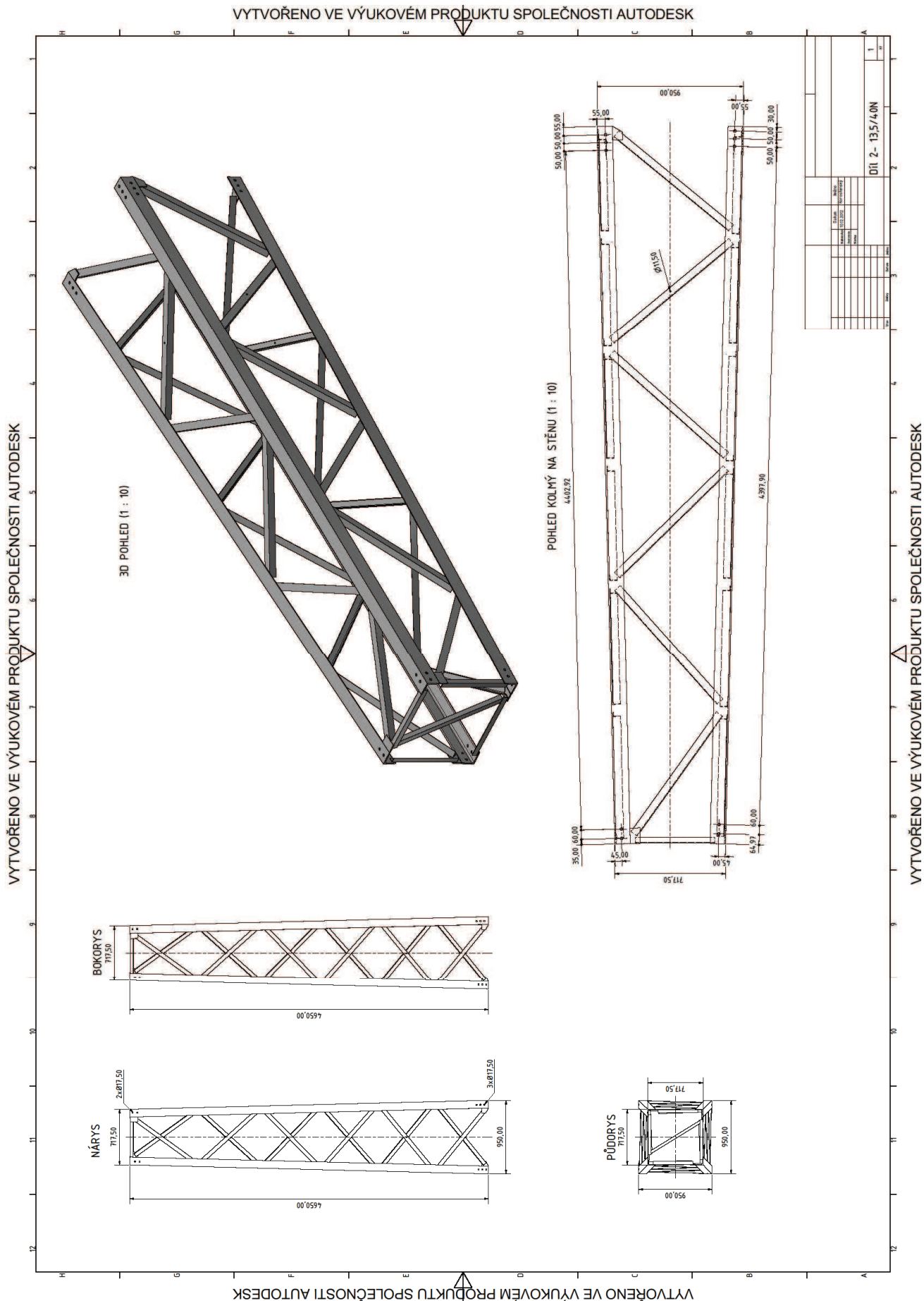
Protože jsou stožáry zejména dodávány jako celek, je z hlediska objemu vždy zastoupený shodný prizmatický, bezúběhový díl stožáru (hlava). Následuje úběhový dřík stožáru s různou šířkou, dle dané výšky stožáru. Při výšce stožáru nad 21 m jsou modulově skládány dva úběhové díly nad sebou. Patka stožáru spolu s konzolami jsou z hlediska objemu nejméně zastoupené.

Z prezentované tabulky vyrobených stožárů vyplývá, že nejčastěji dodávaným stožárem byl stožár 22 kV 13,5/40N. Z přehledu je tedy patrné, že nejčastěji jsou dodávány úběhové stožárové díly (základový díl a nadzákladové díly), které zároveň tvoří největší podíl celkového objemu. Jako představitel výrobku pro aplikovanou racionalizaci zvolíme tedy „Díl 2- 13,5/40N“. Ten se vyskytuje na všech nejvíce dodávaných stožárech a zároveň je ho ve spojení se základovým dílem největší hmotnostní podíl. Jednotlivé hmotnostní zastoupení úběhových dílů v celkové hmotnosti daného stožáru je zřejmé z následující tabulky.

Stožár 22 kV 13,5/40N	Procentuální zastoupení dílů v hmotnosti stožáru	
Díl 3 úběhový základový	18%	
Díl 2 úběhový	30%	
Úběhové díly celkem		48%
Díl 1 prizmatický		32%
Konzoly		16%
Stykové plechy		3%
Spojovací materiál		1%

Tab. 3-2 Tabulka hmotn. zastoupení jednotlivých dílů ve stožáru 22 kV 13,5/40N

Pro potřeby DP byl vytvořen 3D model úběhového dílu stožáru v programu Autodesk Inventor, aby bylo možné racionalizační opatření výrobního procesu objektivně zhodnotit a zkontrolovat tak ve virtuálním prostředí správnost jejich nasazení. Výkres 3D modelu dílu stožáru je součástí příloh k DP.

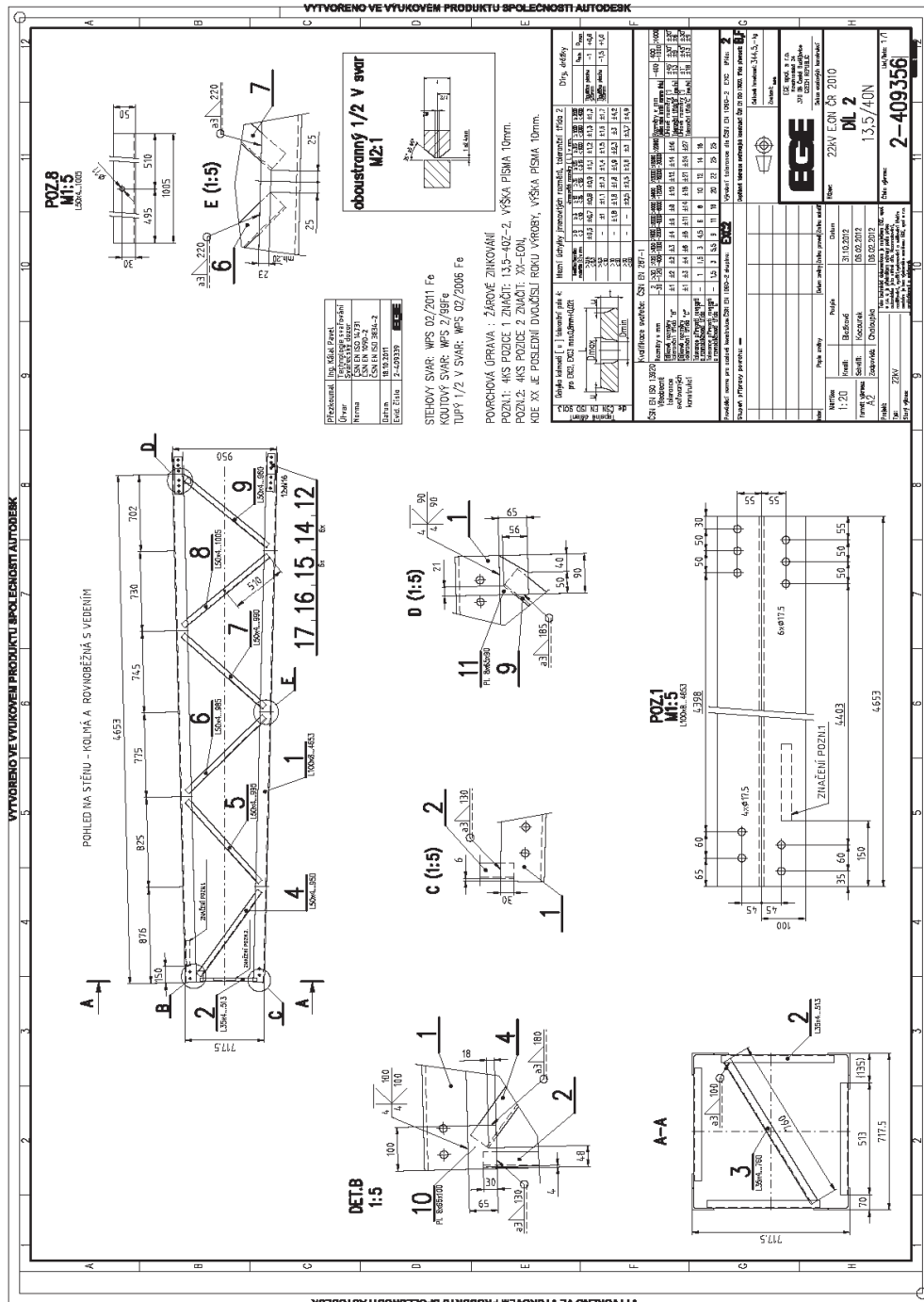


Pr^íloha 3: Výkres 3D modelu „Díl 2- 13,5/40N“_A2.

3.5 Postup procesu výroby příhradového stožáru [6]

3.5.1 Výrobní dokumentace

Samotná výroba příhradového stožáru probíhá podle výrobní dokumentace vytvořené v programu Auto CAD. Na výkresu je zobrazena jedna strana stožárového dílu a půdorys s prostorovou příčkou. Předpokládá se, že pohled na všechny stěny příhradového stožáru je shodný. Jednotlivé příčky stožáru mají své pozice. Na výkresu jsou okótovány všechny potřebné rozměry včetně velikosti svarových spojů, včetně detailů založení jednotlivých příček. Výkres obsahuje i potřebné údaje o maximálních možných výrobních tolerancích. Příklad výkresové dokumentace úběhového dílu stožáru je uveden v příloze DP.



Příloha 4: Výrobní výkres „Díl 2- 13,5/40N“ A2.

3.5.2 Příprava

Výroba probíhá vždy dle výrobní výkresové dokumentace jednotlivých dílů. Princip výroby je shodný pro jakýkoliv díl kteréhokoliv typu stožáru. Díly stožárů 22kV jsou tvořeny celosvařovanou příhradovou konstrukcí. Používaný profil je za tepla válcovaný uhlíkový materiál S355J2 dle EN 10025-2.

Výroba probíhá v zastřešené temperované hale. Úhelníky jsou nadělené na odpovídající délky dle výkresové dokumentace a jsou do nich vyraženy nebo vyvrtány požadované otvory. Tato činnost je automatizovaná a probíhá na CNC řízených strojích. Před svařováním dílů jsou jednotlivé úhelníky otryskány pro odstranění rzi a okují tak, aby byly připraveny pro svařovací proces.

3.5.3 Proces svařování

3.5.3.1 Svařovací proces obecně

Svařování je dnes považováno za zvláštní technologický proces. Proto se požaduje průběžná kontrola a sledování dokumentovaných postupů, aby byly splněny stanovené požadavky. Zároveň je nutno vyžadovat odborně způsobilé a příslušné kvalifikované pracovníky v profesích svářeč, kontrola, svářečský dozor, atd.

Svařování probíhá v souladu s požadavky norem ČSN EN 1090-2, ČSN EN ISO 3834-2, případně s doplňujícími požadavky zákazníka. Tyto požadavky norem jsou zapracovány v interních předpisech EGE spol. s r.o.

Při vlastním procesu svařování jsou dodržovány požadavky těchto norem

- Metoda svařování: ČSN EN ISO 4063: 135
- Kvalifikace svářečů: ČSN EN 287-1 135 P FW 1.2 S t10 PF ml
- Specifikace postupu svařování: ČSN EN ISO 15619-1: WPS 02/2011 Fe, WPS 2/99 Fe, WPS 02/2006 Fe
- Protokolu o schválení postupu svařování: ČSN EN ISO 15614-1: WPQR 29/2011, WPQR 15/2008, WPQR 14/2008
- Svařovací dozor: ČSN EN ISO 14731: IWT
- Přídavný svařovací materiál: ČSN EN ISO 14341: G3Si1
- Ochranný svařovací plyn: ČSN EN ISO 14175: Z - ArC - + NO 18/0,03
- Příprava svarových ploch: ČSN EN ISO 9692-1
- Vizuální kontrola svarů: ČSN EN ISO 5817: D
- Kvalifikace NDT pracovníků: ČSN EN 473: II
- Tolerance svařovaných konstrukcí: ČSN EN 1090-2: 2

3.5.3.2 Postup svařování jednotlivých dílů

Jednotlivý díl stožáru se skládá se 4 jednotlivých identických samostatných dílů a to pravý a levý boční díl, horní a dolní díl. Samotná výroba stožárového dílu nemá jednotný postup sestavení. Ten je rozdílný, dle konkrétního svářeče. To se týká i sestavení samotného přípravku. Po popis postupu výroby bylo vybráno pracoviště se zkušeným pracovníkem, který je v dlouhodobém horizontu schopen plnit normohodiny stanovené na výrobek. Svařování na tomto pracovišti probíhá podle následujícího postupu.

1) Sestavení pravého bočního dílu: samostatný díl

- Sestavení rohových úhelníků v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace pomocí sestavovacího přípravku. Ten se skládá z úhelníků, nabodovaných v požadovaných vzdálenostech na stojanech. K těmto úhelníkům jsou pomocí upínek přichyceny rohové úhelníky. Na začátku jsou rohové úhelníky vycentrovány pomocí trnu s otvorem na přípravku a upínkami k němu dotaženy.



Obr. 3-9 Ustavení bočního dílu do přípravku a rozmístění diagonál



Obr. 3-10 Místo pro vycentrování stožárového dílu s dorazem a bez dorazu

- Následuje sestavení diagonál, příček a plechu v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace pomocí sestavovacího přípravku a následné nastehování stehovým svarem a následným zavařením v poloze svařování PB: vodorovné shora. Ostatní svary z druhé strany stěny se vyhotovují až v další fázi, aby bylo zamezeno zbytečné manipulaci s dílem. Příčky se mezi rohové úhelníky vkládají se shodným založením z obou stran. Jejich umístění není z hlediska funkčnosti dílu tak důležité, jako umístění a rozteče děr v rohových úhelnících.
- Očištění okolí svarů pomocí úhlové brusky.
- Po svaření a očištění se hotová stěna stožáru uvolní z přípravku a pomocí jeřábu transportuje mimo přípravek, který je tímto připravený pro sestavení další stěny.

2) Sestavení levého bočního dílu: samostatný díl

- Sestavení rohových úhelníků v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace pomocí sestavovacího přípravku.
- Následuje upnutí do přípravku.
- Postup sestavení, svařování i čištění je vzhledem k souměrnosti stožáru a stejnému úběhu v obou stěnách shodný pro všechny čtyři stěny stožáru.
- Postup je tedy identický jako u předchozího dílu.



Obr. 3-11 Pravá a levá stěna stožárového dílu a jejich manipulace.

3) Sestavení spodní stěny: spojení pravého a levého bočního dílu

- Uchycení obou dílů do přípravku pomocí upínek.
- Následuje nasazení dvou horních částí přípravku. Ty jsou důležité vzhledem k deformacím vzniklým při svařování. Pokud by se spodní stěna s úhelníky svařila bez přípravku, došlo by k rozevření a deformacím stožárového dílu, které je nežádoucí a muselo by být odstraněno při následném svaření horní stěny.



Obr. 3-12 Horní prvky svařovacího přípravku.

- Sestavení diagonál a příček v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace pomocí sestavovacího přípravku a následné nastehování stehovým svarem a zavaření v poloze svařování PB: vodorovné shora
- Následuje zavaření horních svarů na obou bočních dílech v poloze svařování PB: vodorovné shora podle WPS 02/99 Fe, WPS 02/2006 Fe v poloze svařování PA
- Očištění okolí svarů pomocí úhlové brusky jak na svarech spodní stěny, tak na nových vnějších svarech bočních dílů.
- Stožárový díl se uvolní z přípravku a otočí o 180°

4) Sestavení horní stěny: dopojení stožárového dílu o poslední stěnu

- Uchycení stožárového dílu upínkami v přípravku
- Sestavení diagonál a příček v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace pomocí sestavovacího přípravku a následné nastehování stehovým svarem podle WPS 02/2011 Fe v poloze svařování PB: vodorovné shora
- Následuje zavaření horních svarů na obou bočních dílech v poloze svařování PB: vodorovné shora podle WPS 02/99 Fe, WPS 02/2006 Fe v poloze svařování PA
- Očištění okolí svarů pomocí úhlové brusky.

5) Dovaření prostorových diagonál v rámečku stožáru

- Zkontroluje se pravoúhlost svařovaného dílu pomocí změření úhlopříček horních a spodních rohů úhelníků.
- Nastehuje se a následně zavaří prostorová příčka v horní části rámečku stožárového dílu.

6) Dovaření „vnějších“ svarů na horní a spodní stěně

- Stožárový díl se uvolní z přípravku a pomocí jeřábu otočí o 90°
- Následuje zavaření vnějších svarů na horní a spodní stěně v poloze svařování PB: vodorovné shora podle WPS 02/99 Fe, WPS 02/2006 Fe v poloze svařování PA a očištění okolí svarů.
- Stožárový díl se opět otočí pomocí jeřábu o 180°.
Následuje zavaření vnějších svarů na horní a spodní stěně v poloze svařování PB: vodorovné shora podle WPS 02/99 Fe, WPS 02/2006 Fe v poloze svařování PA a očištění okolí svarů.

3.5.3.3 Popis stávajícího svařovacího přípravku

V současné době nejsou využívány univerzální šablony pro sestavení dílů. Pro výrobu v sérii se pro každý díl stožáru provede dočasný sestavovací přípravek. Ten se skládá z dorazů přivařených na svařovacích stolech. Tento přípravek se po použití odstraní. Úhelníky, ke kterým jsou jednotlivé rohové stojiny přichyceny, se musí pomocí úhlové brusky odbrousit,

případně doraz odstranit ranou zámečnickým kladivem. Samotné přestavování probíhá pomocí přivaření úhelníků nastehováním v požadované poloze.



Obr. 3-13 Upínka a dorazový úhelník.



Obr. 3-14 Přípravek s doraz. úhelníky



Obr. 3-15 Umístění rohových stojin do přípravku

Během svařování jsou dodržovány výše uvedené normy a předpisy. Po svaření jednotlivých dílů se provede vizuální kontrola svarů ve stupni D dle ČSN EN ISO 5817.

3.5.4 Povrchová úprava žárovým zinkováním

Finální povrchová úprava je tvořena zinkovým povlakem. Ten je na dílec nanášen tzv. žárovým zinkováním ponorem, které se oproti jiným protikorozním systémům vyznačuje specifickými nároky na konstrukční řešení součástí určených k pokovení. Zinkovaná součást je při této technologii ponořována do zinkové lázně o teplotě cca 450°C a při tom je vystavena nerovnoměrnému působení zvýšené teploty, kdy část pod hladinou se rychle prohřívá, zatímco část nad hladinou má teplotu prostředí. Proto na ni v průběhu ponořování do zinkové lázně působí významné vnitřní proměnné pnutí vyvolané tepelnou roztažností materiálu.

Žárové zinkování příhradové konstrukce probíhá v souladu s normou ČSN EN 1461 a požadavky dle směrnice DAST 022 se zaměřením na přípravu ocelové konstrukce před žárovým zinkováním, na zinkovou lázeň, rychlost ponoru a kontrolu po pozinkování. Díky tomu je zajištěna opakovatelnost a odpovídající kvalita.

U vstupního materiálu je vzhledem k povrchové úpravě potřeba hlídat nejen pevnostní, ale i jeho chemické charakteristiky, aby bylo dosaženo správného pozinkování. Zejména se jedná o obsah křemíku, který se musí pohybovat mezi 0,15 a 0,22 %, aby bylo dosaženo optimální tloušťky pozinkového povrchu. Tato skutečnost je zejména důležitá při zajištění výroby pomocí kooperace, kdy by kromě pevnostní charakteristiky vstupního materiálu měl být předán i požadavek na obsah křemíku.

Pozinkování se rovněž provádí v kooperaci a firma nedisponuje vlastní technologií pro žárové zinkování ponorem. Jedná se tedy o činnost, kterou nejsme schopni ovlivnit, ale z hlediska zabezpečení jakosti je celý proces nazinkování dílů kontrolován a je vystaven protokol dokladující správnost zinkování dle ČSN EN 1461, který je dodán zákazníkovi spolu s dodávkou zboží.



Obr. 3-16 Prostor paletizace s finálními pozinkovanými výrobky

4 Analýza problematických míst z pohledu časové náročnosti

4.1 Výběr vhodného úseku výroby z hlediska nasazení racionalizačních opatření.

Jako nevhodnější výrobek pro nasazení racionalizačních opatření byl v kapitole 3.4 zvolen „Díl 2- 13,5/40N“. Nyní je potřeba analyzovat, v jakém kroku samotné výroby stožárového dílu je vhodné aplikovat racionalizační opatření, které by odstranilo největší ztráty z hlediska času. Pro tento účel nejlépe poslouží výrobní postup daného dílu s normohodinami, které slouží k plánování výrobních kapacit a jako podklad pro výrobu samotnou. Je patrné, že největší podíl práce při výrobě stožárového dílu je vykonáván na pracovišti svařovny. Konkrétně se jedná o 80% z celkového času potřebného k výrobě stožárového dílu. Tabulka s výrobním postupem obsahuje i názvy jednotlivých pracovišť a popis operací.

Č. oper.	Popis operace	Č. pracoviště	Popis pracoviště	Zastoupení v celkovém času výroby	Koeficient strojní v min.	Přípravný čas strojní v min.	Celkový čas v min.	Poznámky	Poz.	Ks.	Počet prac.
10	Sdružené DSC	511	VERNET VP 124 NG	6,12%	14,898	16,02	30,918	Děrovat 10xD17,5mm; číslavat: 13,5-40Z-2; stříhat L 100x100x8 (S355) na dl.4653mm.	1	4	1
20	Sdružené DSC	511	VERNET VP 124 NG	3,09%	3,6	12	15,6	Stříhat L 35x35x4 (S355) : - dl.513mm-poz.2 (4ks) - dl.760mm-poz.3 (1ks). Na poz.2 vyrazit popis XX-EON, kde XX je posl. dvojčíslí roku výroby.			1
30	Sdružené DSC	511	VERNET VP 124 NG	6,38%	16,2	16,02	32,22	Stříhat L 50x50x4 (S355) : - dl.950mm-poz.4 (4ks). - dl.995mm-poz.5 (4ks). - dl.985mm-poz.6 (4ks). - dl.990mm-poz.7 (4ks). - 1xD11mm;dl.1005mm-poz.8 (4ks).-dl.960mm-poz.9 (4ks).			1
40	Stříhání	506	NŮŽKY TRUMPH	3,49%	5,652	12	17,652	Stříhat plechy na rozměry : Fe 8 (S355) :-65 x 100 mm-poz.10 (4ks).-65 x 90 mm-poz.11 (4ks)-1 x sestřih.			1
50	Rovnění	510	LIS HYDR. ZH 160 RE	0,79%	1,902	2,1	4,002	Přerovnat plechy po stříhu			1
60	Svařování CO2	601	SVAŘOVNA DÍLU	80,14%	385,002	19,98	404,982	Úkosovat plechy poz.10; 11 pro V svary;po svaření přebrousit.Sestavit a svařit díl stožáru;očistit svary. 3|\ - 11,5m; 4\| -1,5m.		1	1
							CELKOVÝ ČAS	505,374	(8,4229 hodiny)		

Tab. 4-1 Zastoupení jednotlivých procesů při výrobě „Díl 2- 13,5/40N“

Racionalizační opatření bude tedy vhodné aplikovat na proces samotného sestavování dílu stožáru ve svařovně. Proces přípravy jednotlivých prvků na děrovacích lisech, či stříhání plechů zaujímají v celkovém objemu minoritní podíl 20%. V další části DP se tedy budeme soustředit pouze na procesy, které jsou vykonávány ve svařovně.

4.2 Použití zvolené metody časové studie

Pro analýzu problematických míst z pohledu časové náročnosti je použita zjednodušená metoda snímku průběhu práce výroby příhradového stožáru. Snímek průběhu práce je zaznamenán v přehledné tabulce, ve které je zaznamenáván pouze čas práce, bez podmíněně či obecně nutných přestávek. Ty jsou z hlediska vykonávání práce nutné i při případné změně výroby či přístupu ke kompletaci stožárového dílu. Zároveň není zohledněna vizuální kontrola svarů a rozměrů, pracovníka technické kontroly, jehož práce by byla rovněž nutná i při změně výrobního postupu, případně nasazení nového přípravku. Cílem časové analýzy je vybrat výrobní operace, které je možné z hlediska ztrát racionalizovat. Ať už z pohledu samotného času výroby, nebo z hlediska ztrátových časů při vykonávání nadbytečných pohybů.

Zároveň jsou jednotlivé činnosti rozděleny na případ, kdy představujeme přípravek a na samotné sestavování stožárového dílu. První tabulka je snímkem průběhu práce při přestavení stávajícího přípravku na nový stožárový typ a druhá tabulka je samotným snímkem průběhu práce při výrobě stožárového dílu.

V Následujících tabulkách jsou zaznamenány jednotlivé výrobní operace a potřebný čas na jejich vykonání. Ta byla vytvořena na základě pozorování zkušeného pracovníka, který má se svařováním příhradových stožárů dlouholeté zkušenosti.

SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE		
PŘESTAVENÍ STÁVAJÍCÍHO PŘÍPRAVKU NA NOVÝ STOŽÁROVÝ TYP		
Popis pracovní operace	Čas v min.	Součet
Prostudování výkresové dokumentace	10	10
Odsekání, odbroušení stávajících úhelníků	9	13
Odřezání zarážek s otvory pro vystředění roh. Úhelníků	4	
Rozměření nového přípravku dle výkresové dokumentace	14	59
Úprava otvorů	7	
Nové nabodování úhelníků	23	
Kontrola rozměrů	7	
Úprava nových horních spojovacích prvků přípravku	8	59
Změna stávajícího přípravku na nový typ stožárového dílu	celkem	82

Tab. 4-2 Snímek průběhu práce přestavení přípravku ve svařovně

SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE			
VÝROBA STOŽÁROVÉHO DÍLU 2- 13,5/40N			
Popis pracovní operace	Čas v min.	Součet	
Prostudování výkresové dokumentace, příprava	10	10	
Příprava, úkosy plechů.	7	7	
1. stěna ustavení úhelníků do přípravku.	4	73	
Nasazení a dotažení upínek	5		
Rozměření a rozmístění diagonál	9		
Nabodování diagonál a plechů	12		
Kompletní zavaření diagonál	29		
Čištění svarů	8		
Uvolnění stěny z přípravku a transport	6		
2. stěna ustavení úhelníků do přípravku.	4		
Nasazení a dotažení upínek	4		70
Rozměření a rozmístění diagonál	8		
Nabodování diagonál a plechů	12		
Kompletní zavaření diagonál	27		
Čištění svarů	8		
Uvolnění stěny z přípravku a transport	7		
3. stěna ustavení úhelníků do přípravku.	5		
Nasazení a dotažení upínek a horního spoj. Dílu	6		
Rozměření a rozmístění diagonál	8	92	
Nabodování diagonál a plechů	13		
Kompletní zavaření diagonál	29		
Svary vnější, na bočních stěnách spodní	12		
Čištění svarů	12		
Uvolnění stěny z přípravku a otočení	7		
4. stěna ustavení úhelníků do přípravku.	5		
Nasazení a dotažení upínek	5		
Rozměření a rozmístění diagonál	7		105
Nabodování diagonál a plechů	12		
Kompletní zavaření diagonál	32		
Svary vnější, na bočních stěnách spodní	17		
Dovaření prostorové příčky	6		
Čištění svarů	13		
Uvolnění stěny z přípravku a otočení o 90°	8		
Svary vnější, na bočních stěnách spodní	12	22	
Čištění svarů	6		
Transport a otočení o 180°	4		
Svary vnější, na bočních stěnách spodní	12	22	
Čištění svarů	5		
Transport mimo svařovnu	5		
Čas výroby stožárového dílu	celkem	401	

Tab. 4-3 Snímek průběhu práce ve svařovně „Díl 2- 13,5/40N“

4.3 Zhodnocení získaných informací

4.3.1 Svařování

Z tabulky je patrné, že největší podíl práce zabírá samotný proces svařování. Ten byl podrobně popsán v kapitole 3.3 a vzhledem ke zvolené metodě a částečné automatizaci procesu nelze už z hlediska časové úspory předpokládat zásadní zlepšení. Použití svarového drátu, jeho rychlost a nastavení parametrů svařovacího zařízení jsou doporučeny oddělením svařovacího dozoru pomocí tzv. specifikace postupu svařování (WPS). Specifikace postupu svařování je dokument, který definuje jednotlivé proměnné (např. svařovací proud a napětí, rychlost podávání drátu, průtok ochranného plynu, apod.) pro danou svařovací metodu, materiál, typ svaru a další tak, aby byla zajištěna opakovatelnost. WPS použité při výrobě by měly být podloženy dokumentem kvalifikace postupu svařování (WPQR), který vydává certifikovaný orgán na základě pWPS (tedy předběžné WPS) a na základě výsledků destruktivních zkoušek svarového spoje [12]. Z tohoto důvodu nelze předpokládat změnu parametrů, které by vedly ke zrychlení daného procesu. Tento postup vyžaduje norma ČSN EN 1090-1 (732601), Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí, podle které je celý proces zhotovení od návrhu, samotnou výrobu, kontrolu a dodávku k zákazníkovi certifikován.

4.3.2 Přípravek

Proces, který vyžaduje naši pozornost, je výroba, případně úprava přípravku na svařování. Vzhledem k časté změně požadavků ze strany zákazníka je tento proces opakován a mnohdy znamená ztrátový čas. Vzhledem k minimální znalosti budoucích požadavků zákazníka se pravidelně stává, že stožárové díly, které se vyrábějí v opakujících se intervalech, při kterých ale již dojde ke změně přípravku na jiný typ stožárového dílu. Vzhledem k omezenému počtu svařovacích pracovišť není možné přípravky nechat trvale připravené, ale často dochází k jejich úpravě. Pokud svářeč věnuje čas přesnému nastavení přípravku, který v zápětí musí změnit na jiný druh a následně obdrží požadavek na výrobu původního typu stožárového dílu, je tato situace z jeho pohledu těžko akceptovatelná. Ztráty jsou zde jasně patrné a při stávajícím přístupu je nelze odstranit. Z hlediska přípravy a organizace výroby není možné předpovídat požadavky ze strany zákazníka a proto by bylo vhodné změnit koncept stávajících dočasných přípravků na přípravek, který by bylo možné v krátkém čase přestavět na výrobu jiného stožárového dílu, bez nutnosti svařování či broušení. Tento „univerzální“ přípravek by nejen ušetřil čas při přípravě, ale zároveň by pomohl i méně zkušeným svářečům. V současné době je konstrukce přípravku plně na zodpovědnosti konkrétního svářeče a přístupů k jejich realizaci je víc. Pro výrobu je důležitý samotný výsledek konkrétního stožárového dílu a přípravek nechá v kompetenci výrobního dělníka.

4.3.3 Organizace práce

Dalším výrobním procesem, který je do značné míry závislý na konkrétním pracovníkovi, je příprava před samotným svařováním. Vhodným způsobem připravené diagonály stožáru, nebo položení upínek je zásadní k vykonávání minimálních pohybů. Vhodné umístění konkrétních diagonál pod svařovací stojany pomáhá minimalizovat čas na jejich následné umístění. Samotné rozmístění diagonál není z hlediska funkce stožáru zásadní a jejich délka a tzv. „založení“, což je vzdálenost přesahu na rohovém úhelníku, která do značné míry konkretizuje jejich umístění bez nutnosti přesného rozměrování.

4.3.4 Kontrolní operace

Z hlediska funkčnosti dílce jsou důležité zejména rozměry mezi otvory ve stěně stožáru a rovněž to, zda není stožárový díl skroucený. Tato vlastnost se na dílci kontroluje pomocí změření obou úhlopříček mezi špičkami rohových úhelníků. Při vzájemné shodnosti obou úhlopříček lze stožárový díl považovat za rovný. Měření roztečí otvorů ve stěně stožárového dílu, mezi dvěma rohovými úhelníky, je pro výstupní kontrolu rovněž nezbytná. Tato operace se provádí v obou základnách stožárového dílce. Kontrolní činnost je důležitá zejména na začátku výroby, při výrobě první stěny a přípravě svařovacího přípravku. Správnost ustavení dorazů a vymežovacích otvorů se plně projeví až při dovaření poslední stěny a proměření výše zmíněných kontrolních rozměrů.

4.3.5 Manipulace

Další procesy jako je manipulace, případně broušení svarů jsou z hlediska použitého času minimální a nevyžadují úpravu stávajícího stavu. Prostoje z důvodu obsazenosti jeřábu nelze vzhledem k jejich častému využití na jednotlivých pracovištích nijak ovlivnit. Stejný stav by nastal i při změně procesu výroby a jediným řešením by bylo zvýšit počet manipulačních zařízení.

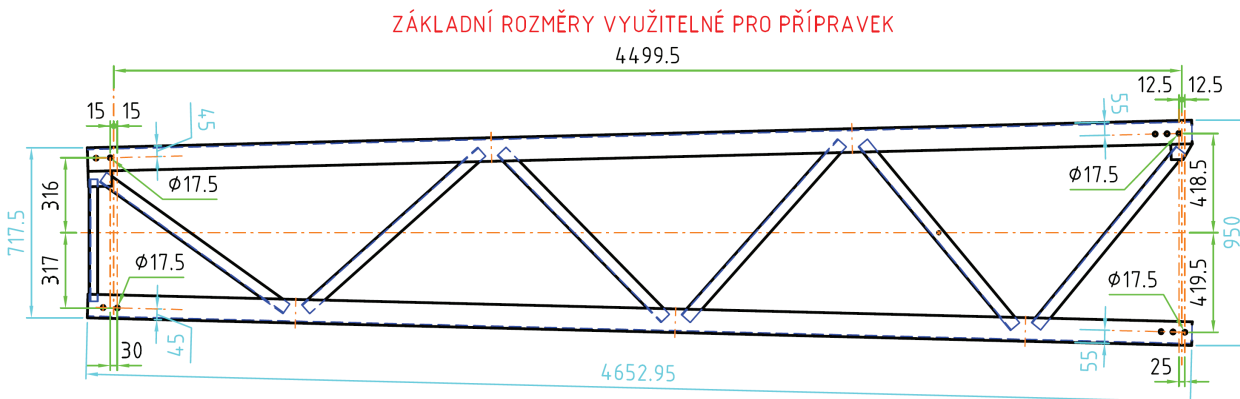
5 Návrh inovačního konstrukčního řešení včetně výrobního postupu

5.1 Přestavitelný přípravek

5.1.1 Volba konstrukce přípravku

Ze získaných informací vyplývá několik oblastí, ve kterých je možné díky změně přístupu zkrátit výrobní časy, případně celý proces zefektivnit. Zásadní je zejména opětovná tvorba pevného, nepřestavitelného přípravku, který sice plní svou funkci, ale čas na jeho přípravu a použitá technologie přestavby nejsou optimální. Problém by vyřešil přestavitelný přípravek, který by do značné míry ušetřil čas a energii. Přípravek by bylo možné využít na svařování úběhových dílů všech nabízených typů stožárů 22 kV, s omezením velikosti šroubového spoje v rohovém úhelníku na M16, délky stožárového dílu 5 m a šířce max. 1,35m. Jedná se zejména o stožárové typy s max. vrcholovou silou 40 kN.

Základní rozměry stožárového „Dílu 2- 13,5/40N“, které využijeme při konstrukci přípravku, jsou vyobrazeny na následujícím obrázku.



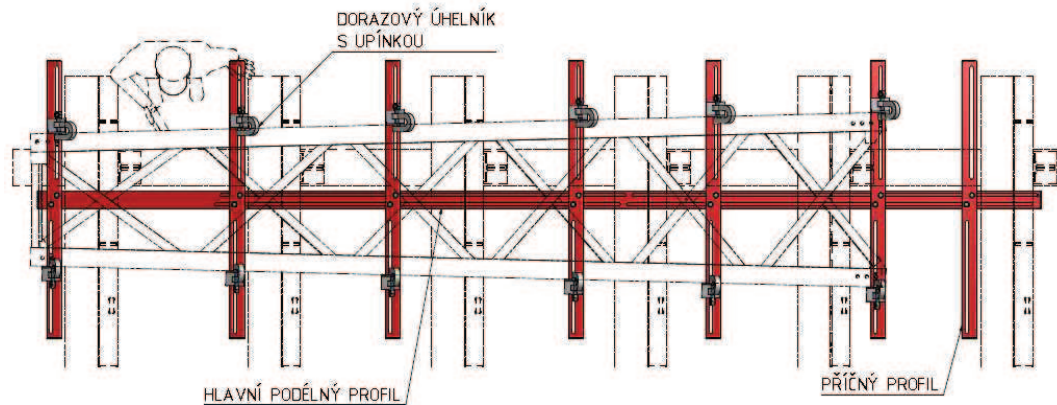
Obr. 5-1 Rozměry „Dílu 2- 13,5/40N“, včetně roztečí otvorů pro konstr. přípravku

Jedná se zejména o otvory v rohových úhelnících, které slouží k sešroubování jednotlivých dílů. Ty budou vhodné pro přesné ustavení polohy rohových stojin.

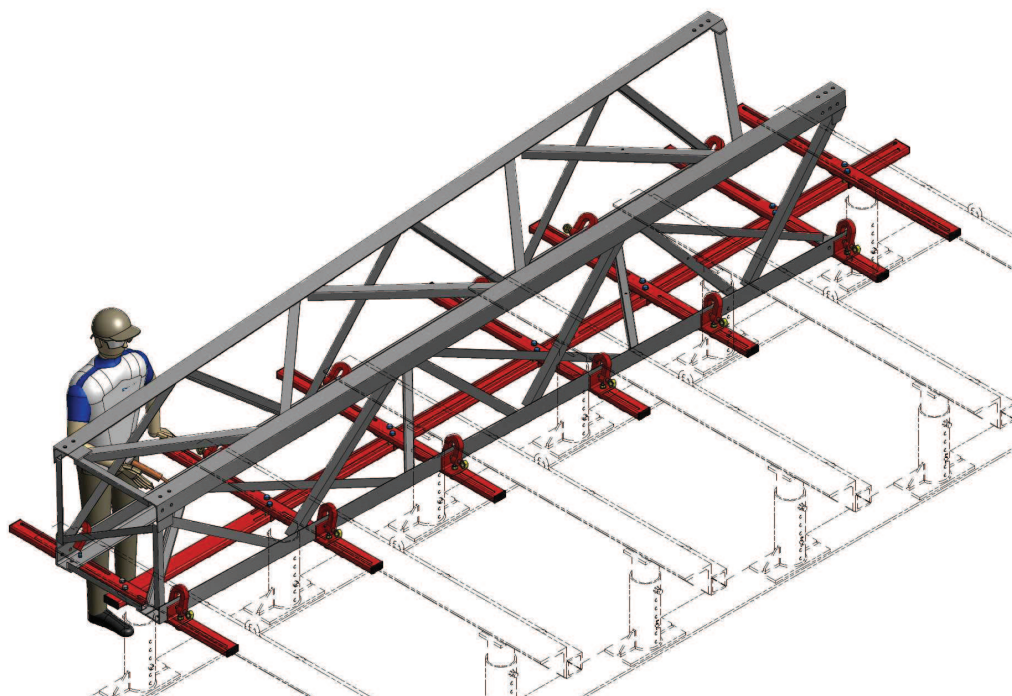
Pro přestavitelnost přípravku se nabízí možnost využití šroubového spoje, který by byl pro daný účel vhodnější, než proces svařování a následného odbroušení. Oba tyto procesy vyžadují po pracovníkovi nasazení osobních ochranných pomůcek, jsou energeticky daleko více náročné a zatěžují okolí nebezpečnými emisemi. Jedná se zejména o ultrafialové záření od svařování a hluk, prach a vibrace vznikající při broušení. Důležitým aspektem hovořící pro šroubový spoj je rovněž absence zbytkového tepla, které vzniká při svařování. Proti šroubovému spoji hovoří jeho nižší tuhost, která je eliminována dvojím systémem uchycení.

5.1.2 Konstrukce přípravku

Přípravek bude tvořen jeklovými profily. Skládá se z hlavního nosného jeklového profilu 100x40x4, který je přivařen (nastehován) ke stojanům. V profilu jsou vyfrézovány podélné drážky, díky kterým je možno plynulé přestavení příčných profilů. Hlavní krajní příčný profil nemusí být přestavitelný, protože je brán jako základna pro všechny stožárové typy. Je ale rovněž k hlavnímu profilu přišroubován, aby byla umožněna jeho výměna v případě jiných roztečí krajních otvorů v rohovém úhelníku.

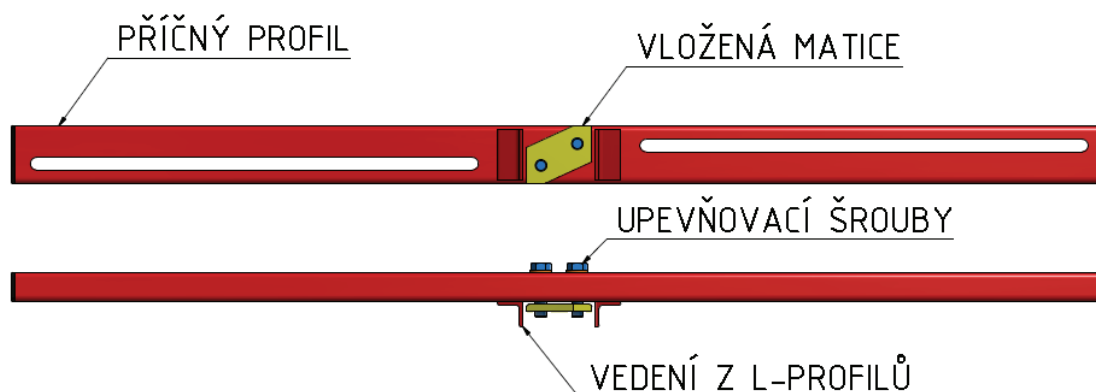


Obr. 5-2 Půdorysný pohled na přípravek

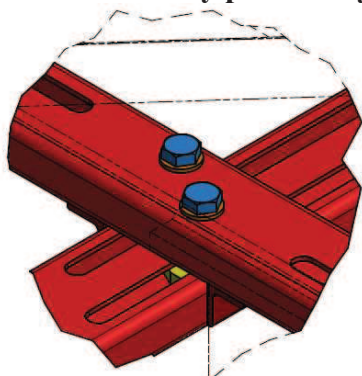


Obr. 5-3 Izometrický pohled na přípravek s vloženým stožárovým dílem.

Příčné profily jsou vyrobeny z jeklového profilu 80x40x4. Samotné spojení obou hlavních prvků je umožněno pomocí dvojice diagonálně umístěných šroubů, které se zašroubují do speciální matice. Ta je vložena v podélném hlavním profilu a je společná pro oba šrouby. Dotažením šroubů dojde k přitáhnutí matice k horní přírubě podélného profilu a tím k aretaci celého spoje. Matice má na šířku rozměr podélného profilu a spolu se zaoblením kopíruje jeho vnitřní rádius. Tím dojde při dotažení ke zpevnění celé dosedací plochy. Aby nedocházelo k otěru šroubové hlavy o profil, je spoj doplněn o podložky. Při povolení je umožněn posuv příčných profilů po profilu podélném. Aby zůstal zachován pravý úhel, mezi podélným a příčnými profily, je vždy na příčném profilu navařeno vedení z rovnoramenných profilů L35x5, které vymezují jeho polohu. Všechny jeklové profily jsou opatřeny plastovými krytkami.



Obr. 5-4 Příčný profil se systémem zajištění

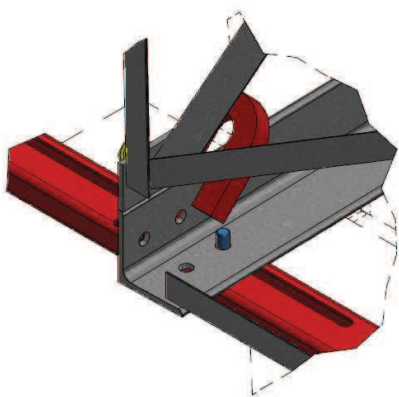


Obr. 5-5 Detail napojení hlavního a příčného profilu

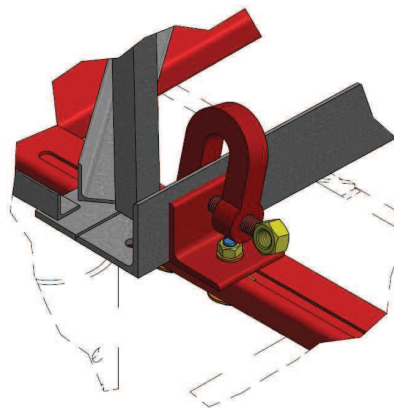
Příčný profil má vyfrézovány dvě podélné drážky v horní i spodní stěně. Ty jsou vzájemně posunuty o 25, nebo 30 mm. Posunutí 25 mm je dáno pro spodní styk, se šroubovou osou od hřbetu úhelníku 55 mm a posunutí 30 mm je pro horní styk, se šroubovou osou od hřbetu úhelníku 45 mm. Drážky jsou primárně určeny pro centrovací šrouby, na které je nasazen rohový profil stožárového dílu. Díky vystředění krajních otvorů stožáru a tak dosaženému přesnému umístění montážních otvorů zaručujeme smontovatelnost styku.

Tyto drážky slouží k uchycení úhelníku, ke kterému je pomocí upínky přichycena rohová stojina stožáru. Princip uchycení je založen na šroubovém spoji s vloženou maticí, podobně jako v případě uchycení podélného a příčného profilu. V jeklovém profilu je vložena matice, která kopíruje svým tvarem jeho vnitřní rozměr. Po dotažení šroubu dojde k jeho aretaci a k celkovému zpevnění spodní stěny jeklového profilu. Závitová část šroubu přesahuje přes

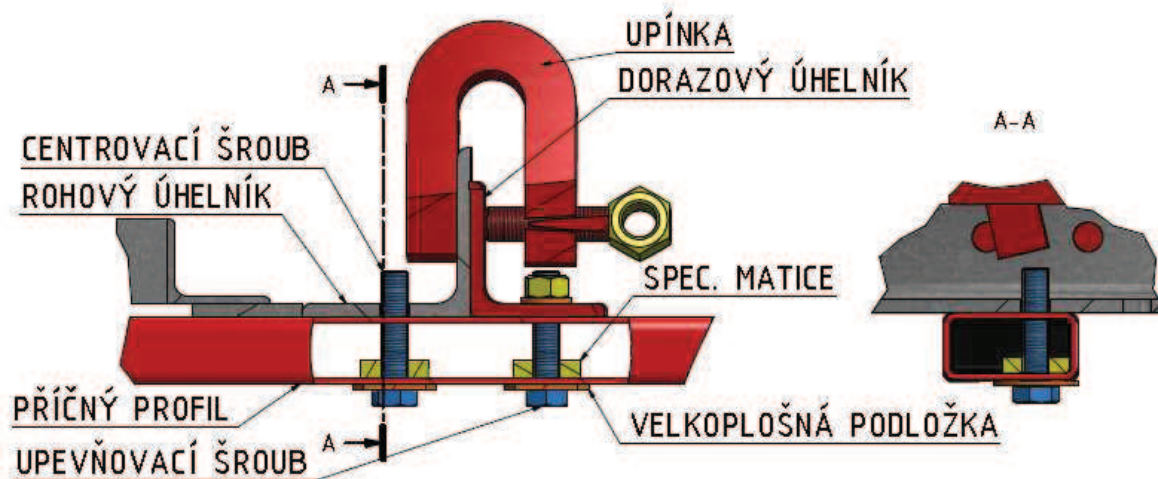
horní drážku a díky tomu je možné pomocí matice k němu uchytit rovnoramenný úhelník L80x8. Ten lze natočit ve směru úběhu stožárové stěny a pomocí dotažení matice zafixovat. Důležitá je pro celkovou tuhost přípravku právě dvojice uchycení na horní i spodní straně jeklového profilu. Po dotažení šroubového spoje dojde ke zpevnění obou stěn, které jsou jinak zeslabeny vyfrézovanou drážkou.



Obr. 5-6 Uchycení, pohled zevnitř stožáru



Obr. 5-7 Uchycení, pohled vně stožáru



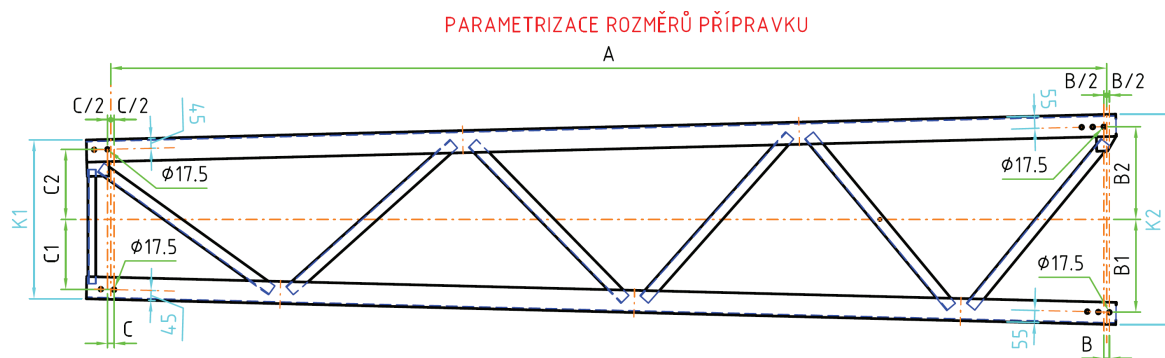
Obr. 5-8 Celková sestava uchycení stožárového dílu (centr. šroub, úhelník, upínka)

Přípravek jako takový nebude opatřen povrchovou ochranou. Vzhledem k technologii svařování uvedené v kapitole 3.3, je potřeba zajistit vodivé spojení mezi jednotlivými prvky přípravku. Jen tak je možné zajistit vznik elektrického oblouku mezi výrobkem a svařovacím hořákem.

5.1.3 Parametrizace přípravku

Přestože byl učiněn výběr nejvhodnějšího dílu pro racionalizaci, podporování konstrukcí přípravku je možné a vhodné konstruovat tak, aby vyhověl při výrobě širšího sortimentu dílů. Pro tyto potřeby je vhodné základní rozměry přípravku parametrizovat a tím zjednodušit jeho přestavitelnost.

Díky novému přípravku jsme schopni jednoduše upravovat pracoviště pro potřebu výroby různých variant stožárových dílů. Rozteče a sklon rohových úhelníků je možné díky šroubovým spojům efektivně změnit. Parametrizované základní rozměry jsou patrné na následujícím obrázku.



Obr. 5-9 Parametrizace roztečí otvorů pro přípravek

Pod jednotlivé parametry (A, B, B1, B2, C, C1, C2) se zahrnou do přehledné tabulky všechny stožárové dílce se shodným přírůstkem, vzdálenostmi šroubových os a průměrem otvorů. Rozměr A reprezentuje osovou vzdálenost os obou příčných profilů. Rozměry B a C jsou vzájemné posunutí drážek v příčném profilu. Vzdálenosti B1-C2 udávají osové rozestupy centrovacích kolíků, pro nasazení rohových úhelníků. Rozměry K1 a K2 jsou kontrolní rozměry vzdáleností špiček obou rohových úhelníků v horní i dolní části svařovaného dílu.

Pro názornost je vytvořena tabulka se čtyřmi vzorovými stožárovými díly a vyplněnými parametry. Tabulka kromě ustavovacích rozměrů přípravku rovněž obsahuje název dílu a číslo výrobního výkresu pro snadnou orientaci.

Z tabulky je patrné využití dvou základních rozměrů příčných lišt s posunutím drážek 25 nebo 30 mm (rozměry B,C), pro různé vzdálenosti vrtaných otvorů od hřbetu rohového úhelníku (45,55 mm).

OZNAČENÍ STOŽ. DÍLU	ČÍSLO VÝKRESU	A	B	B1	B2	C	C1	C2	K1	K2
DÍL 2- 13,5/40Z	2-409356	4499,5	25	419,5	418,5	30	317	316	717,5	950
DÍL 2- 21-24/30N	2-409346	5780	25	455,5	455	30	317	316	717,5	1012,5
DÍL 3- 24/30N	2-409572	5717	25	603	602,5	25	460	459,5	1012,5	1307,5
DÍL 3- 18/30N	2-409568	3036	25	531	530,5	25	455	454,5	1012,5	1173,5

Tab. 5-1 Tabulka s parametry nastavení přípravku pro vybrané stožárové díly

Jednotlivé výrobní výkresy všech prvků přípravku jsou součástí této DP a jsou k ní doloženy v přílohách. Pro úplnost je zde uveden jejich seznam.

- Příloha 5: DP-S-001_SESTAVA_A0
- Příloha 6: DP-S-001-3_RÁM_A3
- Příloha 7: DP-S-001-5_UPEVNŮVACÍ ÚHELNÍK_A3
- Příloha 8: DP-S-001-9_CENTROVACÍ ŠROUB_A4
- Příloha 9: DP-S-001-3-1_PŘÍČNÍK_A2
- Příloha 10: DP-S-001-3-2_PŘÍČNÍK HLAVNÍ_A2
- Příloha 11: DP-S-001-3-3_HLAVNÍ NOSNÝ PROFIL_A3

5.2 Výrobní postup

5.2.1 Stávající stav

V současné době pro výrobu existuje pouze velmi zjednodušený výrobní postup, uvedený v Tab. 4-1. Ten pouze pracovníkovi ukládá díl svařit dle výkresové dokumentace a svary začistit. Na zkušenostech dělníka je jak kompletní příprava, včetně sestavení šablony, tak samotný výrobní postup se všemi jednotlivými kroky. Zde se ukazuje, že zejména noví pracovníci, nejsou schopni plnit předepsanou normu. Zbytečné pohyby a manipulace s dílem neumožňují efektivní využití pracovní doby a způsobují ztrátové časy. Nejsou vedeny podrobné statistiky v tomto směru, ale díky systému odměňování pracovníků, jsou k dispozici záznamy odhlášených hodin na výrobu konkrétních dílů, ze kterých lze zkonstatovat, že 30% pracovníků stráví na výrobě sledovaného svařence mezi 105-115% normovaného času. Zbývající svářeči plní normohodiny v hodnotách předepsaných oddělením technologie.

Jak bylo popsáno v kapitole 4.1, podrobný pracovní postup je potřeba pouze pro pracoviště svařovny, protože ostatní pracoviště jsou z hlediska celkové spotřeby času marginální a zrychlení výroby by přineslo minimální efekt.

5.2.2 Podrobný výrobní postup

Řešením je tedy zavedení podrobnějšího výrobního postupu, který by dělníkovi nařizoval dodržovat sled jednotlivých operací a pomohl mu minimalizovat zejména zbytečnou manipulaci s dílcem.

1) Příprava před svařováním.

Před samotným sestavením přípravku je nutné navést příslušný materiál do svařovny. Před zahájením práce si svářeč přeměří délky diagonálních úhelníků a připraví si je do prostoru mezi svařovací stojany, přibližně pod jejich umístění v tělese stožárové stěny. Vždy podélně se stojanem, aby případně nevadily v přístupu svářeče mezi stojany. Vždy se jedná o čtyři kusy dané délky pro konkrétní umístění, pro každou stožárovou stěnu jeden kus. Rohové úhelníky si připraví vždy dva na každou stranu svařovacích stojanů. Následuje příprava úkosů pro V svar na plechách pro krajní diagonály. Ty si svářeč rovněž umístí na stojany, blízko místa jejich budoucího zavaření, zpravidla na začátek a konec stožárového dílu. Všechna tato opatření pomáhají minimalizovat následné manipulační časy a odstraňují časy ztrátové.

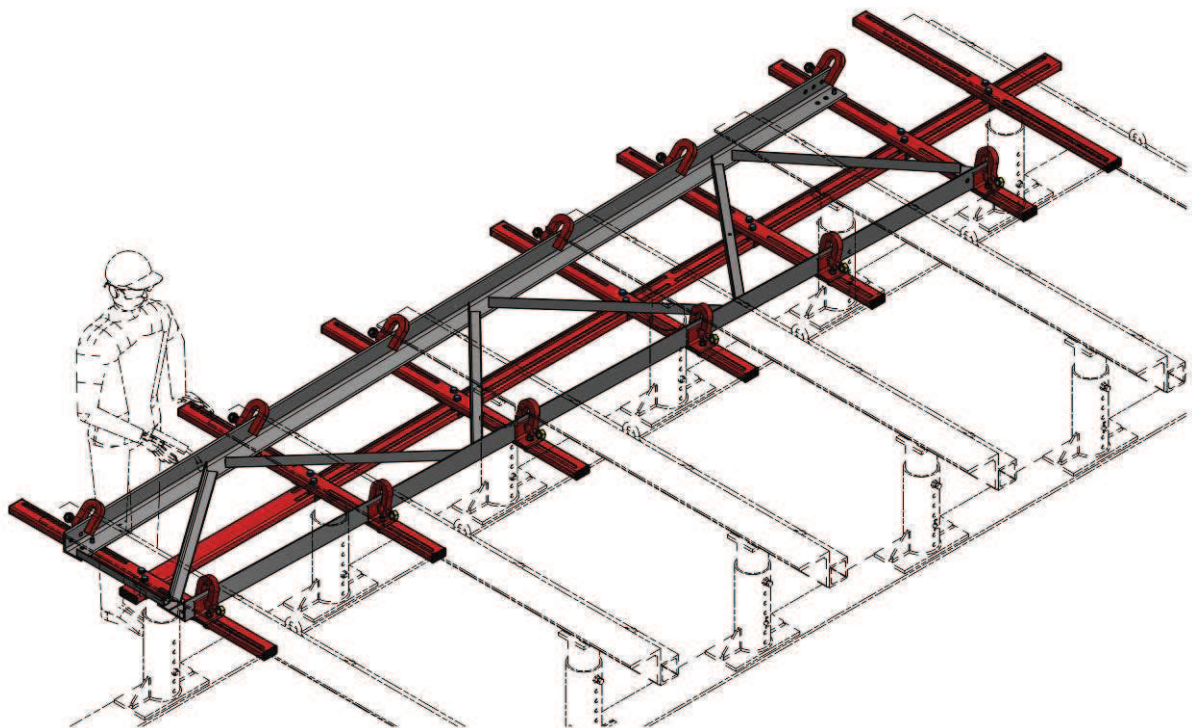
2) Ustavení přípravku

Pomocí tabulky s parametry (A, B, B1, B2, C, C1, C2) přestaví svářeč centrovací šrouby. Nasadí rohové úhelníky a provede ustavení krajních L profilů, které v požadované poloze zafixuje šroubem a pomocí upínek ustaví rohový úhelník do přípravku. Před samotným upnutím rohových úhelníků musí být provedena kontrola jejich rovnosti. Pokud je úhelník vyhnutý, musí se přednostně zařadit operace rovnání. Ta je provedena pomocí lisu. Rovnání se ale zpravidla provádí před navařením L profilů do svařovny a je případně zařazeno po kontrolní operaci za děrovacími lisu. Pokud nasadíme rovné rohové L profily do přípravku, rozmístíme příčnicku po cca. 1 m a dorazí L profily k rohovým úhelníkům a zajistit šroubem. Rohové profily se k nim přichytí pomocí upínek. Díky těmto upnutím v celé délce profilu nedochází k jeho deformaci při navařování diagonálních příček. Provede se kontrolní rozměry (K1 a K2) a proměří délky úhlopříček. Pokud jsou obě míry shodné, je stožárový díl správně vyrovnaný a můžeme přistoupit ke kompletaci. Ustavení přípravku je nutné pouze při sestavování první stěny. Pro zavaření ostatních 3 stěn je již šablona ustavena, a pokud nedojte k jejímu poškození, je schopna plnit svou funkci opakovaně, bez nutnosti opětovného

přeměrování. Poškození šablony je možné zejména díky využívání jeřábu k manipulaci s dílem. Ten má nosnost 5 tun, a pokud svářeč neodstraní před manipulací všechny upínky, existuje zde reálná možnost svařovací přípravku poškodit.

3) Sestavení pravého a levého samostatného bočního dílu

Postup, který bude následovat, je shodný pro levou i pravou samostatnou stěnu stožárového dílu. Výkresová dokumentace je shodná pro všechny čtyři stěny stožárového dílu. Pokud jsme v předchozí fázi ustavovali přípravek, máme již upnuté obě rohové stojiny. Pokud se jedná o výrobu dalších dílů stejného stožárového typu, založíme rohové stojiny do přípravku a dotáhneme upínkami k úhelníkům. Následuje sestavení diagonál, příček a plechů. Ty jsou připraveny mezi stojany. Díly vezmeme a ustavíme dle výkresové dokumentace a nastehujeme stehovým svarem podle WPS 02/2011 Fe, v poloze svařování PB: vodorovné shora. Dále se všechny diagonály a příčky ovaří svarem v poloze svařování PB: vodorovné shora podle WPS 02/99 Fe a WPS 02/2006 Fe v poloze svařování PA. Diagonály a příčky jsou na rohových úhelnících usazeny se shodným přesahem na obou stranách. Jejich délka určuje polohu ve svařenci a případná nepřesnost nemá zásadní vliv na funkci vyrobeného dílu. Z tohoto pohledu je daleko důležitější umístění a vzdálenost funkčních otvorů v rohových úhelnících. Po zavaření se díl očistí úhlovou bruskou v okolí provedených svarů. Dále svařenec uvolníme, upínky se umístí vedle uchycovacích L profilů pro následné rychlé upnutí další stěny a jeřábem se celý díl transportuje mimo svařovací stojany, do vymezeného prostoru co nejbližší původnímu místu, ale tak, aby nepřekážel v přístupu k pracovišti. V případě svaření druhé stěny stožárového dílu netransportujeme díl mimo stojany, ale pouze jej otočíme o 90° a znovu upneme do přípravku.



Obr. 5-10 Svaření samostatné stěny upnuté v přípravku.

4) Sestavení spodní stěny pomocí spojení pravého a levého bočního dílu

Do přípravku se upnou oba boční díly a zafixují pomocí upínek. Následuje nasazení dvou horních částí přípravku. Jedná se o spojovací kusy, které jsou důležité proto, aby zabránili deformacím vzniklým při svařování. Pokud by se spodní stěna s úhelníky svařila bez přípravku, došlo by k rozevření a deformacím stožárového dílu, které je nežádoucí a muselo by být odstraněno při následném svaření horní stěny. Stožárový díl by se do přípravku musel stahovat a upínal by se již deformovaný, s nežádoucím pnutím. Následuje sestavení diagonál a příček v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace stehovým svarem podle WPS 02/2011 Fe, v poloze svařování PB: vodorovné shora. Dále se všechny diagonály a příčky ovaří svarem v poloze svařování PB: vodorovné shora podle WPS 02/99 Fe a WPS 02/2006 Fe v poloze svařování PA. Následuje zavaření horních svarů na obou bočních dílech dle stejných WPS. Dalším krokem je čištění okolí svarů pomocí úhlové brusky jak na svarech spodní stěny, tak na nových vnějších spodních svarech bočních dílů. Poté se stožárový díl se uvolní z přípravku a otočí o 180°.

5) Sestavení horní stěny spojením stožárového dílu o poslední stěnu a dovaření prostorových diagonál v rámečku stožáru

Stožárový díl se upne do přípravku. Následuje ustavení diagonál a příček v požadované vzdálenosti od sebe podle výkresové dokumentace, nastehování a svaření dle shodného postupu, jako v předchozích případech. Zkontrolujeme pravoúhlost svařovaného dílu pomocí změření úhlopříček horních a spodních rohů úhelníků v obou čelech svařence. Nastehuje se a následně zavaří prostorová příčka v horní části rámečku stožárového dílu. Poté se zavaří horní svary na bočních stěnách. U všech nově provedených svarů se očistí okolí svarů úhlovou bruskou. Stožárový díl se uvolní z přípravku a pomocí jeřáb otočí o 90°.

6) Dovaření „vnějších“ svarů na horní a spodní stěně

Následuje zavaření vnějších horních svarů na spodní stěně dle shodného postupu WPS. Stožárový díl se opět otočí pomocí jeřábu o 180°. Poté pokračujeme zavařením vnějších horních svarů na horní stěně. Finální operací je očištění okolí svarů pomocí úhlové brusky.

7) Kontrola a systém řízení jakosti

Z hlediska norem řady ISO 9001 a zavedenému systému řízení kvality je každý svařenec kontrolován nejprve samotným pracovníkem, následně pracovníkem oddělení technické kontroly (OTK) a předán kooperátorovi, který zajistí externí povrchovou úpravu žárovým zinkováním dle ČSN EN 1461. Poté ještě dochází v paletizaci namátkové kontrole vybraných dílů pracovníkem nezávislého oddělení řízení jakosti (OŘJ), který je zodpovědný za kontrolu kvality před finální dodávkou zákazníkovi. Toto oddělení rovněž přijímá vstupní materiál a zodpovídá za jeho jakost. Zároveň zajišťuje kompletní dokumentaci řízení kvality dodávanou spolu s výrobkem. Zejména se jedná o atesty na materiál, protokol o žárovém zinkování a označení výrobku značkou CE dle ČSN EN 1090.

6 Hodnocení přínosů nápravných technických opatření a závěr

6.1 Vytvoření organizačních podmínek pro zefektivnění lidské práce

Díky zavedení výrobního postupu nedochází ke ztrátám způsobených vykonáváním zbytečných pohybů. Vhodným rozmístěním vstupního materiálu, vymezením prostoru pro odložení polotovaru a určeným sledem jednotlivých operací docílíme optimálního výrobního postupu bez zbytečné manipulace. Tím dosáhneme zvýšení produktivity práce respektive výkonnosti.

6.2 Efekt úspory času, zrychlení přípravy

Vzhledem k variabilitě přípravku dosáhneme rychlejších časů přestavby přípravku při změně vyráběného dílu příhradového stožáru. Vzhledem k tomu, že není v současné době možnost přípravek vyrobit, musíme pro zhodnocení časové úspory přistoupit k simulaci jednotlivých činností přestavby přípravku. Vzhledem k možné odchylce od skutečného stavu jsou jednotlivé činnosti spíše časově nadhodnoceny.

SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE – simulace přestavby z „Dílu 2- 21-24/30N“ na „Díl 2- 13,5/40N“		
PŘESTAVENÍ STÁVAJÍCÍHO PŘÍPRAVKU NA NOVÝ STOŽÁROVÝ TYP		
Popis pracovní operace	Čas v min.	Součet
Prostudování výkresové dokumentace a tabulky s parametry.	6	6
Nastavení vzdálenosti hlavního příčného profilu (rozměr A) a jeho dotažení.	4	45
Nastavení vzdáleností šroubů pro vystředění rohových úhelníků (rozměry B1 a B2) a jejich dotažení.	5	
Nastavení vzdáleností šroubů pro vystředění rohových úhelníků (rozměry C1 a C2) a jejich dotažení.	4	
Nastavení 3 ks. příčných profilů pro uchycení roh. úhelníků a jejich dotažení.	6	
Osazení rohových úhelníků na centrovací šrouby, doražení 10 ks. L profilů, dotažení upevňovacích L profilů šrouby k příčnicům a kontrola rozměrů K1,K2.	18	
Úprava nových horních spojovacích prvků přípravku	8	
Změna stávajícího přípravku na nový typ stožárového dílu	celkem		51

Tab. 6-1 Simulace časového snímku průběhu práce přestavby přípravku

Z tabulky vyplývá časová úspora oproti původním časům uvedeným v

Tab. 4-2. Jedná se o úsporu ve výši cca. 38%, tedy zkrácení původního času o více jak o 1/3. Časově se jedná o ušetření 31 minut.

Dalšího zkrácení času dosáhneme striktním dodržováním výrobního postupu uvedeným v kapitole 5.2.2. Jak už bylo uvedeno v kapitole 5.2.1, část pracovníků není schopna plnit normohodiny určené oddělením technologie pro výrobu sledovaného dílu. Díky tomu můžeme pomocí 30% pracovníků zkrátit výrobní čas zhruba o 5-15%. Např. konkrétně u sledovaného dílu se jedná o úsporu 20-60 minut na výrobu jednoho kusu stožárového dílu.

6.3 Ekonomické zhodnocení

6.3.1 Investiční náklady na přípravek

Investiční náklady na výrobu přípravku nejsou vzhledem k jeho výrobní a materiálové jednoduchosti a díky dostupnosti potřebných technologií dramatické a lze ho vyrobit v rámci firmy.

Náklady na materiál jsou vyčísleny na 3.405,- Kč a na práci 12.750,- Kč. Celková cena za pořízení přípravku je tedy 16.155,- Kč. Náklady na jednotlivé prvky přípravku jsou patrné z následující tabulky.

	HLAVNÍ NOSNÝ PROFIL	UPEVŇOVACÍ ÚHELNÍKY	CENTROVACÍ ŠROUBY	PŘÍČNÍKY
JEDNOTKOVÉ NÁKLADY	4 650 Kč	177 Kč	82 Kč	1 293 Kč
KUSY	1	12	4	7
CELKOVÉ NÁKLADY	4 650 Kč	2 124 Kč	328 Kč	9 052 Kč
	SUMA NÁKLADŮ			Σ 16 155 Kč

Tab. 6-2 Náklady na pořízení přípravku

Celkové náklady na výrobu přípravku byly stanoveny jak normovačem z oddělení technologie, který určil výrobní náročnost, tak aktuální cenou hutního a spojovacího materiálu, dodanou oddělením materiálového zabezpečení. Do ceny přípravku nejsou počítány upínky, které se používají i při stávajícím způsobu výroby a proto není nutné je vyrábět znovu.

6.3.2 Výpočet zpracovacích nákladů při staré a nové technologii.

Předpokládejme 5% úsporu času díky striktnímu dodržování výrobního postupu a 31 minut uspořené novým systémem ustavení přípravku při výrobě sledovaného dílu 2-13,5/40N. Výchozí materiál zůstává shodný při obou způsobech výroby.

Doba na výrobu dílu při stávající technologii:	503 min
Doba na výrobu dílu při použití nového přípravku:	452 min
Náklady na pořízení přípravku (FN ₂):	16.155,- Kč
Mzdový tarif:	150 Kč/hod
Výrobní režie:	318% přímých mezd
Předpokládaný měsíční odvod (Mo):	20 kusů

Původní postup:

$$\frac{60}{503} = 0,119 \text{ ks / hod} \quad \text{jednicová mzda na jeden kus: } \frac{150}{0,119} = 1.260,50 \text{ Kč / kus}$$

$$\text{Výrobní režie: } 4.008,- \text{ Kč/kus, zpracovací náklady: } ZN_1 = 1.260,50 + 4.008 = 5.269,- \text{ Kč / kus}$$

S novým přípravkem:

$$\frac{60}{452} = 0,1327 \text{ ks / hod} \quad \text{jednicová mzda na jeden kus: } \frac{150}{0,1327} = 1.130,- \text{ Kč / kus}$$

$$\text{Výrobní režie: } 3.593,40 \text{ Kč/kus, zpracovací náklady: } ZN_2 = 1.130 + 3.593 = 4.723,- \text{ Kč / kus}$$

6.3.3 Úspora ve zpracovacích nákladech

$$U_s = ZN_1 - ZN_2 = 5.269 - 4.723 = 546 \text{ Kč / kus} = 11,56\%$$

6.3.4 Výpočet výrobního množství, při kterém budou uhrazeny investiční náklady

$$q_u = \frac{FN_2 - FN_1}{ZN_1 - ZN_2} = \frac{FN_2 - FN_1}{U_s} = \frac{16.155 - 0}{546} = 30 \text{ kusů}$$

6.3.5 Výpočet doby úhrady investičních nákladů

$$q_u = \frac{q_u}{Mo} = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ měsíce}$$

Ekonomické efekty vyplývají ze zkrácení doby na vykonávání pracovní činnosti přestavby, odstranění neproduktivní práce a zefektivnění výkonu. V případě nasazení přípravku, lze jednoduchým výpočtem odhadovat zaplacení úhrady investičních nákladů přípravku, již po vyrobení 30 ks dílů stožárů, tj. po cca. 1,5 měsíci, v případě jeho přestavby při výrobě každého nového kusu stožárového dílu a předpokládanému odvodu na sklad 20 ks stožárových dílů měsíčně.

6.4 Ochrana zdraví pracovníků a enviromentální efekt

Hlavním přínosem v tomto směru je zejména odstranění rizikových procesů při sestavování přípravku. Jedná se zejména o absenci UV-záření a splodiny ze svařování spolu se zbytkovým teplem. Dále odstraníme odbrušování navařených zářezek, které zatěžuje vibracemi horní končetiny, uvolňuje do prostoru prachové částičky a zároveň zvyšuje riziko úrazu. Všechny tyto procesy vyžadovaly použití ochranných pomůcek a zatěžovaly životní prostředí, respektive negativně ovlivňovali techniku prostředí jako takovou. Při novém způsobu nastavení přípravku, si pracovník vystačí s montážní ráčnou s utahovací hlavou 24 mm, pro šroub M16 DIN933. Dělník tudíž nepotřebuje při přípravě šablony osobní ochranné pomůcky, které byly potřeba při přestavení přípravku pomocí úhlové brusky a následném svařování. Samozřejmě tím ale neodstraňujeme jejich potřebu při následné kompletaci samotného stožárového dílu.

6.5 Závěr

Výše uvedené výhody navrhovaného racionalizačního opatření jsou zřejmé. Využitím parametrizovaného přípravku jsme schopni zrealizovat jeho poměrně rychlou a přesnou přestavbu při časté změně vyráběného sortimentu. Stálo by ale za zvážení, investovat více úsilí do komunikace se zákazníkem, abychom byli schopni předem předvídat jeho požadavky a proces přestavby přípravku tak úplně minimalizovat. Hlavně vzhledem k dodacím lhůtám je to věc komplikovaná, nikoliv ale neřešitelná. Iniciativa vedená směrem k uzavření rámcové smlouvy na odběr konkrétních stožárových typů, ve střednědobém horizontu, by měla zásadně pozitivní vliv na celou organizaci výrobního procesu. Samozřejmě to s sebou nese negativum ve zvýšených nárocích na skladovací prostory, ale zákazník by jistě ocenil skladovou dostupnost některých častěji využívaných stožárových typů. Průchodnost tohoto návrhu je ale na posouzení referentů z obchodního oddělení.

I další přínos ve formě podrobného výrobního postupu je neoddiskutovatelný. Stávající výrobní dělníci, kteří si s sebou nesou Know-how, odcházejí a stále častěji je nahrazují lidé s téměř nulovými zkušenostmi. Nedostatek kvalifikované pracovní síly a velká fluktuace trápí výrobu dlouhodobě a právě z tohoto důvodu je důležité, mít zpracovaný podrobný výrobní postup. Je tu ale potřeba poukázat ještě na jeden negativní aspekt. Současný systém odměňování pracovníků, který je založen zejména na výkonu a plnění norem na více než 100%, vnáší mezi výrobní dělníky zbytečnou rivalitu. Možná i to je důvodem k tomu, proč si navzájem nepředávají cenné zkušenosti. Navíc není možné, aby byl někdo schopen dlouhodobě plnit normy na 120%, jako je tomu doposud. Potom je třeba zkonstatovat, že je norma chybně předepsaná a je potřeba ji upravit. Zároveň je ale důležité se zamyslet, proč i ostatní nejsou tohoto výkonu schopni. Do budoucna je tedy hlavně potřeba hledat cesty ke zlepšení vztahů na pracovišti, vedoucí k vytvoření pracovní pohody u většiny výrobních dělníků. Optimálně bez stresu, který má z dlouhodobého hlediska negativní vliv na výkonnost.

7 Použitá literatura

7.1 Knižní publikace

- [1] Lhotský Oldřich. *Organizace a normování práce v podniku*. Praha: ASPI, 2005. ISBN 80-7357-095-5.
- [2] Hüttlová Eva. *Organizace práce v podniku*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1999. ISBN 80-7079-778-9.
- [3] Kadlčáková Anna. *Pracovní inženýrství*. Praha: ČVUT, 1993. ISBN 80-01-00968-8
- [4] Zeleňka Antonín, Preclík Vratislav. *Racionalizace výroby*. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02870-4

7.2 Bakalářské práce

- [5] Korostenský Stanislav, *Ergonomická analýza pracoviště pro výrobu ocelových konstrukcí*. Plzeň: ZČU, 2011

7.3 Interní firemní dokumenty

- [6] Rauch Luboš, *Podmínky výroby stožáru 22 kV z hlediska směrnice DAST 022, TP 1/2012*. České Budějovice: EGE, spol. s r.o., 2012
- [7] Froněk Pavel, *Typizační směrnice stožárů 22 kV E.ON ČR*. České Budějovice: E.ON Česká republika, s.r.o. Standardizace technologií, 2010

7.4 Elektronické zdroje

- [8] <http://www.ege.cz> [cit. 17.10.2012]
- [9] <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf> [cit. 17.10.2012], NOVÁK Josef, ŠLAMPOVÁ Pavlína. *Racionalizace výroby*, [online], VŠB, Ostrava, 2007
- [10] <http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/> [cit. 14.12.2012]
- [11] [Portál ZČU > Courseware > Moje předměty > TK > Přednášky](#) [cit. 27.01.2013]
- [12] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Svařování> [cit. 24.03.2013]