

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
katedra látky práce

Katedra strojní

Obor 23-07-6

strojírenská technologie

konstruování

tvářením kovů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

RYBNÍ SPRÁVA PRO VYPRACOVÁNÍ RY-
BAŘIČNÍHO NÁVRHU SMERNICE PRO
TERÉNNÍ VYPRACOVÁNÍ SVARKU STAVBY
RÍCH A SMERNICE SPRÁVY V RYBNÍM
STROJNÍM V ROVINĚ NÍSTĚNAPRÁVY

SP-22-1802/51

Ing. F. T. 4. 6

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jaroslav Těš, CSc. VŠT Liberec

Konsultanti: Ing. Edita Nová, VŠT Liberec

Ing. Jaroslav Novák, 375 Smolenský

ROZSAH PRÁCE A VÝSLEDY:

Počet stran:	41
Počet příloh a tabulek:	30
Počet obrázků:	7
Počet výkresů:	1

K PT/TP

BT: 621.791

22.5.1981

Vysoká škola:

Katedra:

Fakulta:

Školní rok:

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro

obor

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu:

Pokyny pro vypracování:

1. Úkol je určen pro studenty, kteří mají zájem o prohloubení svých znalostí v oboru.....
2. Úkol je určen pro studenty, kteří mají zájem o prohloubení svých znalostí v oboru.....
3. Úkol je určen pro studenty, kteří mají zájem o prohloubení svých znalostí v oboru.....
4. Úkol je určen pro studenty, kteří mají zájem o prohloubení svých znalostí v oboru.....

Autorské právo
VŠK pro státní závěrečné zkoušky
1712 Věstník VŠK a FOP, příloha 24
dne 31.8.1982 č. 17 příloha 24

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Vysoká škola:

Katedra:

Fakulta:

Školní rok:

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro

obor

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu:

Pokyny pro vypracování:

1. Vypracovat diplomový úkol v souladu s pokyny k vypracování diplomového úkolu.
2. Diplomový úkol vypracovat v souladu s pokyny k vypracování diplomového úkolu.
3. Diplomový úkol vypracovat v souladu s pokyny k vypracování diplomového úkolu.
4. Diplomový úkol vypracovat v souladu s pokyny k vypracování diplomového úkolu.

Autorské právo vyhrazeno. Vydáno
VŠKT pro státní závěrečné zkoušky
VŠKT, Praha, 1982
1982 Věstník VŠKT, část 24 ze
dne 01.03.1982, str. 2 a 3

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední katedra
LIBEREC 1, STUD. MÍSTO 5
PSČ 461 17

Vysoká škola: Strojní a textilní

Katedra: Textilní technologie

Fakulta: Strojní

Školní rok: 1982/83

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro S. Janda

obor Strojní technologie

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: "Ústřední studie pro vypracování realizace
výroby sálavice pro tepelné zpracování svazků
stavebních a zemních materiálů v ZŠ Vestec a.p.
v domě lástě nad letištěm".

Pokyny pro vypracování:

1. Vezměte se současných stavů výroby svazků v ZŠ Vestec a.p.
2. Z vybraných svarů proveďte měření celkového množství
materiálu a technologie zpracování.
3. Vzhledem ke provozní podstatě svarů proveďte různé metody
pro posouzení zda svar je nebo není tepelně zpracován
a je svazován.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a stanovte zásady pro zpracování
realizace sálavice pro tepelné zpracování svazků.

Autorské právo
VŠK pro státní zkoušky, 31
7.7.1982, 1. vydání
1982 Vestec (VŠK VII), část 24 ze
dne 31.3.1982 § 17 odst. 2 č. 107/82

V 166/1982 S
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Vysoká škola: strojí a textilní
Fakulta: strojí

Katedra: tvářecí a plastů
Školní rok: 1980/81

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro s. Jana Tordana
obor strojírenská technologie

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: " Úvodní studie pro vypracování realizačního
návrhu směrnice pro tepelné zpracování svarků
stavebních a zeměních strojů v ZTS Stavestroj n.p.
v Novém Městě nad Metují".

Pokyny pro vypracování:

1. Seznáňte se současným stavem výroby svarků v ZTS Stavestroj.
2. U vybraných svarků proveďte rozběr celkového konstrukčního řešení a technologie svařování..
3. S ohledem na provozní podmínky svarků proveďte návrh metodiky pro posouzení zda svarky je nutné podrobit tepelnému zpracování po svařování.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a stanovte zásady pro vypracování realizační směrnice pro tepelné zpracování svarků.

Astorské právo ochrany
MŠK pro státní knihovnu č. 31
727/1981, ze dne 1. února 1982
1982-Věstník (MŠK XVII), část 24 ze
dne 31.8.1982 § 19 odst. 2 č. 15/82

V 1760/1981 S
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických prací:

40-50 stran včetně výkresů vybraných svarů,
obrázky, grafy a tabulky.

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

1. CHVASTON, A, V.: Konstrukčně technologické projektování svařovaných konstrukcí. ČVUT, Praha 1971.
2. PILGŠ, V.: Konstrukce a tavné svařování ocelí. ČVUT, Praha 1964
3. ПИЛГШ, В. И.: Сварочные деформации и напряжения. Машиностроение, Ленинград 1973.
4. HRIVNÍČ, J.: Zvaritelnost ocelí. ALFA/VUTL Bratislava 1979
5. - ČSN 05 1125 - Zvaranie, Skúška rezom v ohybe zvarových spojov ocelí.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. H. Neumann

Konsultanti:

s. Jaroslav Kovotný, ZPS Stavostroj
Nové Město n. Metují

Datum zadání diplomového úkolu:

6.10.1980.

Termín odevzdání diplomové práce:

22.5.1981.



Doc. Ing. J. Hrivníč, CSc.

Vedoucí práce

Doc. Ing. J. Kovotný, CSc.

Děkan

V Liberci dne 6.10.1980.

Mistopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 22. května 1981

Jan Tonda

OBSAH	STRANA
Seznam použitých symbolů a zkratk	5
1. ÚVOD	6
2. TEORETICKÁ ČÁST	8
2.1. Vliv dynamického namáhání na běhoun	8
2.2. Vliv teploty na svař	9
2.3. Vliv provozního prostředí na svař	10
2.4. Rozbor konstrukčního řešení	12
2.4.1. Konstrukční návrh běhounu	12
2.4.2. Volba materiálu	13
2.4.3. Volba svařových spojů	16
2.4.4. Volba rozměrů a tolerancí	18
2.4.5. Volba tepelného zpracování	19
2.5. Rozbor technologie výroby	20
2.5.1. Technologický postup	20
2.5.2. Volba způsobu svařování	21
2.5.3. Vliv svařovacích parametrů	25
2.5.4. Příprava svařových ploch	27
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	28
3.1. Metodika pro posouzení nutnosti tepelného zpracování	28
3.1.1. Měření soustati náboje běhounu	28
3.1.2. Měření křehovitosti náboje běhounu	29

3.1.3. Měření kruhovitosti pláště během	30
3.1.3.1. Měření kruhovitosti pláště nevýšle- ných během	31
3.1.3.2. Měření kruhovitosti pláště vyšších během	32
3.1.4. Měření podélných nerovností pláště během	33
3.1.4.1. Měření podélných nerovností pláště ne- vyšších během	33
3.1.4.2. Měření podélných nerovností pláště vy- šších během	34
3.1.5. Měření vadlnosti čel během	35
3.1.5.1. Měření vadlnosti čel u pláště během	35
3.1.5.2. Měření vadlnosti čel u náboje během	36
4. REALIZAČNÍ SMĚNICE PRO NAVEŠTOVÁNÍ SVAŘOVANÝCH KONSTRUKCÍ	37
5. ZÁVĚR	38
6. Použitá literatura	40
7. Seznam příloh	41

Seznam použitých symbolů a zkratk

A.....	tažnost.....	/ % /
I.....	průtok.....	/ A /
K.....	kyseleň.....	-
KC.....	vnitřní houbovitost.....	/ J cm ⁻² /
Q.....	tepelná vodivost.....	/ kJ cm ⁻¹ /
R ₀	mez kluzu.....	/ MPa /
R _m	mez pevnosti v tahu.....	/ MPa /
U.....	napětí.....	/ V /
v.....	vnitřní rychlost.....	/ cm s ⁻¹ /

1. ÚVOD

Jestliže celý strojírenský průmysl v naší vlasti je podřízen zákonnému průběhu všestupné výrobní tendence, vyvolává tento průběh vývoj techniky i větší potřebu znalostí, jako i rozvoje pokročilejších technologií, mezi které je třeba zařadit i svařování. Mezi strojírenskými výrobními technologiemi nabývá svařování stále většího významu.

Pojem svařování dnes souvisí s pojmem tepelného zpracování po svařování, kterým lgvá křídání. Získání operace po svařování se v některých případech provádí, jindy se od ní upouští a rozhodnutí pro první, nekladnější a pracnější, snobu druhem, jednodušší a levnější alternativu, je často předurčen dlouhých zkušeností. Jak je sděleno v hlavních směrech hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na léta 1981-1985, je třeba věnovat mimořádnou pozornost souladu se státním cílovým programem racionalizace spotřeby paliv a energie opatřením, zaměřeným na zavádění energeticky náročnějších technologií.

Cílem této diplomové práce je posouzení, zda je nutné svařované konstrukce stavebních a zemních strojů národně podniku ZTS Stavestroj v Novém Městě nad Metují tepelně zpracovávat nebo ne a vypracování realizačních směrnic pro navrhování svařovaných konstrukcí bez následného tepelného zpracování. Jako svařovaná konstrukce mi byl vybrán během vibračního válce VV 100, jehož konstrukční provedení je podobné jako během dalších posuvných strojů vyráběných v národním podniku ZTS Stavestroj. U během se používá tepelné zpracování po svařování z toho důvodu, protože po svařování následuje mechanické obrábění pláště a náboje běhemu a při konečném montáži vibračního válce může, vlivem deformací, které nám vzniknou po sva-

řevání a po obrobení nevyžíhaných běhounů, do běhounů nasunout vibrační čep. Vibrační válec VV 100 je samopojízdný shutňovací stroj, vhodný pro hutnění všech nevázaných zemin a zrnitých materiálů do tloušťky vrstvy 1 m.

Za rok se vibračních válců VV 100 v národním podniku Stavestroj vyrobí 80 kusů. Je reálný předpoklad, že by se přihláška k odstranění vnitřních pautí nemuselo provádět, což by znamenalo snížení jeho výrobní ceny.

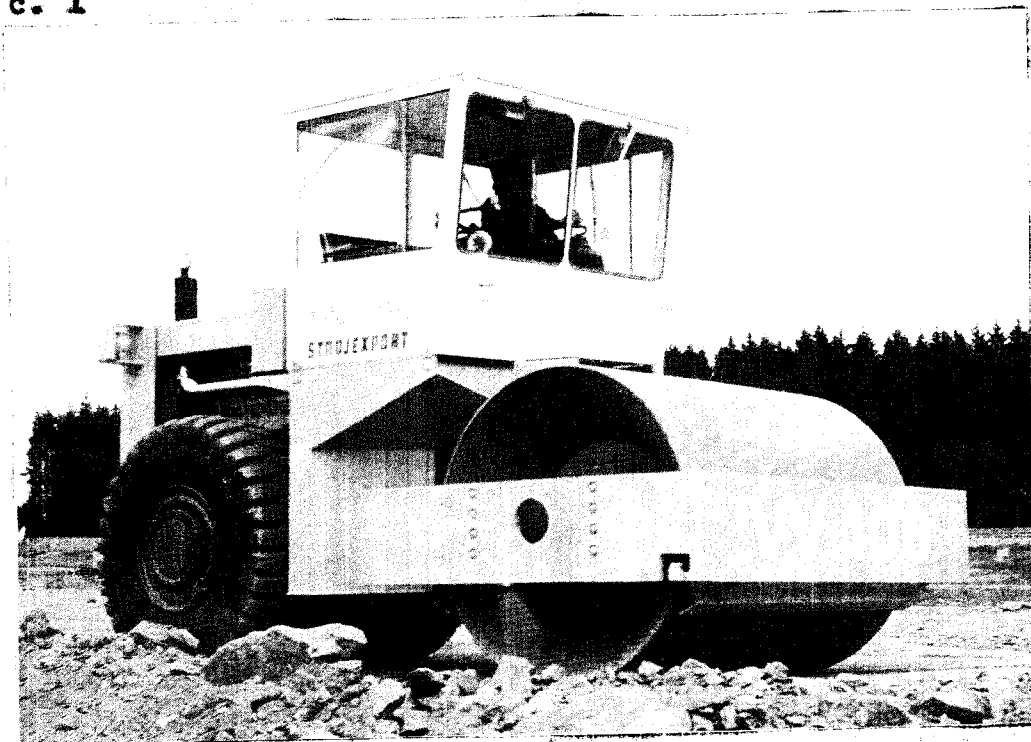
2. TEORETICKÁ ČÁST

Ještě než začne konstruktér navrhovat svařovanou konstrukci, musí vzít v úvahu provozní podmínky, za jakých bude daná svařovaná konstrukce pracovat. U běhouna vibračního válce VV 100 to budou hlavně vliv dynamického namáhání, provoz za nízkých teplot a vliv okolního prostředí na svaru, ale i celé svařované konstrukci.

2.1. Vliv dynamického namáhání na běhoun

Při práci vibračního válce VV 100 / obr. č. 1 / , je běhoun dynamicky namáhán především kruhovou vibrací, která je v rozsahu

obr. č. 1



ší frekvence / 18-39 / Hz. Mluvíme tedy, že na běhoun působí cyklické namáhání. Při působení cyklického namáhání na svařový spoj, mohou ve svaru vznikat lomy při daleko nižších napětích,

než by vznikly při statickém namáhání. Z toho vyplývá, že cyklické namáhání svařového spoje je mnohem nebezpečnější, než pouhé statické namáhání.

Cyklické zatížení svařovaných konstrukcí je spojeno s kmitovou pevností svařových spojů a konstrukcí. Ve svařovaných konstrukcích je kmitová pevnost svařových spojů závislá především na vlastnostech materiálu v okolí svaru. Kmitovou pevnost zvláště ovlivňují sbytková pnutí, která vznikají při svařování a koncentrace napětí svařované konstrukce. Kmitovou pevnost také podstatně ovlivňuje technologie výroby svařované konstrukce, ale i tepelné zpracování po svařování. Na běhounu se používá žhání k odstranění vnitřního pnutí, které nám sice snižují sbytková pnutí ve svařované konstrukci, ale také se nám snižuje mez klusa a mez únavy základního materiálu, ale i dynamickou únosnost svařových spojů a jejich mez únavy.

Na mez únavy svařového spoje mají však velký vliv i další faktory, jako tvar, rozměr a kvalita povrchu svaru, struktura nehomogenita, technologie svařování, nečistotnost a okyhy ve svařovém spoji a mnoho dalších.

2.2. Vliv teploty na svař

Vibrační válec VV 100 je konstruován pro provoz v rozsahu teplot / -20 + 50 / C. Protože při nízkých teplotách materiál křehne, může vzniknout nebezpečí křehkého lomu.

Vliv svařových pnutí na křehké porušení svařované konstrukce závisí na správné výrobě svařovaných konstrukcí, zejména na jejich tepelném zpracování po svařování. Protože se běhoun svařuje při teplotě okolo 20°C, kdy svařovaná nízkouhlíková a nízkolegovaná ocel je v oblasti houževnatých lomů, není

nutný předehřev. Materiál svařovaných konstrukcí přechází do křehkého lomu až za provozu a hodnoty zbytkových napětí odpovídají hodnotám při normální teplotě. Je-li provozní teplota konstrukce nižší než přechodová teplota, snižují zbytková napětí, působící ve stejném směru, jako provozní napětí, nutně únosnost svařované konstrukce. Je-li provozní teplota vyšší než přechodová, namusejí zbytková napětí ovlivnit únosnost svařované konstrukce.

2.3. Vliv provozního prostředí na svary

Vibrační válec se používá pro hutnění zemin, to znamená, že pracuje ve vlhku, proto svary, ale i celá svařovaná konstrukce korodují. Odolnost určitého materiálu proti korozi je určena především jeho vlastnostmi. Někdy se může stát, že za určitých podmínek však stávají neporušené i takové materiály, jež jinak snadno korodují. Protože národní podnik Stavostroj vyvážil své výrobky prakticky do celého světa, bude vliv koroze v různých zeměpisných šířkách jiný. Tak např. ocel vystavena účinkům suché atmosféry, která se vyskytuje v Egyptě nebo v Indii, může vydržet viditelné poruchy mnoho století, ačkoliv za běžných podmínek má malou odolnost proti korozi. Průběh koroze je tedy ovlivňován povahou prostředí, ve kterém výrobek pracuje. Povaha prostředí je určena nejen chemickými vlastnostmi, ale i způsobem, jakým přichází do styku s výroben. Největší vliv na korozi běhemnu bude mít atmosférická koroze.

Přistoupí-li k atmosférickým účinkům prostředí namáhání střídavým nebo opakovaným zatížením / což je v případě běhemnu / , může se sčítelně snížit mez únavy korozeného materiálu. Probíhá-li koroze materiálu současně se střídavým nebo opakovaným

namáháním, nastává únava za současně koroze. Snížení meze únavy je v tomto případě mnohem větší, než kdyby koroze a namáhání působily odděleně, neboť oba případy se skládají. Střídavé nebo opakované namáhání podporuje účinek koroze tím, že zabrání vytvoření ochranné vrstvy. Zhoršení jakosti povrchu, zaviněné korozí, nám snižuje mez únavy. Odolnost proti únavě materiálu nebo svarového spoje nám klesá se vzrůstající korozivností prostředí.

Tepelné zpracování nám může ovlivnit mechanické vlastnosti svařované konstrukce, ale na vliv koroze nemá prakticky žádný vliv. Odolnost proti únavě za současně koroze závisí hlavně, a jakou rychlostí se tvoří ochranná vrstva kysličníku na kovovém povrchu při styku s korozivním prostředím. Vytvoří-li se za daných podmínek ochranná vrstva kysličníku na kovovém povrchu, bude se při střídavém nebo opakovaném namáhání neustále prodlužovat a zkracovat, začne nám snadno odprskávat. Při tom se bude vytvářet nová ochranná vrstva, takže výsledné chování materiálu bude záviset na tom, jak rychle se nám bude koroze rozšiřovat. Bude-li ochranná vrstva kysličníku odprskávat často, bude se podstatně snižovat mez únavy. Proto budeme čekat, aby se nám kysličníková vrstva na povrchu porušovala co nejméně.

2.4. ROZBOR KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

2.4.1. Konstrukční návrh běhounu

Běhoun vibračního válce VV 100 je velkoresměrová plášťová svařovaná konstrukce. Skládá se z jednotlivých konstrukčních prvků, jejichž úkolem je buď převzetí a přenesení zatížení, působící na konstrukci, nebo zajistit prostorovou stabilitu běhounu.

Hlavní konstrukční částí je plášť, ke kterému jsou přivařena 2 čela s náboji a 2 kužele. Ty mají za funkci vystužovat konce pláště. Kuželi jsou z jedné strany přivařeny k plášti, z druhé strany k čelům běhounu. Jako výstuha pláň namáhá uspokojit, protože svar mezi nábojem a čelem běhounu přenáší velké namáhání. Protože kužel je přivařen z obou stran, bude namáhán na tah, proto může vychylovat čela běhounu i s náboji směrem ven z běhounu a také konce pláště bude namáhat na ohyb směrem dovnitř. Navíc kužely se vyrábějí dosti složitě. Jsou vyrobeny ze dvou plechových dílů, které se skruží a potom se k sobě přivaří. Postavení kuželů se často stává, že mezi kuželem a pláštěm je buď příliš velká mezera, nebo kužel přetáhá ven mimo plášť a musí se zabrušovat.

Návrh konstrukce z hlediska přístupnosti svařecí ke svarům je vyhovující, neboť svařecí má ke každému svaru dobrý přístup a má dostatek místa.

Z hlediska tloušťky svařovaného plechu se nedá jednoznačně říci, kdy je vhodné tepelné zpracování a kdy je styptické. Platí zásada, že čím je větší tloušťka plechu, tím obvykle je větší potřeba tepelného zpracování. Slabší plechy se nemusí většinou tepelně zpracovávat křídlem pro odstranění vnitřních poutí po

svarění, protože ty se snáze deformují a platí zásada, že čím větší deformace, tím méně sbytkových prutí. V případě běhounu však konstruktéři předepsali velice malé tolerance a tloušťka plechu je poměrně malá, proto může docházet k deformacím a tím i nesplnění předepsaných tolerancí.

2.4.2. Volba materiálu

Základní důležitost z hlediska tepelného zpracování svařovaných konstrukcí má volba základního materiálu. Při volbě materiálu jednotlivých součástí běhounu se musí řídit pevnostní hledisko s ohledem na svařitelnost oceli, ale i její další specifické vlastnosti. Volba materiálu by se též měla řídit požadavky, kladenými na svařovanou konstrukci, vyplývající z provozních podmínek. Vlastnosti základního materiálu, zjišťované prostými zkouškami na tah, tlak, ohyb apod. neurčují ještě jeho vhodnost pro použití na svařované konstrukce. Měli bychom předem vědět, jakými technologickými procesy byly získány jeho vlastnosti a nakolik se mohou měnit vlivem svařování. Je-li vlastností materiálu dosaženo složitým tepelným zpracováním, dá se předpokládat, že jejich stálost bude svařováním porušena. Aby bylo možno stanovit, jak se budou měnit vlastnosti materiálu během výroby svařované konstrukce, je třeba znát především jeho chemické složení.

Materiál je během svařování teplotně i mechanicky ovlivněn. V různých oblastech základního materiálu v okolí svaru dochází proto ke změně chemického složení, struktury, ale i mechanických vlastností. Materiál svařovaných konstrukcí se potom liší v oblasti svařových spojů od základního materiálu. Proto při volbě materiálu musíme uvažovat nejen jeho výchozí vlast-

nosti, ale i ty, kterých nabývá v procesu svařování.

Při tavném způsobu svařování je základní materiál ohříván na teplotu tání. Je známo, že mez kluzu materiálu při ohřevu klesá a při určité teplotě T_0 je rovna 0. To znamená, že materiál přestává být pružný a stává se plastickým. V oblastech základního materiálu, ohřátých nad teplotu T_0 , dochází k plastické deformaci v tlaku, jejíž velikost je dána rozdílem teplot $T_{\max} - T_0$ a součinitelem teplotní roztahlosti. Mimo plastických deformací, vyvolaných ohřevem materiálu nad teplotu T_0 , vznikající plastické deformace, vyvolané napětími, vznikajícími v různých okamžicích ohřevu či chlazení. Vznik plastických deformací je spojen s vytvořením určitého stavu napjatosti ve svařované konstrukci. Proto svařováním vzniknou zbytkové pnutí a mění se tedy mechanické vlastnosti materiálu v teplem ovlivněné oblasti. Svařování tak ovlivňuje kovy, u kterých dochází ke strukturálním změnám / vznik a rozpad austenitu / při teplotě ohřevu vyšší než teplota T_0 a objemové změny se strukturálními změnami mohou vyvolávat doplňkové zbytkové deformace a pnutí. To se vyskytuje například u nízkoalloyovaných ocelí.

Při jejich svařování nastává rozpad austenitu při teplotách nižších než teplota T_0 . Proto mohou strukturální změny ovlivnit vlastnosti materiálu v oblastech, ve kterých mohou tyto změny nastat. Například při rozpadu austenitu se mohou vytvořit martenzit, troostit nebo perlit, t. j. různé struktury, lišící se svými plastickými a pevnostními vlastnostmi.

Při volbě materiálu pro svařované konstrukce musíme vzít v úvahu jeho svařitelnost, která úzce souvisí s chemickým složením materiálu. Podle obsahu uhlíku v materiálu můžeme říci, že u světlujícího se množství uhlíku nám klesá jeho svařitelnost. Ocel je saručene svařitelná, jestliže neobsahuje více

naž 0,22 % C. Svařitelnost oceli se však posuzuje podle hodnoty ekvivalentního obsahu uhlíku.

$$C_{\text{ekv}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15} \quad / 1 /$$

$C_{\text{ekv}} \leq 0,5$ ocel zaručeně svařitelná

$C_{\text{ekv}} > 0,5$ ocel podmíněčně svařitelná

Na běhounu je jako materiál použita ušlechtilá slitinová ocel třídy 13220, ze které je vyroben plášť běhounu a konstrukční uhlíková ocel třídy 11373, které je použito u všech ostatních součástí běhounu. Chemické složení těchto ocelí je uvedeno v tabulkách č. 1 a č. 2.

Tab. č. 1	C	Mn	Si	Cr	Ni	N	Al
13220	min 0,15	1,3	0,25				0,1
	max 0,21	1,8	0,50	0,3	0,3	0,02	
	V	Cu	P	S			
	min 0,1						
	max 0,2	0,3	0,04	0,04			

Tab. č. 2	C	P	S
11373	min 0,12	0,05	0,05
	max 0,22	0,07	0,06

Dosažením do rovnice / 1 / dostáváme pro ocel 13220

$$C_{\text{ekv}} = 0,21 + \frac{1,8}{6} + \frac{0,3 + 0,2}{5} + \frac{0,3 + 0,023}{15} = 0,65$$

pro ocel 11373

$$C_{ekv} = 0,22$$

Z vypočtených hodnot vyplývá, že ocel 13220 nemá zaručenou svařitelnost a měl by se u ní při svařování provádět předehřev, který se v současné době při výrobě běhounů nedělá.

2.4.3. Volba svarových spojů

Ve svařovaných konstrukcích se nejčastěji používají svary tupé, rohové a koutové. Svary v různých svarových spojkách se liší tvarem průřezu, polohou a vzhledem ke směru působícího namáhání, charakterem povrchu, velikostí a polohou podél svařované hrany. V závislosti na tvaru povrchu mohou být tupé svary převýšené /viz obr. č.2 / nebo ploché / viz obr. č. 3 /

obr. č.2



obr. č.3

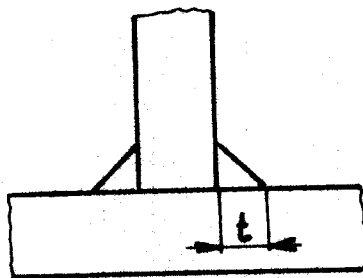


U běhounů převládají koutové svary. Tupé svary jsou provedeny pouze u podélného svaru pláště a u kuželů. Vypouklé povrchy tupých svarů vyvolávají koncentraci napětí v přechodech svarů do základního materiálu.

Při návrhu dáváme přednost tupým svarům před koutovými, protože mezi jinými faktory má na sbytková pnutí a případné deformace vliv množství, přivedeného do svarového spoje. To znamená, že při dané velikosti spoje stoupá množství přivedeného tepla s plošným průřezem a tupé spoje mají mezi svarovými

plochami menší průřez než koutové svary. U koutových svarů je však menší příčné smrštění než u tupých svarů, protože při svařování je natavena poměrně menší tloušťka základního materiálu.

Při volbě velikostí svarů musíme dbát na to, aby svar byl dostatečně velký, ale nesmíme jej navrhovat zbytečně velký, protože s velikostí svarů se nám zvětšují zbytková pnutí a deformace. V tabulce č. 3 jsou uvedeny mezní hodnoty velikostí koutových svarů pro různou tloušťku základního svařovaného materiálu.



Tab. č.3

Tloušťka svař. materiálu [mm]	5	10	15	20	25	30	35	50
$t_{\min}$ [mm]	3	4	4	6	6	6	7	9
$t_{\max}$ [mm]	6	10	14	18	20	22	26	28

Všechny koutové svary jsou na běhounu provedeny v rozmezí minimálních a maximálních předepsaných velikostí. Při návrhu svarů se snažíme, aby svary byly jednovrstvé a aby se pokud možno nekřížovaly. Pokud se křížují, je vhodné jeden ze svarů přerušit. To u běhounu splněno není, tam se křížují podélný tupý svar na plášti běhounu a koutový svar mezi čely běhounu a pláštěm. Zde by bylo vhodné, aby se koutový svar v místě tupého přerušil.

Na velikost zbytkových pnutí má vliv i délka svaru. Někdy bývá vhodnější místo dlouhých, nepřerušovaných svarů dělat krá-

tké, přerušované svary. U běhounu by to vhodné nebylo, protože by docházelo k nepřísilivým vrubovým účinkům.

2.4.4. Volba rozměrů a tolerancí

Výroba svařovaných konstrukcí s přesným dodržením rozměrů a tvarů podle výkresu je značně obtížná pro nedostatečnou přesnost konstrukčních dílů určených ke svařování a pro případné nepřesnosti, vznikající při výrobních operacích. Tyto příčiny nejsou jediné. Značný vliv na přesnost svařovaných konstrukcí mají pnutí a deformace, vyvolané svařováním, což jsou objemové změny vyvolané ohřevem či ochlazením.

Do běhounu se při montáži vkládá vibrační čep, který v provozu přenáší vibrační pohyb na běhoun. S běhounem je spojen v nábojích, kde je předepsaná tolerance na průměr 640 mm H8, což odpovídá úchylkám $+0,000$ $+0,034$. Souosost obou čel je předepsána 0,1 mm. Tyto velice malé tolerance na tak velkou konstrukci jsou předepsány proto, že by v případě větších vůlí docházelo při vibračním pohybu k vytlačování náboje běhounu nebo vibračního čepu a vůle mezi nimi by se značně zvětšovala. Tolerance H8 na vnitřních průměrech nábojů bude splnitelná, ale souosost mezi oběma náboji, která je 0,1 mm, splněna asi nebude. Také vzdálenost obou čel běhounu mezi sebou, která je $1162 \pm 1,0$, splněna také asi nebude díky kaudlům, které budou vychýlovat čela z náboji směrem ven. Proto tato vzdálenost bude zřejmě větší.

Vhodně zvolené nejsou ani rozměry vnějších průměrů čel k vnitřnímu průměru pláště. Vnější průměr čela je $1546 \pm 1,0$ mm a vnitřní průměr pláště je 1550 ± 4 mm. Mezi čely a pláštěm bude dosti velká vůle, která se při svařování musí zaplnit pří-

davným materiálem. Proto tam bude docházet k velkému smrštění a tím i k velikým vnitřním pnutím, případně deformacím. Protože po celkovém svaření běhemnu následuje obrábění vnějšího povrchu pláště, čel pláště, vnitřního průměru náboje a vrtání 24 otvorů do náboje a do nich závity M20, lze předpokládat, že tato mechanická obrábění budou mít za následek vznik sekundárních deformací. Právě na velikost sekundárních deformací mají podstatný vliv zbytková pnutí a deformace po svařování.

2.4.5. Volba tepelného zpracování

Pro většinu svařovaných konstrukcí v národním podniku Stavostroj se používá žíhání k odstranění vnitřních pnutí. Mají-li se svařovat běhemny, žíhání se provádí v žíhací peci, která je vytápěna zemním plynem na teplotu 630°C . V tomto případě tepelného zpracování nedochází k fázovým přeměnám. Probíhající difuze ovlivňuje strukturu tak, že její zrna přeměňují svůj tvar na tvar aerodynamicky nejstabilnější. Přitom se nám uvolňují zbytková pnutí, která nám zůstala ve svařované konstrukci po svaření. Důležité je, aby následovalo pomalé ochlazení.

U běhemnu je nárůst teploty $100^{\circ}\text{C hod}^{-1}$, na teplotě 630°C následuje dvouhodinová prodleva a potom následuje pozvolné ochlazení rychlostí $100^{\circ}\text{C hod}^{-1}$ do teploty 180°C , po kterém se běhemny z pece vyndají a chladnou mimo pec. Žíhací teplota 630°C je optimální, ale nárůst teploty i její pozvolné klesání se předepisuje $50 - 60^{\circ}\text{C hod}^{-1}$. Běhen je však vyroben z plechů, které nemají příliš velkou tloušťku, proto by zvýšení rychlosti ohřevu i ochlazení nemělo být tak velkou chybou.

2.5. ROZBOR TECHNOLOGIE VÝROBY

2.5.1. Technologický postup

Přesnost svařované konstrukce je též dána sestavováním jednotlivých dílů konstrukce a postupem svařování. Aby měla svařovaná konstrukce předepsané rozměry, je nutno ji sestavovat s uvažováním vznikavších deformací, které po svařování nastanou. Jednotlivé díly nelze sestavovat na přesné míry podle výkresu, protože deformace a napětí, vzniklé při svařování, poruší míry a tvary celé konstrukce.

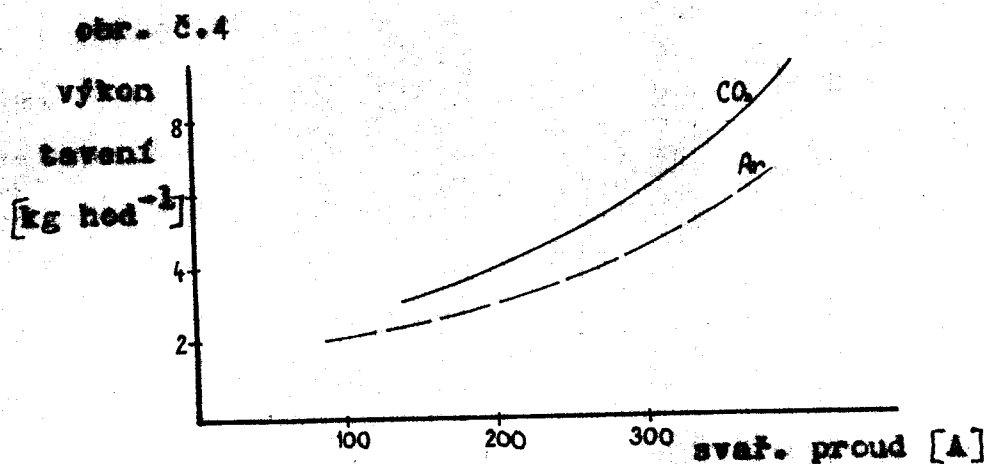
Při výrobě běhounů se nejdříve svaří podélný tupý svar, který spojí oba konce pláště k sobě. Potom se k plášti příčně přivaří koutovým svařem čela s náboji a nakonec se přivaří kužel. Tento postup svařování je z hlediska velikosti zbytkových napětí a deformací nejvhodnější. Při montáži svařovaných konstrukcí se vždy snažíme, aby se nejdříve zavařily tupé svary a potom teprve koutové. Jako poslední operace u běhounu se provádí mechanické obrábění na karuseli DKZ 2500. Běhoun se ze spodu upne do univerzálního sklíčidla, nahoře se zarovná čelo pláště a potom se soustruží povrch pláště asi do jedné poloviny délky pláště. Dále se soustruží vnitřní průměr horního náboje. Poté se aranž brany u náboje i u pláště. Běhoun se otočí a vyrovná a soustružnické operace se opakují. Nakonec se do každého z nábojů vyvrtá 24 otvorů a do nich vyfoukají závity M20.

Při obrábění povrchu pláště se odebírá pouze jedna tříska. Pro zvýšení přesnosti běhounu a tím i zmenšení sekundárních deformací by bylo vhodnější obrábět na dvě třísky. Při tomto způsobu obrábění se první třískou odebírá větší tloušťka, než druhou třískou. Bylo by též vhodné, aby se po odebrání první

třísky během uvelinil, vyrovnal, potom aneva upnul a při druhém odbírání třísky se obrobila abyla část přídavku na obrobění, který by měl být minimální. Protože při druhém obrábění se odebíral podstatně menší objem kovu, měly by být deformace značně menší.

2.5.2. Volba způsobu svařování

Způsob svařování volíme nejen z hlediska konstrukčních možností, ale i z hlediska produktivity. Různé metody svařování vytvářejí různé předpoklady pro zlepšení kvality svařované konstrukce. Z hlediska produktivity je svařování holou elektrodou pod ochrannou atmosférou CO_2 nejvýhodnější. Zjišťuje se to podle výkonu tavení elektrody. Na obrázku č.4 je srovnávací graf vlivu ochranné atmosféry Ar a CO_2 na výkonnost tavení.



Z grafu je zřejmé, že výkon tavení pod ochrannou atmosférou CO_2 je větší než pod Ar, ale je také větší než u svařování pod tavidlem nebo elektrickým obloukem s obalenou elektrodou. Je také nutné při návrhu volby svařování vzít v úvahu i způsob, jakým chceme svařovat. Zda půjde o ruční, poliautomatické nebo

automatické svařování. Pokud to jde, vždy se snažíme o automatické nebo alespoň poloautomatické svařování. Hlavní výhody tohoto směru technického rozvoje jsou

- a/ odstranění lidské námahové práce
- b/ zajištění vysoké a stejnorodé kvality svarových spojů
- c/ zvýšení produktivity práce

V případě běhounu se používá automatického svařování pod tavidlem a poloautomatického svařování v ochranné atmosféře CO_2

Automatického svařování pod tavidlem se používá u běhounu pouze pro podélný svar pláště. V průběhu svařování je oblouk a jeho okolí zasypáváno suchým anorganickým tavidlem v dostatečně vysoké vrstvě, takže oblouk je stále zakrytý a neobtěžuje okolí oslnivým zářením. Vlastní metalurgický proces probíhá pod tavidlem, které se v blízkosti oblouku a roztaveného kovu roztaví a tím nejenže roztavený kov je chráněn proti okolí škodlivé atmosféře vzduchu, ale je též zbaven nečistot. Charakteristickou vlastností tavidla je, že při jeho tavení nevznikají téměř žádné plyny. Je to látka podobná tavenému roztavenému sklu, které je za normálních teplot nevodivé. Se stoupající teplotou elektrická vodivost tavidla stoupne a tekutém stavu je tavidlo velmi dobrý vodič. Roztavené tavidlo pokrývá i chladnouci svar, takže nedochází k tak rychlému ochlazení svaru. V porovnání s jinými druhy svařování se při svařování pod tavidlem do svarového spoje přivádí velké množství tepla. Velkým množstvím koncentrovaného tepla je možno vyrobit velmi úzké a hluboké svary. Jako tavidla je použito u běhounů tavidlo VDS-152 a jako svařovacího drátu drát Al o průměru 5 mm. Svařovací drát dle ČSN 055317 je vhodný pro svařování konstrukčních uhlíkových a nízkolegovaných ocelí o pevnosti nad 480 MPa, což je v tomto případě splněno.

Při svařování pod tavidlem je v roztavené lázni až 2/3 základního materiálu, zatím co při svařování obalenou elektrodou je to jen malá část. Z toho vyplývá, že vlastnosti svaru při tomto způsobu svařování se méně ovlivní přídavným materiálem, než třeba při svařování obalenou elektrodou. Svařovací drát měl je tažený ze studena a dodává se v kotoučích. Jeho chemické složení je uvedeno v tab. č.4.

Tab. č.4

	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
max	0,1	1,35	0,1	0,15	0,15	0,03	0,03

Protože tavidla ovlivňují vlastnosti svarů, jsou na ně kladeny tyto požadavky.

- a/ tavidlo má podporovat stabilitu oblouku
- b/ složení tavidla má mít vliv na zlepšení mechanických vlastností
- c/ tavidlo má mít vliv na pěkný vzhled svaru / tvar a povrch/
- d/ tavidlo má zabraňovat tvoření pórů a trhlin ve svařovém spoji
- e/ vychladnuté tavidlo má být snadno odstranitelné
- f/ tavidlo má být zdravotně neškodné a levné

Podle chemického složení tavidel je rozdělujeme na zásadité a kyselé

$$K = \frac{SiO_2 + TiO_2}{RO}$$

/2/

RO jsou kysličníky CaO , MgO , MnO ,

$K < 1$ tavidlo kyselé

$K > 1$ tavidlo zásadité

Pro svařování uhlíkových a nízkolegovaných ocelí se doporučuje $K = 1$. V tabulce č.5 jsou hodnoty chemického složení

tavidla VŮS - 152.

Tab. č.5

	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	P	S
min	47	22	8	7				
max	53	28	12	11	5	2,7	0,05	0,05

Dezasování do rovnice /2/ dostáváme

$$K = \frac{53 + 0}{28 + 12 + 11} = 1,04$$

Z vypočítané hodnoty vyplývá, že tavidlo vyhovuje. Svařuje se výhradně ve vodorovné nebo mírně skloněné rovině, což je v případě běhuu dodeřeno. Zdrojem střídavého proudu je svařovací poloautomat WSP 600, který se vyrábí v ZEZ Hořice v Podkrkonoší.

Všechny ostatní svary se provádějí polcautomatically v ochranné atmosféře CO₂ s odtavující se elektrodou. Tímto způsobem lze dosáhnout při vysoké kvalitě svarů též mimořádné ekonomické výsledky. Tento způsob svařování je také méně citlivější na rez, než běžně používané způsoby svařování. Lze jím též dosáhnout velkou hloubku průvaru při vysoké kvalitě svaru. Při tomto způsobu svařování nám proud CO₂ vytlačuje z okolí svaru nežádoucí atmosféru vzduchu, pokud se nesvařuje venku za větrného počasí, jinak by kyslíčková elona okolo svaru byla porušena. Rozvod CO₂ je veden z centrálního zásobníku přes redukční ventil s ohřívacem a sušičem plynu. Při svařování se používá polcautomatické svařovací pistole RU-400, vyrobené v NDR. Kovevou odtavující elektrodou tvoří drát s označením C 113 o průměru 1,6 mm. Jeho chemické složení a některé jeho mechanické hodnoty jsou uvedeny v tab. č.5 a v tab. č.6.

Tab. 2.5

	C	Mn	Si
C 113	max 0,13	max 1,35	0,8

Tab. 2.6

	R _m [MPa]	R _{0,2} [MPa]	A [%]	KC [Jcm ⁻²]
C 113	440	320	20	70

Tyto hodnoty jsou v předepsaných rozměrech pro svařovací drát při svařování pod CO₂. Podávací rychlost svařovacího drátu se nareguluje na konstantní rychlost. V případě, kdy podávací zařízení elektrodu podává nerovnoměrně, regulaci hoření oblouku musí zajistit svařovací zdroj, kterým je v případě běhounu stejnosměrný střední svařovací poloautomat SSP 420, přičemž elektroda je připojena na záporný pól. Výhodou tohoto způsobu svařování je také fakt, že při svařování není omezen vodorovnou polohou a proto je vhodný pro montážní účely.

2.5.3. Vliv svařovacích parametrů

Na mechanické vlastnosti svaru, velikost napětí i deformací mají velký vliv svařovací parametry. Jedná se především o svařovací rychlost, proud a napětí. Je nutno volit svařovací parametry / a tím i tepelný cyklus svařování / tak, aby materiál udržel požadovanou dobu na určité teplotě, aby se po svařování ochlazoval požadovanou rychlostí. V některých případech nevhodnou volbou svařovacích parametrů může dojít ke vzniku zakalených mezivrstev v okolí svaru. Ale ani v těch případech, kdy po svařování nedojde k zakalení, nelze volit libovolné parametry. Např. vlivem velké rychlosti svařování může dojít k nedořevnutí kře-

ne svaru, spolu s rychlým ochlazením roste tepelný spád. Pro-
to se v okolí svaru zvyšuje tvrdost a tím klesá jeho plastici-
ta,

Při automatickém svařování pod tavidlem je svařovací rych-
lost 50 m hod⁻¹, proud 650 A, napětí je 37 V. Výsledkem je ve-
lice kvalitní, hladký svar.

Při svařování pod CO₂ je svařovací rychlost 35 m hod⁻¹,
proud 380 A, napětí 36 V. Hodnoty napětí, proudu a rychlosti
svařování určujeme pomocí tepelné mohutnosti, vztažené na 1 mm
svaru.

$$Q = \frac{U \cdot I}{1000 \cdot v} \cdot \eta$$

/3/

Snažíme se nevolit tepelnou mohutnost zbytečně velkou, protože
při velkých hodnotách tepelné mohutnosti dochází k růstu zrna,
což snižuje plasticitu svaru. Ale nejen to, může docházet k
prepálu, případně k vypařování základního materiálu. Velikost
tepelné mohutnosti je přímo úměrná tloušťce materiálu. Dosaze-
ním hodnot svařovacích parametrů do rovnice /3/ dostaneme hodno-
tu tepelné mohutnosti pro oba způsoby svařování.

a/ automatické svařování pod tavidlem

$$Q_1 = \frac{37 \cdot 650}{1000 \cdot 15,3} \cdot 0,82 = 1,29 \text{ kJ mm}^{-1}$$

$$\eta = 0,72-0,89$$

volím 0,82

b/ polautomatické svařování pod CO₂

$$Q_2 = \frac{36 \cdot 380}{1000 \cdot 9,73} \cdot 0,76 = 1,07 \text{ kJ mm}^{-1}$$

$$\eta = 0,66-0,85$$

volím 0,76

Z vypočtených hodnot vyplývá, že pro danou tloušťku plechu je
tepelná mohutnost vyhovující.

2.5.4. Příprava svarových ploch

Velký vliv na kvalitu svarů má také příprava svarových ploch. Ta je závislá na předmětu, který chceme svařovat. Při návrhu přípravy svarových ploch bychom měli mít zřeteli, jaké síly má přenášet svarový spoj, tloušťku plechů, směřování svařovaných ploch na poloze a přístupnosti svarového spoje. Svařované plechy mají být obrobeny na hladko, aby nevhodným obrobením vzniklé rýhy nebyly příčinou zavaření strusky a tím i vady svaru. Abychom zajistili výrobu kvalitního svaru, musíme mít důkladně čisté svařové plochy. Hlavně rez, mastnota a vlhkost svarových ploch škodí svařování.

Běhoun je vyroben vesměs z válcovaného plechu a jednotlivé díly se zhotovují řezáním kyslíkoacetylenovým plamenem. Řezací stroj RS 51 je řízený fotoelektricky podle šablony. Proto u koutových svarů není třeba dále plochy upravovat. U tupého spoje na plášti se svařové plochy upravují broušením, a to proto, že svar se provádí pod tavidlem, kde je zvláště třeba dbát, aby svařové plochy byly čisté a hladké. Úhel běhounu se provádí úkos pod úhlem 40° a u kužele pod úhlem 30° .

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Metodika pro posouzení nutnosti tepelného zpracování svarků

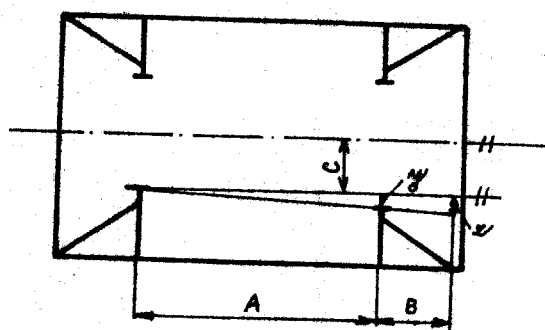
Jak vyplývá již z předcházejících kapitol, tepelné zpracování běhounu před obráběním se provádí kvůli tomu, že by jinak byly spíše na výkresu předepsané rozměrové tolerance a při konečné montáži vibračního válce VV 100 nejdě nasadit do běhounu vibrační čep.

Jako nejdůležitější tolerance požádám souosost nábojů běhounu, která je předepsána 0,1 mm a kružovitost nábojů, která je na průměr 640 mm předepsána H9.

3.1.1. Měření souososti nábojů běhounu

Princip měření je znázorněn na obr. č. 5.

obráz. č. 5



Měřil jsem po 90° a na úchylkoměru jsem odečítal hodnotu x. Protože znám vzdálenosti A a B, z podobnosti trojúhelníků mohu spočítat hodnotu y, která odpovídá velikosti vyosení obou nábojů. Jako pomůcky jsem použil ocelového pravítka o délce 2 m.

Tab. č.7

Úhel	A [mm]	B [mm]	C [mm]	x [mm]	y [mm]
90°	1162	776	640,00	1,84	1,104
180°	1162	776	640,00	-5,30	-3,18
270°	1162	776	640,00	-2,11	-1,266
360°	1162	776	640,00	5,73	3,438

Z naměřených hodnot je zřejmé, že předepsaná výchylka soustavy nábojů 0,1 mm splněna není, protože maximální naměřená a vypočítaná výchylka je 3,438 mm.

3.1.2. Měření kruhovitosti nábojů běhemu

Kruhovitosť nábojů jsem měřil na karuselu DKZ 2500. Během byl suspenzí upnut do sklíčidla a detektor byl uchycen v suportu stroje. Po naměření jednoho náboje se během otočil a měření se opakovalo u druhého náboje.

Náboj č.1

Tab. č.8

Úhel	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
Výchylka [mm]	3,98	4,17	3,96	3,77	3,93	4,15	3,94	3,72

Náboj č.2

Tab. č.9

Úhel	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
Výchylka [mm]	4,53	4,69	4,21	4,49	4,52	4,67	4,54	4,24

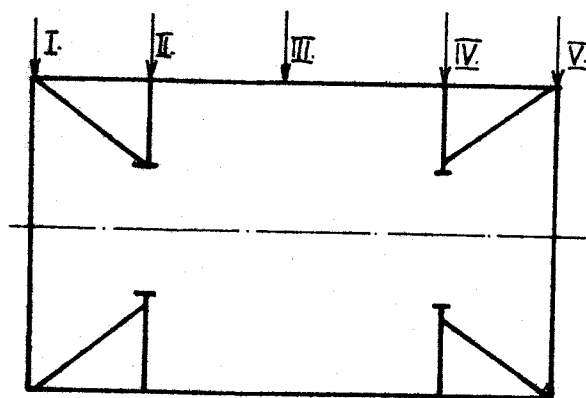
Z naměřených hodnot vyplývá, že předepsané tolerance u navrhovaného běhemu splněny nejsou. Je to způsobeno dvěma pomoc-

nými otvory, vyvrtanými do čel běhounu. Protože čela běhounu jsou namáhána na tah od velkých sbytkových pnutí po svařování, vyvrtáním obou otvorů do čela se nám poruší vlákna, proto nám u nábojů pod odvrtanými otvory vznikají nejmenší výchylky.

3.1.3. Měření kruhovitosti pláště běhounů

Jako další měření jsem provedl kontrolu kruhovitosti u 3 neobrobených, nejprve u nevyžihavých a potom u vyžihavých běhounů. Při měření nevyžihavých běhounů jsem odečítal hodnoty v těch samých místech, jako u nevyžihavých běhounů. Důvodem bylo to, abych zjistil, zda se při žití projeví nějaké deformace. Měření jsem prováděl na karuzelu DKZ 2500, běhouny byly krapodě upnuty ve stříčidle a hodnoty jsem měřil posuvným měřítkem od pevného dorazu, který byl ve vzdálenosti 800 mm od osy běhounu. Měření jsem prováděl po 30° v místech, nakreslených na obr. č. 6.

obr. č. 6



3.1.3.1. Měření kruhovitosti pláště nevykřivených báhounů

Tab. 8.10 Báhoun 8.1

Úhel	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
I	2,5	3,2	5,8	4,6	-1,9	-2,0	-0,7	-4,7	-2,1	-1,2	5,1	3,7
II	3,0	5,7	6,9	8,0	8,9	6,4	2,1	-2,3	-6,8	-9,2	-6,9	-5,7
III	2,9	9,8	9,1	9,7	10,3	3,0	-2,7	-3,6	-8,1	-9,9	-7,0	-8,9
IV	8,4	12,5	8,4	8,7	11,6	4,7	-7,2	-6,0	-9,6	-9,2	-8,0	-3,1
V	8,6	9,4	10,8	5,2	-4,7	-9,0	-8,9	-6,4	-4,1	-0,4	6,7	10,4

Tab. 8.11 Báhoun 8.2

Úhel	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
I	7,2	-1,3	-3,6	-3,8	1,1	3,4	3,0	-1,3	-2,7	3,1	6,8	9,1
II	2,8	0,2	-1,1	0,9	-0,3	0,3	-1,4	-1,7	1,9	1,2	5,3	2,8
III	3,1	1,4	1,3	-0,8	0,3	1,2	2,1	2,4	1,1	0,8	2,6	3,1
IV	1,2	2,3	3,4	2,2	4,1	3,8	2,3	-4,0	-3,6	-2,1	3,8	1,4
V	-6,0	-2,1	1,4	5,3	6,4	3,1	1,2	-4,2	-4,5	-4,9	-3,2	-7,3

Tab. 8.12 Báhoun 8.3

Úhel	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
I	4,8	-2,3	-1,4	1,2	1,1	-2,1	1,3	4,7	0,8	3,7	6,2	5,8
II	-2,7	-3,1	-6,2	2,3	-1,4	-3,6	2,3	5,2	1,8	3,2	2,1	-3,8
III	3,2	4,4	0,1	-0,7	1,9	-2,1	1,2	3,7	2,8	-0,7	-5,4	-4,8
IV	4,7	3,8	-1,4	1,9	-1,8	-2,3	-3,1	-1,8	-2,8	1,0	0,3	0,1
V	1,8	-2,4	-6,1	3,1	0,9	-3,9	2,1	-1,6	-2,7	-3,6	-1,1	-2,1

3.1.3.2. Měření kružovitosti pláště vyžehnaných běhounů

Tab. č.13

Běhoun č.1

Úhel	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
I	5,3	5,8	8,1	4,2	-3,1	-2,8	-1,6	-2,4	-1,3	0,6	1,7	3,1
II	3,2	6,7	7,4	5,1	-2,1	-4,1	-4,2	-6,3	-2,1	-6,1	-0,2	0,1
III	6,7	6,3	11,2	4,7	1,1	1,3	-5,3	-8,9	-7,1	-6,7	1,7	11,4
IV	9,1	6,8	8,1	10,2	-4,3	-6,1	-6,0	-5,3	-6,3	-4,2	3,8	9,3
V	6,8	7,3	9,4	7,5	-3,1	-6,8	-7,9	-7,1	-2,1	1,8	6,9	9,4

Tab. č.14

Běhoun č.2

Úhel	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
I	3,2	-2,8	-3,5	-3,9	-1,4	1,8	0,9	0,4	-1,2	-1,8	1,4	3,1
II	1,8	1,3	0,7	-1,7	3,2	4,2	-2,3	-5,9	-6,1	-4,1	3,2	0,4
III	5,4	3,2	5,2	1,6	2,4	2,3	0,2	0,4	2,5	-1,6	2,9	3,3
IV	2,8	-1,1	0,8	1,4	2,7	1,6	-1,8	-3,2	-0,9	1,8	2,3	4,3
V	-6,4	-4,3	-3,8	2,9	7,2	6,0	6,2	-2,2	-1,4	-0,8	-1,4	-5,2

Tab. č.15

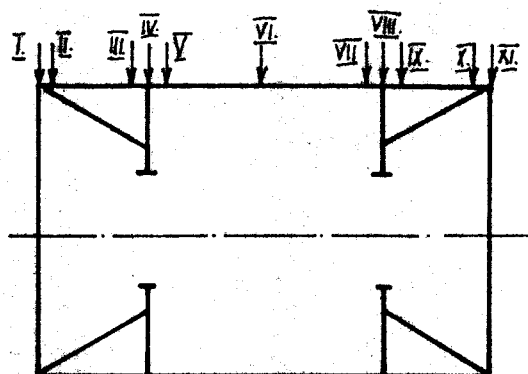
Běhoun č.3

Úhel	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
I	2,3	-3,4	-1,8	3,8	4,3	0,0	3,1	1,8	4,3	3,8	4,1	3,7
II	2,8	-0,3	-3,2	4,1	0,3	-0,8	3,6	2,5	4,8	2,7	3,8	2,9
III	2,6	7,3	2,8	2,7	3,5	3,6	-2,1	-7,0	-2,6	2,8	1,6	0,2
IV	2,0	1,8	-1,1	-0,7	-1,0	-2,7	-1,6	-6,3	-2,8	-0,2	-2,6	-0,5
V	0,1	-0,9	-2,6	-1,8	-2,4	-3,1	0,2	0,2	-1,6	-1,3	1,3	0,4

3.1.4. Měření podélných nerovností pláště bříhou

Měření podélných nerovností pláště bříhou jsem prováděl proto, abych zjistil, zda došlo v místech svarů k deformacím nebo ne. Měřil jsem v místech svarů kuželů a čel bříhou k pláštěti a ve vzdálenostech 10 mm od svarů a uprostřed pláště dle obr. 8.7. Měřil jsem pomocí oscilového pravítka, dlouhého 2m, které jsem přiložil k pláštěti a posuvným měřítkem jsem odčítal naměřené hodnoty.

obr. 8.7



3.1.4.1. Měření podélných nerovností pláště nevytříbených bříhou

Tab. 8.16

Bříhou 8.1

Místo č.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
úhel 90°	1,3	1,1	1,0	1,3	1,2	0,3	0,4	0,4	0,2	1,0	1,
180°	1,3	1,3	1,4	1,8	1,7	0,5	0,9	1,2	1,0	1,2	1,
270°	1,5	1,0	1,0	1,2	0,9	0,1	0,9	1,1	0,7	1,5	1,
360°	1,1	0,7	0,9	1,2	1,1	0,1	1,1	1,1	0,8	0,4	0,

Tab. 8.17

Báhouk 8.2

Miesto č.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
90°	1,4	1,1	1,0	1,4	1,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,8	1,2
180°	1,6	1,5	1,1	1,6	1,4	0,6	1,5	2,0	1,8	1,1	1,6
270°	0,9	0,7	1,1	1,5	1,3	1,1	1,7	2,4	1,9	2,0	2,7
360°	1,1	0,7	0,9	1,2	1,1	0,1	1,1	1,1	0,8	0,4	0,5

Tab. 8.18

Báhouk 8.3

Miesto

Miesto č.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
90°	0,7	0,6	0,7	1,2	1,0	0,2	1,6	2,3	1,9	0,7	0,9
180°	0,9	0,8	1,3	1,4	0,9	0,3	1,0	1,3	1,2	0,7	1,1
270°	0,9	0,7	1,4	1,5	1,3	0,7	1,5	1,7	1,1	1,1	1,6
360°	1,9	1,7	1,4	1,8	1,7	0,6	1,1	1,3	1,3	1,5	1,7

3.1.4.2. Měření podélných nerovností píštěl vyřezaných báhouk

Tab. 8.19

Báhouk 8.1

Miesto č.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
90°	0,9	0,7	0,7	0,7	0,9	0,6	0,7	0,8	0,6	1,1	1,7
180°	0,8	0,7	1,2	1,3	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,0	1,2
270°	0,7	0,6	0,8	1,0	0,9	0,6	1,1	1,2	1,0	0,7	0,7
360°	0,1	0,1	0,8	1,1	1,1	0,6	1,5	1,7	1,4	0,8	0,9

Tab. č. 20

Běhoun č. 2

Místo č.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
90°	0,4	0,3	0,5	0,7	0,7	0,2	1,0	1,1	1,1	0,8	0,9
180°	0,6	0,5	0,3	0,5	0,4	0,1	1,8	2,1	1,6	1,5	1,7
270°	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,4	1,1	1,3	1,1	0,7	0,8
360°	1,2	1,0	0,5	0,6	0,3	0,4	0,9	1,2	0,8	1,8	2,1

Tab. č. 21

Běhoun č. 3

Místo č.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
90°	0,5	0,4	1,5	1,7	1,4	0,2	1,1	1,3	0,9	1,8	2,0
180°	0,9	0,8	1,3	1,3	1,1	0,3	1,6	1,8	1,6	1,2	1,3
270°	0,3	0,2	0,9	1,1	1,0	0,0	0,9	1,0	0,8	1,4	1,6
360°	1,8	1,5	1,1	1,3	1,2	0,1	0,4	0,5	0,5	1,0	1,2

3.1.5. Měření vzdáleností čel běhounu

Toto měření jsem prováděl proto, abych zjistil, zda předpoklad nedohrnutí předupraveného rozměru je realný. Měřil jsem na obrobku novyřezaném běhounu. Jako měřicího prostředku jsem použil velkého posuvného měřítka, jehož délka byla 1080 mm.

3.1.5.1. Měření vzdáleností čel u pláště běhounu

Tab. č. 22

Uhel	90°	180°	270°	360°
Vzdálenost [mm]	1161,8	1160,6	1162,0	1161,3

3.1.5.2. Měření vzdálenosti čel v náboji bálounu

Tab. č.23

Úhel	90°	180°	270°	360°
Vzdálenost [mm]	1169,5	1169,4	1171,2	1170,1

Z naměřených hodnot zjistíme, že předepsaný rozměr $1162 \pm 1,0$ mm splněn není.

4. REALIZAČNÍ SMĚRNICE PRO NAVRHOVÁNÍ SVAŘOVANÝCH KONSTRUKCÍ

- 1. Svařovanou konstrukci navrhovat komplexně s technologií výroby**
- 2. Volit dobře svařitelný materiál**
- 3. Nevolit příliš velkou tloušťku stěn svařovaných spojů**
- 4. Pokud možno, svary namísťovat do míst, které jsou silami nejvíce namáhány**
- 5. Navrhovat pokud možno jen tupé svary**
- 6. Vyhýbat se koutovým nebo rohovým svařům, vnášejí do svařované konstrukce nepříznivý vrubový účinek**
- 7. Navrhovat svary tak, aby k nim byl dobrý přístup**
- 8. Nevolit zbytečně velké svary**
- 9. Dávat přednost automatickým nebo poloautomatickým způsobům svařování před ručním**
- 10. Vyhýbat se dlouhým, nepřerušovaným svařům, hlavně koutovým**
- 11. Navrhovat everything, aby byly pokud možno co nejlevnější/s hlediska přípravy svařových ploch nebo svařovacích přípravků/**
- 12. Navrhovat takový způsob svařování, aby zhotovení kvalitního svaru bylo co nejproduktivnější**
- 13. Zvolit optimální svařovací parametry**
- 14. Svařovanou konstrukci nanavrhovat zbytečně přesnou**
- 15. Nepředepisovat zbytečně mechanické obrábění po svařování**
- 16. Pokud se bude svařovaná konstrukce mechanicky obrábět, volit co nejmenší přídavky na obrábění**

5. ZÁVĚR

Z naměřených hodnot vyplývá, že předepsané rozměrové tolerance u nevykřivených obrobků během výroby nejsou dodrženy vlivem deformací, které vznikly při svařování a při mechanickém obrábění břízounu. Hlavními příčinami těchto deformací jsou velké vůle mezi čely a pláštěm břízounu při jejich svařování. Dochází ke smršťování a tím i vzniku sbytkových pnutí, které jsou veliké, neboť při měření podélné nerovnosti pláště vyšlo najevo, že plášť břízounu je v místech svarů deformován až o 2,9 mm.

Další příčinou vzniku deformací je nepřesná kruhovitost pláště, proto při obrábění povrchu pláště nám náš odebírá místy velkou třísku, ale místy sůstávají na povrchu pláště neobrobené plochy. Deformace, vzniklé po svařování, nám zvětšují deformace vznikající mechanickým obrobáním a protože deformace vzniklé mechanickým obrobáním nejsou stejné po celém obvodu pláště vlivem nestejně velké odebírané třísky. Proto za současných podmínek je nutno během žíhání k odstranění vnitřních pnutí. Velikost žíhací teploty / 630°C / je vhodná, ale rychlost ohřevu i ochlazování by měla být $60^{\circ}\text{C hod}^{-1}$ a ne $100^{\circ}\text{C hod}^{-1}$.

Odstranit žíhání břízounů by se však dalo, ale muselo by se změnit jejich konstrukční řešení. Bylo by vhodné zesílit tloušťku pláště tak, aby se nemusely konce plášťů vystulňovat kulemi a zvětšit tloušťku nábojů. Velikost sbytkových pnutí by byla možná větší, ale deformace budou určitě menší a je reálný předpoklad, že část sbytkových pnutí by se odstranila vlivem vibračního pohybu břízounu. Dále je třeba posoudit, zda obrábění povrchu pláště břízounu je opodstatněné, protože po

ochrání povrchu pláště na běhounu sčatenou neochobně nista, která se tam nechávají.

Bylo by tedy ekonomicky výhodné, aby se tepelné zpracování u běhounu odstranilo, protože ušetřená energie, v tomto případě zemní plyn, by se určitě dala využít na důležitější věci. Naš stát má díky Sovětskému svazu zemního plynu dostatek, ale zbytečně plýtvat energií si dnes nemůže dovolit žádný stát na světě. Společenský význam této diplomové práce určitě má, protože zabývá se úsporami energie, ale nejen jí, je jedním z prvořadých úkolů našeho národního hospodářství.

6. POUŽITÁ LITERATURA

/ 1 / Okorblom H.V.:

Konstrukční technologické projekční svařovacích konstrukcí
SNITL, Praha 1971.

/ 2 / Čabalka J.:

Mechanická technológia.
SÁV, Bratislava 1967

/ 3 / Hrivňák J.:

Zvázateľnosť oceľí.
ALFA, Bratislava 1979

/ 4 / KRIZ V.:

Svařování v kyslíčkovém ochlazení.
SNITL, Praha 1962

/ 5 / kolektiv:

Technologičnosť svařování kon-
strukcií-teplotné spracovanie
svarkov. ČSFTS, Bratislava 1978

/ 6 / Plachý-Štefl:

Mechanizované zariadenie na
ochlazené svařenie v ochranných
atmosférach. ALFA, Bratislava
1975

7. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.:

1. Kruhovitost běhounu č.1 v místě I
2. Kruhovitost běhounu č.2 v místě II
3. Kruhovitost běhounu č.1 v místě III
4. Kruhovitost běhounu č.1 v místě IV
5. Kruhovitost běhounu č.1 v místě V
6. Kruhovitost běhounu č.2 v místě I
7. Kruhovitost běhounu č.2 v místě II
8. Kruhovitost běhounu č.2 v místě III
9. Kruhovitost běhounu č.2 v místě IV
10. Kruhovitost běhounu č.2 v místě V
11. Kruhovitost běhounu č.3 v místě I
12. Kruhovitost běhounu č.3 v místě II
13. Kruhovitost běhounu č.3 v místě III
14. Kruhovitost běhounu č.3 v místě IV
15. Kruhovitost běhounu č.3 v místě V

———— průměr běhounu v měřítku 1:10

———— tvar pláště běhounu před křídlem

----- tvar pláště běhounu po křídle

Naměřené údaje jsou do grafů naneseny
v měřítku 1:1.

Závěrem chci poděkovat Ing. Boleslavu Kocumovi za pomoc
a připomínky při řešení těchto odborných otázek.

V Liberci 22.9.1981

Jan Tondl