Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-07-8

Strojírenská technologie

zaměření

Tváření kovů a plastických hmot

Katedra KPT

RACIONALIZACE VÝROBY SVAŘENCE RÁMU LOKOMOTIVY T 448

Roman Uzel

Vedoucí práce : Ing. Heinz Neumann, VŠST Liberec

Konzultant : Ing. Jan Ehrhardt, o.p.ČKD Kutná Hora

Rozsah práce a příloh

Počet stran	40
Počet příloh a tabulek	8
Počet obrázků	4
Počet výkresů	1
Počet modelů nebo jiných příloh	-

Datum 10.5.1988

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní

Katedra: tváření a plastů Školní rok: 1987/88

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro s. Romana U z l a

obor 23 07 - 8 Strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Racionalizace výroby svařence rámu Lokomotivy T 448

Zásady pro vypracování:

1) Seznamte se se současným stavem výroby rámu.
2) Prostudujte teoretické základy vybraných metod tavného svařování.
3) Proveďte rozbor stávající technologie výroby rámu.
4) Proveďte návrh racionalizačních opatření při výrobě rámu.
5) Proveďte celkové zhodnocení návrhu.

V 221/88 S

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

Svařování – lokomotivy – rámy

Rozsah grafických prací: 30 - 50 stran textu, výkresy, technologické postupy.

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

1) Kuncipál,J.: Svařování pro konstruktéry a technology, SNTL, Praha 1980.

2) Okerblom,N.O.: Konstrukčně - technologické projektování svařovaných konstrukcí. SNTL, Praha 1971.

3) Makovický,V.: Michalec,V.: Zvárané strojové súčiastky, SVTL, Bratislava 1963.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Heinz Neumann

Konzultant: Ing.Ekrhardt, ČKD o.p. Závod Kutná Hora.

Datum zadání diplomové práce: 11. 9. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988

Doc.Ing.Jaroslav Tměj, CSc.
Vedoucí katedry

Prof.Ing.Vladimír Prášil, DrSc.
Děkan

V Liberci dne 12. 9. 19 87

" Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené Literatury."

Roman Lerch

v Liberci 10.5.1988

O B S A H

1	Úvod	6
2	Průzkum současného stavu	8
2.1.	Informace o výrobním postupu rámu	8
2.2.	Výrobní postup nosiče závěsné páky	9
2.2.1	Svařovací parametry	11
3	Teoretická část	12
3.1.	Volba způsobu svařování	12
3.2.	Materiál	12
3.3.	Svařování v ochranné atmosféře MAG - CO_2	12
3.4.	Ochranný plyn CO_2	14
3.5.	Volba přídavného materiálu	15
3.6.	Hodnocení náchylnosti svarových spojů na vznik trhlin	16
3.6.1	Hodnocení vzniku trhlin za tepla	16
3.6.2	Hodnocení vzniku trhlin za studena	18
3.7.	Specifický tepelný příkon	20
3.8.	Volba svařovacího poloautomatu	21
4	Zkoušky a měření	24
4.1.	Příprava vzorků	24
4.1.1	Příprava vzorků pro metalografické výbrusy	24
4.1.1.1	Broušení vzorků	25

4.2. Hodnocení mikrostruktury 25
4.3. Hodnocení mikrotvrdosti 29
5. Technologický postup sestavení
nosiče závěsné páky 35
6. Závěr 39

PŘEHLED POUŽITÝCH SYMBOLŮ A MĚRNÝCH JEDNOTEK

Značka veličiny	Jednotka	Název veličiny
I	A	el. proud
U	V	napětí
t	mm	velikost svaru
s	mm	tloušťka svařovaného materiálu
l_s	mm	délka svaru
l	mm	výpočtová délka svaru
F_n	N	zatěžovací síla
$t_{př}$	Nh	čas přípravný
t_{ks}	Nh	čas kusový

1. Ú V O D

Uplynulá léta jasně ukázala, že zabezpečení dalšího intenzivního rozvoje československého národního hospodářství ve složitých vnějších a vnitřních podmínkách nebude nijak jednoduché. Především je podmíněno, jak ukázaly závěry XVI. a XVII. sjezdu KSČ, podstatným růstem efektivnosti a výkonnosti celé naší ekonomiky, mnohem dokonalejším zhodnocováním a využíváním surovin, energií, materiálů, základních fondů, využíváním nových, vysoce produktivních technologií, rychlou aplikací výsledků vědy a výzkumu do praxe.

V zájmu svých ekonomických potřeb a celkového rozvoje musí tedy společnost zaměřovat trvalou pozornost k těm procesům, které převádějí vědeckotechnické poznatky do praxe.

Významným procesem v tomto směru je zavádění nových technologií do oblasti svařování.

Jedním z podniků, jehož významnou část ve výrobním programu zaujímá právě výroba svařenců, je ČKD Praha, závod Kutná Hora.

Trvalou součástí výrobního programu závodu jsou svařence rámů lokomotivních podvozků. Jedním z nich je rám podvozku lokomotivy T 448.

Cílem diplomového úkolu je racionalizovat výrobu tohoto rámu na základě poznatků získaných o vybraných metodách tavného svařování, po konzultaci v ČKD Kutná Hora i porovnání vlastností a jakostí svaru při použití stávající a navrhované technologie.

2. PRŮZKUM SOUČASNÉHO STAVU

2.1. Informace o výrobním postupu rámu

Rám lokomotivy T 448 je sestaven z přibližně 75 dílů. Hrubé rozměry rámu jsou 3500 x 2500 x 500 mm.
Kromě několika malých součástí, jako jsou různé podložky , čepy a pod., je výchozím materiálem celého rámu konstrukční, normalizačně žíhaná ocel 11 416.1.

Jednotlivé skupiny jsou nastehovány a svařovány za pomoci speciálních přípravků a polohovadel, kterými je závod dnes již dobře vybaven. Celý rám se pak sestaví,nastehuje a svaří opět na polohovadlech a poté očistí od roz - stříků a zabrousí se svary. Povrch rámu se očistí ocelovým kartáčem od rzi a zbytků barvy od rýsování, odmastí se lakovým benzínem a nastříká jedenkrát barvou S 2035/0840 při teplotě 80 °C. Nástřik se provádí zařízením Spritztech Kopperschmidt.

Pro přísný zákaz fotografování v prostorách celého závodu nemohu poskytnout fotografii celého rámu.

Cílem podniku je rozšíření používání technologie svařování v CO_2. Tato vysoce produktivní technologie je vhodná zejména pro poloautomatické svařování v CO_2. Velkou vý-

hodou tohoto způsobu svařování je nahrazení ručního svařování elektrickým obloukem obalenou elektrodou, které je dnes již méně produktivní a pro pracovníky nezabezpečuje dostatečnou hygienu prostředí a bezpečnost práce.

2.2. Výrobní postup nosiče závěsné páky

Mezi skupiny dosud svařované ručně elektrickým obloukem patří i nosič závěsné páky - čís.výkr. 2-02-7235-374-03.

Tento nosič je na rámu umístěn dvakrát a další dva nosiče jsou pouze zrcadlově obrácené.

Nosič se skládá z těchto kusů:

1) bočnice I.
2) bočnice II.
3) nosič
4) bočnice - L
5) výztuha - číslo výkr. 4-02-6704-073
6) výztuha - číslo výkr. 4-02-6600-102
7) pouzdro 32 H 11 x 42r 6 x 15
8) pouzdro 30 H 11 x 40r 6 x 35
9) bočnice - P

Svary jsou provedeny ručně obalenou elektrodou E 44.83 podle ON 05 6913, svařeny svářečem s kvalifikací .

podle bodu 7a - ON 05 6913. Svary jsou provedeny ve třídě CD podle normy PN 05 0064 - tab. 2.

- Všechny díly bez výstuhy / 6) / se s pomocí distanční podložky 701 - 0077 a svěrek nastehují v přípravku 750--0618.

- Stehy a okolí se očistí od rozstřiku. Distanční podložka se vyndá z kořenové mezery 2^{+1} dle výkresu.

- Nastehované díly se svaří, svary a okolí se očistí od rozstřiku a označí osobní značkou svářeče.

- Pomocí pravítka, úhelníků a klínů se plamenem vyrovnají rozměry dle výkresu. Rovinnost nosiče 1 mm/ 1 m, kolmost bočnic k nosiči $90^{\circ} \pm 0,5$ mm.

- Na závěr se ještě orýsují a vyvrtají otvory o průměru 42 H7 a 40 H7.

Tento výrobní postup je totožný i pro druhý, obrácený nosič závěsné páky.

Metoda ručního svařování obalenou elektrodou je v případě takovýchto svařovaných konstrukcí dnes již málo pro - duktivní a navíc plyny a páry vznikající při tomto způsobu svařování jsou pro svářeče velmi škodlivé.

2.2.1 Svařovací parametry

Podle výrobního postupu si svářeč může vybrat, zda bude svařovat elektrodou E 44.83 o průměru 4 mm nebo o průměru 5 mm. Pro tyto alternativy se pak liší i svařovací parametry.

a) elektroda Ø 4 mm

svařovací proud	$I = 160 \pm 8$ A
počet vrstev	2
spotřeba elektrod	6,8 $ks.m^{-1}$
celkový čas	$t_c = 16,5$ $min.m^{-1}$

b) elektroda Ø 5 mm

svařovací proud	$I = 200 \pm 10$ A
počet vrstev	1
spotřeba elektrod	4,5 $ks.m^{-1}$
celkový čas	$t_c = 11$ $min.m^{-1}$

3. T E O R E T I C K Á Č Á S T

3.1. Volba způsobu svařování

Vzhledem k tomu, že závod ČKD Kutná Hora je dnes vybaven z velké části poloautomaty na svařování v ochranné atmosféře CO_2, rozhodl jsem se pro tuto technologii.
Objem výroby těchto rámů poklesl na hodnotu cca 200 ks za rok a i z tohoto důvodu by pořízení jiného a použití nového zařízení nebylo pro podnik výhodné.

3.2. Materiál

Ocel 11 416.1 je dle lit. (1) do tloušťky 25 mm zaručeně svařitelná, obsah uhlíku nepřesáhne 0,24 %, proto ani z tohoto hlediska nejsou nutná zvláštní opatření pro svařování.

3.3. Svařování v ochranné atmosféře MAG - CO_2

Svařování v ochranných atmosférách tavící se elektrodou patří v současné době k technologiím, které se ve strojírenských podnicích a závodech celé republiky nejvíce rozvíjejí a uplatňují ve všech oborech svařovaných konstrukcí.

Při tomto způsobu svařování je tavná lázeň chráněna před nepříznivým vlivem vzduchu (hlavně kyslíku a dusíku) ochrannou atmosférou plynů (CO_2). Oblouk hoří mezi holým drátem, který je automaticky podáván ze zásobníku do svaru a svařovaným materiálem,Pro tuto technologii svařování je charakteristická proudová hustota (100 ÷ 400 $A.mm^{-2}$). Vysoká proudová hustota je příčinou značné rychlosti odtavování přídavného drátu, veliké svařovací rychlosti, vysokého výkonu odtavení a hlubokého závaru.
Teplota oblouku v oblasti plazmy při svařování MAG dosahuje až 10 000 ^{o}C. Využití tepla oblouku u tohoto způsobu je proti způsobu WIG (30 ÷ 50 %) vysoké (85 ÷ 90 %).

Při svařování v ochranné atmosféře oxidu uhličitého, plynné prostředí narozdíl od inertního, reaguje se svařovaným kovem. Tato reakce má vliv na konečné chemické složení svarového kovu i tvar svarové lázně. Čistota použitého oxidu uhličitého má vliv na svářecí vlastnosti, resp.na kvalitu svarového kovu. Mimořádně škodlivě se projevuje nadměrná vlhkost a vysoký obsah dusíku.

Ochranná atmosféra CO_2 je hospodárnější než ochranná atmosféra argonu. Použijeme-li dráty s dostatkem dezoxidačních prvků, můžeme oxidem uhličitým docílit dobré mechanické a technologické vlastnosti svarů.

Při svařování způsobem MIG, MAG, má se zřetelem k efektivnosti svařování a vzhledu svarové housenky velký význam způsob přehhodu kapek kovu z přídavného drátu před elektrický oblouk do svaru. Když svářime běžným způsobem a postupně zvyšujeme svařovací proud, zjistíme, že po překročení určité kritické hodnoty se přemění přenos kovu z kapkového (s občasnými zkraty) na sprchový (bezkratový) přenos. Při svařování v CO_2 provází tento jev zvýšený propal legujících prvků. Je to zřejmě proto, že je-li roztavený kov ve stavu drobných kapek, je reakční plocha větší. Proto je možno sprchový přenos kovu použít jen při svařování v argonu s příměsí CO_2 nebo O_2. Při svařování v CO_2 se používá dlouhého oblouku.

3.4. Ochranný plyn CO_2

Oxid uhličitý se prosazuje především pro svou nízkou cenu. Dodává se v tekutém stavu a to v ocelových lahvích. Je získáván z přírodních nebo z kvasných procesů a před stlačením se čistí. Ocelové lahve na tekuté plyny mají objem 5 až 40 l, což odpovídá náplní 3 až 30 kg tekutého oxidu uhličitého při středním tlaku 6,5 MPa. Z kilogramu tekutého CO_2 dostaneme 500 l plynu. Jedna láhev s 10 kg plynu vydrží tedy při spotřebě 15 $l.min^{-1}$ asi 5,5 hodiny čistého svářecího času. Oxid uhličitý se odebírá z lahve přes redukční ventil, který zabezpečuje potřebný pracovní tlak.

Přitom se mění skupenství a CO_2 opět dostává plynnou podobu. Z tohoto důvodu se musí plyn z lahve odebírat ve svislé poloze nebo pod úhlem položení lahve $30^{o}C$. V důsledku toho se redukční ventil ochlazuje a zamrzá. Pro odstranění této závady se k redukčnímu ventilu předřazuje elektrický ohřívač plynu s termostatickou regulací (3).

3.5. Volba přídavného materiálu

Pro svařování konstrukčních nelegovaných ocelí v ochranné atmosféře CO_2 se používán přídavný drát P 44.13 C (obch.označení C-113, výrobce ŽAS Vamberk).

Chemické složení drátu tab.č.1

C	Si	Mn	P	S
max.0,15	0,4-1,0	0,9-1,6	max.0,03	max.0,03

Zaručené minimální mechanické vlastnosti svarového kovu:

mez pevnosti R_m . . . . . 440 MPa

mez kluzu R_e . . . . . 320 MPa

tažnost A . . . . . 20 % (4)

Podle lit.(3) se doporučuje pro koutové svary velikosti 8mm drát průměru 1,6 mm.

3.6. Hodnocení náchylnosti svarových spojů na vznik trhlin

Při analýze případů výskytu trhlin ve svarových spojích je většinou těžké určit rozhodující mechanismus vzniku trhlin (5). Často výsledná trhlina není čistým defektem jednoho typu. Může vzniknout při vysoké teplotě a šířit se při teplotě nízké.
Oba dva typy trhlin mají mezikrystalický chararkter. Trhliny za tepla bývají více členité a krátké z důvodu působení malého kontrakčního napětí. Trhliny za studena jsou méně rozvětvené, méně členité, což je způsobeno podstatně vyšším kontrakčním napětím.

3.6.1 Hodnocení vzniku trhlin za tepla

Každý svarový spoj prochází nejprve teplotní oblastí náchylnosti na trhliny za tepla. Trhliny za tepla vznikají ve svarovém kovu nebo v tepelně ovlivněné oblasti při vysokých teplotách okolo 900 °C.

Příčinou vzniku trhlin ve svarovém kovu může být segregace nečistot jako je síra, fosfor, kyslík, oxidy nebo reakce prvků úmyslně přidávaných do svarového kovu. Může jít o segregaci chromu, molybdenu, atd.

Segregující nečistoty např. FeS, mají teplotu tání nižší než základní matrice a mohou tvořit tenké filmy první fáze snižující pevnost na hranici zrn. Eutektické taveniny jsou příčinou vzniku trhlin za tepla i v případě ocelí legovaných chromem, vanadem atd., prvků, které mají velkou afinitu k uhlíku.

Mechanismus ovlivněné oblasti je rozmanitější a souvisí s obsahem a segregací nečistot v základním materiálu při teplotě okolo 1000 °C.

Náchylnost materiálu na vznik trhlin za tepla při obloukovém svařování se dá charakterizovat číslem HCS (5).

$$HCS = \frac{C\left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100}\right) \cdot 10^3}{3\,Mn + Cr + Mo + V}$$

Hodnocení materiálu 11 416.1 dle uvedeného parametru při maximálním obsahu prvků

$$HCS = \frac{0{,}24\left(0{,}03 + 0{,}03 + \frac{0{,}35}{25} \quad \frac{0{,}3}{100}\right) \cdot 10^3}{3 \cdot 0{,}65 + 0{,}3} = 8{,}2$$

Trhliny nevznikají, je-li HCS $<$ 4.

V našem případě je nebezpečí vzniku trhlin za tepla.

3.6.2 Hodnocení vzniku trhlin za studena

Studené (opožděné) trhliny jsou defekty, které vznikají po skončení svařování ve svarovém spoji, když teplota oblasti svarového spoje poklesne pod 300 ÷ 200 °C.

Tyto trhliny se mohou vyskytovat ve svarovém kovu a v tepelně ovlivněné oblasti, v zóně s teplotami nad A_3, charakterizované určitým stupněm přehřátí. Trhliny ve svarovém kovu mohou být podélné nebo příčné. Pro vznik studených trhlin musí být v oblasti svarového spoje splněny tři předpoklady (5).

1. Mikrostruktura ovlivněné oblasti nebo svarového kovu musí být citlivá na účinek vodíku. Takovouto strukturou je martenzitická nebo dolní bainitická struktura, která vzniká zejména při svařování ocelí vyšších pevností.

2. V oblasti svarového spoje musí být určité minimum difuzního vodíku, kterého zdrojem je většinou svarový kov.

3. V oblasti svarového spoje musí působit určité kontrakční napětí.

Vodík se do svarového kovu dostává z obalové hmoty elektrod, vlhkosti okolního prostředí, z určitých plynů ochranné

atmosféry nebo z nedostatečně očištěných svarových ploch. Svarové plochy pokryté rzí jsou velmi silným zdrojem vodíku ve svarovém kovu. Rozpustnost a rozložení vodíku ve svarovém kovu závisí od koncentrace a typu nečistot, mikropórů a dislokací, makropórů a rychlosti ochlazování. Vodík ze svarového kovu difunduje do tepelně ovlivněné oblasti zejména v době přeměny $\gamma \rightarrow \alpha$ ve svarovém kovu. Rozpustnost vodíku ve svarovém kovu se prodce snižuje při přeměně $\gamma \rightarrow \alpha$, zatímco tepelně ovlivněná oblast svarového spoje je ještě austenitická.

Vodík, který zůstává v oblasti svarového spoje, se nachází při vyšších teplotách v disociovaném stavu.

Při poklesu teploty asi pod 200°C může přejít v určitých volných prostorách svarového spoje do molekulárního stavu, přičemž vznikají vysoké asociační tlaky. Všeobecně ale vodík difun duje i na volném povrchu svarového spoje a odtud do atmosféry. Rozhodujícím faktorem, který je zodpovědný za vznik studených trhlin je však působení tahových napětí i po skončení svařování. Hodnocení náchylnosti svarového spoje na vznik trhlin za studena pro základní materiál 11 416.1.

<u>Rovnice podle Ita a Bessya</u>

$$P_{CM} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Si}{30} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5\,B$$

$$P_{CM} = 0,20 + \frac{0,65}{20} + \frac{0,3}{20} + \frac{0,3}{60} + \frac{0,3}{20} + \frac{0,35}{30} = 0,279$$

$$P_W = P_{CM} + \frac{H}{60} + \frac{K}{40 \cdot 10^3} \qquad /\%/$$

H - množství difuzního vodíku

K - intenzita tuhosti /$N.mm^{-1}$/

$$K = 66 \cdot s = 66 \cdot 15 = 990\ N.mm^{-1}$$

$$P_W = 0,28 + \frac{5}{60} + \frac{990}{40 \cdot 10^3} = 0,389\ \%$$

Trhliny za studena netvoří při $P_{CM} < 0,25$ a $P_W < 0,37$.

Ocel je k těmto trhlinám méně náchylná, ale není ještě potřeba předehřev.

3.7. Specifický tepelný příkon

Šířka tepelně ovlivněné oblasti při svařování závisí ve velké míře na použitých paramterech při svařování. K hlavním parametrům patří hodnota specifického tepelného příkonu svařování Q.

$$Q = \frac{q}{v}$$

v - rychlost svařování /$cm.s^{-1}$/

q - výkon svařovacího stroje U.I /$J.s^{-1}$/ (tepelný)

Specifický tepelný příkon má dvě proměnné veličiny, a to tepelný výkon svařovacího zdroje a rychlost svařování.

S ohledem na normativy o.p. ČKD Kutná Hora byl zvolen svařovací proud I = 290 A, napětí U = 26 V a rychlost svařování v = 9,4 $m.min^{-1}$.

$$Q = \frac{290 \cdot 26}{940 \cdot \frac{1}{60}} = 481,3 \ J.cm^{-1}$$

3.8. Volba svařovacího poloautomatu

V současné době se svařování v ochranné atmosféře, hlavně v CO_2, velmi uplatňuje v průmyslu, protože je vysoce produktivní, operativní a podstatně zlepšuje podmínky na pracovišti svářečů. Z tohoto důvodu se již dnes vyrábí celá řada různých typů poloautomatů, které lze rozdělit podle konstrukčního provedení a množství použití maximálních svařovacích proudů na:

- lehký typ, pro dráty do Ø 1,0 mm a pro svařovací proud do 200 A;

- střední typ, pro dráty od Ø 0,8 do 1,6 mm a svařovací proud až do 300 A;

- těžký typ; pro dráty od Ø 1,2 do 2,5 mm a svařovací proud až 600 A.

Systém podávání drátu je řešen se zřetelem na provozní podmínky, prostorový rozsah působnosti, možnost svařovat na montážích i na materiál přídavného drátu různě.

- Poloautomaty s tlačeným systémem drátu

Drát se podávačem tlačí do bovdenové hadice, která jej vede až do svařovací hubice. Přívodní bovden má vzhledem k tření a zajištění bezporuchového provozu délku maximálně 2,5 ÷ 3 m.

- Poloautomat s tlačeným drátem, přenosným podávačem a zásobníkem drátu

Operativnost je u tohoto zařízení zlepšena, protože podávač se zásobníkem drátu je oddělen od zdroje svařovacího proudu, s kterým je spojen pouze kabelem pro přívod svařovacího proudu a ochranného plynu. Délka tohoto kabelu může být 10 - 15 m a podávač ukončen bovdenem o délce 2-2,5 m.

- Poloautomaty s tažným drátem

Podávací zařízení je buď v hořáku a drát prochází

bovdenem, nebo na hořáku je malý zásobník drátu. Tohoto způsobu se používá pro svařování hliníku malých tlouštěk.

- Poloautomaty s taženým i tlačeným přídavným drátem

Jde o t.zv. způsob " push - pull ", který je velmi operativní a má malou poruchovost.

Pro zvýšení operativnosti poloautomatů a snížení fyzické námahy svářeče se často k poloautomatům dodávají stojany s rameny, na které se umisťuje podávací zařízení. Řada firem vyrábí různé tvary svařovacích hořáků,aby umožnila větší operativnost a přístup ke svařovacímu místu.

Ke svařování nosiče závěsné páky je možno použít svařovací automat WLSP - 600 se systémem tlačeného drátu.
S těmito poloautomaty již v o.p. ČKD Kutná Hora pracují, vyhovuje i pro svařování nosiče závěsné páky.

4. Z K O U Š K Y A M Ě Ř E N Í

Na základě dohody s konzultantem s. ing. Ehrhardtem bylo cílem zkoušek a měření porovnání svařitelnosti vzorku svářeného ručně elektrickým obloukem obalenou elektrodou a vzorku svařeného v ochranné atmosféře CO_2 metodou měření mikrotvrdosti svarového spoje.

4.1. Příprava vzorků

Oba vzorky byly svařeny z plechů o rozměrech 200 x 60 x 10 mm do tvaru T jednostranným, průběžným, koutovým svarem velikosti 8 mm.

Vzorek č. 1 byl svařen ručně obalenou elektrodou o Ø 4 mm na 2 vrstvy.

Vzorek č. 2 byl svařen v ochranné atmosféře CO_2 drátem Ø 1,6 mm poloautomatem WLSP - 600 také na dvě vrstvy.

4.1.1 Příprava vzroků pro metalografické výbrusy

Rozbrušování jednotlivých vzorků pro metalografické výbrusy bylo provedeno na stroji Metasecar kotoučem označeným TGL 29-843. Vlastní rozbrušování probíhalo za intenzivního chlazení vzorků i řezacího kotouče vodou.

4.1.1.1 Broušení vzorků

Zarovnání nařezaných vzorků bylo provedeno na kotoučové brusce BPH 20. Poté byly vybroušeny na brusných papírech a nakonec bylo prováděno leštění na plstěném kotouči s použitím ferogenu č.1.

4.2. Hodnocení mikrostruktury

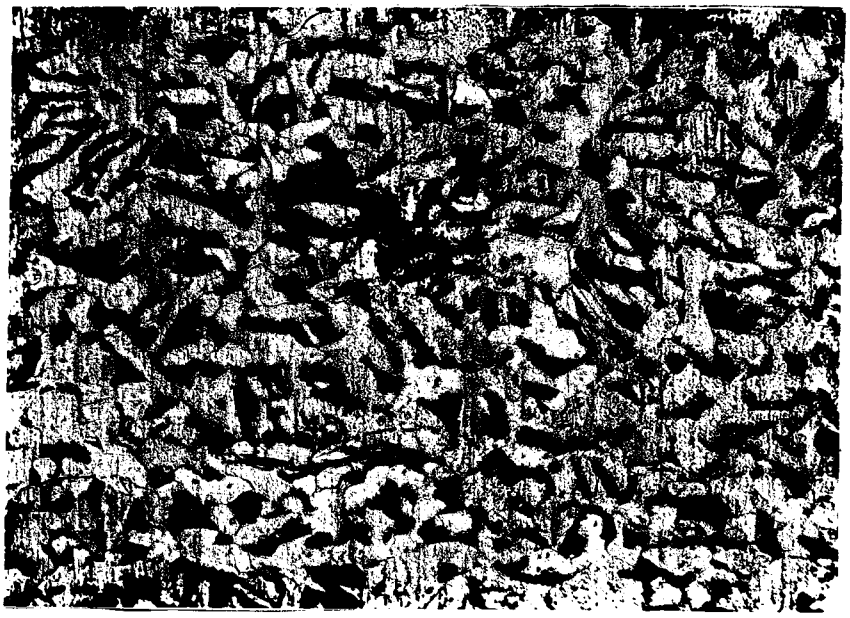
Mikrostruktury byly pozorovány na příčných řezech po dělení rozbrušováním. Pozorování jsme provedli na velkém metalografickém mikroskopu NEOPHOT II (výrobce - VEB Carl Zeiss Jena). Vzorky byly naleptány jednoprocentním nitalem. Při zvětšení 50 až 200 x byl zjištěn tento stav:

U vzorku č. 1 svařeného obalenou elektrodou se výrazně lišila struktura materiálu pásnice a stojiny. V materiálu stojiny bylo zjištěno větší množství uhlíku, tím i více tvrdšího perlitu než u pásnice vzorku č.2.

Zřejmě to bylo dáno tím, že u oceli 11 416.1 je zaručeno pouze maximální množství uhlíku, které činí 0,24 %.
U materiálu stojiny mikrostruktura odpovídala tomuto složení, přičemž u ostatních částí vzorků byl obsah uhlíku mnohem menší a více převažovala feritická struktura.

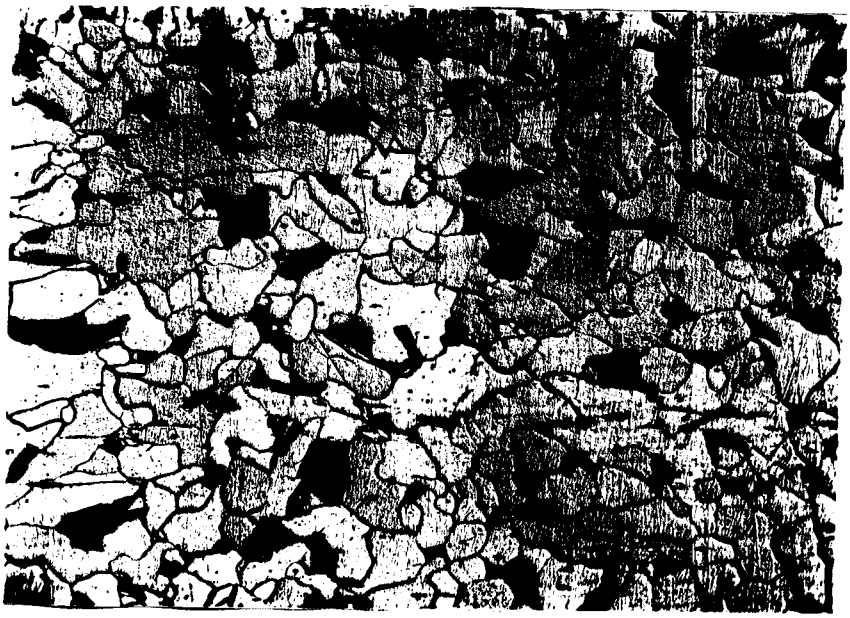
Obrázek č. 1 - struktura základního materiálu stojiny vzorku č. 1

zvětšeno 200 x Nital 1%



Obrázek č. 2 - struktura základního materiálu pásnice vzorku č. 2

zvětšeno 200 x Nital 1%

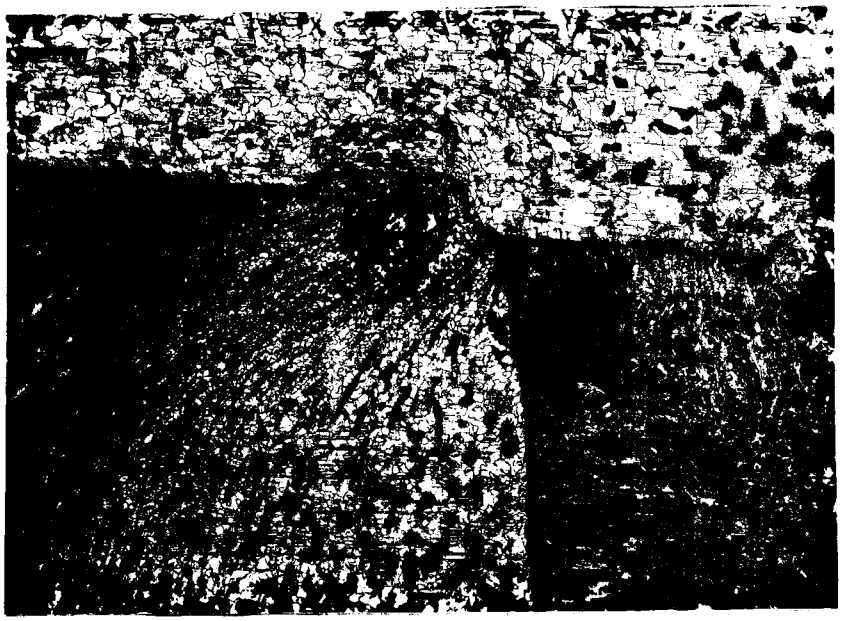


Obr. č. 2

Jedná se o feriticko perlitickou strukturu, s převažujícím feritem. Porovnáním obrázků č. 1 a 2 je vidět rozdílný obsah uhlíku, zvětšenou tmavší plochou perlitu na obr. č. 1.

Obr. č. 3 - Kořen svaru u vzorku č. 2 svařeného v ochranné atmosféře CO_2

zvětšeno 50 x Nital 1%



V levé spodní části je stojina, vpravo svar a nahoře pásnice.

Přestože svařování MAG je charakteristické hlubokým provařením kořenu, je na tomto snímku vidět, že k provaření nedošlo. Je to způsobeno špatným kladením první a druhé housenky

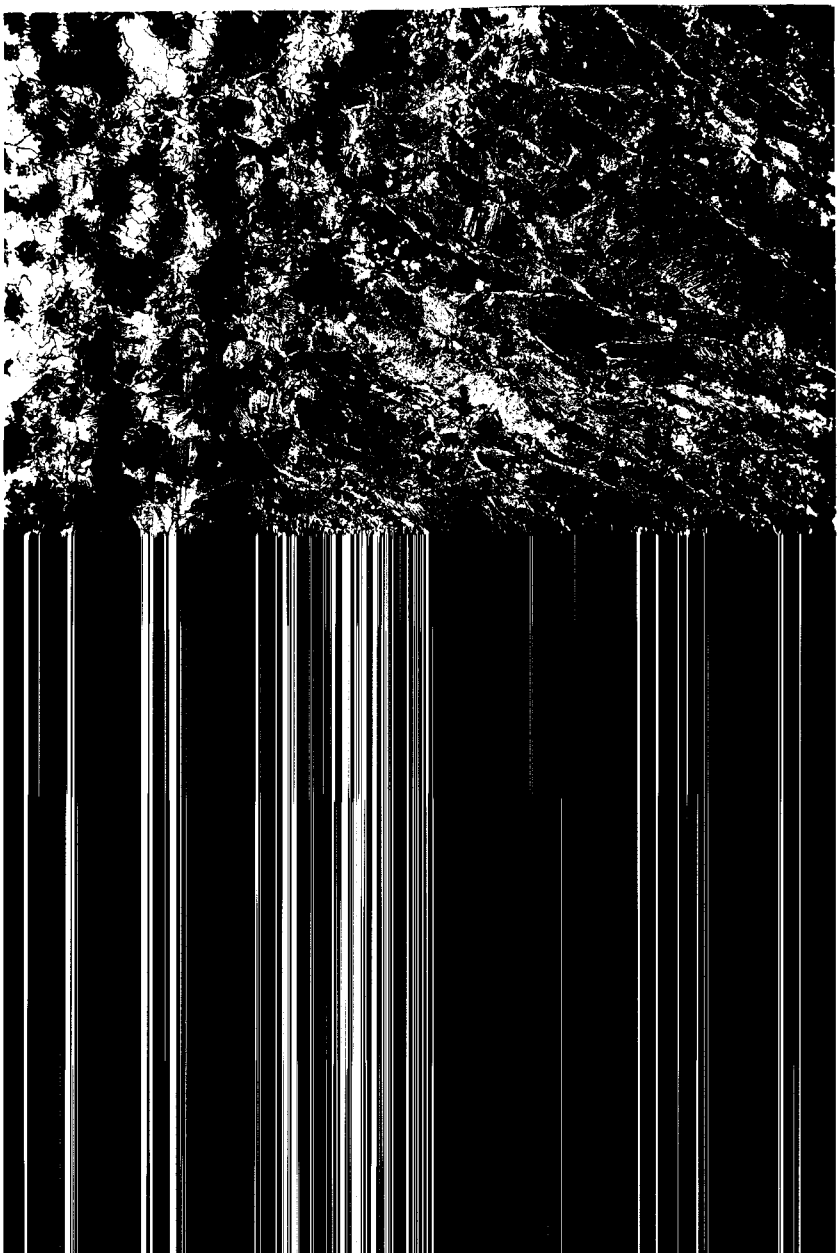
svaru a zřejmě i tím, že vybraný vzorek byl vyříznut náhodně z celého svarku.

Na stojině je vidět, že příprava pro vzorky byla provedena stříháním. Svědčí o tom značně deformovaná zrna v jednom směru na okraji stojiny.

Na snímku je také vidět, jak vlivem vysokého napětí byla část materiálu stojiny vtažena do pásnice.

Obrázek č. 4 - ovlivněné pásmo z první vrstvy

zvětšeno 100 x Nital 1%



4.3. Hodnocení mikrotvrdosti

Mikrotvrdost byla měřena na tvrdoměru PMT 3 při vnikací síle F = 10 N.

Měření je prováděno na základě Vickersovy metody, kdy vnikací tělísko, kterým je čtyřboký jehlan o vrcholovém úhlu 136°, je vtlačován předem nastavenou silou do měřeného materiálu. Měříme úhlopříčky vtisku "d" ve dvou kolmých směrech a prostřední hodnotu odečteme z tabulek tvrdost. Dobu zatížení jsme zvolili 10 sekund.

Vickersova metoda je z běžných metod nejpřesnější, vyžaduje však, vzhledem k malým rozměrům vtisku, pečlivou úpravu povrchu. Za normální zatížení se pokládá 30 kp (vnikací síla F ≐ 300 N) a tvrdost se označuje HV. Jiná zatížení je třeba uvést v označení. V našem případě tedy HV 1.

Tvrdost jsme stanovili podle ČSN 05 1313 ve směru normálu svarem ve vzdálenosti 2 mm od povrchu svaru

4.3. Hodnocení mikrotvrdosti

Mikrotvrdost byla měřena na tvrdoměru PMT 3 při vnikací síle F = 10 N.

Měření je prováděno na základě Vickersovy metody, kdy vnikací tělísko, kterým je čtyřboký jehlan o vrcholovém úhlu 136°, je vtlačován předem nastavenou silou do měřeného materiálu. Měříme úhlopříčky vtisku "d" ve dvou kolmých směrech a prostřední hodnotu odečteme z tabulek tvrdost. Dobu zatížení jsme zvolili 10 sekund.

Vickersova metoda je z běžných metod nejpřesnější, vyžaduje však, vzhledem k malým rozměrům vtisku, pečlivou úpravu povrchu. Za normální zatížení se pokládá 30 kp (vnikací síla F ≐ 300 N) a tvrdost se označuje HV. Jiná zatížení je třeba uvést v označení. V našem případě tedy HV 1.

Tvrdost jsme stanovili podle ČSN 05 1313 ve směru napříč svarem ve vzdálenosti 2 mm od povrchu svaru.

Vzhledem k rozdílu složení materiálu pásnice a stojiny jsme provedli měření tvrdosti u vzorku č. 1 ve směru ze svaru do pásnice i do stojiny.

Vzorek č. 1 - svařený ručně obalenou elektrodou

Z pěti naměřených hodnot jsme stanovili tvrdost základ-

ního materiálu pásnice - HV1 = 143,67 a tvrdost stojiny - HV1 = 168,67.

Rovněž z pěti hodnot jsme stanovili střední hodnotu tvrdosti svaru HV1 = 203,7.

Při měření tvrdosti v tepelně ovlivněné oblasti jsme první hodnotu naměřili na hranici ztavení a pak postupovali po 0,25 mm v určené linii měření.

Mikrotvrdost tepelně ovlivněného pásma

směrem do stojiny tab.č.2

číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X /mm/	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
HV1	212	208	185	186	176	191	174	182	179

Číslo měření: 1 - oblast zhrublého zrna

2 - oblast počátku hrubnutí zrna

3÷6 - oblast částečné překrystalizace

7 - konec tepelně ovlivněné oblasti

8 - prakticky neovlivněný materiál

Střední hodnota tvrdosti v TOP - HV1 = 181,25.

Mikrotvrdost tepelně ovlivněné oblasti

ve směru do pásnice tab.č.3

č.měř.	1	2	3	4	5	6
HV 1	202	177	193	168	173	192
č.měř.	7	8	9	10	11	12
HV 1	198	182	188	162	170	159

Hranice ztavení byla těžko určitelná, proto naměřená hodnota v tomto místě HV1 = 202 nemusí být zcela přesná. Částečné překrystalizaci odpovídala oblast mezi měřenými body 7 - 11. Vpich č. 12 byl již do neovlivněného základního materiálu.

Střední hodnota tvrdosti v TOP - HV1 = 180,3.

Vzorek č. 2 - svařený metodou MAG v ochranné atmosféře CO_2

Výchozím bodem měření byla opět hranice ztavení, od které jsme postupovali po 0,25 mm ve směru k pásnici.
Z pěti naměřených hodnot jsme určili střední hodnotu tvrdosti základního materiálu HV1 = 125,7 a tvrdost ve svaru HV1 = 290.

Mikrotvrdost v tepelně ovlivněném pásmu tab. č. 4

č.měř.	1	2	3	4	5	6	7
x /mm/	0,0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
HV 1	212	198	186	175	145	168	154

Tabulka č. 4

Tvrdost na hranici ztavení - HV1 = 212.

Oblast částečné překrystalizace jsme zjistili do bodu 5. Vpich číslo 6 byl již v základním neovlivněném materiálu. Střední hodnota tvrdosti v TOP - HV1 = 174,4 .

Získaná mez pevnosti svaru provedeného metodou MAG-CO_2 je mnohem vyšší než u původního svaru.

Podle ČSN 42 0379 odpovídá hodnotě tvrdosti HV 1 = 290 mez pevnosti $R_m \doteq 930$ MPa.

Při návrhu menšího potřebného průřezu svaru můžeme vycházet z porovnání přípustné zatěžovací síly.

Pro zvolenou bezpečnost k = 2 lze spočítat:

$$\sigma_D = \frac{\sigma}{k} \qquad \sigma_{D1} = \frac{440}{2} = 220 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{D_2} = \frac{930}{2} = 465 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp_1} = \alpha_{\tau_\perp} \cdot \sigma_{D_1} = 0{,}75 \cdot 220 = 165 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp_2} = \alpha_{\tau_\perp} \cdot \sigma_{D_2} = 0{,}75 \cdot 465 = 348{,}7 \text{ MPa}$$

$\alpha_{\tau_\perp}$ - převodní součinitel svarového spoje

$$\tau_\perp = \frac{F_n}{2 \cdot 0{,}7 \cdot t \cdot l} \quad /\text{MPa}/ \qquad (6)$$

F_n - zatěžovací síla /N/

t - velikost svaru /mm/

l - výpočtová délka svaru $l = l_s - 2\,s$ /mm/

s - tloušťka svařovaného materiálu

Pak pro svar č 8 - 315 platí:

$l = 315 - 2 \cdot 15 = 285$ mm

$F_{n1} = \tau_{\perp_1} \cdot 2 \cdot 0{,}7 \cdot t_1 \cdot l = 165 \cdot 2 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}008 \cdot 0{,}285$

$= 526{,}7$ kN

$F_{n_2} = \tau_{\perp_2} \cdot 2 \cdot 0{,}7 \cdot t_2 \cdot l = 348{,}7 \cdot 2 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}006 \cdot 0{,}285$

$= 907{,}5$ kN

Z výpočtu vyplývá, že $F_{n_1} < F_{n_2}$. Svar ~~t~~ 6 - 315 tedy snese i větší zatěžovací síly. Toto by však bylo ještě nutné s ohledem na druh namáhání spojů na nosiči závěsné páky ověřit dalšími mechanickými zkouškami ve výrobním závodu.

5. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SESTAVENÍ NOSIČE ZÁVĚS.PÁKY

Oper.	$t_{př}$	t_{ks}	popis operace	Výr.pomůcka
1	0,16	0,333	Sestavit v přípravku a nastehovat :	Přípravek 750 - 0618
			1x nosič poz. 3 1x bočnice poz. 9 2x 1/2 V6-15 (30 mm) 1x bočnice-L poz. 4 2x 1/2 V6-15 (30 mm) 1x výztuha poz. 5 6x⊵ 5-10 (60 mm) 1x bočnice I. poz. 2 4x⊵ 5-10 (40 mm) 1x bočnice II. poz. 1 4x⊵ 5-10 (40 mm)	Distanční podložka 701 - 0077 svěrky
			Stehy a okolí očistit od rozstřiku. Svař.drát C-113, Ø 1,6 mm. Dodržet kořenovou mezeru 2^{+1} dle výkresu pomocí distanční podložky - podložku vyndat	
2	0,30	0,666	Svařit nastehované díly svary: 1x bočnice - P poz. 9 1x 1/2 V 15-150 1x bočnice - L poz. 4 1x 1/2 V 15-150	Polohovadlo 941 - 0006

Oper.	$t_{př}$	t_{ks}	popis operace	Výr.pomůcka
			1x výztuha poz. 5 1x 8-725 1x bočnice I poz. 2 1x 8-315 1x bočnice II poz. 1 1x 8-315 Svary a okolí očistit od rozstřiku, označit osobní značkou. Svař.drát C- 113, Ø 1,6. Svářeč dle ČSN 05 0710/B- - M123, C- M123.	
3	0,19	0,361	Vyrovnat pomocí plamene na rozměry dle výkresu. Rovinnost nosiče 1mm/1m, kolmost bočnic k nosiči $90^{o} \pm 0,5$ mm	Pravítko, úhelník, klíny
4			Rýsovat pro vrtání z jedné strany osy a kontrol.kroužek pro Ø 42 H7, z druhé strany osy a kontrol.kroužek pro Ø 40 H7. Rýsovat náboje z boku na ru $75 \pm {}^{0,5}$ pro zarovnání čel nábojů, Rýsovat dva otvory M12 SH8, značit důlčíky.	Rýsovací šablona (M12) 791 - 0064

Oper.	$t_{př}$	t_{ks}	Popis operace	Výr.pomůcka
5	0,96	0,722	Vrtat - upnout do přípravku 1 ks Nosič z.p.I a 1 ks Nosič z.p.II dle značení Vrtat Ø 10,2 a vrtat Ø 37,5 v poz.1 a 2, vyhrubit na Ø 39,6. Zarovnat nožem čelo horního náboje k orýsování a čelo spodního náboje na míru 75 $^{+0,5}$, vystružit oba otvory na Ø 40 H7. Přejet na druhý svařenec a provést to samé. Otoočit přípravkem o 180°, vrtat v poz. 9 Ø 10,2 a vrtat v poz.4 a 9 Ø 39,5, vyhrubit na Ø 41,7 a stružit Ø 42 H7. Přepnout, dle orýsování vyrovnat, vrtat 2x Ø 10,2, srazit hrany a řezat 2x M 12 SH8.	Návodka 4-78-710-4588 Vrt.přípravek 1-73-710-4588 Hřídelka 4-72-414-0442 Nůž 4-72-212-0396 Výhrubníky Ø 39,6 - -4-78-246-0183 Ø 41,7- -4-78-246-0135 Výstružníky H7 Ø 40 - -4-78-255-0198 Ø 42 - -4-78-255-0145 Vrtáky Ø 10,2; Ø 37,5; Ø 39,5 ČSN 22 1140 Závitníky M 12 SH8
6	0,15	0,092	Srazit hrany otvorů 0,25 x 45°,včetně hran závit.otvorů z druhé strany,narazit 2+2 pouzdra poz. 7 a 8.	Narážecí trny 065 - 0041 065 - 0042 kladivo, škrabák

Oper.	$t_{př}$	t_{ks}	Popis oeprace	Výr.pomůcka
7		0,008	Odmastit v zařízení KOS, 50 ks současně	
8			Kontrola: - rozměrová dle výkresu - provedení dle postupu - konečná	

6. Z Á V Ě R

Cílem diplomové práce bylo racionalizovat výrobu svařence rámu lokomotivy T 448 a porovnání jakosti svaru stávající a navrhované technologie.

O.p. ČKD Kutná Hora mi poskytl poměrně dobré podmínky pro získání poznatků k řešení diplomové práce. Větší vzdálenost mezi závodem a Libercem mi však neumožnila častější styk s výrobou, který se odehrával částečně jen formou telefonických konzultací.

Navrhovaný způsob svařování je po ekonomické stránce výhodný. Protože řešené nosiče jsou na rámu prakticky čtyři, je zvýšení produktivity práce, která je u technologie MAG - CO_2 oproti obloukovému svařování obalenou elektrodou přibližně dvojnásobná, velkým přínosem.

Zvýšení produktivity je dáno hlavně odbouráním času na čištění svaru od strusky a výměnu elektrod. Pokud by se ověřila i větší únosnost a tím i zmenšení svaru a ten pak byl tvořen pouze jednou vrstvou, přínos by byl ještě výraznější.

Nezanedbatelným kladem svařování v ochranné atmosféře CO_2 jsou lepší hygienické podmínky svářečů.

Závěrem bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce s. ing. Neumannovi, konzultantovi s. ing. Ehrhardtovi a všem, kteří mně poskytli cenné rady a všestrannou pomoc při zjišťování důležitých informací ohledně řešené problematiky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

/1/ Černoch, S. : Strojně technická příručka
12. vyd. - SNTL, Praha 1968, 2.sv.

/2/ Kuncipál, J. : Svařování pro konstruktéry a technology -
SNTL, Praha 1980

/3/ Samek, E. : Zváranie v ochrannej atmosfére taviacou elektródou -
ALFA, Bratislava 1982

/4/ Přídavné materiály pro svařování a pájení kovů -
ŽAS Vamberk

/5/ Hrivňák, I. : Zvaritelnosť oceli -
ALFA, Bratislava 1979

/6/ Prášil, L. : Části strojů a mechanismů
VŠST,Liberec 1984

S E Z N A M P Ř Í L O H

1 Výkres Nosič závěsné páky I.
2 - 02 - 7235 - 374

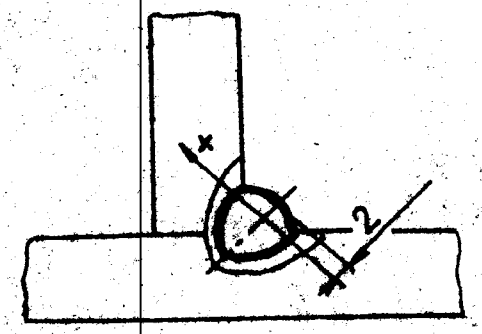
2 Průběh mikrotvrdosti ve směru do pásnice

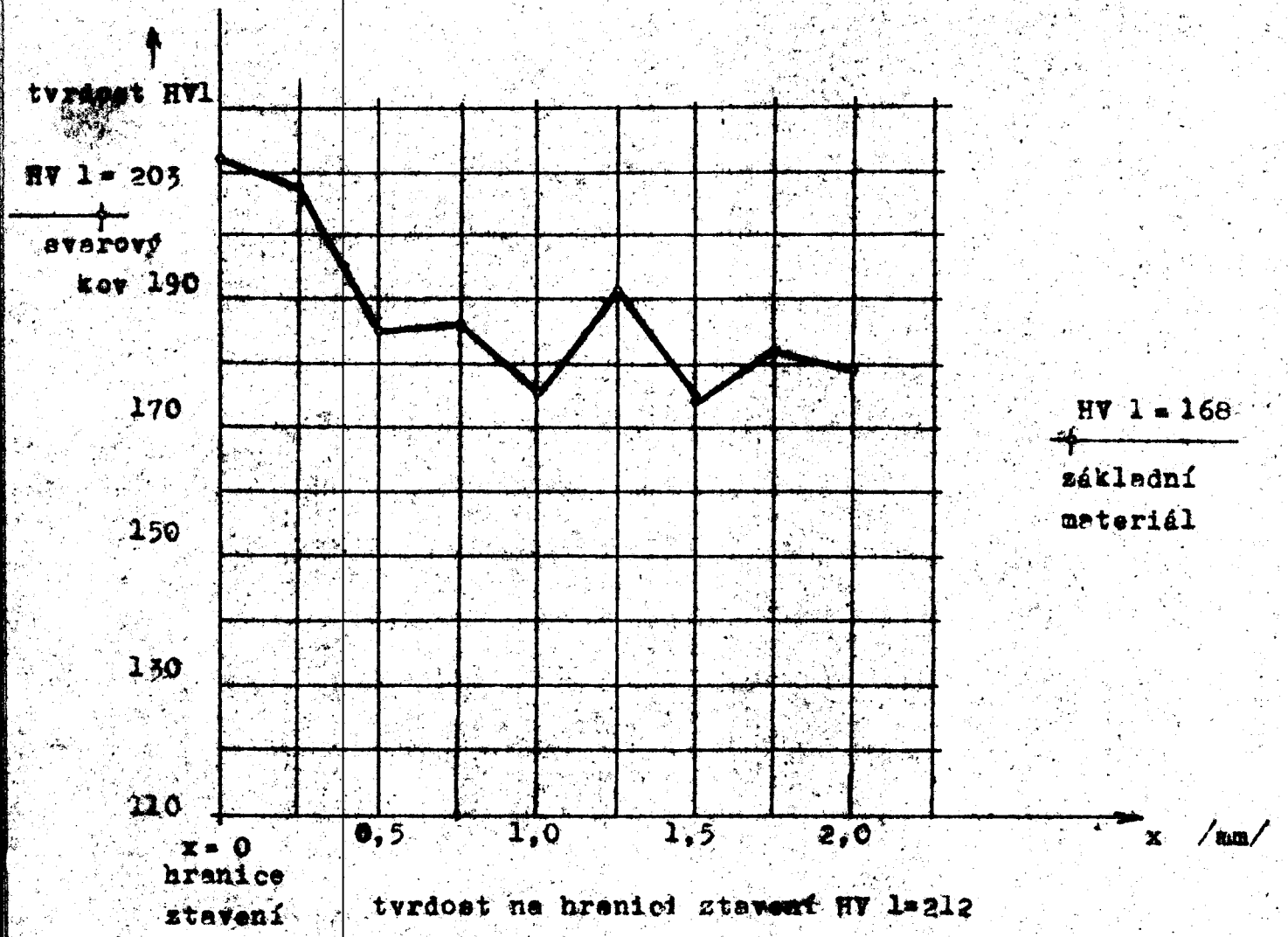
3 Průběh mikrotvrdosti ve směru do stojiny

4 Průběh mikrotvrdosti v teplem ovlivněném pásmu

Průběh mikrotvrdosti ve směru do stojiny

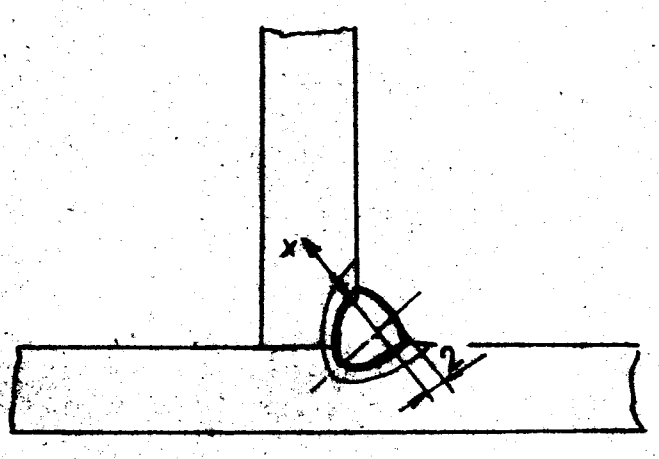
Svařeno obalenou elektrodou

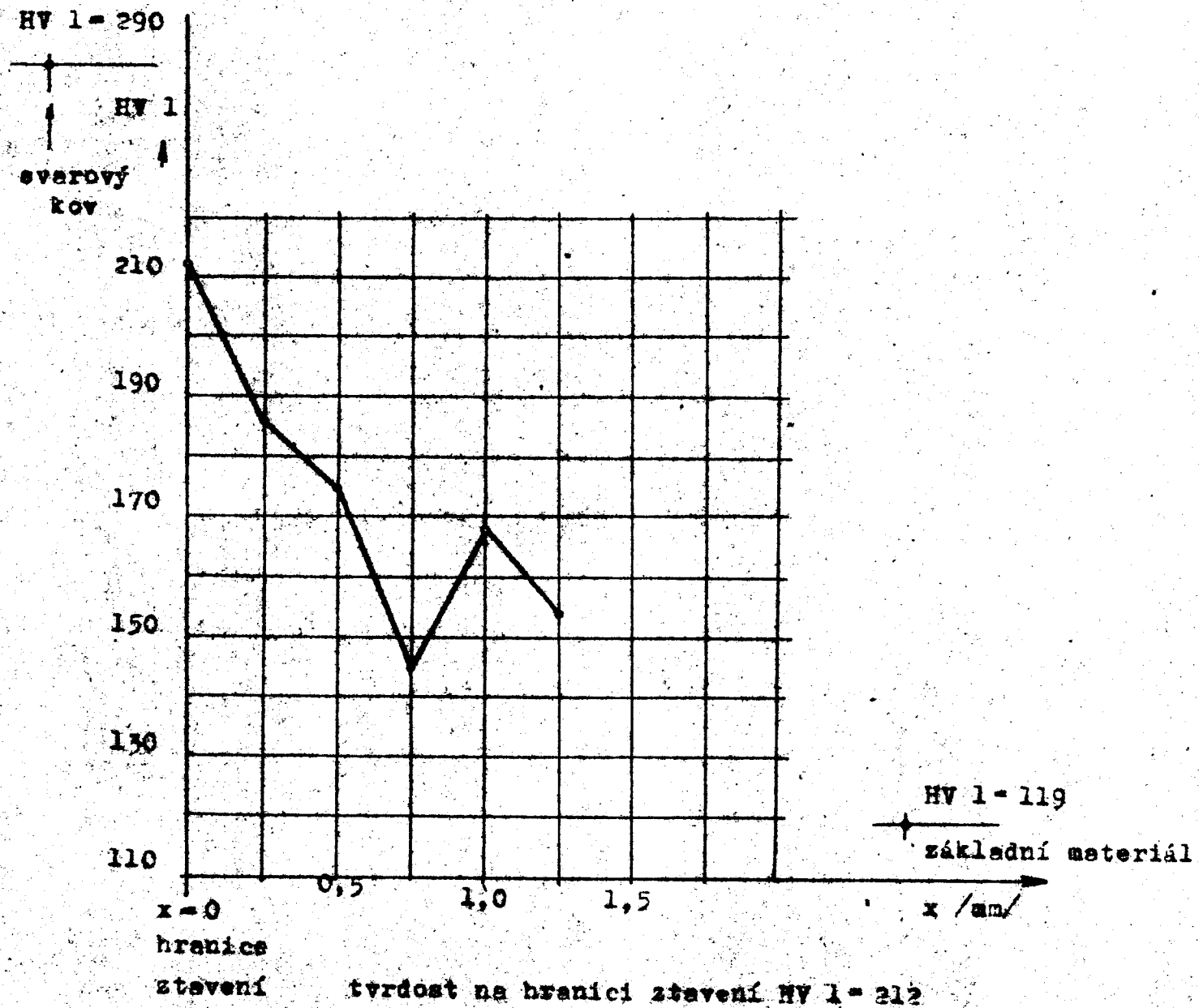




Průběh mikrotvrdosti v teplem ovlivněném pásmu Příloha č. 4

Svařeno v CO_2



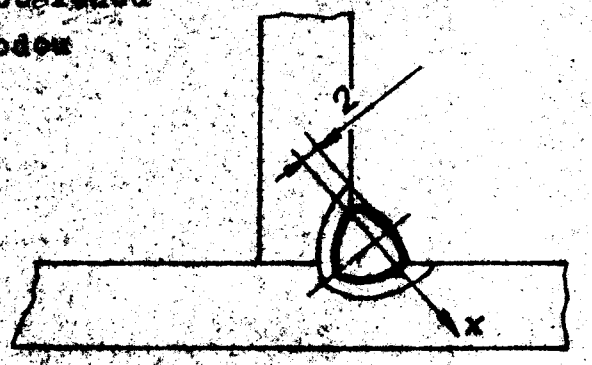


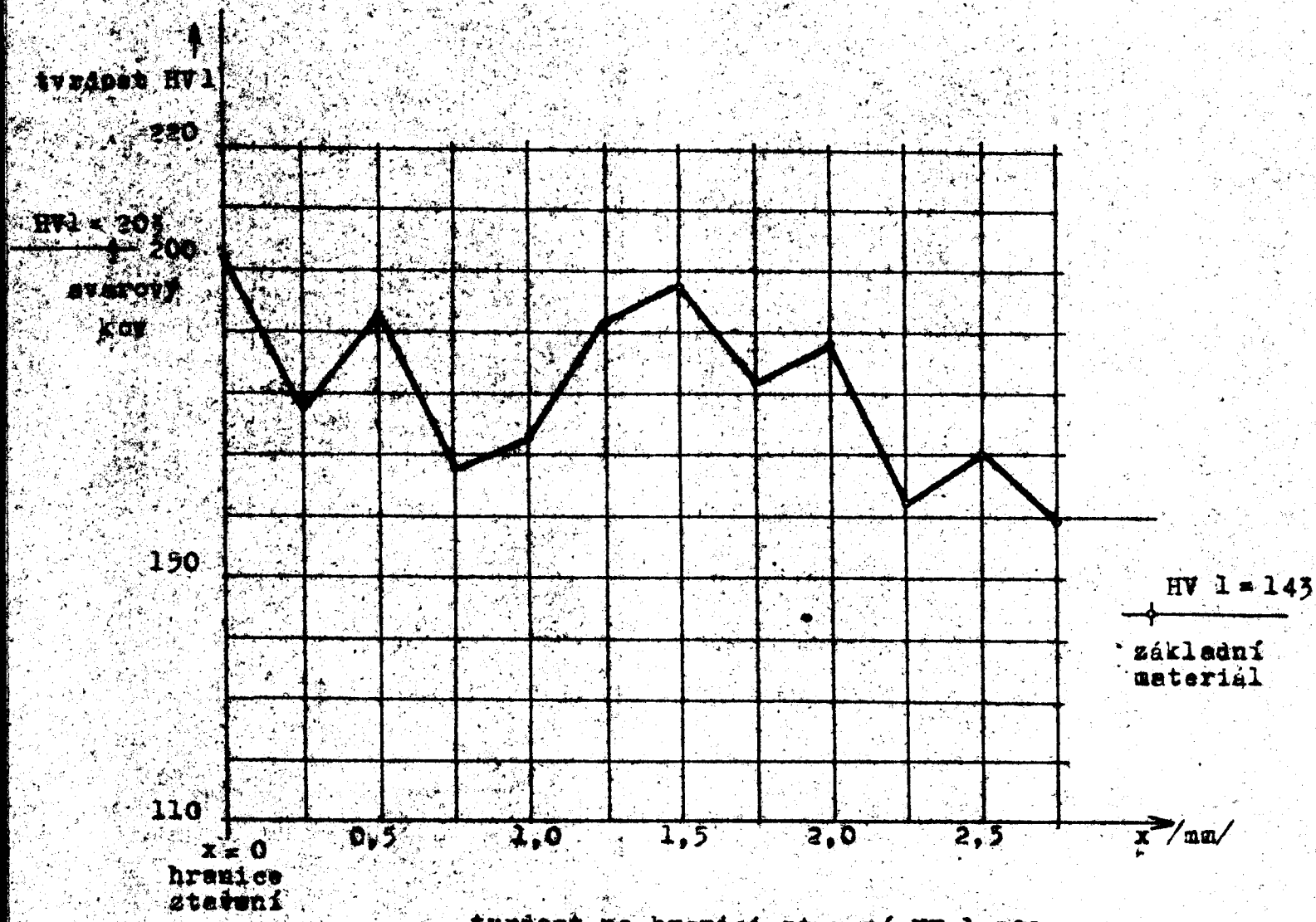
tvrdost na hranici ztavení HV 1 = 212

Průběh mikrotvrdosti ve směru do pásnice

Příloha č. 2

Svařeno obalenou elektrodou





tvrdost na hranici ztavení HV 1=202