

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: materiálu a tváření

Fakulta: strojní

Školní rok: 1963/64

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. Antonína Kabelku

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 diplomní úkol:

Název tematu: Podmínky legování chromu do svarového kovu v oblasti
20 - 30 % chromu s použitím legovaného i nelegovaného
jádra.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Literární podklady (a výrobní zkušenosti) pro legování svarového kovu obalem i jádrem - metalurgie, propaly, homogenita struktury - účel použití a vlastnosti, volba typu elektrody.
- 2) Výroba pokusných elektrod, zkoušky svářecích vlastností, stanovení ztrát přísad a vlastností svarov.kovů včetně metalografického průzkumu.
- 3) Vyhodnocení výsledků zkoušek a závěr.

V 55/1964 S-

Rozsah grafických laboratorních prací: tabulky, diagramy, obrázky

Rozsah průvodní zprávy: asi 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

Hoffstedt: Metallurgie des Schweissgutes -
Fachbuchreihe Schweisstechnik Deutscher
Verlag für Schweisstechnik Düsseldorf.

Pogodin-Alexejev: Teorija svaročnych processov.

Richter: Legierte Elektroden mit unlegierten kern-
drähten - Schweisstechnik září 1953, str.
257-264

Jareš: Metalografie ocele, nakl. ČSAV Praha 1960

Pospíšil: Antikoroze a žáruvzdorné oceli, SNTL 1956

Colombier: Hochmann: Neržavjejuščije i žarupročnyje
stali - překlad z franc. Metallurgizdat
Moskva 1958

Houdermont: Handbuch der Sonderstahlkunde - ruský
překlad Specialnyje stali - Metallurgizdat
Moskva 1959

Časopisy: Schweisstechnik, Svaročnoje proizvodstvo,
Avtomatičeskaja svarka.

Vedoucí diplomní práce:

Doc. Ing. Josef Ditl C.Sc.

Konsultanti:

Ing. Mizera - ZAZ Vamberk

Datum zahájení diplomní práce: 1. června 1964

Datum odevzdání diplomní práce: 11. července 1964

L. S.



Vedoucí katedry

Prof. Ing. Bohumil O d s t r ě i l

Děkan

Prof. Ing. Jiří M a y e r

V

Liberci

dne

21. dubna

19

64

VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 1

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

DIPLOMNÍ PRÁCE
DP / ST 228 / 64

Ant. Kabelka
VŠST Liberec
11. července 1964

VŠST Liberec
11. července 1964

Ant. Kabelka
VŠST Liberec

VŠST Liberec

O B S A H .

	str.
Úvod.....	4
Problémy navařování legovaných ocelí.....	5
/legování jádrem a obalem. /	
Metalurgické otázky legování prvků do návaru, okysličení chromu.....	7
Vliv vápence na propaly prvků při lego- vání obalem.....	9
Přechod elementů z jádra a celé elektrody do návaru.....	15
Vliv chromu a ostatních legujících prvků na vlastnosti návaru.....	17
Volba typu elektrody a výroba elektrod..	20
Navařování vzorků.....	26
Svařovací vlastnosti elektrod.....	29
Měření tvrdosti.....	30
Propaly chromu a ostatních prvků v závislosti na obsahu chromu v obalu....	38
Metalografie návarového kovu.....	44
Zhodnocení výsledků zkoušek a závěr.....	51
Seznam použité literatury.....	53

Ú V O D .

Národní podnik ŽAZ Vamberk vyráběl úsporné elektrody pro navařování funkčních ploch parních armatur odolávajících korozi a používaných za vyšších teplot a tlaků. Byly vyráběny jako lité, máčené elektrody pod značkou E 10 Co a dávaly návarový kov o charakteru složení :

1,2 - 1,6% C , 27 -31% Cr , 9 - 11% Co ,
3,5 - 5% W .

Výroba těchto elektrod máčením litých tyčinek se však stala brzdou technického rozvoje. Proto byla v podniku provedena řada pokusů o náhradu těchto elektrod elektrodami na jádrovém kovu AKX, dolegovanými obalem. Elektrody na bázi normalisevaného drátu AKX dolegované obalem dávaly však návarový kov o obsahu maximálně 24% Cr. Rovněž došlo k nežádoucímu poklesu tvrdosti ve III. návarové vrstvě pod 40 HRC , což by mohlo vést k zadírání kluzných ploch parních armatur.

Proto bylo nutno zabývatí se legováním Cr do návarového kovu.

Problémy svařování a navařování
legovaných ocelí.

Obal svařovací elektrody musí
obsahovat:

- a/ prvky stabilizující a ionizující
oblouk /rutil/.
- b/ prvky struskotvorné a plyno-
tvorné/vápenec, kazivec/.
- c/ prvky legující /feroslitiny/
- d/ prvky desoxydující /feromangan,
ferosilicium/.
- e/ prvky zpevňující obal /vodní sklo/

Prvky legující musí:

- a/ nahradit propaly
- b/ legovat návar

Všeobecně lze legování návarů pro-
vádět : a/legováním pouze z jádra
b/legováním pouze obalem
c/společně, jádrem i obalem

ad a/ Při legování jádrem je nevýhodou nut-
nost malých neekonomických taveb, jád-
rovétyčky se většinou lijí a obal
je nutno zhotovit málo produktivním
máčením. Výhodou je větší homogenita
navářeného materiálu.

ad b/ při legování návaru obalem vzniká mé-
ně homogenní struktura. Homogenita
návaru je velmi citlivá na kolísání
proudu a délky oblouku. Výhodou je
možnost použití normovaných jádrových
drátů. Legování obalem dává teoreticky
možnost získat libovolné složení ná-
varu podle prvků v obalu.

Příkladem elektrody legované pouze
obalem je elektroda vyráběná v ŽAZ
Vamberk pod značkou ČAKOV II.

Nevýhodou je zde velký průměr opláštění

a obtíže při lisování.

ad c/ Legování jádrem i obalem dovoluje menší průměr opláštění a dává homogennější strukturu než ad b/

Stupeň nalegování návaru závisí přímo na poměru roztaveného jádrového kovu a strusky /obalu/. Tento poměr závisí na režimu svařování - na svařovacím napětí a proudu. Čím vyšší je napětí na oblouku a čím nižší je proud, tím více se roztaví obalu a tím intenzivnější je přechod přísad ze strusky do návaru. V provozních podmínkách se kolísání režimu svařování nelze vyhnout. Kolísání režimu svařování vede s sebou změny chemického složení svaru, nebo návaru. To by vedlo k nepřipustným změnám vlastností. Autor /4/ proto doporučuje používat legovaných jader a obaly buď nelegující, nebo pouze doplňující propaly.

Celkové složení návaru závisí na materiálu jádra elektrody, na legurách obsažených v obalu a na složení základního materiálu, dále pak na vzájemných reakcích mezi kovem, struskou a okolím.

Metalurgické otázky legování.

1/ Okysličení chromu. /4/

Charakteristickou zvláštností obloukového svařování chromem legovaných ocelí je účast chromu v reakcích mezi struskou a kovem, zvláště při vyšším obsahu chromu -18 % -25% a více. Při svařování ocelí s malým obsahem chromu, kdy jeho výsledná koncentrace v roztavené lázni není velká, má chrom menší reakční schopnost, než ostatní elementy, / Mn, Si, C /. Proto jeho okysličení prakticky nenastane. Se vzrůstem koncentrace chromu ve svaru se zvyšuje jeho aktivnost. Okysličení chromu je nejpravděpodobněji způsobeno jako výsledek vzájemných reakcí s kysličníky Mn a Si obsaženými ve strusce. Čím více kysličníků Mn a Si obsahuje struska, tím větší je okysličení Cr. Při ručním obloukovém svařování závisí propal chromu také na přímém spojení svarového kovu s atmosferickým kyslíkem. Tomu lze dobře zabránit při svařování pod struskou, kdy je svar roztavenou struskou spolehlivě chráněn.

Snížení obsahu chromu je nežádoucí.

1/ Svar má menší korozivzdornost.

2/ Okysličení chromu vede k zmenšení množství feritu.

3/ Ve svaru mohou vznikat trhliny za horka. Zvýšení kyselosti strusky má za následek větší okysličení chromu, větší přechod Si a O do svaru. Je-li ve strusce MnO, nastane také obohacení svaru manganem. Při svařování se struskou bez MnO, nastane kromě okysličení chromu též okysličení manganu.

Zkušenosti tedy svědčí o tom, že chceme-li

zmenšit propal chromu, musíme použít obal s minimálním obsahem SiO a MnO .

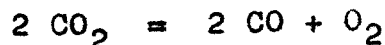
Jak známo, chceme-li zmenšit okysličení jakéhokoliv elementu ve svaru, můžeme do strusky přidat kysličník tohoto elementu. Podobné pokusy byly provedeny také s legováním chromu. Propal chromu se citelně snížil, ale úplně se jej odstranit nepodařilo. I když by další zvýšení obsahu kysličníku chromu bylo žádoucí z hlediska propalu, nelze toho použít pro zhoršení tekutosti strusky a zhoršení technologických svařovacích vlastností.

Kromě složení strusky má na propal chromu vliv režim svařování. Zvýšení napětí na oblouku a snížení intenzity svařovacího proudu vede k zesílení propalu chromu z jádra elektrody. Se zvýšením rychlosti svařování se zmenšuje poměr mezi roztavenou struskou a roztaveným jádrem. To má za následek zvýšení přechodu chromu do svaru.

Autor/4/ proto doporučuje, ve snaze snížit propal chromu, používat režimů svařování vyznačujících se minimálním napětím a velkými rychlostmi. Při ručním svařování závisí propal chromu kromě na režimu svařování také na délce oblouku. S prodlužováním oblouku se zhoršuje strusková ochrana a okysličení chromu prudce vzrůstá.

Propal chromu lze snížit též tím, že se do obalu přidá silnější odkysličovač, než je chrom, na příklad hliník.

2/ Vliv vápence na propal roztaveného kovu. Aby se roztavený kov neokysličkoval vzdušným kyslíkem, je nutno jej chránit struskou a plyným prostředím. Přidáme-li do obalu vápenec, vzniká kromě strusky též plyn - CO_2 , rozkladem vápence. Vznikající kysličník uhličitý vytváří dobrou plynovou ochranu. V obalu elektrody může též nastat rozklad kysličníku :



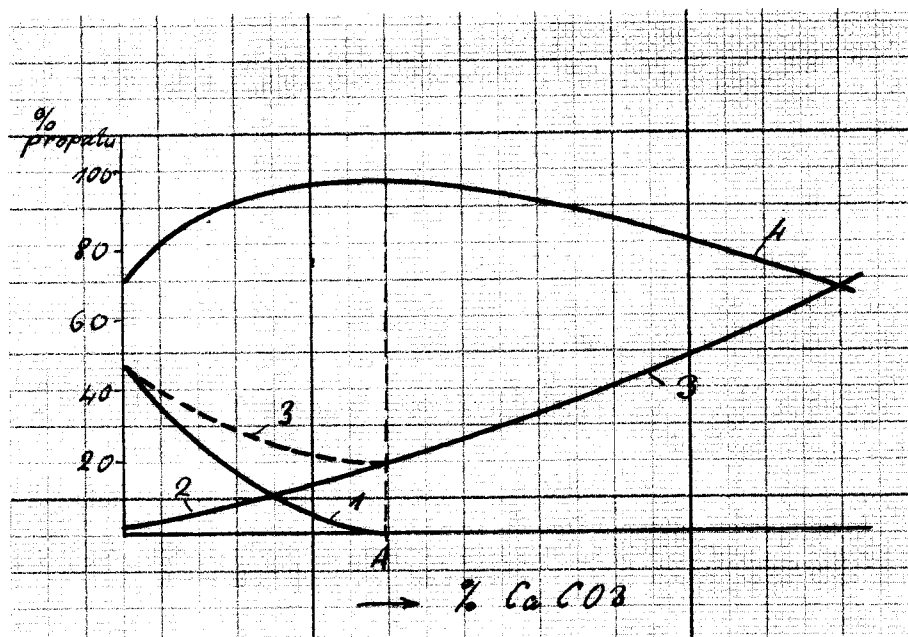
Plynné prostředí tudíž může obsahovat: CO_2 , CO , O_2 a dále vodní páry. Výsledné okysličení kovu tedy bude záviset na okysličujícím a desoxydujícím vlivu tohoto prostředí.

Při zvyšování obsahu vápence v obalu se nejprve propal kovu snižuje. Při určitém stupni izolace od atmosférického kyslíku na jedné straně a okysličujícím vlivu ochranného prostředí na straně druhé, vzniká optimum, při kterém je okysličení nejmenší. Další zvyšování obsahu vápence nad toto optimum by vedlo k zvyšování okysličení. Grafické znázornění této závislosti /7/ je na obr. 1.

Křivka 1. znázorňuje vliv atmosféry.

Křivka 2. znázorňuje vliv ochranného prostředí.

Křivka 3. ukazuje výsledné okysličení. Z diagramu je vidět, že se zvyšováním % vápence v obalu se zmenšuje okysličení vlivem atmosférického kyslíku a zvyšuje se okysličení vlivem CO_2 a kyslíku ze strusky, při čemž má první děj nejprve převahu. Proto výsledná křivka 3. nejprve klesá, až k minimu A. Tento bod odpovídá největšímu stupni ochrany od atmosféry. Napravo od bodu A. se okys-

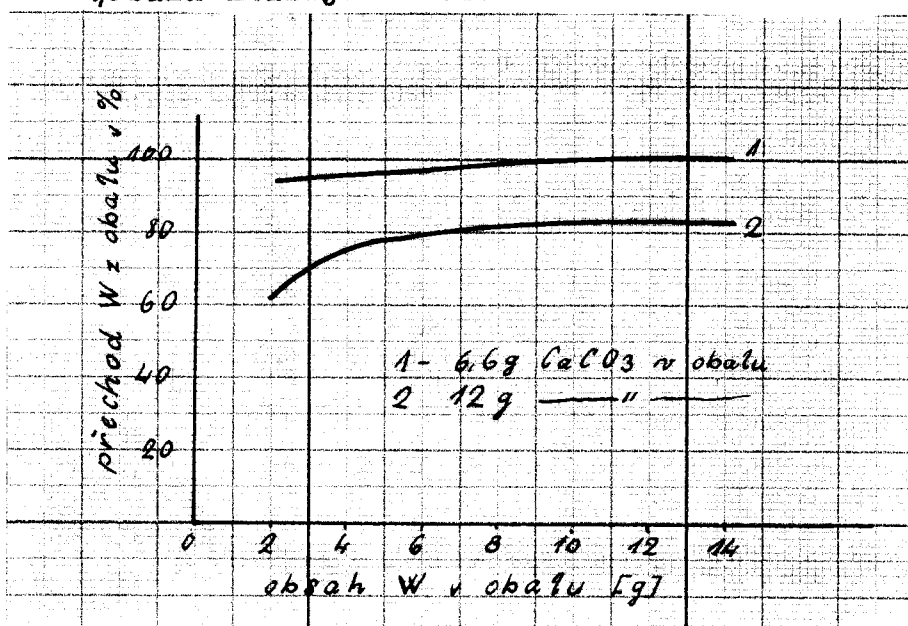


obr. 1

ličení kovu zvyšuje pouze působením rostoucího obsahu vápence v obalu.

Přechod elementů z obalu do návaru je na obr. 1 znázorněn křivkou 4. Maximum této křivky odpovídá minimu křivky 3.

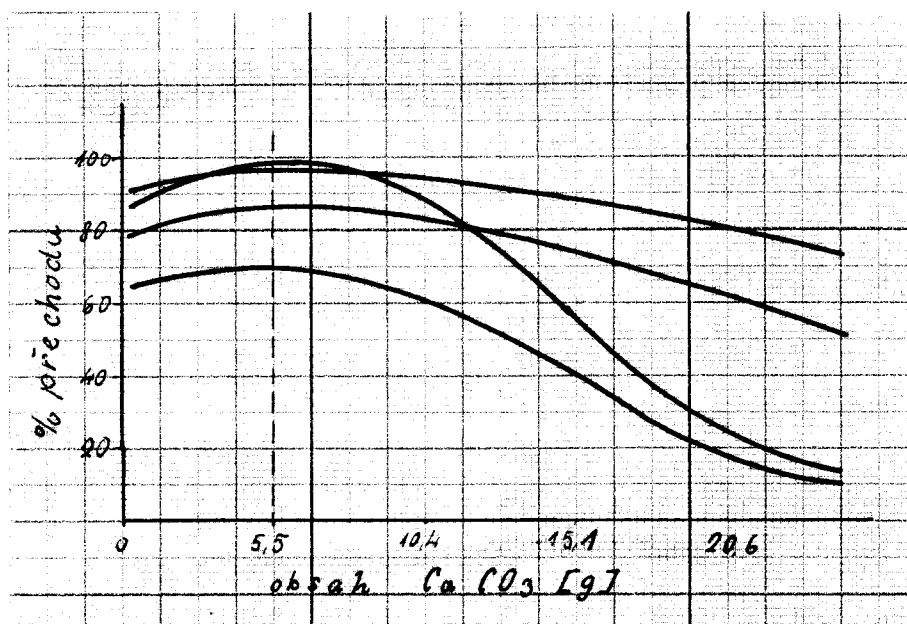
Autor /7/ sledoval vliv obsahu vápence na propal V, W, Mo. Závislost propalu W na obsahu W v obalu a obsahu vápence v obalu ukazuje obr. 2.



obr. 2

Tyto pokusy potvrdily správnost závěrů o roli vápence v obalu při přechodu jednoho elementu. Lze předpokládat, že tyto závěry platící pro každý element v obalu jednotlivě lze rozšířit i na skupinu elementů současně obsažených v obalu elektrody.

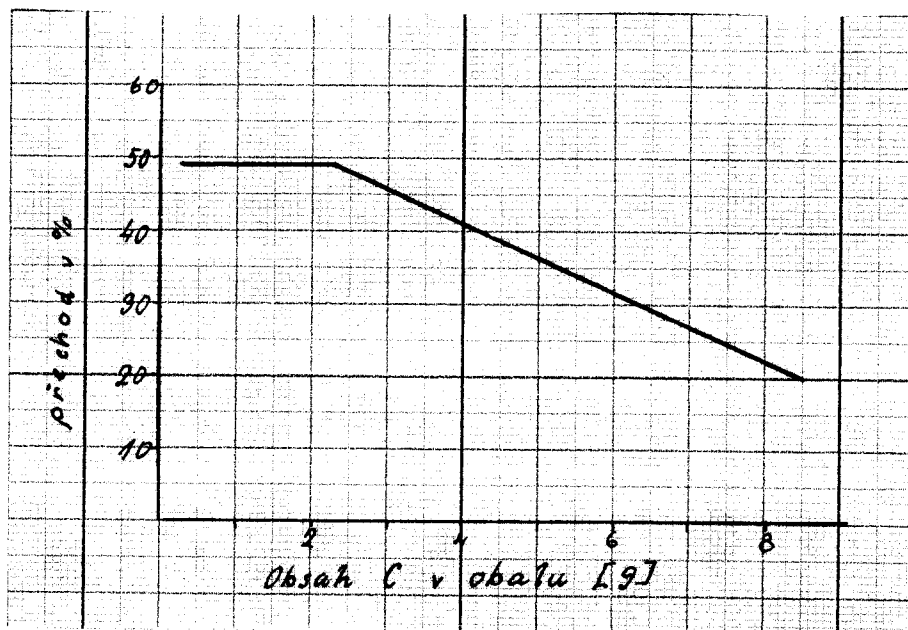
Autor /7/ provedl pokus s legováním W, Cr, C, V, současně obsažených v obalu při měnícím se obsahu vápence. Výsledný přechod prvků je znázorněn na obr. 3.



obr. 3

Tento pokus potvrdil vliv obsahu vápence na legování skupiny prvků z obalu. Při obsahu více elementů v obalu nastane okysličení všech těchto elementů. Se zvyšujícím se počtem elementů, které se okysličují, klesá jejich propal, jejich přechod do návaru se zlepšuje. Se zvýšením obsahu jakéhokoli prvku, který se okysličuje, v obalu, se přechod ostatních prvků zlepšuje. Autor/7/ dále zkoumal závislost přechodu elementů z obalu do návaru při měnícím se obsahu těchto elementů, při jinak stejném složení obalu.

Ve všech případech, kromě pokusu s legováním uhlíku, se procento přechodu elementu zvyšovalo spolu se zvyšujícím se obsahem daného prvku v obalu elektrody. Závislost přechodu uhlíku na jeho obsahu v obalu ukazuje obr. 4.



obr.4

Tyto případy se týkaly přechodu vždy jednoho prvku obsaženého v obalu samostatně. V případě, že je v obalu více prvků, potom reagují se struskou současně. To má za následek snížení reakčních rychlostí, v důsledku toho, že se koncentrace CO_2 snižuje rychleji, než kdyby byl prvek v obalu sám, t.j. než by odpovídalo reakci při výskytu pouze jednoho elementu v téže množství. Podobné výsledky platí i pro zvyšování množství pouze jednoho elementu v obalu.

Skupiny legujících prvků v obalu lze rozdělit podle jejich rozpustnosti v železe:

- 1/ Všechny prvky mají úplnou rozpustnost v tekutém železe, nebo ohraničenou, při čemž stupeň jejich obsahu nedosahuje hranice rozpustnosti.

- 2/ Všechny elementy mají ohraničenou rozpustnost v tekutém železe, při čemž stupeň jejich obsahu přesahuje hranice rozpustnosti.
- 3/ Část elementů obalu má neohraničenou rozpustnost, část elementů má ohraničenou rozpustnost a přesahuje mez nasycenosti.
- ad 1/V tomto případě může dle okysličovací schopnosti, rychlosti reakcí a jejich rovnovážných konstant nastat několik variant.
/reakce proběhnou podle množství okysličujících prvků./

a/Je-li dost okysličujících prvků, okysličující reakce proběhnou do rovnovážného stavu.

b/ Nedosáhnou rovnovážného stavu.

c/ Po dosažení rovnovážného stavu se změní směry reakcí.

Původní směr reakcí před rovnováhou:



Po dosažení rovnováhy :



Nastává tudíž odkysličení prvku ve prospěch okysličení prvků, které ještě rovnováhy nedosáhly.

Okysličovací reakce probíhají až do dosažení rovnovážného stavu, který je dán rovnovážnou konstantou k.

$$k = \frac{\text{MeO} \cdot \text{CO}}{\text{Me} \cdot \text{CO}_2}$$

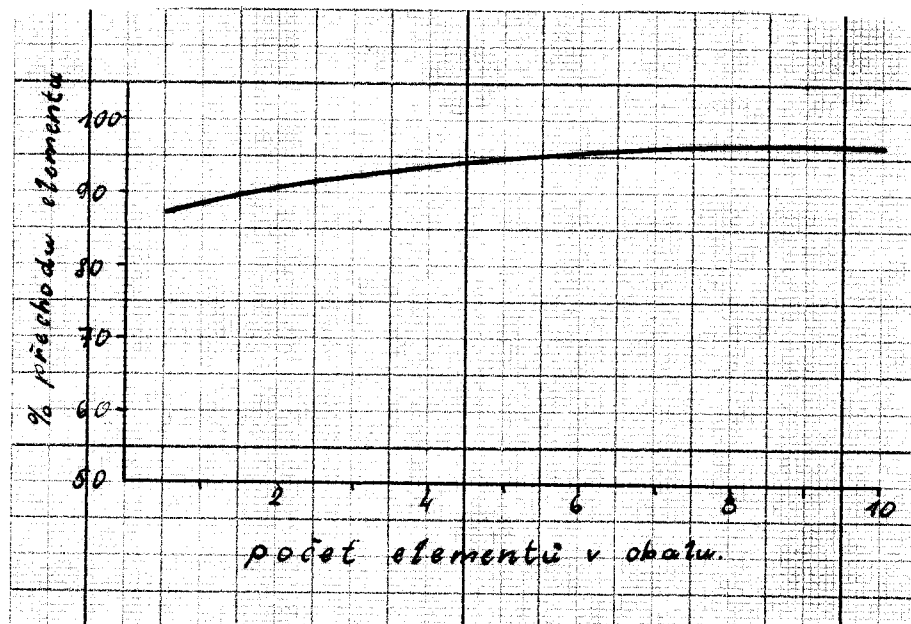
Jestliže všechny prvky nedosáhnou rovnováhy, potom platí závislost: Procentuelní přechod každého prvku z obalu do návaru se se zvýšením jeho obsahu v obalu zvyšuje a se snižováním snižuje. Jestliže alespoň jeden prvek dosáhne rovnováhy, potom se jeho přechod z obalu do návaru se zvyšujícím se počtem prvků, které nedosahují rovnováhy reakce, a jejich množ-

stvím v obalu, při jinak stejných podmínkách, zvyšuje.

ad 2/ Jestliže prvky mají ohraničenou rozpustnost v tekutém železe, a obsah každého z těchto prvků přesáhne předěl nasycenosti, potom přechod těchto prvků do návaru nezávisí na úplnosti okysličujících reakcí, ani na množství vápence, ani na množství a počtu prvků v obalu, i když se při zvyšování počtu prvků v obalu jednotlivé jejich ztráty snižují. Jejich obsah se totiž po dosažení meze nasycenosti tekutého železa již nemůže zvyšovat.

ad 3/ Jestliže část prvků má ohraničenou a část má neohraničenou rozpustnost v tekutém železe, potom pro prvky s ohraničenou rozpustností platí zákonitosti ad 2/, a pro prvky s neohraničenou rozpustností platí zákonitosti ad 1/.

Jako výsledek těchto teoretických úvah byla sestrojena křivka závislosti přechodu prvku od počtu prvků v obalu /7/. obr.5.



obr. 5

Pro ověření správnosti provedl autor /7/ několik pokusů s legováním několika prvků současně obsažených v obalu, / Mo, V, Cr, Ni, / které plně potvrdily platnost zákonitostí. Přechod Mo do návaru činil 91,3%, kdežto při stejném obalu, pouze s jedním prvkem Mo činil přechod Mo pouze 83,3%.

Při legování Mo, V, Cr, současně byl přechod chromu 56,9%, kdežto při stejném obalu a samostatně legovaném Cr, byl jeho přechod 48,4%.

Přechod elementů z jádra a celé elektrody do návaru.

Všechny elementy tavícího se jádra přejdou do formující se kapky na konci elektrody. Obsah elementů se mění v důsledku reakcí uvnitř a na povrchu kapky při jejím formování a skápnutí a potom v návaru. Při dostatečné struskové a plynové ochraně a přiměřené délce oblouku lze ztráty reakcemi při pádu kapky a při ochlazování návaru zanedbat. Lze tedy uvažovat pouze reakce uvnitř kapky a na hranici se struskou. Pro zjištění zákonitostí přechodu z jádra byly zhotoveny elektrody na jádře obsahujícím Cr, Ni, Si, Mn, C. Obal obsahoval vápenec, kazivec, hliník, vodní sklo. /7/ Okysličující reakce uvnitř kapky převažovaly nad možnými reakcemi při kterých by vznikaly elementy ze svých kysličníků. Opačný případ nastal u Si, kde okysličení uvnitř kapky je menší, než jeho vznik ze strusky :



Je to způsobeno tepelným režimem a specifickým poměrem reagujících složek v důsledku obsahu vodního skla v obalu.

Se vzrůstem obsahu prvku v jádře

vzrůstá i jeho přechod do návaru.

Obsahovalo-li jádro více prvků, které se okysličují, potom jejich komplexní přechod byl větší, než kdyby byl prvek v jádře sám. Z toho vyplývá, že pro přechod prvku z jádra i z obalu platí stejné zákonitosti; kyslík rozpuštěný v kapce hraje podobnou roli, jako kyslík z obalu.

Při stejných podmínkách je přechod prvku z jádra vždy vyšší, než přechod prvku z obalu. Je však nutno rozlišovat přechod elementu odděleně z obalu a z jádra a z celé elektrody. Je-li též prvek legován současně z jádra i z obalu, pak procentuelní přechod prvku z celé elektrody se ne vždy jednoznačně mění se změnou obsahu prvku v celé elektrodě, jak je tomu při legování pouze z obalu, nebo pouze z jádra.

Při výsledném přechodu jednoho prvku z jádra i z obalu do návaru je celkový procentuelní přechod závislý na obsahu elementu v celé elektrodě; při zvýšení obsahu se zvyšuje a naopak. Při různých změnách obsahu prvku v obalu i v jádře závisí výsledný přechod na převažující roli přechodu z jádra, nebo z obalu, při čemž je možné zmenšení celkového procenta přechodu, nehledě k celkovému zvětšení obsahu prvku v elektrodě.

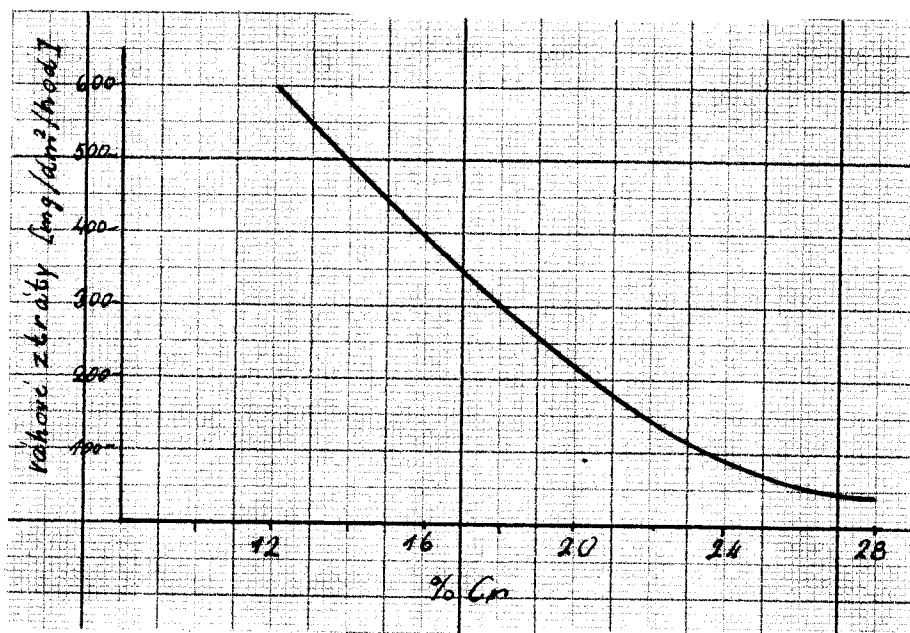
Jakékoliv opatření, které zvyšuje okysličení jednoho prvku v elektrodě, způsobí menší propal prvků ostatních.

Vliv chromu a ostatních legujících
elementů na vlastnosti návaru.

1/Vliv prvků na korozivzdornost.

a / Vliv chromu.

Odolnost ocelí legovaných chromem proti
korozi vzrůstá s obsahem chromu nej-
prve prudce, až ke 12% Cr, a nad 14% Cr
už neznatelně. Oceli nad 12% Cr jsou
již považovány za nerezavějící. Je však
nutno poznamenat, že není rozhodující
analytický obsah Cr v oceli, nýbrž jen
chrom obsažený v tuhém roztoku α či γ .
Chemicky vázaný Cr ve formě karbidů,
nebo nitridů nemůže mít vliv na pasi-
vitu oceli. Mají-li Cr oceli být kyse-
linovzdorné proti HNO_3 až do 65%, při
teplotě 110°C , musí obsahovat nad
16% Cr. Při vyšších teplotách samotná
pasivace chromem již nestačí, je nutno
použít dalších legujících prvků.



obr. 6

Vliv obsahu Cr na pasivaci feritických
ocelí v 65% HNO_3 při teplotě varu /8/

Chromové oceli podléhají v agresivních prostředích mezikrystalické korozi. Předpokládá se, že tuto korozi způsobují karbidické segregáty na rozhraní zrn. U feritických ocelí lze připustit domněnku, že mezikrystalickou korozi způsobují vnitřní pnutí vyvolaná vyloučenými karbidy. Těžko lze připustit, že vznikající karbidy by ochudily své okolí o chrom tak, že by jeho obsah klesl pod 12%, při původním obsahu 25%chromu./5/

- b / Vliv ostatních prvků na korozi-vzdornost. Přísada molybdenu rozšiřuje obor pasivity chromových ocelí; mimo to se Mo slučuje s C na karbidy lépe, než Cr, takže zůstane více volného chromu na pasivaci. Molybden rozšiřuje zvláště pasivitu proti kyselíně sírové.

Mangan nemá na korozi chromových ocelí vliv. Wolfram zvyšuje korozi-vzdornost tím, že je karbidotvornější, přednostně váže uhlík.

- 2 / Vliv prvků na žáruvzdornost a mez tečení. Odolnost proti oxydaci za vyšších teplot t.j. žáruvzdornost je způsobena ochranným povlakem okují. Okuje chromové oceli chrání dobře, jen když obsahují dost kyslíčníku chromu. Probíhá-li oxydace příliš rychle, nestačí rychlost difuze k povrchu, a ochranný účinek se zhorší. Tomu lze čelit zvýšením obsahu chromu v oceli. Oceli s 25% Cr lze ještě použít jako žáruvzdorné do 1100°C. Velmi zvyšuje žáruvzdornost obsah Si, optimální obsah je 2%, další zvyšování nemá vliv.

Ka zvýšení meze tečení se používá přísady molybdenu. Molybden se přidává jak do ocelí feritických, tak i austenitických, nejčastěji do 2%. Molyb-

deniu a wolframu se používá jako nejsilnějších karbidotvorných prvků. Wolfram tvoří komplexní karbidy zvyšující značně tvrdost. Wolfram též zvyšuje mez tečení, ale menší měrou, než molybden.

Vliv kobaltu /10/

S uhlíkem se neslučuje, je všecken rozpustěn ve feritu. Zvětšuje pevnost a tvrdost feritu. Houževnatost se s obsahem Co zmenšuje. Kobalt způsobuje zjemnění zrna i za vyšších teplot, působí proti zhrubnutí zrna, což je výhodné při svařování.

3 / Vliv prvků na strukturu návarového kevu.

Chrom je prvek zužující pole austenitu. Křemík je rovněž feritotvorný prvek. K feritotvorným prvkům patří též wolfram a molybden. Uhlík a mangan působí jako austenitizátory. Také Co patří k prvkům austenitotvorným.

U chromových ocelí, s obsahem nad 20% Cr, se při ohřevu na 600°C objevuje δ fáze. U ocelí s 25 - 30% Cr je již i za normální teploty. Vyloučení δ fáze má za následek vrůst křehkosti, tvrdosti, pevnosti, klesá však tažnost.

Volba typu elektrody.

Základ propracování elektrody tkví v tom, že elektroda musí dávat návarový kov daného složení. Je tudíž třeba propočítat a vyzkoušet potřebné množství legujících prvků v elektrodě, zaručující návar daného složení, bez ohledu na velikost propalu jednotlivých legujících prvků.

Za tím účelem se volí potřebný druh jádrového drátu. Podle rozdílů mezi potřebným množstvím legujících prvků a obsahem prvků v jádře, se určí potřebný obsah prvků v obalu elektrody. Potom následuje doplnění vápence, kazivce a ostatních prvků obalu. Dále je nutno podle známých zákonitostí přechodu a propalu určit ztráty legur a provést jejich doplnění v podobě feroslitin. Při legování pouze obalem /je-li jádro z nízkouhlíkaté oceli/, provádí se propočet pouze pro obal.

Autor /7/ používá při svých pokusech s legováním více prvků z obalu obalového kmene o složení:

vápenec :	5	ferosilicium :	0,7
kazivec :	3,8	hliník :	0,1
kaolin :	1,1	rutil :	0,6
feromangan :	1,1	vodní sklo :	6,5

/udáno v gramech na 1 obal /.

U sovětské elektrody 4M - 1 M /legována W, V, Cr /, je složení obalu v %:

vápenec :	22,7	ferosilicium :	1,4
kazivec :	16	feromangan :	1,4
grafit :	1,5	hliník :	1,0
ferowolfram :	40	vodní sklo :	zbytek
ferovanad :	5		
ferochrom :	10,5		

Autor /6/ poukazuje pro svařování
chromových ocelí obal o složení v % :

vápenec	: 48,0
kazivec	: 30 ,0
feromangan	: 8,0
ferochrom	: 3,0
rutil	: 3,0
vodní sklo	: 8,0

ferochrom je zde v roli obohacujícího prvku,
feromangan jako desoxydovadlo. Struska musí
být zásaditá, proto je zde jako struskotvorný
prvek vápenec, který současně stabilizuje
oblouk. Jako hlavní stabilisátor je zde rutil.
Kazivec způsobuje snížení vazkosti strusky,
protože kysličníky chromu ji velmi zvyšují.
/struska by byla málo tekutá, hůře by kryla/
Je však nebezpečí, že kazivec bude reagovat
s kysličníkem křemičitým na SiF_4 , který je
jedovatý.

Výroba pokusných elektrod.

Výroba pokusných elektrod se musí
co nejvíce přibližovat provozním podmínkám
ve výrobě.

Schema výrobního postupu při výrobě
elektrod :

1 /Příprava jádrového drátu.

Tažení drátu na daný průměr.

Rovnání, čistění a řezání drátu na jádra
dané délky.

Třídění a čistění nařezaných drátů.

2 / Sušení sypkých a kusových materiálů.

3 /Hrubé a střední mletí kusových materiálů.

4 /Jemné mletí materiálů na kulových mlýnech.

5 /Klasifikace mletých materiálů.

6 /Pasivace rozmělněných a prosetých fero- slitin /feromangan a ferosilicium /.

- 7 /Kontrolní prosévání organických hmot, aby
netvořily hrudky.
- 8 /Smíchání suchých složek.
- 9 /Příprava roztoku vodního skla.
- 10/Příprava obalových směsí.
/bod a/ se v dalším týká výroby lisováním,
bod b/ výroby elektrod máčením. /
a/Pro způsob lisovací musí být obalová
hmota značné vazkosti.
b / Pro způsob výroby máčením musí být
roztok menší vazkosti.
- 11a/Briketování obalové hmoty před vkládáním
do válce elektrodového lisu.
- 11b/Jádrové dráty se vkládají do speciálních
rámců, aby se mohlo máčet současně více
elektrod.
- 12a/Nanesení obalové hmoty lisováním v elek-
trodových lisech.
- 12b/Nanesení hmoty na jádrové dráty v rám-
cích,máčením ve vaně s obalovým roztokem.
- 13a/Automatické ukládání elektrod na řetěz
sušící pece , nebo ukládání elektrod na
lisky a sušení ve speciálních pecích.
- 13b/Ukládání rámcůs máčenými elektrodami
na řetěz sušící pece.Po vysušení násle-
duje broušení kontaktního konce.
- 15/Vykládka elektrod na lišty kvůli vych-
ladnutí.
- 16/ Třídění elektrod podle povrchových vad
a odebírání zkušebních vzorků.
- 17/ Přejímací zkoušky podle normy.
- 18/ Balení elektrod.

V našem případě byla pokusná elektroda vyrobena na jádrovém drátu AKX. Pro obal bylo použito obalového kmene vyráběné elektrody ŽAZ E 10 Co.

Receptura tohoto kmene obsahuje vápenec, kazivec, ferowolfram, kobalt, feromolybden, hliníkový prach, karbosafír, grafit, feromangan, ferosilicium, rutil, škrob.

K tomuto kmeni byl v pokusných elektrodách přidán ferochrom. Množství ferochromu v obalové směsi bylo zvětšováno na účet % obsahu vápence a kazivce a to tak, aby se procentuelní obsah vápence v poměru k procentuelnímu obsahu kazivce nezměnil. /poměr obsahu vápence a kazivce zůstal stálý/. Obalová směs byla pro lisování smočena odpovídajícím množstvím vodního skla draselného.

Pro výrobu pokusných elektrod bylo namícháno 8 obalových směsí s různým obsahem ferochromu.

Obsah ferochromu ve směsích:

D1	:	0%	D5	:	22%
D2	:	6%	D6	:	26%
D3	:	12%	D7	:	30%
D4	:	18%	D8	:	32%

Pro zjišťování propalu v závislosti na průměru elektrody bylo použito tří druhů drátů : 3,15, 4,0, 5,0 mm. Dráty o průměru 3,15 a 5 mm byly vzaty přímo z provozu, dráty o průměru 4mm byly získány z vývojové laboratoře. Dráty o průměru 3,15 a 4 měly délku 350 mm, dráty o průměru 5mm měly délku 450mm. Normované složení drátu AKX je : max. 0,20% C, max. 1,0%Mn, max. 1,5% Si, 23 - 27% Cr, max. 2,0% Ni.

Při provedení přesné analýzy bylo zjištěno složení jádrových drátů :

	%Mn	%Si	%C	%Cr	%Ni
ø3,15	0,85	0,10	0,13	25,3	0,13
ø4,0	0,51	0,27	0,12	24,9	0,14
ø5,0	0,55	0,15	0,12	24,3	0,16

Účel prvků v obalu.

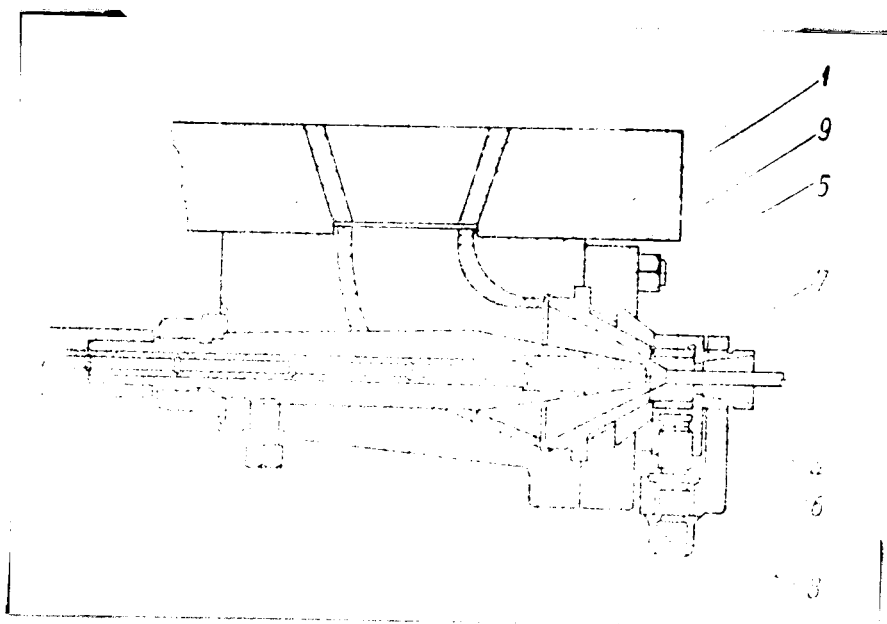
Kobalt, ferowolfram, feromolybden, ferochrom, jsou prvky legující. Křemík působí jako desoxydovadlo a legura /k vytvrzení /. Hliník je desoxydovadlo, mangan také. Vápenec je struskotvorný a plynotvorný prvek. Kazivec zmenšuje vazkost strusky. Škrob zpevňuje obal. Rutil stabilizuje hoření oblouku.

Prvky obalové hmoty byly brány z provozních, takže je nebylo třeba upravovat. Kobalt byl použit v rozstříknutém stavu.

Při výrobě obalové směsi byl nejprve namíchán obalový kmen bez ferochromu, vápence a kazivce, jejichž obsah se v různých variantách obalů mění, na všechny elektrody. Celkové množství kmene bylo pak rozděleno na 8 skupin; ke každé skupině bylo pak přidáno určené množství ferochromu, vápence a kazivce. Takto získaných 8 skupin bylo pak odděleně dokonale promícháno v suchém stavu. Potom těsně před lisováním elektrod bylo ke každé skupině přidáno odpovídající množství vodního skla draselného tak, aby hmota měla vhodnou hustotu. Lisování elektrod bylo prováděno na ručním lisovacím strojku. Obalová hmota se nejprve formovala do tvaru válečku, který se pak vložil do válce s pístem elektrodového lisovacího strojeku. Před započatím lisování každého ø drátu bylo nutno vystředit vodičko a očko, udávající ø opláštění v lisovací hlavičce. Kdyby nebylo očko dobře

vystředěno, došlo by k nesouososti jádrového drátu a obalu, což by zkreslovalo výsledky při zkoumání návarů. Dráty musely být do vodítka tlačeny mírným tlakem, aby nedošlo k porušení vrstvy obalu.

Schema lisovací hlavičky je na obr.7.



obr. 7

- 1/ Těleso hlavičky 2/ Vodítko jádra
3/ Středící vložka 4/ Kalibrující
očko 5/ Kuželová část hlavičky
6,7/ Středící zařízení 8/ šroub
9/ Stříška hlavičky 10/matka

Průměry opláštění byly voleny tak, aby poměr průměru drátu ku průměru obalu zůstal konstantní.

Ø drátu : 3,15 Ø opláštění : 4,40 - 4,45

Ø drátu : 4,0 Ø opláštění : 5,15 - 5,20

Ø drátu : 5,0 Ø opláštění : 7,30 - 7,35

Po vylisování byly elektrody nejprve sušeny na vzduchu, protože příliš rychlé vysušení v peci by mohlo vést k popraskání obalu a jeho pórovitosti. Potom následovalo sušení v elektrické peci.

Vylisované elektrody byly uloženy vodorovně na lískách. Po vysušení v peci byly ponechány na lískách až zchladly.

Hotové elektrody bylo nutno chránit před vlhkem. Navlhle elektrody nelze vysušit svařovacím proudem, protože by to vedlo k změně složení a vlastností obalové hmoty. Vlhkost obalu by měla za následek značný rozstřík a také bublinatost svaru, což by nepříznivě ovlivnilo výsledky pokusů.

Označení elektrod :

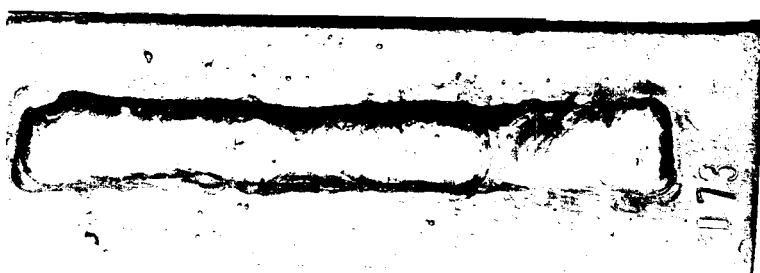
D X Y X - 1-8 označuje složení obalu
 Y - 1-3 označuje ϕ elektrody
 1... ϕ 3,15, 2... ϕ 4,0, 3... ϕ 5,0

Navařování vzorků.

Byly navařovány vzorky na tvrdost a zvláště vzorky na analýzu.

Vzorky navařované na zkoušku tvrdosti návaru byly navařeny na destičky z oceli o délce 150mm, šířce 40mm a tloušťce 10mm. Byly navařovány tři návarové vrstvy. Nejprve byla nanесena jedna návarová housenka přes celou destičku. Potom na 2/3 délky prvního návaru byla nanесena druhá návarová vrstva. Na polovinu délky druhého návaru byla pak navařena třetí návarová vrstva. Nutno zdůraznit, že před nanášením další vrstvy bylo nutno pečlivě odstranit strusku na předchozím návaru. Bylo také nutno destičku po navařování narovnat. Navařené vzorky byly ponechány volně vychladnout na vzduchu. Celkový vzhled navařeného vzorku na tvrdost je na obr.8. /vpravo- 1 návar, uprostřed- 2 návar, vlevo- 3 návar./

Vzorky na analýzu byly navařeny na kulatinu o ϕ 20mm a délce 60mm. Na analýzu je totiž třeba třísek, které je nutno zhotovit třískovým obráběním návaru. Předpokládá-



obr. 8

lo se, že návar bude značně tvrdý, a nebude možno navařit návar na plocháč a třísky zhotovit vrtáním, což je nejběžnější způsob. Vzorky navařované elektrodami D1 - D4 bylo možno vrtat, třísky z ostatních vzorků bylo nutno zhotovit soustružením nežem s karbidovým plátkem.

Návary na kulatině byly zhotoveny pomocí šablony s kruhovým otvorem s mírnou kuželovitostí, aby bylo možno šablonu po navaření sejmut. Bylo navařeno několik vrstev o celkové výšce asi 15mm. Po navaření každé vrstvy bylo třeba povrch pečlivě očistit od strusky, aby nedošlo k zavaření strusky do návaru, což by značně zkreslilo výsledky analýzy. Před navařováním další vrstvy bylo třeba u větších průměrů elektrod chvíli počkat, aby se vzorek ochladil, protože by se teplo nestačilo odvést, a návar by stekl.

Při soustružení třísek bylo nutno dát pozor, aby nebyly třísky brány z ovlivněného pásma, neboť by to zkreslilo výsledek.

VŠST LIBEREC
228/ST

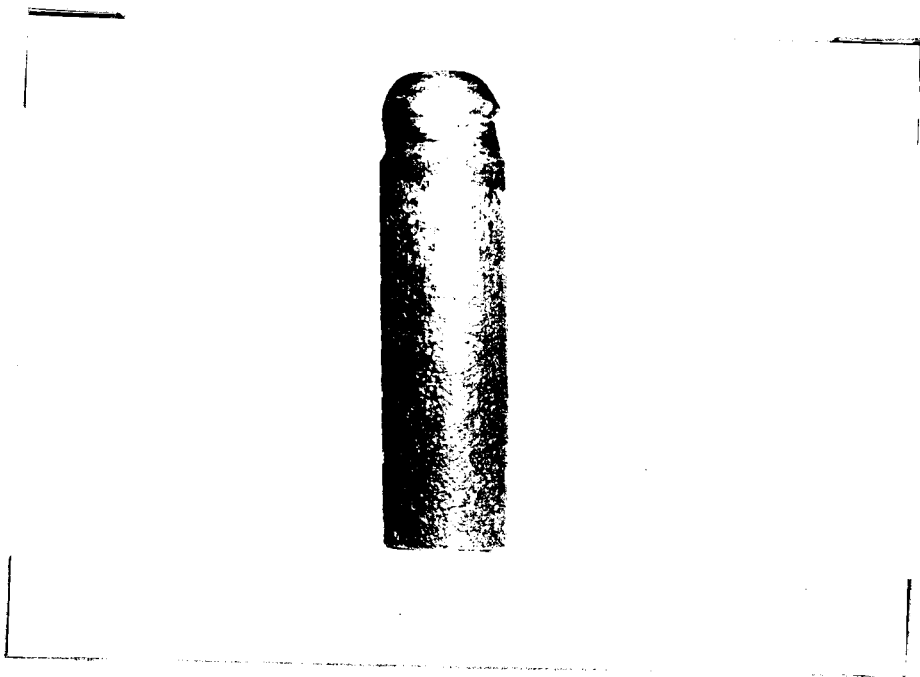
Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 28

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Na obr. 9 je vidět celkový vzhled
návaru na analýzu.



obr. 9

Svařovací vlastnosti elektrod.

Jednalo se o elektrody s opačnou polaritou. Pro navařování bylo použito stejnosměrného agregátu. Napětí a proud byly voleny jako u běžných bazických elektrod :

pro $\phi 3,15$110 - 140 A

pro $\phi 4,0$140 - 170 A

pro $\phi 5,0$190 - 230 A

Svařovací vlastnosti:

- D11 elektroda dobře teče, housenka se dobře formuje, vrstva strusky je dost silná, dobře se odlupuje.
- D21 dobře teče, struska se dobře odstraňuje.
- D31 totéž, co D21.
- D41 už méně teče.
- D51 totéž, co D41.
- D61 bylo nutno použít tvrdší oblouk, hoří však stále dobře.
- D71 méně teče.
- D81 hoří stále dobře, méně teče, strusky je méně, hůře se odstraňuje.

Rozstřík byl u všech druhů obalů a průměrů dobrý. Větší průměry však měly rozstřík poměrně větší, než menší průměry, ale v normálních mezích.

Trhliny se nevytvořily v žádném návaru. Rovněž podélné trhliny u kořene návaru u žádného vzorku nevznikly.

Měření tvrdosti.

Vzorky bylo nutno na spodní straně ohoblovat, aby dobře dosedly na stůl přístroje a nedocházelo ke kolébání, čímž by trpěla přesnost měření. Povrch návaru byl obroušen, aby měrný kužel po povrchu nesklouzl.

Měření bylo provedeno na diatestoru. Tvrdost byla měřena podle HRC/150 kg. Měření bylo prováděno ve třech návarových vrstvách. Celkový vzhled vzorku pro měření tvrdosti je na obr. 10. Před zatížením kužele měrným zatížením bylo použito předběžného zatížení, aby se vyrovnal vliv nerovnosti povrchu. První naměřená hodnota na vzorku byla vždy vynechána protože by její hodnota mohla obsahovat vliv zatlačení nečistot do ložné plochy vzorku. Pro každou návarovou vrstvu bylo provedeno 6. měření, z nichž byl vypočten aritmetický průměr. Výsledky měření jsou uvedeny v následujících tabulkách.



obr. 10

VŠST LIBEREC

228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 31

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Tabulka tvrdosti HRC /150 kg při
průměru jádra 3,15mm

navar. vrstva	Druh obalu											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8				
	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	prům.	prům.	prům.	prům.
I	28	27	32	32	35	39	39	39	37	41	40	
	35	30	30	33	37	39	38	42	37	42		
	32	29	32	37	38	40	38	40	40	40		
	30	28	33	34	37	39	38	41	41	41		
	30	27	30	33	35	38	34	39	39	39		
II	32	28	32	30	35	39	36	38	44	44		
	30	34	36	37	39	45	43	44	43	45		
	28	34	35	37	40	43	44	45	45	45		
	27	31	34	36	41	45	43	45	43	45		
	29	36	38	37	38	41	43	44	44	44		
III	29	34	33	34	37	41	43	43	43	43		
	31	31	34	36	40	42	42	42	42	42		
	31	35	37	38	39	42	44	45	45	45		
	33	37	35	32	42	41	45	46	45	44		
	31	33	37	40	40	44	45	44	45	45		

Tabulka tvrdosti HRC / 150kg při
průměru jádra 4,0mm.

návar. vrstva	Druh obalu											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	naměř. hodn.	prům.	naměř. hodn.	prům.
I	34	23	28	35	30	37	39	39	39		39	
	31	24	27	32	34	36	37	39	39		39	
	31	23	27	30	36	34	30	36	36	34	36	36
	29	26	27	31	33	33	37	36	36			
	31	28	26	31	33	34	37	35	35			
	37	24	27	31	32	32	32	34	34			
II	24	29	36	36	35	42	41	43	43			
	25	27	39	35	40	40	42	42	42			
	27	25	32	36	40	41	40	39	39	41	41	41
	25	25	31	36	38	41	41	40	40			
	26	28	27	34	34	39	40	42	42			
	27	24	30	34	37	37	41	42	42			
III	26	31	31	35	40	43	41	44	44			
	27	30	32	34	40	43	46	44	44			
	25	28	31	35	39	41	44	42	42	43	43	43
	23	30	28	33	37	41	41	43	43			
	25	33	32	35	37	39	42	43	43			
	30	31	30	33	40	39	43	40	40			

VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 33

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Tabulka tvrdosti HRC /150kg při
průměru jádra 5,0mm

návar. vrstva	Druh ovalu									
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	naměř. hodn.	prům.	prům.
I	46	24	27	25	32	29	37	36		
	50	24	24	23	33	32	35	36		
	55	21	27	25	32	31	36	36	34	35
	43	26	23	25	31	32	32	35		
	49	24	22	23	30	30	34	34		
II	47	26	21	26	30	31	33	33		
	25	29	29	31	36	38	38	41		
	29	31	27	30	36	36	39	39		
	21	28	27	32	35	36	38	39	37	39
	26	25	27	30	34	33	37	39		
III	28	27	27	29	36	35	37	39		
	20	29	29	32	36	38	37	42		
	24	31	30	32	34	38	37	38		
	31	28	28	32	32	41	37	37	37	39
	25	25	32	30	34	37	36	40		
	26	27	30	32	34	37	37	37		
	28	25	30	30	33	40	36	37		

VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 34

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Tabulka průměrných hodnot tvrdostí.

Ø jádra [mm]	navarová vrstva	Druh obalu							
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
3,15	I	31	28	31	33	36	39	37	40
	II	28	33	35	36	39	43	43	44
	III	31	34	36	39	40	42	45	45
4	I	32	25	27	32	33	34	37	36
	II	26	26	29	35	37	40	41	41
	III	26	31	31	34	39	41	43	42
5	I	48	27	24	25	31	31	34	35
	II	24	27	27	30	35	35	37	39
	III	26	28	30	31	34	38	37	39

VŠST LIBEREC

228/ST

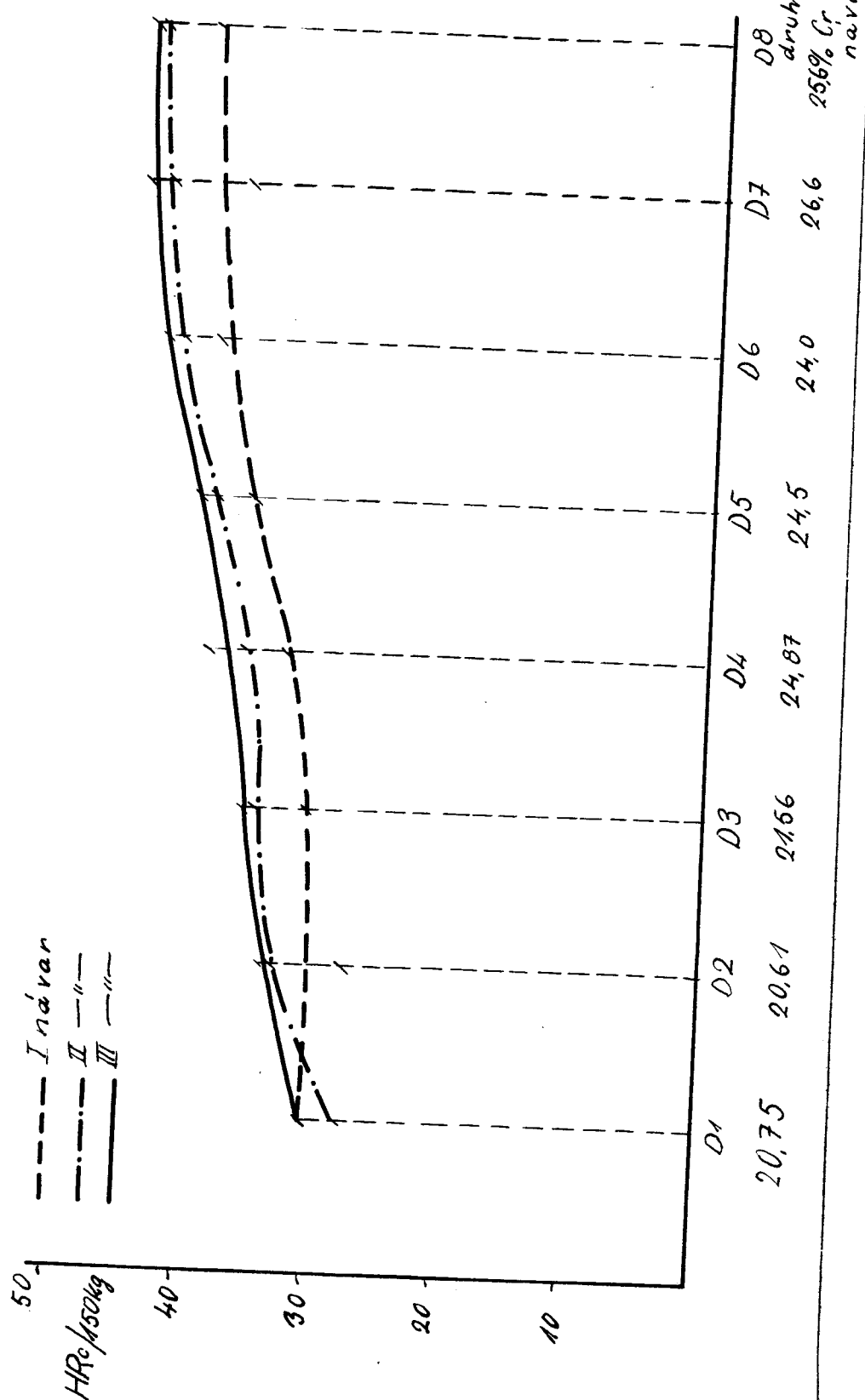
Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 35

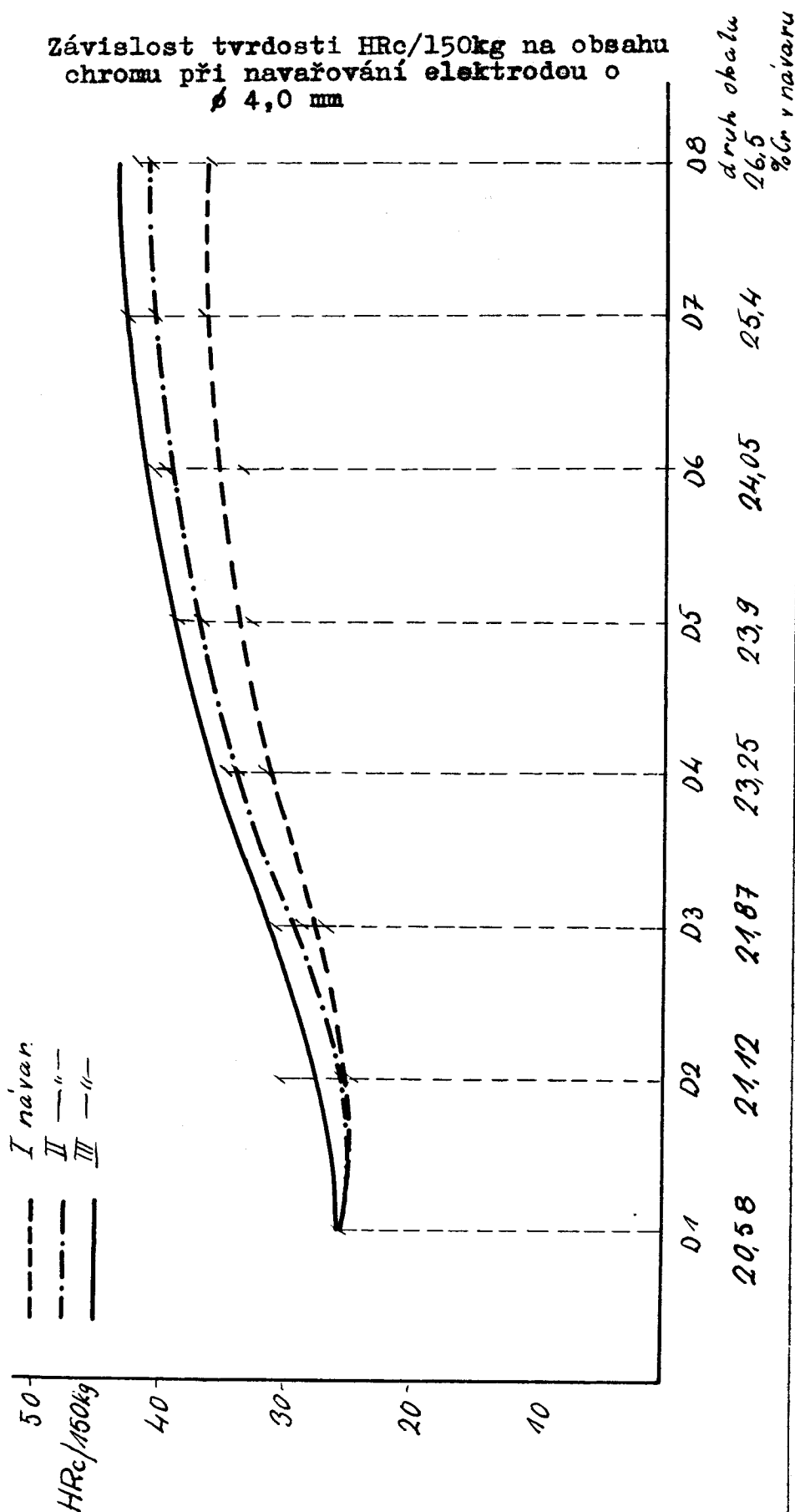
11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

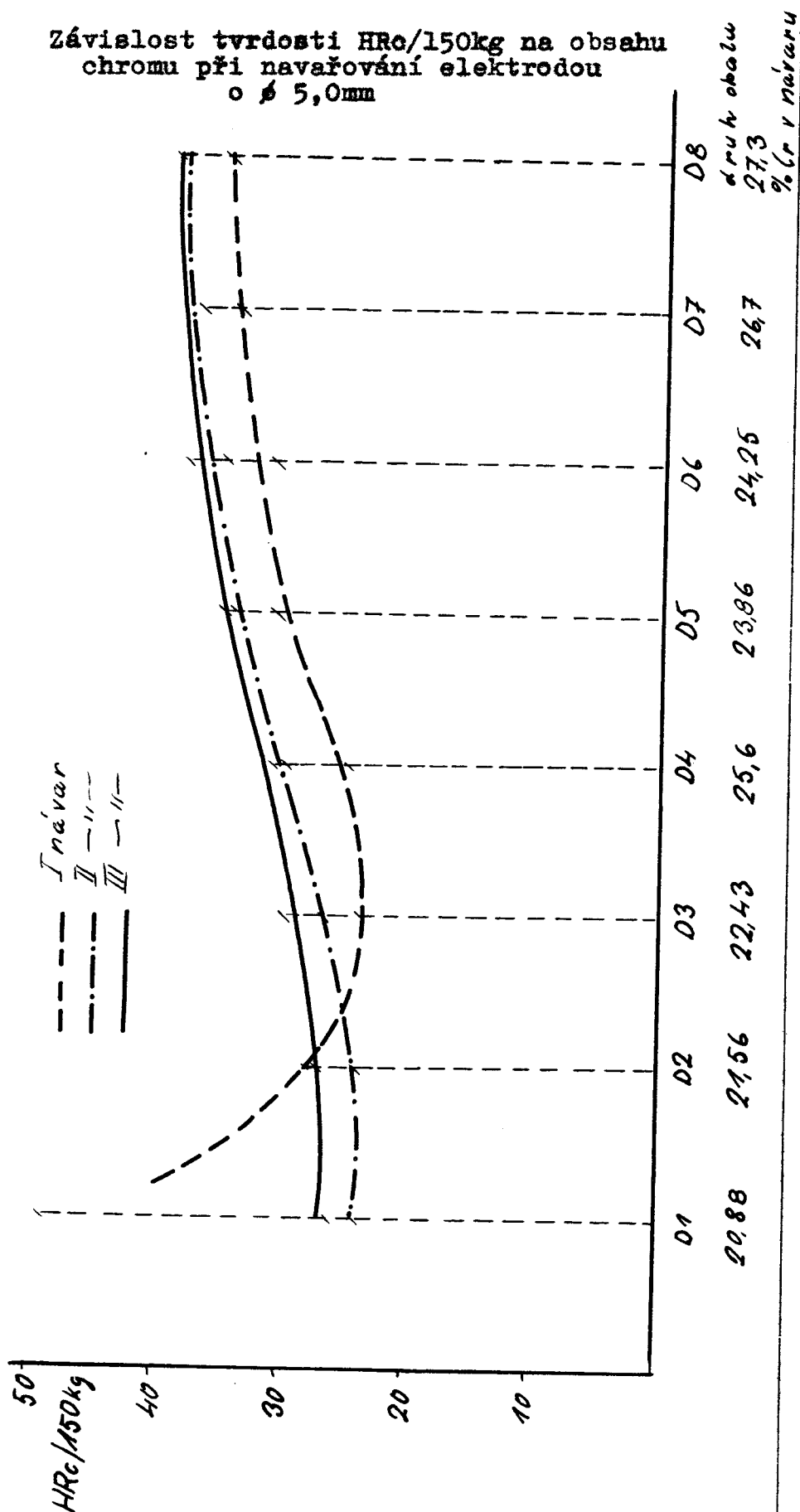
Závislost tvrdosti HRC/150kg na obsahu
chromu při navařování elektrodou
o ϕ 3,15mm



Závislost tvrdosti HRC/150kg na obsahu
chromu při navařování elektrodou o
ø 4,0 mm



Závislost tvrdosti HRC/150kg na obsahu
chromu při navařování elektrodou
o ϕ 5,0mm



Analýza návarového kovu.

Analýza návarového kovu byla provedena rozpouštěním třísek zhotovených obráběním návarového kovu v různých chemických činidlech v chemické laboratoři v ŽAZ Vamberk. U všech návarů byla provedena analýza osmi prvků: C, Mn, Si, Cr, Co, W, Mo, Fe. Výsledky analýz jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Obsah uhlíku u všech průměrů elektrod se vzrůstajícím obsahem chromu v obalu rovnoměrně vzrůstal, a to od 0,6% C, při obalu bez chromu, do 1,9% C, při obsahu 20,8% Cr v obalu.

Obsah manganu u všech návarových kovů od všech průměrů elektrod kolísal v rozmezí : 1,2 - 1,4% Mn.

Obsah křemíku se vzrůstajícím obsahem chromu v obalu pozvolna vzrůstal a to u elektrody s průměrem jádra 3,15mm od 1,2 do 1,8, u elektrody o ϕ 4,0mm od 1,0 do 1,5% a u elektrody o ϕ 5,0mm od 0,75 do 1,24% Si.

Závislost obsahu chromu návarového kovu na obsahu chromu v obalu je vidět z diagramu na straně 43 U elektrody o ϕ jádra 3,15mm vzrůstá obsah chromu v návaru v závislosti na obsahu chromu v obalu velmi nepravidelně. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že pro elektrody s větším obsahem chromu v obalu bylo nutno použít tvrdšího obložku, což vedlo ke zvýšení propalu chromu. U elektrody s průměrem jádra 4,0mm, vzrůstá obsah chromu v návaru již rovnoměrněji. /od 20,58 % do 26,5 % Cr /. Nejrovnoměrněji vzrůstal obsah chromu v návaru v závislosti na obsahu chromu v obalu u elektrody o průměru 5,0mm, a to od 20,88 do 27,30 % Cr.

Obsah kobaltu v návaru se vzrůstajícím obsahem chromu v obalu u všech průměrů elektrod rovnoměrně vzrůstal od 9,0 % do 11,0 % Co.

Obsah wolframu rovněž celkem rovnoměrně vzrůstá s obsahem chromu v obalu elektrody.

Obsah molybdenu v návaru v závislosti na obsahu chromu v obalu elektrody kolísal v rozmezí : 1,5 - 1,9 % Mo.

Vzrůst obsahu většiny legujících prvků v návaru v závislosti na vzrůstajícím obsahu chromu odpovídá zákonitostem o přechodu prvků. Jsou-li legující prvky neomezeně rozpustné v roztaveném železe, nebo omezeně, při čemž stupeň jejich obsahu nedosahuje meze nasycenosti, potom platí, že se vzrůstajícím množstvím prvku, který se okysličuje, se přechod ostatních prvků zlepšuje.

VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 40

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Analýza vzorků navařených elektrodami
o ϕ 4,0 mm.

Druk obalu elektrody.									
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	
Obsah prvku v %	C	0,67	0,84	1,04	1,36	1,43	1,62	1,72	1,91
	Mn	1,32	1,41	1,32	1,41	1,27	1,31	1,27	1,43
	Si	1,05	1,22	1,19	1,35	1,37	1,46	1,57	1,34
	Cr	20,58	21,12	21,87	23,25	23,9	24,05	25,4	26,5
	Co	9,20	9,40	9,30	10,60	10,80	10,40	10,32	11,0
	W	3,40	3,48	4,00	4,30	4,02	4,55	5,40	5,10
	Mo	1,54	1,80	1,76	1,68	1,78	1,84	1,82	1,92
	Fe	62,10	60,62	59,44	57,00	55,34	54,7	53,36	50,70

VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 41

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Analýza vzorků navařených elektrodami
o ϕ 5,0 mm

	Druh obalu elektrody.									
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
C	0,62	0,71	0,88	1,04	1,15	1,34	1,49	1,52		
Mn	1,18	1,22	1,32	1,27	1,27	1,27	1,31	1,35		
Si	0,74	0,72	0,84	1,01	1,11	1,12	1,15	1,24		
Cr	20,88	21,56	22,43	25,6	23,85	24,25	26,7	27,30		
Co	9,40	9,60	9,45	10,88	10,90	10,60	10,48	11,16		
W	2,60	2,68	2,70	2,82	3,38	5,08	5,30	5,25		
Mo	1,52	1,84	1,88	1,62	1,62	1,76	1,86	1,86		
Fe	63,04	61,56	59,4	56,6	56,6	54,6	51,7	50,30		

VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 42

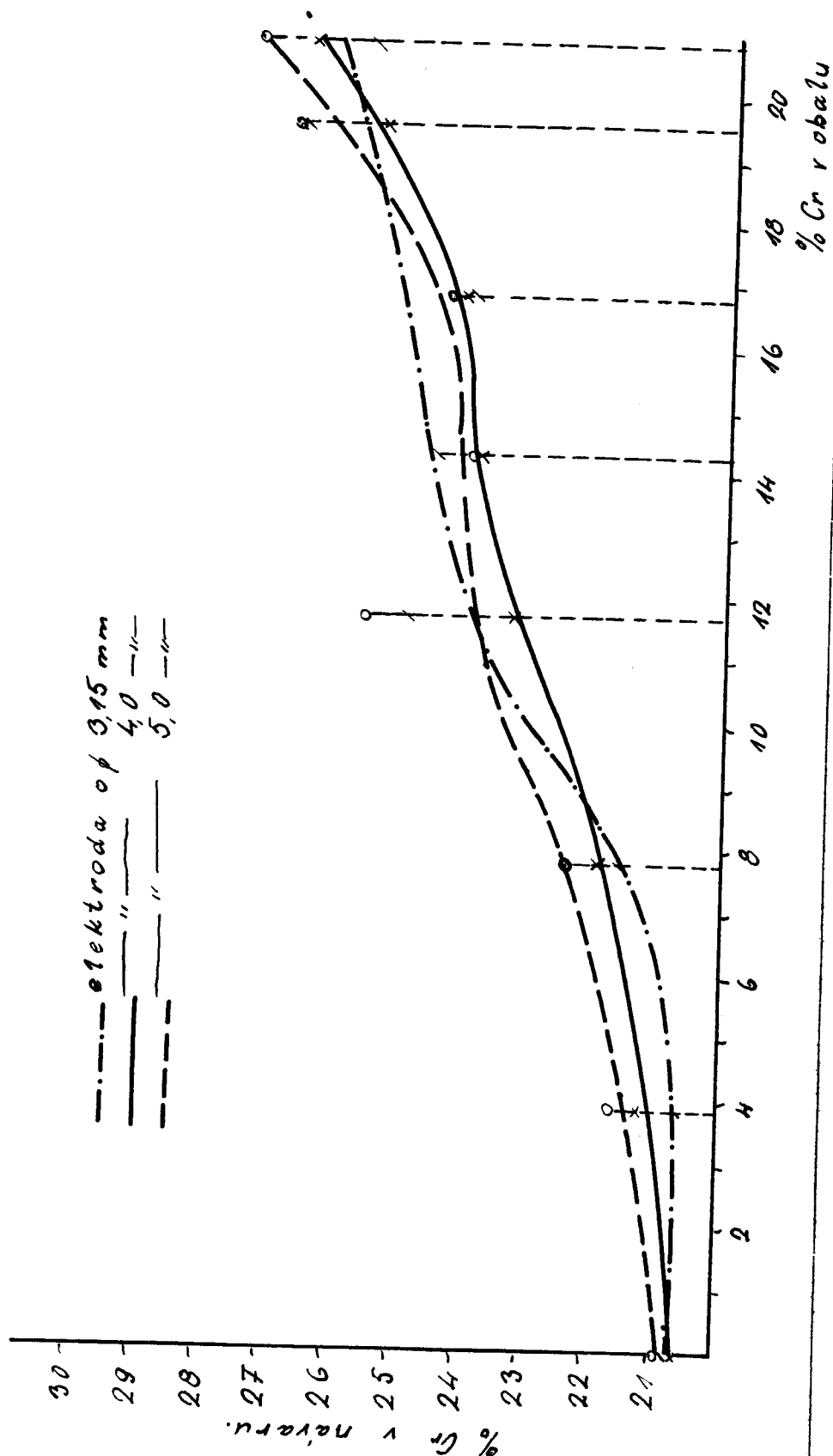
11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Analýza vzorků navařených elektrodami
o ϕ 3,15mm

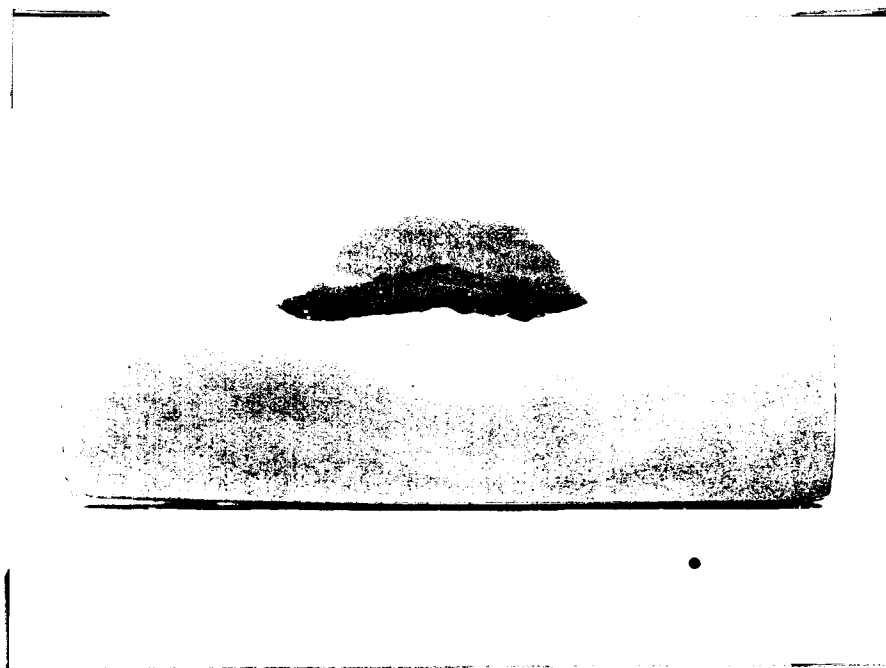
		Druh obažn elektrody									
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
obsah prvku v %		C	0,65	0,93	1,17	1,32	1,53	1,71	1,84	1,95	
		Mn	1,32	1,32	1,41	1,41	1,27	1,31	1,27	2,52	
		Si	1,54	1,20	1,34	1,43	1,65	1,78	1,78	1,46	
		Cr	20,75	20,61	21,56	24,87	24,5	24,00	26,6	25,6	
		Co	9,08	9,25	9,10	9,54	10,64	10,30	10,26	10,96	
		W	3,81	3,46	4,05	3,78	4,25	4,30	5,55	5,50	
		Mo	1,75	1,90	1,87	1,60	1,66	1,80	1,70	1,90	
		Fe	61,00	61,22	59,40	55,66	55,4	54,76	50,90	51,10	

Závislost obsahu chromu v návaru na
obsahu chromu v obalu.



Metalografie návarového kovu.

Pro sledování mikrostruktury návarového kovu byly zhotoveny výbrusy návarů navařených elektrodou o ϕ 3,15mm. Vzorky pro výbrusy byly uříznuty z návaru na tvrdost. Celkový pohled na makrostrukturu navařeného vzorku je na obr. 11. Na obrázku je pěkně vidět základní materiál, ovlivněné pásmo, přechodové pásmo, a vlastní návarový kov.



obr. 11

Pro mikrostrukturu bylo zkoušeno leptání leptadlem Murakami. Tohoto leptadla však nebylo možno použít, pro velmi malé naleptání i při poměrně dlouhé době leptání. Dále bylo vyzkoušeno leptání lučavkou, podle Marbleho a elektrolytické leptání 10% kyselinou šťavelovou.

Lučavkou byly naleptány karbidy a sigma fáze. Leptadlo podle Marbleho naleptává alfa fázi - ferit. Naleptáním tímto leptadlem bylo dokázáno, že základní hmota

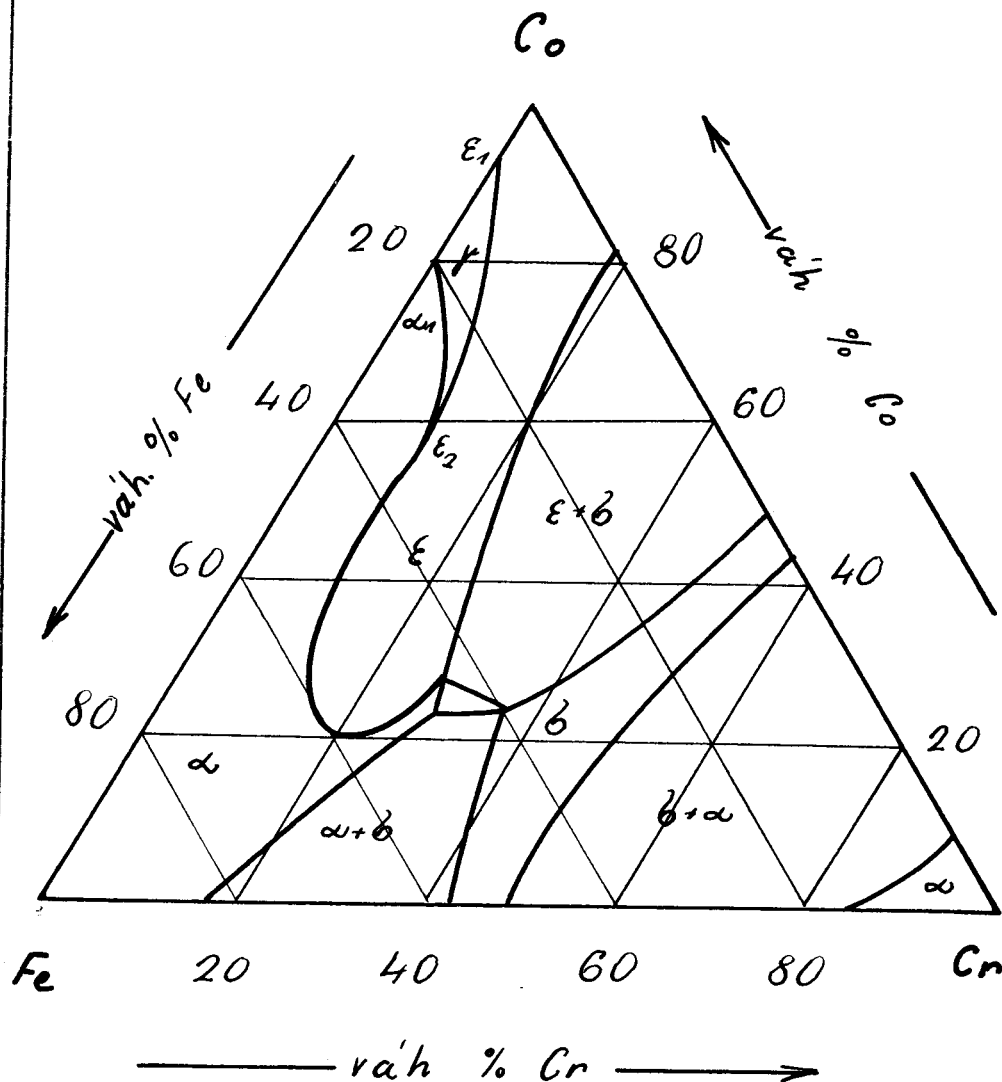
je feritická. Elektrolytickým leptáním 10% kyselinou šťavelovou byly naleptány karbidy a sigma fáze. Leptání lučavkou a 10% kyselinou šťavelovou dalo stejné výsledky, t.j. byly naleptány karbidy a sigma fáze na hranicích feritických zrn. Poznatek, že základní hmota je feritická potvrzuje i ternární diagram základních složek, železa, chromu a kobaltu. Pro slitinu obsahující 25% chromu, 10% kobaltu a 55% železa, udává tento diagram strukturní složky: alfa fáze - ferit, sigma fáze.

Mikrostruktury návarů jsou tedy tvořeny základní feritickou hmotou. Po hranicích zrn jsou vyloučeny karbidy a sigma fáze. Se vzrůstajícím obsahem chromu se hranice zrn rozšiřují, struktura obsahuje více karbidů a sigma fáze, což je rovněž v souladu s ternárním diagramem FeCrCo.

Při velmi krátké době leptání /asi 1 vteřina/ a hustotě proudu 100mA / cm², se, při leptání 10% kyselinou šťavelovou, objevily na hranicích zrn dvě různě naleptané fáze. Při prodloužení doby leptání /5 vteřin/, nastalo již rovnoměrné naleptání hranic zrn, stejné, jako při leptání lučavkou. /jednalo se pravděpodobně o různou odolnost proti elektrochemické korozi sigma fáze a karbidů./

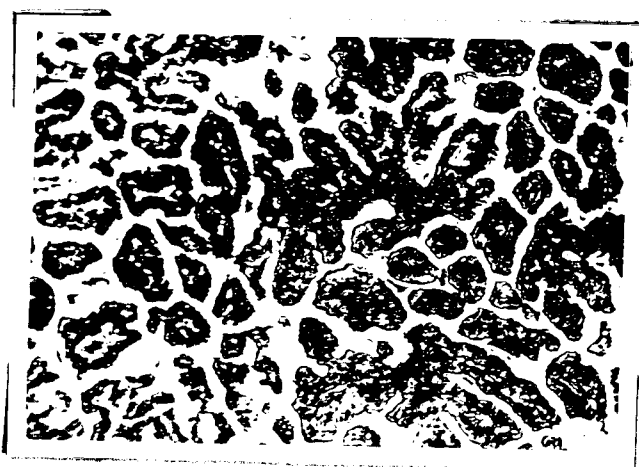
Obrázky 12 - 21 ukazují mikrostruktury návarů naleptané lučavkou a podle Marb-leho. Struktura na obr. 20 je pravděpodobně méně naleptána.

Ternární diagram Fe Cr Co (20°C)
[9]

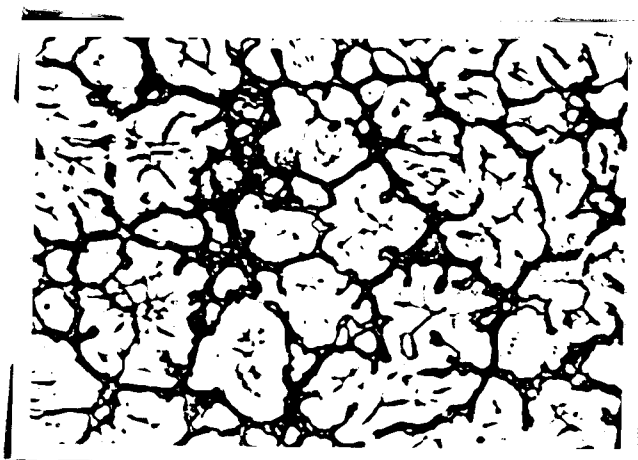




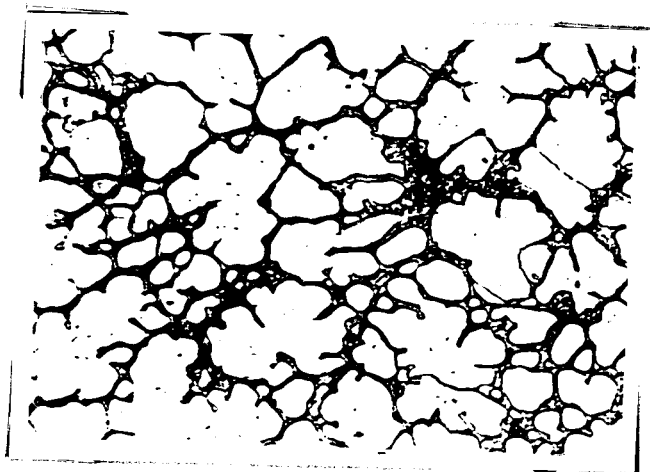
obr. 12
D11 20,7% Cr, zvětšení: 500x, leptáno lučavkou,



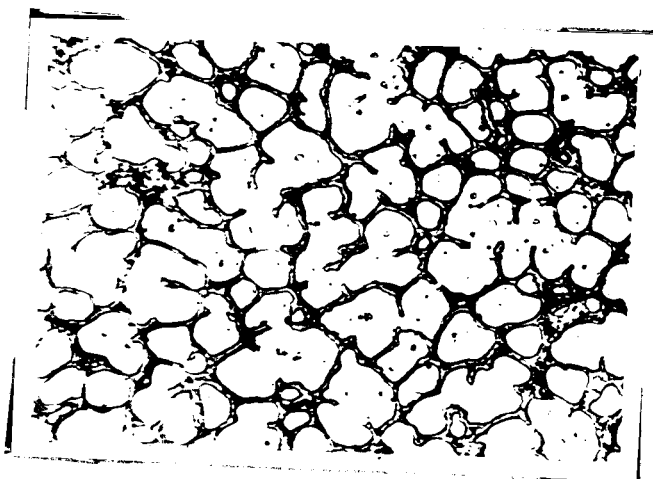
obr. 13
D11 20,7% Cr, zvětšeno 500x, leptáno podle
Marbleho.



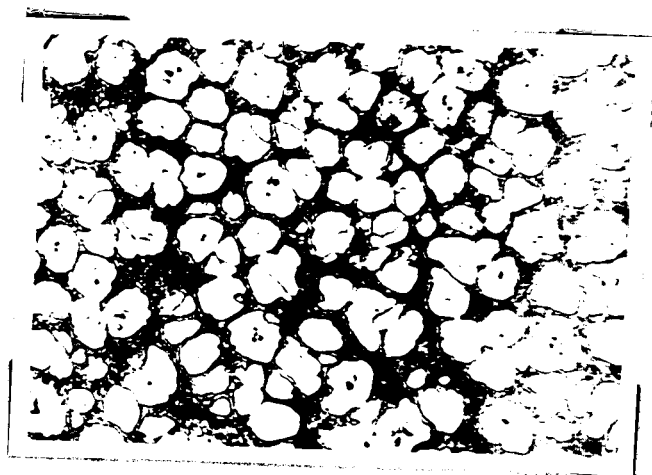
obr. 14
D21 20,6% Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou.



obr. 15
D31 21,6 % Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou



obr. 16
D41 24,9% Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou.



obr. 17
D51 24,5% Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou

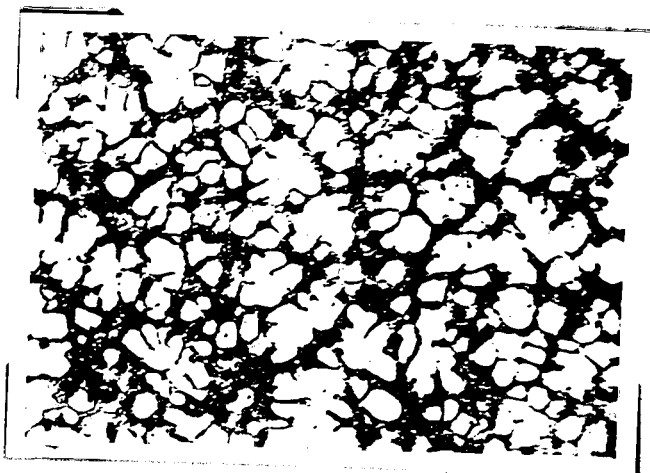
VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

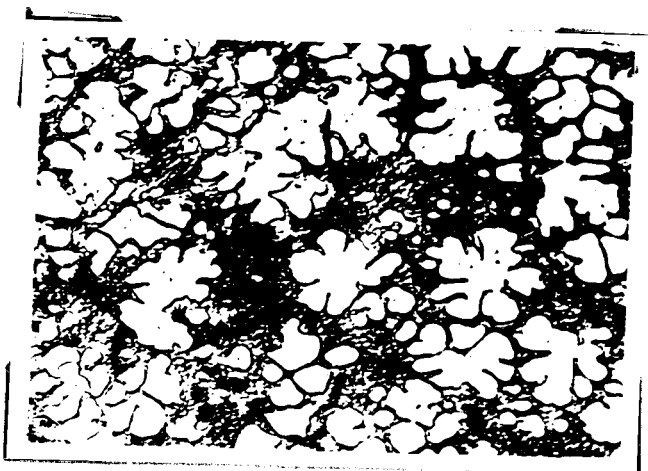
DP-STR. 49

11. ČERVENCE 1964

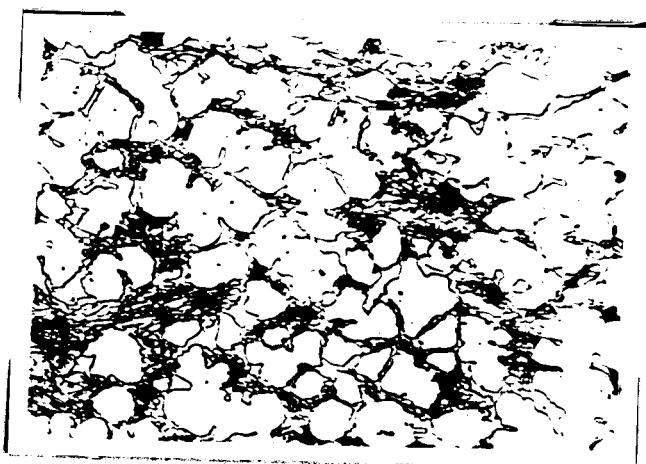
A. Kabelka



obr. 18
D61 24 % Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou



obr. 19
D71 26,6% Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou



Obr. 20
D81 25,6% Cr, zvětšeno 500x, leptáno lučavkou

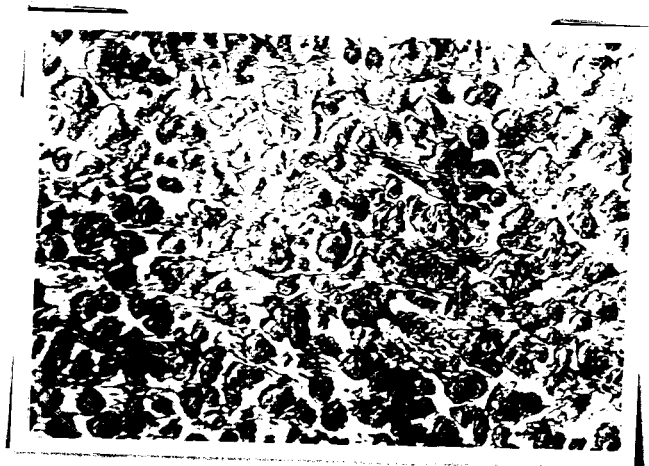
VŠST LIBEREC
228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 50

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka



obr. 21
D81 256% Cr, zvětšeno 500x, leptáno podle
Marbleho.

Zhodnocení dosažených výsledků a závěr.

Se vzrůstajícím obsahem chromu v obalu elektrody vzrůstal kromě obsahu chromu v návaru též obsah většiny ostatních legur. V souhlase s tím vzrůstala také tvrdost ve III. návarové vrstvě.

Největší tvrdosti bylo dosaženo u návaru elektrodou o ϕ 3,15mm / při obsahu chromu 26,6 % tvrdost dosahovala ve III. návarové vrstvě 45 HRc / 150kg. U návarů elektrodou o průměru 4,0mm byla největší tvrdost ve třetí návarové vrstvě 43 HRc / 150kg. U návarů elektrodami o ϕ 5,0mm byla největší tvrdost 39 HRc / 150kg při obsahu chromu v návaru 27,30%.

Se vzrůstajícím množstvím chromu v obalu vzrůstá tvrdost. Vzrůstá také procentuelní obsah chromu, uhlíku, kobaltu, molybdenu a wolframu, vzniká více karbidů a sigma fáze, což zdůvodňuje zvyšování tvrdosti. Zvyšování obsahu karbidů a sigma fáze potvrzuje i metalografický průzkum. Zvyšování obsahu křemíku zvyšuje možnost vytvrzení návarového kovu.

Celkově bylo dosaženo zvýšení tvrdosti ve III. návarové vrstvě na 39 - 45 HRc / 150kg. Podstatného zvýšení obsahu chromu v návaru se však nepodařilo dosáhnout. Podle toho, že obsah chromu jevil v závislosti na obsahu chromu v obalu vzrůstající tendenci bylo by možné snad ještě zvýšit obsah chromu v obalu, ovšem zvyšování obsahu chromu v obalu vede s sebou zhoršování svařovacích vlastností. / struska méně teče a hůře se odstraňuje./

VŠST LIBEREC

228/ST

Legování chromu do
svaru v oblasti
20 - 30% chromu

DP-STR. 52

11. ČERVENCE 1964

A. Kabelka

Závěrem bych chtěl poděkovat všem
zaměstnancům z vývojového oddělení v ŽAZ
Vamberk , kteří mi svými zkušenostmi pomohli
při vypracování tohoto úkolu. Jediným ne-
příznivým vlivem, při vypracování této práce,
bylo pozdní vyhotovení analýz návarů, což
bylo způsobeno přestavbou výrobního závodu.

Antonín Kabelka

Seznam použité literatury.

- /1/ Kljačkin Ja. L., Laboratornyj praktikum po svarke, Mašgiz 1961
- /2/ N. N. Krjukovskij, Proizvodstvo elektrodov dlja dugovoj svarki, Mašgiz 1953.
- /3/ Welding Handbook, Fourth Edition Section Tree.
- /4/ Medovar B. I., Svarka chromnikelevych stalej, Mašgiz 1954.
- /5/ Pospíšil Rudolf, Antikorozi a žáruvzdorné oceli, SNTL 1956.
- /6/ Pogodin-Alexejev, Teorija svaročnych processov, Mašgiz 1945.
- /7/ Lapidus V. A., Elektrody dlja dugovoj naplavki, Mašgiz 1957.
- /8/ Colombier L., Hochmann J., Aciers inoxydables aciers refractaires, ruský překlad: Něržavějuščije i žarupročnyje stali, Metalurgizdat, Moskva 1958
- /9/ Löbl K. C. Sc. , Tvrdé návarové slitiny pro trvalou složbu v při teplotách v oblasti 700°C.
- /10/ Jareš Vojtěch, Metalografie oceli.