

- R. Krňák
11. Svařování litiny
Souhrn zkušeností pro svařeče-opraváře v údržbářských organizacích i pro svařeče ve strojírenských a jiných závodech
- R. Krňák
12. Řezání a drážkování kyslíkem
Podrobný popis pokrokové metody řezání a drážkování kyslíkem, pro dělníky, mistry a technology v závodních a údržbářských dílnách
- A. Václavovič a kolektiv
13. Soustružení závitů

Příručka pro dělníky, mistry, technology a techniky ve strojírenství, dobrá pomůcka pro žáky technických škol strojnických

Prof. inž. dr. F. Drastík
Pokroková kovářská technologie

Pro dělníky, mistry i technology. Zabývá se hlavními technologickými zásadami pro práce na jednotlivých typech kovářských strojů

B. Janyš

Upínání obrobků na soustruhu

Pomůcka pro denní práci a pro závodní školení soustružníků a příslušníků pracovních záloh

A. Koubek

Několikavřetenové soustružnické automaty na práci z tyče a ve skličidle

Pracovní návod pro dělníky pracující na několikavřetenových soustružnických automatech, pro technology a závodní školy práce

A. Koubek

Soustružnické poloautomaty pro práci v hrotech a ve skličidle

Pracovní návod pro soustružníky pracující na soustružnických poloautomatech, pro technology a žáky závodních škol práce

Inž. L. Plíva

Odporové svařování v praxi

Popis a informace k odbornému výcviku svařečů a svařovacích technologií v odporovém svařování

J. Studnička

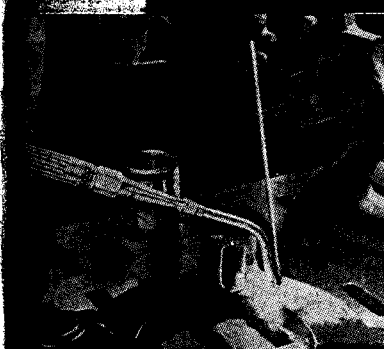
Údržba lisovacích nástrojů

Pro všechny pracovníky, kteří v konstrukci, nářadovnách a výdejnách přicházejí do styku s lisovacími nástroji

J. Žížala

Technologie dokončování dřer

Podrobný popis technologie pro dělníky, mistry a technology



Tato knížka popisuje ožehavý úsek opravárenské praxe – opravování šedé litiny svařováním. Kromě vlastní technologie a mnoha příkladů z rozmanitého opravárenského odvětví uvádí i přípravné a dokončovací práce, často neprávem opomíjené, přestože na nich značně závisí zdar a celkové náklady opravy.

Probírá uceleně dílenskou praxi oprav litiny svařováním, jíž lze použít ve všech odvětvích údržby a výroby strojů a zařízení. Od určení druhu a svařitelnosti litiny dílenským způsobem dochází systematicky k volbě vhodné technologie, kterou dokládá četnými příklady a hotovými návody. Dokončovací práce a rozsah dovolených oprav uzavírají pak technologickou část oprav šedé litiny. Novinky zahraniční praxe seznamují čtenáře se směrem vývoje v tomto oboru.

Údržbáři a mistři najdou v této příručce návody k jakostním opravám svařováním i zdůvodnění případů, kdy oprava svařováním je nehospodárná nebo prospěšná.

Pro svářeče, kteří si chtějí zlepšit kvalifikaci, je tato knížka kromě toho učebnicí, neboť zahrnuje všechny druhy svařování, použitelné a hospodárné pro opravy litin.

11. svazek KNIŽNICE STROJÍRENSKÉ VÝROBY

KNIŽNICE STROJÍRENSKÉ VÝROBY

SVAZEK 11

Rudolf Krňák

Svařování
litiny

SNTL

621.73.01:621.73.02
11. svazek KNIŽNICE STROJÍRENSKÉ VÝROBY

Rudolf KRŇÁK

Svařování litiny

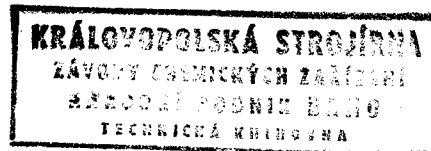
PRAHA 1960

STÁTNÍ NAKLADATELSTVÍ
TECHNICKÉ LITERATURY

Knížka pojednává o základním materiálu, o přípravě návarových ploch, přidavném materiálu, technologii svařování, dokončování oprav, předehtřívání a tepelném zpracování, dále o kontrole opravených odlitků, o bezpečnosti práce; uvádí i novinky v tomto oboru v zahraničí.

Je určena pro svářeče-opraváře v údržbářských organizacích i pro svářeče ve strojírenských a jiných závodech. Může být dobrou pomůckou i pro mistry, technology a vedoucí opraven a údržbářských dílen.

Posláním knížky „Svařování litiny“ je umožnit individuální studium svářečům a poskytnout závodům učebnici pro základní výcvik svářečů i speciální výcvik svářečů-údržbářů. Pro svůj stručný a ucelený výklad s mnoha názornými obrázky lze této knížky používat jako kapesní příručky při opravách svařováním odlitků ze šedé litiny.



Lektoroval inž. Stanislav Jozífek
Redakce strojírenské literatury

© Rudolf Krňák, 1960

OBSAH

Předmluva	7
I. Význam svařování šedé litiny	9
Vady vzniklé chybnou technologií	9
Vady lití objevené po mechanickém obrábění	9
Vady zaviněné provozem stroje	9
Co je litina?	10
Druhy, mechanické a fyzikální vlastnosti litiny	11
Šedá litina	11
Tvárná litina	13
Bílá litina	13
Temperovaná litina	13
Svařitelnost litin	16
Svařitelnost šedé litiny	16
Jak si vyzkoušíme svařitelnost šedé litiny?	18
Svařitelnost tvárné litiny	19
Svařitelnost bílé litiny	19
Svařitelnost temperované litiny	19
Přehled druhů svařování vhodných pro litiny	21
Svařování za tepla	21
Svařování za polotepla	22
Svařování za studena	22
II. Příprava návarových ploch	24
Zjišťování a příprava trhlin k opravě	26
Příprava lomových ploch	32
Příprava prolomených děr k opravě	32
Příprava povrchových vad k opravě	36
Řezání a drážkování litiny	38
Zaformování	39
III. Přídavný materiál pro svařování litiny	42

Litinová tyčinka ŽAZ-L	42
Pájky z neželezných kovů pro pájení litiny (ČSN 42 1315)	43
Obalené elektrody	44
Ověřovací zkoušky přídatného materiálu	46
Ceny přídatných materiálů	47
IV. Technologie svařování (oprav) litiny	49
Přehřátí	49
Měření teploty přehřátí	51
Technologie svařování litiny plamenem za tepla	52
Jak zabráníme pórovitosti svaru?	54
Jak zabráníme tvrdým místům (peckám) ve svaru?	55
Příklady svařování (oprav) litina za tepla plamenem	56
Zkouška svarů vodním tlakem na těsnost	58
Svařování za tepla při místním přehřátí	63
Technologie svařování litiny za tepla elektrickým obloukem	65
Technologie svařování litiny za tepla uhlíkovou elektrodou	69
Příklady oprav litiny svařováním za tepla elektrickým obloukem	71
Technologie svařování litiny za polotepla	76
Technologie pájení litiny plamenem	76
Technologie svařování litiny za studena	82
Typ elektrody	84
Svařovací proud	85
Rychlost svařování	86
Postup svařování	87
V. Dokončení oprav	93
Rovnění	93
Tepelné zpracování	94
Utěsnění a povrchová úprava	94
Přejímání opraveného odlitku	95
VI. Rozsah dovolených oprav	96
VII. Bezpečnost práce	98
VIII. Novinky v zahraničí	99
Literatura o svařování litiny	103

PŘEDMLUVA

Opravy součástí strojů jsou vydatným pomocníkem v našem boji za úsporu kovů. Snížení poruchovosti strojů a zkracování doby jejich nečinnosti má stejný význam jako výroba nových strojů. Jedním z rychlých a kvalitních způsobů, používaných při opravách strojů, je svařování. Protože naše stroje obsahují značnou část litinových odlitků, je ovládnutí této technologie prvním předpokladem pro kvalitní opravu.

Svařování litiny se zásadně liší od běžného svařování oceli. To tedy znamená, že ne každý dobrý svářeč oceli je také dobrým svářečem litiny. Protože každý svářeč byl nebo bude postaven při opravě strojů před úkol opravit porouchaný odlitek, musí ovládat i zvláštnosti těchto oprav. Vyžadují znalostí a zkušeností. Žádné dvě opravy nebývají zcela stejné a záleží na celé řadě okolností.

Při opravách je svářeč v nevýhodě proti svářeči nové výroby, který svařuje normalizovaný a často přejímaný materiál zaručeně svařitelný elektrodami vždy vhodnými pro daný druh základního materiálu. Svářeč při opravě naproti tomu svařuje většinou materiál, který nezná, bez předpokladů pro dobré pracovní podmínky, které často nelze ani vytvořit. Během opravy si musí volit nejen druh přídatného materiálu, nýbrž i postup svařování včetně odstraňování chyb konstruktérů, slévačů, působení provozních podmínek na odlitek atd. Kromě toho se většinou s opravou spěchá.

Tato knížka chce pomoci právě svářečům při jejich důležitém poslání — při opravě litiny svařováním.

Vyrovnat a zvýšit technologii oprav svařováním je prvním úkolem při zmenšování poruchovosti našich strojů a zařízení.

Svářeči!

Inž. Jan Mandaus, Výzkumný ústav svařovacích strojů a technologie svařování v Praze, Vám sděluje ve svém článku

svařování třením

otištěném v 12. čísle časopisu Strojírenská výroba 1959, že výzkum této nové technologie svařování není sice ještě ukončen, avšak dílčí výsledky stačí již k tomu, aby se svařování třením mohlo uplatnit ve výrobní praxi. Protože dosud nejsou speciální stroje, rekonstruuji se k tomu účelu vhodné obráběcí stroje. Výzkum technologie svařování některých materiálů, popř. kombinací materiálů lze pokládat za skončený. Podle dosavadních výsledků lze však při dodržení činitelů vařovat téměř všechny druhy ocelí a některé druhy barevných kovů.

Svařování třením se svou produktivitou vyrovnává dosud nejproduktivnějším způsobům svařování a v některých případech je i předčí. Je ekonomicky vhodné pro hromadnou výrobu i pro sériovou a kusovou výrobu. Ekonomické přednosti svařování třením, i když je omezeno na kruhový průřez ve stykové ploše svaru, jsou: úspory energie, materiálu, zjednodušení technologie kování, možnost svařování takových součástí, které nebylo možno svařit odtavením na tupo nebo velmi obtížně, a to jak při výrobě nových součástí, tak při jejich renovování.

Koncem roku 1960 vyjde **svařování třením** jako další samostatný svazek KNIŽNICE STROJÍRENSKÉ VÝROBY.

I. VÝZNAM SVAŘOVÁNÍ ŠEDÉ LITINY

Opravami odlitků nejen zachraňujeme materiál, nýbrž i šetříme pracovní čas, nutný pro vyrobení nového odlitku. Odlitky se začínají velmi často opravovat již hned po odlití a další opravy následují po obrobení a v provozu. Opravujeme:

Vady vzniklé chybnou technologií nebo jejím nedodržením při lití, které se obvykle objeví až po očištění odlitků; jsou to staženiny, řediny, trhliny, nárosty, zálupy, přesazení, výronky apod., a to v rozsahu, který by byl na závadu jejich použití. Opravit nebo zakrýt (tmelem apod.) slévárenské vady je dovoleno jen s výslovným souhlasem spotřebitele. Podružné slévárenské vady, jako stopy po nárostech a zadrobeninách a povrchové vady vzhledu může výrobce buď vyspravit nebo ponechat nevyspraveny, nepředepíše-li spotřebitel výslovně, aby takové vady byly vyspraveny. Vady na hrubém odlitku, schopné opravy, se pak opravují přímo ve slévárně.

Vady lití objevené po mechanickém obrobení jsou nejčastěji řediny, zavaleniny, struskové a jiné vměstky apod. Opravují se nejčastěji ve strojírenských závodech po prvních nebo konečných operacích obrábění. Dále jsou to zmetky zaviněné vlastní výrobou nebo chybnou konstrukcí. Zmetky vznikají např. chybným obráběním, nedodržením rozměrů, polámáním odlitku během dopravy. Řádně opravit odlitek a vrátit jej ze zmetků do výroby je důležité pro plnění výrobního plánu. V sériové výrobě lze vadný odlitek nahradit dalším a chybějící objednat, kdežto u kusové výroby nebo u složitého odlitku je oprava jediným východiskem.

Vady zaviněné provozem stroje, v němž litá součást pracuje, vznikají opotřebením, přemáháním, popraskáním, požárem apod. Méně často se vyskytují trhliny, vzniklé vnitřním pnutím, nejvíce v přechodech průřezů různé tloušťky, např. mezi paprsky a věncem kol řemenic, ozubených kol nebo u dutých těles s chladicím pláštěm. Vnitřní

pnutí v odlitku, nevyrovná-li se těsně po odlití trhlinou, může později spolupůsobit při porušení odlitku. Tento druh oprav lze ještě rozdělit na hromadné opravy ve specializovaných dílnách, např. pro součásti automobilů, traktorů, železniční opravy, a na příležitostné opravy zpravidla malých i velkých jednotlivých kusů.

Činitelů, kteří mají vliv na opravu a použití opraveného odlitku, je mnoho. Před rozhodnutím o opravě či zmetkování je důležitý rozsah všech závad, tvar odlitku, tj. průřezové změny, tloušťka stěn, materiál, váha a členitost odlitku. Naproti tomu nutno porovnat okolnosti, za nichž se odlitku používá, což znamená hlavně druh namáhání, tlak, teplota atd. Spolupůsobí zde i přístupnost k místu závady, což podmiňuje kvalitu opravy. Rozhodnutí, má-li se vada opravit, závisí také na ceně odlitku, spěšnosti či nutnosti opravy, stupni pracnosti opravy a konečně i na tom, lze-li vadný odlitek nahradit novým.

Za opravy odlitků, zejména ze šedé litiny, se zpravidla nepřebírá záruka. Jakost (stupeň jistoty) opravy lze stanovit až po jejím skončení a vyzkoušení celého odlitku.

Podle kusové váhy se rozeznávají odlitky (ČSN 42 1241):

lehké, největší kusové váhy 100 kg,
střední, největší kusové váhy 1000 kg,
těžké, největší kusové váhy 5000 kg a
velmi těžké, největší kusové váhy 15 000 kg.

Co je litina?

Máme-li dobře svařovat litinu, musíme ji především dobře znát. Litina se vyrábí přetavením smíšených surových želez, litinového i ocelového šrotu v slévárenské peci (v kuplovně). Čitinou se tedy rozumí slitina železa s uhlíkem, obsahující též křemík (Si), mangan (Mn), fosfor (P), síru (S) a v malém množství i některé jiné prvky. Litina se liší od oceli hlavně tím, že obsahuje kromě kovové složky ještě součást nekovovou, kterou tvoří grafit (tuha), porušující kovovou vazbu litiny. Křehkost litiny právě působí lupínky grafitu. U litiny je tedy důležitý nejen obsah uhlíku, nýbrž i jeho rozdělení na uhlík vázaný s kovem a uhlík grafitický.

V šedé litině může být část uhlíku vázaného (nazýváme jej cementit) a druhá část ve volném stavu jako grafit. Kromě uhlíku má na vlastnosti šedé litiny vliv především její kovová hmota. Čím více je v její struktuře krystalů železa (feritu), tím je litina měkčí a naopak, čím více je v litině cementitu, tím je litina křehčí a tvrdší. Lépe se svařují měkčí litiny.

Jaká struktura litiny vznikne, závisí hlavně na rychlosti ochlazování roztaveného kovu. Při pomalém ochlazování nastává úplnější rozpad cementitu a získá se struktura šedé litiny. Rychlým ochlazováním se vylučování grafitu znemožní natolik, že místo šedé litiny vzniká bílá litina (uhlík je zde v podobě karbidu). Tím si vysvětlíme rozdílné vlastnosti šedé litiny lité, např. z téže pánve do pískových forem na odlitky různé tloušťky. Tenkostěnné odlitky chladnou rychleji než odlitky tlustostěnné, a proto má tenkostěnný odlitek větší pevnost a tvrdost než odlitek tlustostěnný. Kdyby forma, do níž se litina lije, byla kovová, vychladne odlitek na povrchu téměř okamžitě. V litině na povrchu nebude žádný grafit, všechny uhlík bude mít podobu karbidu a vznikne struktura bílé litiny. Střed takového odlitku chladne pomaleji a může se v něm grafit vyloučit. Tak vzniká litina tvrzená. Na vznik tvrzené litiny má vliv nejen rychlost chlazení, nýbrž i chemické složení šedé litiny.

Druhy, mechanické a fyzikální vlastnosti litiny

Šedá litina. Jakost šedé litiny se posuzuje hlavně podle pevnosti v tahu, popřípadě též podle pevnosti v ohybu, která je zhruba asi dvojnásobná než pevnost v tahu. Nejlépe odolává šedá litina namáhání tlakem, neboť její pevnost v tlaku je přibližně čtyřikrát větší než pevnost v tahu.

Šedá litina se označuje šestimístním číslem, např. 42 2412. První dvojčíslí (42) značí hutnictví, druhé dvojčíslí (24) znamená, že jde o šedou litinu. Třetí dvojčíslí (12) udává nejmenší pevnost šedé litiny v tahu v kg/mm². Podle normy ČSN 42 1241 jsou normalizovány jakosti šedé litiny s nejmenší pevností od 12 do 38 kg/mm².

Tvrdost litiny je určována hlavně strukturou kovové složky a závisí na množství vázaného uhlíku; u normalizovaných jakostí je od 140 do 260 H_B . Větší obsah celkového uhlíku zmenšuje tvrdost a pevnost litiny (tedy opačně než u oceli).

Odlitky z normální šedé litiny se obvykle tepelně nepracovávají. Ve zvláštních případech se litina i povrchově kalí, žihá, zušlechťuje apod. Pro svou strukturu je šedá litina dobře obrobitelná. Odolnost šedé litiny proti vlivům povětrnostním je větší než u oceli, kdežto proti působení kyselin je celkem málo odolná.

V praxi se často šedá litina rozděluje takto:

1. *Komerční a stavební litina na odlitky*, na něž se nekladou zvláštní požadavky, např. vodovodní a plynové trouby, poklopy, mříže, sloupy, vany, kamna. Tenkostěnné odlitky (vany, výlevky) se lijí z litiny s větším obsahem fosforu, který činí litinu tekutější.

2. *Strojní litina lehká na součásti strojů*, na něž se nekladou zvláštní pevnostní požadavky, např. ložiska, víka, armatury, ozubená kola.

3. *Strojní litina těžká na těžké stojany*, lože soustruhů a jiné tlustostěnné části.

4. *Kompresorová nebo vřecová litina* na parní a kompresorové válce, válce spalovacích motorů atd., kde se vyžaduje pevnost, tvrdost a hustota šedé litiny.

5. *Měkká litina na řemenice*, složité rámy strojů a různé tenkostěnné strojní součásti, kde se žádá litina s větším obsahem grafitu a malým smrštěním.

6. *Zvláštní litina* s mimořádně zvýšeným obsahem legujících prvků pro zlepšení jejich vlastností, tj. žáruvzdornosti, odolnosti proti korozi, opotřebení, změnám rozměrů apod. Jsou to žáruvzdorná litina odolávající prudkým tepelným změnám (automobilové válce), litina odolávající chemikáliím, litina tvrzená atd.

Požadovaných vlastností šedé litiny se dosáhne při výrobě vhodným druhováním, tj. volbou a množstvím šedého surového železa, zlomkové litiny, popř. ocelových odpadků a speciálních přísad.

Měrná váha šedé litiny je asi 7,2 g/cm³. Šedá litina taje při teplotě značně nižší než ocel, zhruba asi kolem 1200 °C.

Tvárná litina. Tvárná litina se vyrábí očkováním roztavené litiny, tj. přidáním přísady (nejčastěji hořčíku) do pánve. Příklad způsobuje tvoření zrnitého (kulčkového) grafitu, který tolik nezmenšuje pevnost litiny. Vzniká tak velmi kvalitní a tažná litina tvárná, která svými vlastnostmi se blíží ocelové litině a oceli.

Tvárná litina (ČSN 42 1242 — Odlitky z tvárné oceli) se značí obdobně jako u šedé litiny. Poněvadž však dosahuje nejmenší pevnosti v tahu 42 kg/mm² a normalizačně žihána až 60 kg/mm², značí se 42 2442. Tvárná litina je dobře obrobitelná a značně odolná proti opotřebení. Lze ji použít na různé součásti zemědělských strojů, válce, písty, brzdové bubny, ozubená kola apod. Nevýhodou tvárné litiny je zatím její značná cena, neboť se začla vyrábět v posledních letech.

Tvrdost tvárné litiny je zhruba asi 240 až 300 H_B .

Bílá litina. Bílé litiny se používá především k výrobě temperované litiny. Je velmi tvrdá a křehká a prakticky neobrobitelná.

Temperovaná litina. Temperovaná litina (dříve kujná litina) je slitina železa s uhlíkem a obsahuje také křemík, mangan, fosfor a síru. Je houževnatá a snadno obrobitelná. Vyrábí se temperováním odlitků z bílé litiny. Temperování je dlouhodobé žihání odlitků v temperovacích hrncích, zasypaných temperovací hmotou. Podle chemického složení výchozích odlitků z bílé litiny, teploty a doby temperování rozeznáváme dva druhy temperované litiny, a to tzv. ferritickou a perlitickou.

Temperovaná litina ferritická (dříve kujná litina s černým lomem neboli americká). Výchozí odlitky z bílé litiny mají menší obsah uhlíku a vyžadují nižší temperovací teplotu (850 až 930 °C) a kratší čas temperování (30 až 50 hod.) než temperovaná litina perlitická.

U nás se vyrábějí tři druhy ferritické temperované litiny o pevnosti v tahu 30 až 36 kg, tvrdosti 100 až 170 H_B . Vyrábějí se z ní různé odlitky pro zemědělské stroje, vagony, traktory apod.




Temperovaná litina perlitická (dříve kujná litina s bílým lomem neboli evropská) se temperuje delší dobu (50 až 100 hod.) a na vyšší teplotu (950 až 1000 °C) než litina ferritická. Normalizovány jsou opět tři druhy této litiny. Dosahují nejmenší pevnosti v tahu 30 až 40 kg/mm² a tvrdosti 150 až 200 H_B . Vyrábějí se z ní různé odlitky pro čerpadla, kompresory,

Jak rozeznáme litinu?
Doplňte si tabulku vlastním pozorováním

Tabulka 1

Vlastnosti		Bílá litina	Šedá litina	Temperovaná litina
Lom		velmi jemné stříbrobílé krystalky, nešpiní prsty!	tmavošedé krystalky, špiní prsty! tvárná litina: světlešedý	ferritická: šedočerný perlitická: kovově lesklý (perleť)
Vzhled	neobrobený povrch	tmavošedý	černošedý	tmavošedý
	čerstvě obrobený povrch	jen broušený	světlošedý, čistě hladký	světlošedý, hladký
Zkouška sekáním	tříska	křehká, láme se bez ohybu	láme se bez ohybu	mírně se ohýbá
	vzhled třísky	rozdrobená	hladký povrch, rozdrobená	neláme se tak snadno jako šedá litina
	velikost třísky	—	3 mm	6—10 mm
	snadnost sekání	pracné, prakticky nelze sekat	snadno se seká	seká se hůře, houževnatá
Zkouška hořákem	změna barvy během ohřívání	před roztavením tmavě červená až rudá	před roztavením tmavě červená až rudá	před roztavením tmavě červená až rudá
	vzhled strusky	vzniká střední vrstva strusky	hustá vrstva	střední vrstva
	vzhled tavné lázně	ruděbílá, tekutá	ruděbílá, tekutá	slámově žlutá, tekutá
	působení plamene na tavnou lázeň	klidná — bez jisker	klidná — bez jisker	vaří se a kypí, povrch srší

Pokračování tabulky 1

Vlastnosti		Bílá litina	Šedá litina	Temperovaná litina
Jiskrová zkouška	délka svazku jisker	průměrně 500 mm	průměrně 600 mm	průměrně 750 mm
	barva jisker	rudá až slámově žlutá	rudá až slámově žlutá	slámově žlutá
	chvost	velmi malý	malý	omezený
	složení svazku	malé a opakující se zakončení	četné rozvětvení paprsků	delší jiskry s drobným rozvětvením
	vzhled svazku jisker			

automobily a zemědělské stroje. Značné oduhličení způsobuje, že je na lomu světlejší než temperovaná litina ferritická.

Použití perlitické temperované litiny ustupuje dnes stále více do pozadí; nahrazuje se temperovanou litinou ferritickou.

Mezi uvedenými dvěma hlavními druhy temperované litiny jsou druhy přechodné, jejichž lom přechází od černého k bílému.

Temperovaná litina (ČSN 42 1243 — Odlitky z temperované litiny) se označuje šestimístním číslem. První dvojčíslí je opět 42, druhé dvojčíslí 25 znamená, že jde o temperovanou litinu. Třetí dvojčíslí udává u ferritické temperované litiny nejmenší tažnost v % (42 2506, 08, 10), u perlitické temperované litiny nejmenší pevnost v tahu v kg/mm² (42 2530, 35, 40).

Výrobky z temperované litiny mají uspokojivou pevnost i houževnatost. Její mechanické vlastnosti se pohybují mezi vlastnostmi šedé a ocelové litiny. Dá se snadno obrábět, pájet na měkko a částečně i kovat.

Kujnost je skutečně jen částečná a účelem temperování není získat materiál kujný (výrobky se po temperování prakticky nikdy netvářejí), nýbrž spíše materiál měkký a houževnatý.

Temperovaná litina je značně odolná proti rezavění, takže se dobře hodí na součásti vystavené účinkům povětrnosti. Její odolnost je mnohem větší než odolnost šedé litiny, ocelové litiny nebo nelegované oceli a lze ji dále zvětšit pozinkováním. Temperované litiny se používá zejména na složitější a menší součásti tam, kde by odlitky ze šedé litiny byly příliš křehké a málo pevné, kde lití drobných odlitků z ocelové litiny by bylo obtížné a kde kování nebo lisování by bylo příliš drahé nebo těžko proveditelné.

Svařitelnost litin

Litiny jsou prakticky svařitelné, spojují-li se s kovem stejného nebo podobného složení odborně dílensky zhotoveným svarem s vlastnostmi požadovanými pro daný účel. Dobrým svarem rozumíme souvislý spoj zdravým hustým kovem, který má žádané mechanické vlastnosti.

Svařitelnost litin je až na malé výjimky obtížná a často velmi špatná. Mnoho druhů litiny není vůbec svařitelných. Tato nevýhoda částečně brzdí jejich další rozšíření. Zejména šedá litina zaujímá význačné místo mezi dnešními konstrukčními materiály, za něž vděčí více své výborné slévateľnosti než svým mechanickým vlastnostem, jež nejsou příliš příznivé. Zdokonalováním výroby a zpracováním se mechanické vlastnosti litiny stále zdokonalují. Vyráběla-li se na začátku tohoto století litina pevnosti 12 až 15 kg/mm², pak v nynější době dosahuje litina pevnosti dva až třikrát větší. Pronikavé zlepšení vlastností litiny, jehož bylo dosaženo novými způsoby zpracování, postavilo litinu na roveň ostatním konstrukčním materiálům. Svařitelnost však zůstává prakticky stejná, zdokonalují se jen metody svařování a zlepšuje se jakost přídavného materiálu.

Svařitelnost šedé litiny. Přesto, že se šedá litina skládá ze stejných prvků jako ocel, jsou její vlastnosti a svařitelnost podstatně jiné,

což způsobuje její větší obsah uhlíku, křemíku a ostatních prvků, viz tab. 2.

Tabulka 2

Materiál	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Fe %
Měkká ocel	0,15	0,7	0,2	0,035	0,04	zbytek
Šedá litina	3,0	0,7	2,4	0,5	0,09	zbytek

Šedá litina tohoto složení (tab. 2) je poměrně dobře svařitelná. Změny v tomto složení mají vliv buď na vlastní svařování nebo na strukturu základního materiálu.

Zvýší-li se obsah uhlíku (C) nebo křemíku (Si), ztěžuje se svařování především přítomností velkých vloček grafitu. Sníží-li se obsah těchto dvou prvků, zhorší se svařitelnost nepříznivou změnou struktury. Mangan (Mn) asi do jednoho procenta nemá vliv na svařování, avšak potom zvyšuje tvrdost v přechodu svaru do základního materiálu. Také fosfor (P) zvyšuje tvrdost, a tím i zkřehnutí a náchylnost svaru k praskání při chladnutí, přičemž však vlastní svařování ulehčuje, neboť zvyšuje tekutost a snižuje bod tavení. Síra (S) rovněž zvyšuje tekutost svarové lázně, avšak zhoršuje jakost litiny, hlavně její mechanické hodnoty. Proto se doporučuje před každou důležitou opravou zjistit chemické složení litiny, které má velký vliv na výběr nejvhodnější technologie i způsobu svařování, a tím i na zdar opravy. Jednoznačně však nelze podle chemického složení předem určit stupeň svařitelnosti.

Obtížná svařitelnost vyplývá ještě z dalších vlastností šedé litiny.

Šedá litina není ani houževnatá, ani pružná a nevyrovňuje proto deformace a tepelná pnutí vznikající svařováním. Tyč ze šedé litiny průřezu např. 1 cm² je dobře svařitelná libovolnými způsoby, neboť se může volně roztahovat a smršťovat. Čím větší je průřez, složitější tvar a členitější odlitek, tím větší jsou obtíže s vyšším pnutím, které nakonec způsobí trhlinu. Zahřeje-li se hořákem např. litinová deska uprostřed, nedovolí vlastnosti litiny vyrovnat vzniklé pnutí a deska praskne. Proto je

při svařování šedé litiny vždy nebezpečí, že vzniknou trhliny ve svaru a v jeho okolí vlivem roztažení nebo smrštění částí ohřátých svařováním. K tomu přispívá i malá tepelná vodivost šedé litiny, takže teplo se šíří pomalu a vznikají velké rozdíly teplot.

Litina se při natavování chová zcela jinak než ocel. Při tavení nepřechází v těstovitý stav, nýbrž náhle přechází z tuhého skupenství do kapalného a při ochlazování opět náhle tuhne. Tato vlastnost vyžaduje, aby se svařovalo jen v poloze vodorovné; kromě toho se nepodaří vždy, aby plyny, rozpuštěné v litině, unikly, takže svar je potom pórovitý, a tím méně vzdoruje pnutí.

Při rychlém chladnutí vzniká v tuhnoucí části bílá litina, která je křehká a náchylná k tvoření prasklin. Při tavení litiny vyhořívá uhlík a křemík, množství grafitu se tím zmenšuje, což může opět vyvolat vznik bílé litiny. Při svařování litiny je nutno dbát, aby se nevyskytovala tvrdá místa, tj. je nutno volit vhodný kov, elektrody a tepelné zpracování a zejména materiál předehtřít a ovládat chladnutí.

Roztavená litina se také rychle okysličuje a pokrývá vrstvou kyslíčnicků, které mají větší teplotu tavení (1350 °C) než šedá litina (1100 až 1250 °C).

Velmi špatně se svařují nebo jsou vůbec nesvařitelné odlitky, které byly dlouho vystaveny vysoké teplotě, zejména na otevřeném ohni (rošty). To je tak zvaná litina „spálená“. Při navařování housenky nevytvoří se tavná lázeň, nýbrž roztavený kov se jen koulí a spojuje se v jednotlivé kuličky. Stáří odlitku není zásadně na závalu, víme např., že se běžně opravují odlitky z minulého století. Záleží však na druhu a době působení škodlivého prostředí. Např. u litinové armatury, která byla ve styku s přehřátou párou, nastává po krátké době „růst“ litiny, tj. litina nabývá na objemu, křehne a drobí se.

Jak si vyzkoušíme svařitelnost šedé litiny? Pro dosažení úspěšné opravy je dobře předem znát alespoň přibližně stupeň svařitelnosti šedé litiny, která se má opravovat. To proto, aby se mohl volit nejvhodnější způsob svařování, druh přídavného materiálu, tepelného zpracování atd. Někteří svářeči rádi říkají, že jsou jen dva druhy litiny, a to svařitelná a nesvařitelná litina, tj. oprava se buď zdaří, nebo nezdaří. To se ovšem

zjistí až po svařování a v nejlepším případě se musí oprava podle takto získaných zkušeností opakovat, a i když se zdaří, je to zbytečná ztráta času a přídavného materiálu.

Naproti tomu jsou svářeči, kteří jakýmsi citem rozpoznají svařitelnost velmi přesně. Jsou to vždy kvalifikovaní svářeči. Zajímáte-li se však o takového mistra oprav blíže, zjistíte, že tento „cit“ je vlastně jeho zájem o práci, pozorovací schopnost a velmi často notes, do kterého si výsledky činnosti zapisuje a hlavně o nich přemýšlí. Zajímá se též o příčiny lomů a hlavně, jak se oprava v provozu vydařila. Nejsou vzácné případy, kdy svářeč si dlouho dopisoval se strojníkem obsluhujícím kompresor s opravenou frémou, se šoférem, jehož traktorový motor měl opravený blok atd.

Pozorovatelům se často zdá, že takový svářeč pozná svařitelnost tak říká „na první pohled“, a on si zatím jen odsekl kousek litiny, navařil prvou vrstvu atd. Umí rozpoznat svařitelnost podle lomu, třísky, poklepem atd. Takovému umění se lze naučit pozorováním a četbou odborné literatury a vždy se vyplatí, neboť kvalifikovaného svářeče si každý váží, jeho práce je nejen zajímavá, nýbrž i tvůrčí a dobře placená.

Zkoušky podle tab. 3 skýtají dostatečnou záruku o spolehlivosti zjištěného stupně svařitelnosti šedé litiny.

Dalších druhů litin se již používá mnohem méně než šedé litiny.

Svařitelnost tvárné litiny. Tvárná litina se rovněž obtížně svařuje. Vyznačuje se také náchylností ke křehnutí a ztvrdnutí v přechodovém pásmu, na něž působilo teplo svařování. Za vysoké svařovací teploty se vypaluje hořčík (přísada pro vytvoření tvárné litiny) a litina se může v místě svaru při chladnutí změnit na litinu šedou, která má horší mechanické hodnoty než tvárná litina.

Svařitelnost bílé litiny. Pro velkou tvrdost a křehkost je bílá litina téměř nesvařitelná, neboť v ní vznikají trhliny jak při svařování, tak i při chladnutí. Ježto se jí používá hlavně jako výchozího materiálu při výrobě oceli a temperované litiny, je potřeba svařování ojedinělá.

Svařitelnost temperované litiny. Na svařitelnost této litiny má vliv množství ferritu nebo perlitu v její struktuře. Rozhodující vliv na množství ferritu nebo perlitu má chemické složení výchozí bílé litiny

Tabulka 3

Druh zkoušky	Výsledek svědčí o	
	dobré svažitelnosti	špatné svažitelnosti
Vnější prohlídka lomu	jemnozrnný lom s rovnoměrnou a čistou strukturou	hrubozrnný lom, pórovitá struktura s velkými vločkami grafitu
Barva lomu	světle šedá	tmavošedá až černá
Zkouška sekáním	tříška se sbaluje	tříška se drobí
Zkouška poklepem	kovově zvoní, vysoký tón	duť zvoní
Návarová zkouška	kapky kovu se dobře smáčejí a tvoří se tavná lázeň	kapky se sbalují bez vazby k základnímu materiálu
Spojení návarové housenky s litinou	těžko se odsekává, vytrhávají se souvislé kusy litiny	lehko se odloupne bez spojení s litinou nebo s malými kousky
Vzhled navařeného místa	jemnozrnný povrch	pórovitý hrubozrnný povrch
Barva tavné lázně	rudá a tmavá	ostře bílá
Chemický rozbor	C 3,0 ÷ 3,5 %, S do 0,09 %, Mn do 1,0 %, Ni do 2,0 %, Si do 2,5 %, Cu do 1,0 %, P do 0,9 %	nad uvedené hranice lze očekávat obtíže; účinky vyšších obsahů prvků se zmenší předehtím před svařováním; vysoký obsah volného uhlíku
Výbrus	jemně rozdělený grafit	shluky grafitu

a průběh temperování. U perlitické litiny lze do tloušťky 8 mm dosáhnout úplného oduhličení a svažitelnost je proto dobrá. S přibývajícím tloušťkou přibývá i uhlíku a svažitelnost je proto obtížná. Hlavním důvodem obtížnosti je, že svar a hlavně přechodová oblast jsou tvrdé a křehké, takže z těchto míst vznikají trhliny. Tvrdost a křehkost v pásmech ovlivněných svařováním jsou důsledkem ohřátí litiny teplem svařování nad 900 °C. Tím se zde vliv temperování zruší a při chladnutí vzniká opět bílá litina. Proto při důležitých opravách perlitické (nad 8 mm tloušťky) a ferritické litiny je po svařování nutné tepelné zpracování. Opravy vzhledu a méně důležité opravy nevyžadují tepelného zpracování, avšak svar i přechodové pásmo jsou obrobitelné jen broušením.

Temperovaná litina se dá dobře pájet měkkou i tvrdou pájkou, a proto se jí nejčastěji používá.

Přehled druhů svařování vhodných pro litiny

Před rozhodnutím, jakého druhu svařování použijeme pro opravu, je nutno přihlídnout k mnoha okolnostem, s nimiž je porouchaný odlitek těsně spjat. Záleží nejen na stupni svažitelnosti, kterou si na odlitku zjistíme, ale i na původu a rozsahu závady, přístupnosti k závadě, na tvaru odlitku, zejména na rozdílnosti průřezů, na tloušťce stěn, váze a objemu odlitku. Také provozní podmínky, v nichž odlitek pracuje, jako je např. jeho namáhání, rázy, provozní teplota atd., spolupůsobí při výběru postupu opravy. Jindy bývá průběh opravy určován svéráznými vlastnostmi (splnění plánu, provozní potřeby), které si vynutí a někdy i úplně ospravedlní „přístipkářské“ metody, nemající za normálních okolností naději na uskutečnění.

Svařování za tepla. Při svařování za tepla se odlitek předehtře na teplotu 500 až 650 °C, která při svařování nemá klesnout. Předehtím se při svařování dosáhne hutného svarového kovu se strukturou původní litiny. Opracovatelnost i vzhled svaru se neliší od základního materiálu. Svařováním za tepla se dosahuje 70 až 100 % hodnot mechanických vlastností šedé litiny.

Tabulka 4

Přehled druhů svařování a přídatných materiálů

Způsob svařování	Druh svařovacího zdroje (pájecího)	Druh přídatného materiálu
za tepla 500 až 650 °C	elektrický oblouk kyslíko-acetylenový plamen thermit (chemická reakce) slévárenský (tekutý kov)	litinová tyčinka litinová tyčinka chemickou reakcí vyrobený kov tekutá litina
za polotepla 250 až 400 °C	elektrický oblouk kyslíko-acetylenový plamen	elektroda dávající litinový nebo neželezný kov tyčinka z barevného kovu nebo z litiny
za studena 20 až 150 °C	elektrický oblouk	ocelová elektroda, niklová, bronzová elektroda, bi-metalická elektroda

Nevýhodou je značná spotřeba plynů, malý výkon svařování, delší čas opravy, potřeba ohřívacích pecí a v neposlední řadě i značně zvýšená námaha svářeče.

Možnost zborcení, opálení povrchu apod., které doprovázejí tavné svařování za tepla, se zmenší, je-li předehřátí méně silné.

Svařování za polotepla. Předehřívací teplota nemusí zde překročit 400 °C, a to ani u velmi složitých odlitek. Předehřev má být nejlépe celkový (stačí také jen místní v okolí spoje). Obvykle se rovněž dosahuje až 100% hodnot mechanických vlastností šedé litiny.

Nevýhodou je odlišná barva spoje (při pájení mosazí), která se značně liší od litiny. Spoje z různých kovů také špatně pracují při zvýšených teplotách (pro různé součinitele tepelné roztaživosti).

Někdy se stává, že před svařováním nelze použít žádného způsobu ohřevu odlitku, a to pro jeho velké rozměry, pro nebezpečí ztráty přesných rozměrů atd., a proto se musí použít svařování za studena.

Svařování za studena. Při svařování za studena se odlietek buď vůbec nepředehřívá, nebo se předehřeje na velmi nízkou teplotu, ne-

převyšující 150 °C. Svařuje se prakticky jen elektrickým obloukem a u svarů se dosahuje jen 60 až 70% hodnot mechanických vlastností šedé litiny.

Jakost oprav u obou způsobů svařování s předehřevem je mnohem lepší než u svařování za studena. Avšak pro uvedené nevýhody, které mají způsoby svařování za předehřevu, používá se raději svařování za studena, které přesto, že je riskantní, je rychlé a levné. Výhodná je dále operativnost opravy, kterou lze často uskutečnit přímo na stroji bez demontáže součástí a často je jediným řešením, např. při opravách generátorů, uvnitř složitých obrobenech odlitek atd., při čemž deformace odlitek jsou nepatrné.

Tabulka 5

Kterého způsobu svařování použijeme?

Požadavek na opravu	Způsob svařování						
	za tepla		za polotepla		za studena		
	Elektrický oblouk	Plamen	Svařování	Pájení	Ocelová elektroda	Elektroda z barevných kovů	Niklová elektroda
Vysoce namáhaný spoj	—	—	—
Totéž, tenkostěnný odlietek	—	.	.	.	—	—	—
Totéž, tlustostěnný odlietek	.	—	.	—	—	—	—
Méně namáhaný spoj	—	—	.	.	—	.	.
Stejná barva svaru	.	.	.	—	—	—	—
Větší provozní teplota (odlietek se bude emalovat)	.	.	.	—	.	—	—
Oprava povrchu bez opracování	—	—	—	—	.	.	—
Obrobitelnost svaru	—	.	.
Těsnost proti vodě	—	.	.
Těsnost proti žpavku	.	.	.	—	—	—	—
Levná a rychlá oprava	—	—	—	—	.	.	—

II. PŘÍPRAVA NÁVAROVÝCH PLOCH

Příprava součásti k opravě je stejně důležitá jako oprava sama. Poctivost a svědomitost přípravy má přímý vliv na zdar opravy.

Vadné místo na součásti a jeho okolí je třeba před každým svařováním řádně očistit. To znamená odstranit líci kůru, rez, zbytky jiných kovů, barvu, špínu, mastnotu atd. Někdy se opravují i odlitky se ztvrdlou povrchovou vrstvou odolnou proti opotřebování.¹⁾

Jádro odlitku má sloh běžné šedé litiny. Také tuto povrchovou vrstvu je nutno před svařením v okolí budoucího svaru odstranit stejně jako povrch litiny, nasycený dusíkem (křehká, tvrdá vrstva), nachromované plochy (např. u pístů spalovacích motorů), alitované plochy, (tj. plochy nasycené kyslíčkem hliníku pro zvýšení žáruvzdornosti), křemíkové vrstvy apod.

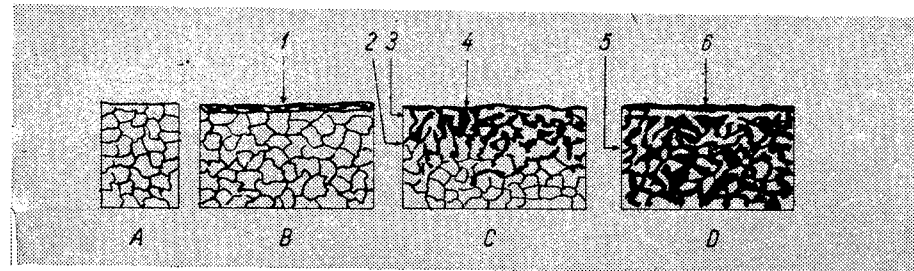
Pro svařování za studena je zejména důležité, aby byl odlitek řádně odmaštěn, tj. vyvařen (ozubená kola, skříně, převodovky apod.) některým z obvyklých způsobů (chemické přípravky, tetrachlor, benzín apod.). Často se setkáváme s názorem, že olej na povrchu nevádí a že se při svařování stejně spálí. Kromě nebezpečných výparů vznikajících při spalování mastnoty zůstávají zbytky hoření ve svarovém kovu a snižují tím jeho jakost. Tam, kde nestačí vyvaření v chemickém prostředí, doporučuje se mastnotu na povrchu spálit kyslíko-acetylenovým plamenem (nebo jinými plyny), avšak tak, aby se místo nezahřívalo víc než 200–250 °C. Čím tenčí je stěna v místě ohřevu, tím menší část povrchu se ohřívá. Další část povrchu se ohřívá až předešlá část vychladla na 50–60 °C.

Poněvadž struktura litiny je průlinčitá, vniká olej často do velké hloubky v součásti a pak je nutno ohřev opakovat. Nejen olejem, nýbrž i teplem a chemickými látkami se litina rozrušuje, a to podle prostředí,

¹⁾ Využívá se zde velké citlivosti litiny na rychlost ochlazování a vytváří se povrchová vrstva se slohem bílé litiny.

v němž je odlitek v provozu. Pronikání a poškozování struktury šedé litiny ukazuje obr. 1.

Vrstva rzi (obr. 1) se před svařováním buď obrousí, nebo jen očistí drátěným kartáčem (podle tloušťky rezu) až na čistý kov. Odlitek, který



Obr. 1. A — struktura zdravé litiny;

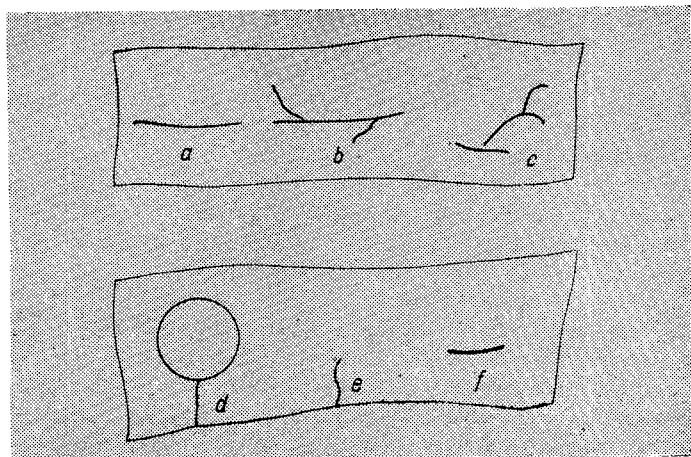
B — vystavená povětrnostním vlivům; C — účinky chemické koroze; D — litina vystavená po delší dobu žáru

byl vystaven chemické korozi, je nutno očistit do větší hloubky, aby se odstranila i vrstva 2. Povrch odlitku (vrstva 3 a 4) je prakticky již k nepotřebě a nutno jej odstranit. Odlitek vystavený žáru je zpravidla tak narušen a jeho struktura tak prostoupena kyslíčkem, že je prakticky nesvařitelný (5 — kyslíčníky a nečistoty, 6 — pevná vrstva kyslíčnicků). Nelze-li odstranit spálený povrch do dostatečné hloubky, podaří se někdy oprava jen svařováním za tepla plamenem.

Příprava ploch pro pájení musí být ještě důkladnější než pro svařování. Grafit, kterým je prostoupena struktura litiny, je největší překážkou dobrého smáčení pájecích ploch. Proto také nelze s úspěchem pájet hrubou lomovou plochu pro značné množství roztroušeného grafitu na povrchu. K řádnému pájení plamenem je třeba pájecí plochy dobře obrobít řeznými nástroji, broušením apod. Broušením se grafit na pájecích plochách rozetře, a proto je nutno jej důkladně očistit drátěným kartáčem nebo otryskáním pískem. Očištěné plochy je však nutno chránit před opětovným znečištěním, třeba jen mastnou rukou.

Zjišťování a příprava trhlin k opravě

Většina trhlin je zřetelná pouhým okem, zejména očistíme-li odlitek řádně od nečistoty, např. otryskáním pískem. Zbývající část trhlin musíme však svědomitě určit a jejich průběh označit. Způsobů určování trhlin je mnoho a jejich volba závisí na provozních podmínkách a na druhu trhlin — viz obr. 2. Nejjednodušší je určení trhliny přímé *a*, trhliny od



Obr. 2. Druhy trhlin:

a — přímá; *b* — rozvětvená; *c* — křivá; *d* — od díry; *e* — k hraně; *f* — povrchová

díry *d* a trhliny k hraně *e*. U trhliny rozvětvené *b* a křivé *c* je nutno určit všechna rozvětvení vně i uvnitř (podle možnosti). Rozdíl délky trhliny vně a uvnitř může být až 2× tak velký než u trhliny viditelné zvenčí (podle tloušťky stěny). Každá opomenutá trhlina v obrobeném odlitku je škodlivá a může způsobit šíření dalších trhlin během opravy. Pro určení počtu a rozsahu trhlin lze použít zvětšovací lupy, magnetické zkoušky, tlakové zkoušky vodou. Jednoduchá zkouška je potření povrchu

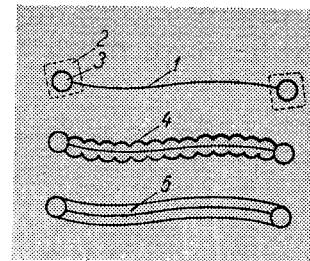
petrolejem, vytření do sucha a nakřídování. Petrolej, který se vsákl do trhlin, smočí křídou, a tím označí počet, průběh i rozsah trhlin. Leptání a zkoušky prozařováním jsou sice přesné, avšak zdoluhavé a nákladné a vyžadují značně drahé zařízení.

Při sériové opravě stejných nebo podobných odlitků (např. v autoopravnách) je nutno stanovit jednotný řád pro určování a označování trhlin. Např. v opravářské lince bloku válců je stanoviště pro zkoušení a pro přípravu trhlin ke svařování. Trhliny, zjištěné tlakovou zkouškou, musí být řádně označeny (křídou, barvou) a na odlitku vyznačen jejich počet pro opravu a značky, určující způsob přípravy trhlin k opravě.

Aby se zamezilo šíření trhlin během předehřevu a vlastního svařování, vyvrtáme na konci trhlin díry, viz obr. 3. Trhlina 1 (obr. 3) se důkladně očistí na koncích v ploše asi 30×30 mm (2) a po bezpečném zjištění konců trhliny se na nich vyvrtají díry 3. Nato se trhlina připraví k opravě po celé své délce. Podle vybavení dílny, důležitosti opravy, polohy trhliny na odlitku, tvaru a váhy odlitku atd. se použije vyhovujícího způsobu přípravy: vysekání ručním nebo pneumatickým sekáčem, vybroušení, odvrtání, vyfrézování, vydrážkování obloukem atd. Způsoby 4 a 5 na obr. 3 ukazují postup odvrtání trhliny a dokončení vysekáním na tvar vhodný pro svařování.

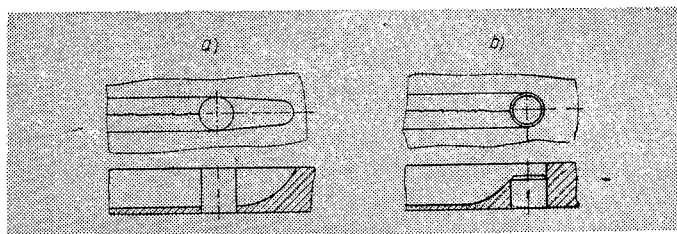
Odvrtaný konec trhliny se podle důležitosti opravy buď úplně zavaří, nebo se zčásti zazátkuje. Pro plné zavaření konce trhliny je výhodnější úprava podle obr. 4a, tj. úkos návarových ploch se prodlouží až za odvratanou díru, a tím se usnadní důkladné zavaření trhliny. Úprava se zátkou podle obr. 4b vyhovuje pro méně důležité opravy a používá se jí jen při svařování za studena.

Nutnost odvrtání konců trhlin se sice také někdy popírá, avšak v praxi se všeobecně uznává a osvědčuje. Důležitý je průměr díry, který



Obr. 3. Příprava trhliny

závisí na tloušťce stěny, v níž je trhlina. Pro tloušťku stěny 6 až 12 mm je nejvhodnější díra \varnothing 6 až 8 mm, pro tloušťku stěny 12 až 25 mm nejlépe vyhovuje díra \varnothing 8 až 12 mm. Pro tloušťky stěn nad 25 mm není nutno ukončení trhliny odvrátat; jinak lze volit průměr díry rovný $1/3$ tloušťky stěny.



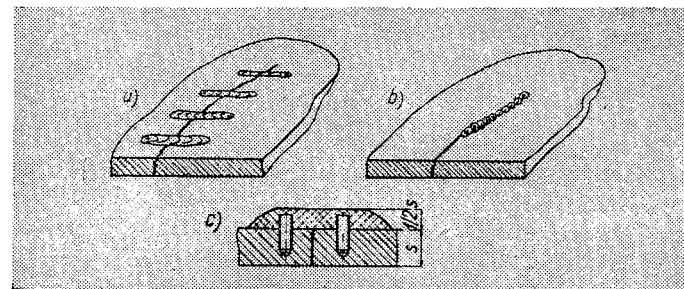
Obr. 4. Úprava konce trhliny

Příliš malá díra nezabrání pokračování trhliny a příliš velká díra může být naopak sama příčinou vzniku trhliny během zavařování.

Vydrážkování trhliny obloukem, tj. uhlíkovou nebo ocelovou elektrodou, se používá jen tehdy, je-li místo opravy nesnadno přístupné pro mechanické obrábění a u podružných oprav. Odtavováním litiny vzniká totiž vrstva bílé litiny, tloušťky 1 až 2 mm, která je křehká a znesnadňuje dobré spojení svarového kovu se základním. Místo odvrátání konců je nutno trhlinu vyztužit stehovým svarem nebo odvrátat díru na přístupném místě ve směru pokračování trhliny.

V některých případech se úkosy pro zavaření trhliny vůbec nepřipravují a trhlina se zavaří jen na povrchu, viz obr. 5. Příčnými housenkami (obr. 5a) se trhlina stáhne natolik, aby utěsnila tlak vody až 3 at. Tato metoda je založena na smršťování svarového kovu, které stačí k těsnému přilnutí povrchu trhliny. Velikost a počet příčných návarů závisí na velikosti trhliny a vnitřním přetlaku. Tohoto způsobu lze použít např. při opravě trhlin na vodním plášti motorového bloku. Spolehlivější oprava vodního pláště je na obr. 5b; trhlina se bez přípravy úkosů zavařuje tzv. penízkovým svarem za studena. Další druh spojů je znázorněn

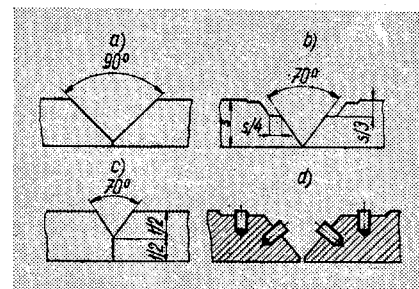
na obr. 5c; hodí se jen pro méně namáhané a méně těsné spoje. Pro tento způsob oprav se používá buď ocelových svorníků, nebo skob (viz také obr. 45f), které stahují trhlinu, přičemž svar tu je jen pojistným článkem, který ještě svým smrštěním a zakotvením ve svornících stahuje povrchy trhlin.



Obr. 5. Opravy bez úkosů

Ve většině případů je nutno pro svařování upravit úkosy s vhodným tvarem návarových ploch. Tvar úkosu má dovolovat bezpečné nanášení svarového kovu, tj. zaručovat dobrou přístupnost. Tvar úkosu záleží tedy hlavně na použité technologii svařování. Ostré hrany je nutno srazit; jinak by se vcelku utavily přílišným zahřátím při předehřívání.

Jen pro svařování tenkých stěn (asi do 3 až 4 mm) kyslíkoacetylenovým plamenem není třeba připravovat úkosy. Při větších tloušťkách stěn se používá úkosu tvaru V s otevřením 90° — viz obr. 6a. Pájení



Obr. 6. Tvary běžných návarových ploch

plamenem vyžaduje zvětšenou smáčecí plochu podle obr. 6b. Lze však použít i úkosu podle obr. 6a. Pro svařování za studena elektrickým obloukem a pro tenčí stěny (asi do 6 mm) stačí úkosy s menším úhlem otevření (60 až 70°) a s větším otupením, např. podle obr. 6c. Použije-li se výztužných svorníků, volí se úhel otevření větší (tj. 70 až 90°), viz obr. 6d.

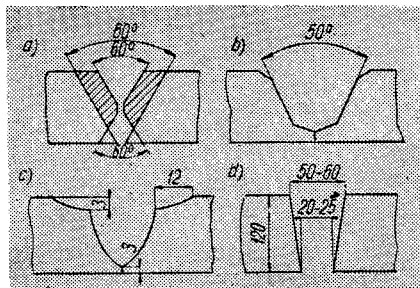
Pro stěny dobře přístupné pro svařování z obou stran se upravují oboustranné úkosy, tzv. X-spoje, jejichž výhodou je menší spotřeba svarového kovu, a tím i menší pnutí. Porovnání úkosů tvarů V a X viz na obr. 7a, na němž vyšrafovaná plocha značí úsporu svarového kovu.

Mezera mezi návarovými plochami v kořeni svaru dovoluje plně provaření spoje (obr. 6d), které však u litiny není tak důležité jako při svařování oceli. Proto tam, kde je nutné přesné slícování, aby se dodržel původní tvar odlitku, lze ponechat v kořeni spoje původní lomovou plochu (obr. 6a a c).

Kromě spojů tvaru V a X se používá také tzv. U-spojů, dovolujících dobrý přístup ke kořeni spoje, viz obr. 7b. Obdobný tvar spoje je na dalším obr. 7c, upravený drážkováním obloukem uhlíkovou nebo ocelovou

elektrodou, popř. i speciálním postupem kyslíko-acetylenového drážkování. Stejným způsobem se upravují např. úkosy pro svařování kokil se stěnami tloušťky až 120 mm podle obr. 7d.

Spojů se zašroubovanými svorníky (obr. 6d) se všeobecně používá pro větší namáhání a pro svařování za studena elektrickým obloukem. Svorníky celý spoj vyztuží a spojení litiny se svarovým kovem nezávisí pak jen na jakosti přechodového pásma. Namáhání spoje se přenáší přes ocelové svorníky na nedotčenou



Obr. 7. Tvary zvláštních návarových ploch

studena elektrickým obloukem. Svorníky celý spoj vyztuží a spojení litiny se svarovým kovem nezávisí pak jen na jakosti přechodového pásma. Namáhání spoje se přenáší přes ocelové svorníky na nedotčenou

zdravou litinu, a proto závisí použití a množství zašroubovaných svorníků také na druhu použité elektrody a na její schopnosti vázat se se základním materiálem. Použijeme-li dobrého druhu elektrody (např. E-Bimetal) na dobře svařitelnou litinu, nejsou svorníky pro lepší jakost spoje tak nutné.

Pro stěny tloušťky do 25 mm stačí svorníky jen v návarových plochách úkosu, pro tlustší stěny se používá svorníků zavrtaných i na povrchu spoje (obr. 6d). Rozteč svorníků se volí pět až šestkrát větší než je průměr svorníku. Průměr svorníku se má rovnat přibližně třem až čtyřem desetinám tloušťky stěny. Hloubka zavrtání je různá a bývá 1,5 až 4,5krát větší než průměr svorníku; volí se buď podle zkušeností, nebo podle předběžného výpočtu sil namáhajících spoj.

Pro určení počtu a velikosti zavrtaných svorníků slouží tabulka 6.

Tabulka 6

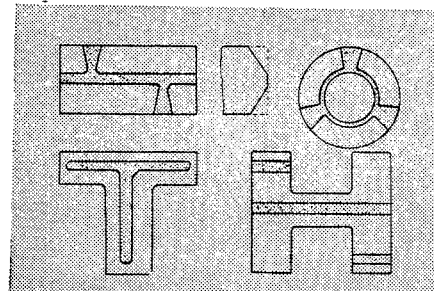
Jmenovitý průměr d v mm	Metrický závit						
	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 20
Průměr děr mm	4,8	6,5	8,2	9,9	11,5	13,3	17,0
Nejmenší zašroubovaná délka mm	8	10	13	17	20	23	26
Dovolená síla na svorník kg	—	—	53	126	238	406	817

Pro namáhané spoje se volí svorníky od M 12. Menší svorníky jsou určeny jen pro zakotvení svarového kovu (bez zvláštních požadavků). Při větším počtu se svorníky zavrtávají do různých hloubek, aby nezeslabily průřez stěny. Dovolí-li to tloušťka stěny, používá se pro svary namáhané na tah svorníků od M 16, při namáhání na tlak od M 12 a při namáhání na střih od M 12 do M 14. Podrobné určení počtu a průřezu svorníků lze přesně určit podle výpočtu, ale v praxi se nejčastěji volí podle zkušeností.

Vyčnívající část svorníku může být malá, a to 3 až 5 mm. Příliš dlouhé konce svorníků ztěžují svařování a zabraňují čištění strusky a řádné

vyplnění úkosu. Při svařování snadno přeskočí oblouk na svorník, odtavený kov se jen přilepí na dno svaru a výsledkem je pak studený spoj. Svorníky se nejlépe nařezou ze závitové tyče a zašroubují se za vyříznutou drážku šroubovákem. Ocel pro svorníky musí být dobře svařitelná; tzv. automatová ocel s výbornou obrobiteľností je obtížně svařitelná (obsahuje zvětšené množství síry), a proto se nehodí.

Příprava lomových ploch. Úkosy návarových ploch se připravují podobným způsobem jako při opravách trhlin, avšak s tím rozdílem, že se musí přesně slícovat.



Obr. 8. Lícování stěn různých průřezů

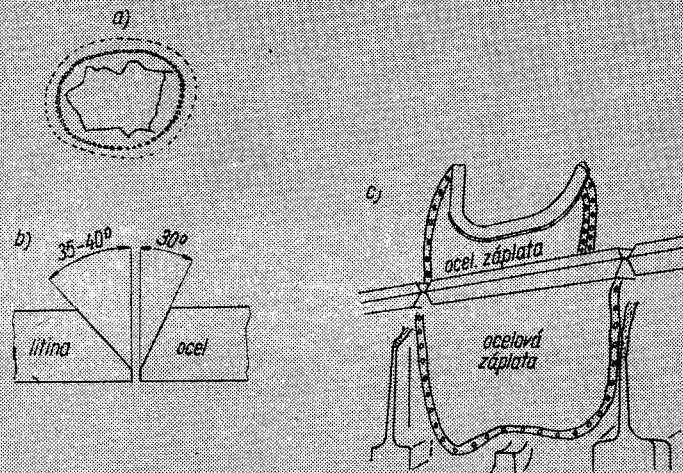
Aby se dodržel původní rozměr a tvar, které měl odlitek před opravou, ponechávají se na návarových plochách plošky původního lomu, viz obr. 8. Stačí tři plošky, popř. pruhy lomů, jak je vidět z náčrtu základních průřezů stěn na obr. 8. Záleží také na požadované přesnosti, tloušťce stěny a jejího tvaru, možnosti obrábění po opravě apod. Před úpravou návarových ploch lze si navařením zkušební housenky určit stupeň svařitelnosti litiny. Navařují se obyčejnou ocelovou elektrodou a housenka se po vychladnutí odsekne sekáčem. Při výběru několika druhů elektrod lze blíže určit, který druh se nejlépe spojuje se základním materiálem.

Příprava prolomených děr k opravě. Prolomené díry vznikají u odlitků válců, klikových skříní, skříní rychlostních převodovek apod., utrhne-li se některá otáčející se vnitřní součást a narazí na stěnu odlitku. Velikost prolomení dosahuje někdy — podle velikosti stroje — až 1 m² i více. Pracuje-li se podle správně navrženého postupu opravy, lze získat dobrý výsledek i u těchto druhů oprav.

Prolomené díry se většinou opravují vevařením na tupo ocelové

vložky, jejíž tvar souhlasí s tvarem upraveného prolomení. V ojedinělých případech lze použít i záplaty, popř. svařit kousky prolomené stěny. Záplata se přivařuje koutovým svarem a používá se jí jen pro podřadné opravy. Svařování kousků prolomené stěny bývá téměř vždy pracnější a méně jakostní, než použití ocelové vložky.

Při přípravě prolomených děr se zprvu postupuje stejně jako při přípravě trhlin. Zjistí se nejprve konce trhlin, které se odvrtnají. Nelze-li přesně zjistit konec trhliny, vyvrtá se díra asi o 5 až 20 mm dále ve zdravé



Obr. 9. Úprava prolomených děr

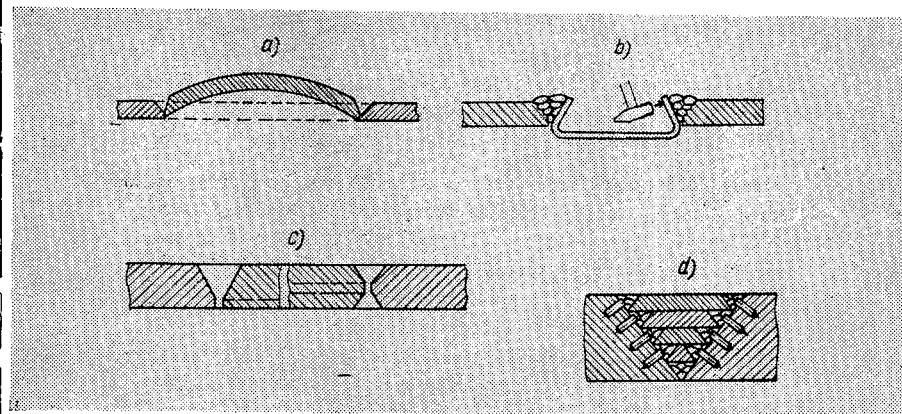
litině, ovšem ve směru pravděpodobného pokračování trhliny. Tím se získá několik bodů, které částečně udávají velikost a tvar prolomení. Křídou se tyto body spojí do oválného tvaru bez rohů a ostrých přechodů (viz obr. 9a), který se odvrtá. Odvrtává se těsně vedle sebe, aby zbyly

pro odsekání jen úzké zámky. Obvod tvaru se obrousí a návarové plochy se upraví podle zvolené technologie svařování.

Materiálem pro vložky musí být zaručeně dobře svařitelná ocel jakosti např. 11 343, 11 373, 11 377 apod., nebo kotlová ocel jakosti 11 364 a 11 414. Tloušťka ocelové vložky může být až o polovinu menší než tloušťka stěny, pokud vzhled toto zeslabení dovoluje. Tvar ocelové vložky lze vyříznout kyslíko-acetylenovým plamenem a broušením dokončit přesné slícování podle obr. 9b s mezerou v kořeni spoje 2 až 3 mm. Na litině se upravuje větší úkos, zejména doplňuje-li se zavrtanými svorníky (v úkosu i na povrchu), kdežto u ocelové vložky stačí běžný úkos 30°. Přesné slícování je nutné proto, aby bylo dosaženo co nejmenšího množství svarového kovu, a tím méně pnutí a deformací.

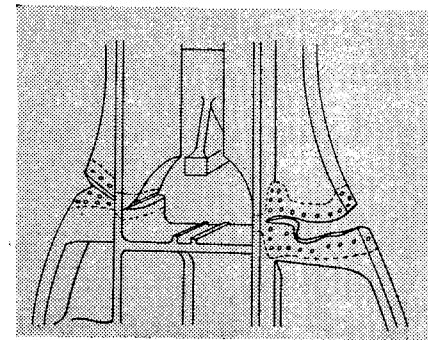
Ještě větší důkladnosti při slícování je zapotřebí při opravách prolomených děr, které jsou nikoli v rovinných stěnách, nýbrž v tvarově zakřivených, přerušených montážními děrami, přírubami apod., viz obr. 9c (havárie lodního naftového motoru). V takových případech, kdy se prolomené díry opravují bez demontáže motoru, zalícují se všechny části vložky do díry a nastehují. Nejdříve se lícují tenčí stěny (již s hotovou úpravou pro montážní díru) a pak tlustší, nebo části vyžadující předběžného zpracování, např. příruby s obrobenou dosedací plochou a děrami pro šrouby. Před svařováním se příruby stáhnou šrouby. Vložky pro díry v křivých plochách se často musí tvarovat za tepla podle šablony. I když se použije záplaty, je nutno, aby záplata správně dosedla na trhlinu a v těchto případech by vzájemná vůle neměla přesahovat 2 mm.

Vložky do prolomených děr lze pro svařování upravovat také způsoby podle obr. 10. Způsobu a) se používá pro menší díry v tenkých stěnách. Vydutí vložky (tenčí než stěna) vyrovnává pnutí vznikající svařováním, takže lze získat svar bez trhlín. Míra vydutí se volí podle možnosti dílny a podle zkušenosti, práce spojená s tvářením vložky se vždy vyplatí. Další způsob b) je určen pro tlustší stěny a tvar vložky má rovněž příznivý vliv na průběh i výsledek svařování. Podle možnosti dílny upravuje se vložka buď vcelku, nebo dělená na části snadno obrobitelných tvarů, které se před vložením do díry svaří a upraví. Pokud je snadný přístup zevnitř, je lépe pro lepší vzhled opraveného místa svařovat z této strany. Dobrý vzhled opraveného místa zaručuje vložka upravená



Obr. 10. Způsoby úprav vložek do prolomených děr

podle obr. 10c. Podle přístupnosti upravují se návarové plochy buď pro jednostranný V-svar, nebo pro oboustranný X-svar. Mezera mezi vložkou a základním materiálem je nutná v rozmezí 2 až 3 mm. Poněvadž u takto upravené ocelové vložky, která pro vzhled má stejnou tloušťku jako litina, chybí pružný činitel vyrovnávající pnutí (např. proti obr. 10a a b), prodlouží se čas svařování. Housenky nutno tužit (temovat) a při svařování důsledně dodržovat postup za studena. Proto se pro velké tloušťky litiny používá dělených vložek (lamelový způsob),



Obr. 11. Způsob přípravy prasklého stojanu

kterými se pnutí podstatně zmírní. Tento postup je dosti pracný, a to jak z hlediska výroby mnoha vložek, tak i z hlediska úpravy povrchu každé vrstvy. Výsledek opravy je však spolehlivý. Způsobu dělených vložek lze použít i pro opravy prasklých frém a stojanů, u nichž odstraněním všech trhlin vzniknou velké mezery, viz např. obr. 11.

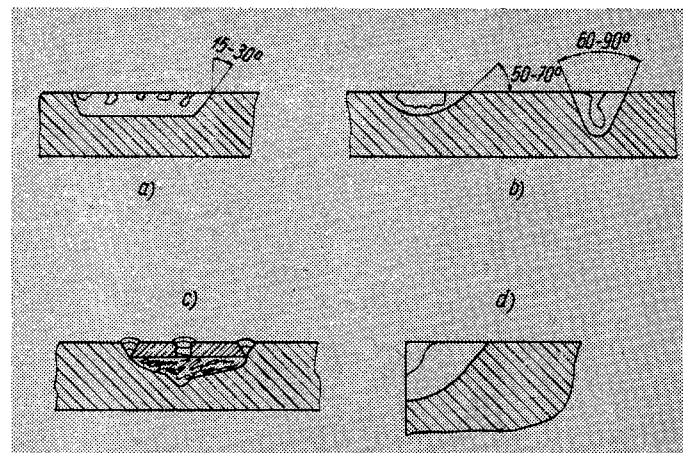
Příprava povrchových vad k opravě. Povrchové vady odlitků se nejčastěji opravují již ve slévárnách nebo ve strojírenských závodech, které zpracovávají odlitky po třískovém obrábění. Méně se opravují v opravárnách spotřebních závodů.

Řediny a shluky malých bublin průměru 1 až 2 mm, hustě rozložené na povrchu větší plochy, se vysekávají v celé ploše až na hutný kov, tj. odstraní se licí kůra a popř. i připečený písek. Zlepšují se tak vadné třecí plochy válců pístových strojů, smykadel apod. Pro většinu odlitků, kromě těchto, není však třeba tyto drobné povrchové vady opravovat. Hloubka vysekání je nejméně 2 mm (u obrobených ploch) a nejvýše 5 mm, pokud vady nezasahují hlouběji (viz obr. 12a).

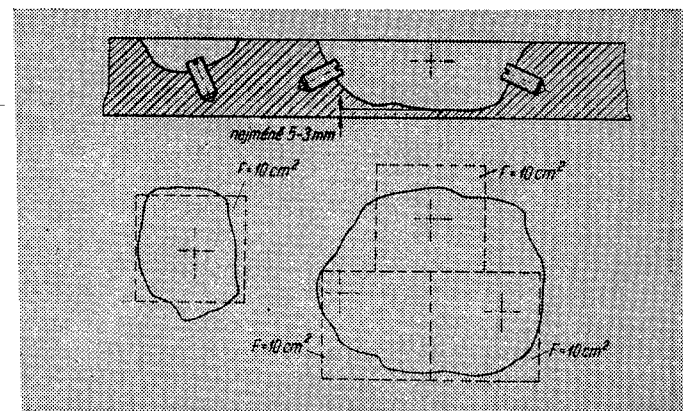
Struskové vměstky, zálupy a velké bubliny se vysekávají až na hutný kov, a to obvykle jednotlivě. Důležitý je úhel vysekané stěny vzhledem k povrchu, který má být 50 až 75° (viz obr. 12b). Malý úhel, tj. povlovné srážení hran, by při obrábění návaru byl příčinou vytrhávání jeho okrajů. Návarové plochy do velikosti až 10 cm² a hloubky 10 mm se připravují vždy bez mechanického zakotvení. Trvá-li spotřebitel na mechanickém kotvení, vyztužují se zavrtanými svorníky průměru 6 až 12 mm i více, podle tloušťky stěny a rozsahu plochy. Na každých zhruba 10 cm² stačí jeden vyztužovací svorník (viz obr. 13). Je-li zbytek porušené stěny alespoň 3 až 5 mm tlustý, lze jej považovat za dostatečný a schopný návaru. Jinak je lépe použít vložky, která kromě toho potřebuje méně návarového kovu, viz např. obr. 12c. Takto se provádějí opravy větších rozměrů; vložka se lícuje až po vyvaření prohlubní a vyrovnání návarem.

Povrchové vady na hranách se opravují obdobně jako vady uprostřed ploch, viz obr. 12d.

Dříve se k opravování trhlin a lunkrů často používalo kolíčků, jichž lze v některých případech použít i dnes. Není-li k dispozici svařovací neb pájecí zdroj nebo je-li litina nesvařitelná, postupuje se při opravě takto:

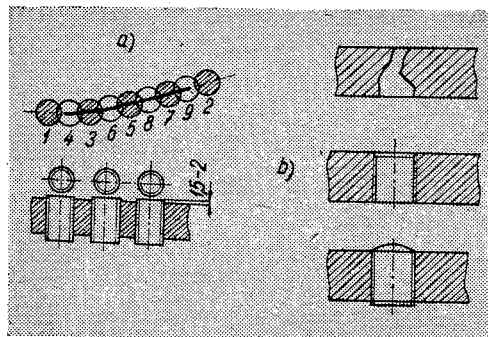


Obr. 12. Příprava povrchových vad k opravě



Obr. 13. Vyztužení návaru

Okolí trhliny se očistí do šířky asi 20 mm a vyvrtají se koncové díry 1 a 2 podle obr. 14a, průměrů 4 až 6 mm. Po rozměření a označení důlky se vyvrtá díra 3 tak, aby následující díra 4 překrývala sousední díry 1 a 3 o $1/3$ průměru. V dí-



Obr. 14. Oprava vad kuličkováním

povrch podle potřeby obrousit na čisto apod. Obdobně se opravují i průchozí díry ve stěnách odlitků, viz obr. 14b.

Řezání a drážkování litiny. Litina nevyhovuje podmínkám řezatelnosti kyslíko-acetylenovým plamenem, tj. zápalná teplota kovu a bod tavení strusky nejsou nižší než bod tavení samotného kovu. Této podmínce vyhovuje dobře jen nízkouhlíková ocel. Litina se však začíná tavit již při přehřívání, tedy dříve než dosáhne zápalného bodu, a její ohřátí až na zápalný bod je obtížné.

Těžkosti při řezání litiny kyslíkem se překonávají zvyšováním teploty tavení v místě řezu, např. zvětšením intenzity zahřívacího plamene, řezáním litiny přes plech z nízkouhlíkové oceli, odtavováním ocelového drátu do řezu, zvláštním postupem řezání apod. Tyto způsoby jsou však málo výkonné a může se jich použít jen pro malé tloušťky stěn.

Řezání elektrickým obloukem ocelovou elektrodou je vlastně jen postupné odtavování. Řez musí být v příznivé poloze, aby odtavená li-

tina mohla odtékat z drážky, jejíž povrch je hrubý a nerovnoměrný. Produktivita řezání elektrickým obloukem je nízká. Rychlost řezu se zvýší použitím duté ocelové elektrody, do které proudí pod tlakem kyslík.

V poslední době se uplatnila metoda řezání litiny kyslíko-acetylenovým plamenem s přídavným ocelovým práškem, který se spaluje v plameni. Tím se uvolní značné množství tepla a přehřáté částice vznikající kysličníků přecházejí do strusky a činí ji tekutější. Řidká struska lehce stéká, obnažuje povrch litiny a dává tak dobré podmínky pro plynulé řezání. Tento způsob se již málo liší od běžného řezání kyslíkem, avšak provozní náklady jsou větší.

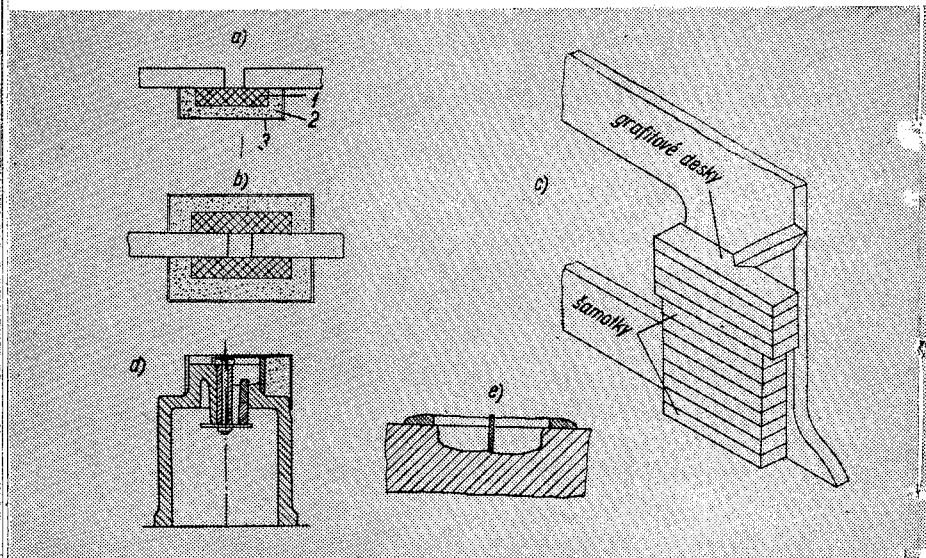
V novější době byla vyzkoušena nová metoda řezání litiny elektrickým obloukem. Používá se uhlíkové (grafitové) elektrody, obtékané tlakovým vzduchem, proudícím od držáku elektrody k elektrickému oblouku. Chladí se tím nejen elektroda vyčnívající z držáku nejvýše 150 mm, ale hlavně se pomáhá odstraňovat odtavená litina z řezu. Tlak vzduchu je nejvhodnější 5 až 6 at, průměr elektrody 4 až 12 mm. Řezání elektrickým obloukem a tlakovým vzduchem je proti kyslíkovému s ocelovým práškem rychlejší, hlavně při tenkých stěnách až asi do 16 mm. Také drážkování litiny elektrickým obloukem a tlakovým vzduchem je dobře proveditelné. Odlitky upravované řezáním nebo drážkováním nutno přehřát na 600 až 650 °C, jinak vznikne nebezpečí, že odlitek popraská.

Zaformování. Zaformování se používá hlavně pro svařování za tepla (plamenem i elektrickým obloukem). Zaformování je jednou z položek, které zdražují svařování za tepla.

Svarová lázeň při tavném svařování za tepla může obsahovat i několik kilogramů roztaveného kovu, a proto musí být zaformování pečlivé, aby návar neprotekl (litina dobře zatéká) a aby po zchladnutí měl žádaný tvar. Pečlivé a důkladné zaformování se vyplatí, neboť poškodí-li se forma, musí se ohřátá součást nechat vychladnout, znovu zaformovat a přehřát.

Jako formovací hmoty se nejlépe hodí grafitové (uhlíkové) desky, tyče a profily, získané např. ze zlomků elektrod obloukových pecí,

a grafitová pasta, tj. grafitový prášek s jilem a vodou nebo s vodním sklem apod. (v poslední době nabízí zlomkové desky Agrostroj Roudnice). Pro hrubé formování a rovné plochy lze použití šamotových cihel. Grafitové desky jsou dobře obrobitelné.



Obr. 15. Zaformování větších vad

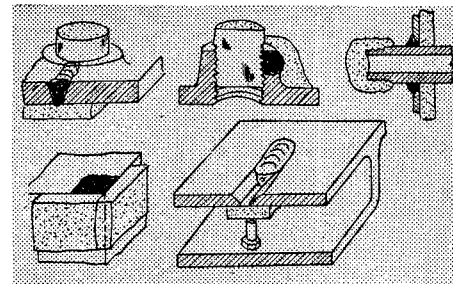
Návarové plochy základních tvarů pro vodorovné svařování se formují podle obr. 15a. Většinou stačí jen podložení grafitovou deskou 1, upevněnou ke stěně šrouby nebo upínkami. U větších ploch se zaformování doplňuje ještě slévárenským pískem 2 v plechovém obalu 3. Pro svařování na svislé stěně se zaformují návarové plochy z obou stran, viz obr. 15b (pohled shora). Při hluboké spáře se formování z jedné strany postupně dokončuje tak, jak postupuje svařování, viz obr. 15c. Spára pro

tavné svařování se volí 30 až 40 mm, avšak často se musí rozšiřovat, neboť je nutno vysekat i natržená místa obsahující praskliny, lunkry apod. Stěny spáry mají být alespoň pod malým úhlem zkoseny, u hlubokých úkosů se spokojíme se svislými, rovnými stěnami. Sklon stěn dovnitř spáry není přípustný, stejně jako různé nerovnosti a výčnělky.

Plochy složitějších tvarů se zaformují obdobně jako základní, viz obr. 15d. Využije se i různých děr k zpevnění formy šroubem, avšak přitom se musí díra chránit před tavnou lázní. Plochy

s povrchovými vadami se formují jen slévárenským pískem nebo grafitovou pastou. U větších ploch je nutno pamatovat i na rozdělení na úseky podle obr. 15e.

Různé způsoby použití grafitových desek, tyčí a grafitové pasty u menších odlitků ukazuje obr. 16. Grafitové pasty lze použít i pro chránění obrobených ploch, závitů apod.



Obr. 16. Zaformování menších vad

III. PŘÍDAVNÝ MATERIÁL PRO SVAŘOVÁNÍ LITINY

Přídavným materiálem pro svařování litiny se rozumějí lité tyčinky buď holé, nebo s obalem, tyčinky barevných kovů a obalené elektrody.

Důkladná znalost přídavného kovu je jednou z předností, jimiž se vyznačuje kvalifikovaný svářeč litiny. Svářeč si musí často vyzkoušet několik přídavných kovů, než vybere ten pravý, avšak pozor! Litiny jsou velmi rozdílné, a to jak v chemickém složení, tak i struktuře, původu, stáří apod. Z praxe známe případy, že některý litinový odlitek se nedal vůbec svařovat jedním druhem přídavného materiálu, kdežto s druhým se spojoval výborně. Opakuje-li se to vícekrát, stává se, že svářeč nedá na takový osvědčený druh dopustit a přísahá jen na něj.

Náš průmysl vyrábí dobrý přídavný materiál pro svařování litiny, který si zaslouží, aby svářeči jím neplýtvali a neodhazovali velké nedopalky. Řádnému využití materiálu prospěje, bude-li jeho spotřeba řádně sledována a materiál přenášen jen ve svých původních obalech, které zároveň znemožní nesprávné použití při záměně značky.

Litinová tyčinka ŽAZ-L

Litinové tyčinky ŽAZ-L se používá pro svařování šedé litiny za tepla, popř. za polotepla plamenem a elektrickým obloukem. Chemické složení tyčinky: C 3 až 3,5%, Mn 0,2 až 0,6%, Si 3,2 až 3,8%, P 0,3 až 0,6%, S max. 0,12%. Dodávají se v délkách 400 až 600 mm průřezů 4, 5, 6, 8, 10, 12 a 15 mm. Tyčinky šedé litiny musí mít čistý povrch, bez písku a nečistot, které by vytvářely těžké strusky, a tím umožňovaly pórovitost a vznik tvrdých nepracovatelných míst (tzv. pecky). Pokud nebyly dodány čisté, je nutno pro důležité práce jejich povrch obrousit nebo chemicky očistit.

Ve starých zásobách se mohou vyskytnout ještě zbytky zahraničních druhů litých tyčinek, např. Böhlér GA, Amanit, jichž lze ještě použít.

Z vývojových typů lze v nejbližší době očekávat některé druhy tyčinek pro svařování elektrickým obloukem za polotepla, a to: Elektroda VÚS-L 1 — obalená, máčená elektroda s jádrovým kovem z šedé litiny. Bude se vyrábět až do průřezu 10 mm, délka elektrody 300 až 450 mm.

Elektroda VÚS-L 2 je obdobná elektrodě VÚS-L 1, avšak má jádro z nízkouhlíkové oceli a legovaný obal, obsahující dostatek uhlíku a křemíku na vytvoření svarového kovu jakostní šedé litiny. Velkou předností této elektrody bude to, že se dá zhotovovat lisováním, což znamená, že bude levná.

Elektroda VÚS-L 1 K je obalená, máčená elektroda s jádrovým kovem z šedé litiny. Dává svarový kov o směrném chemickém složení: C 3,2 až 3,8%, Mn nejvýše 0,8%, Si 3 až 3,5%, P nejvýše 0,20%, S nejvýše 0,04%. Elektroda je určena pro opravu kokil v hutních závodech. Aby se svařování urychlilo, má elektroda průměry 10 a 15 mm. Tvrdost svarového kovu je průměrně 235 H_V.

Pájky z neželezných kovů pro pájení litiny (ČSN 42 1315)

Pájkou se rozumí přídavný materiál, který slouží k vytvoření dokonalého pájeného spoje. Viz tabulku 7.

Pájka Ms 60-Ag a Ms 60-Si-Sn se dodává v tvářených tyčích průměru 2, 3, 4, 5 a 6 mm a délky 1000 mm (ČSN 42 8665). Pájky Zn 80—Sn v pruzích 2×10×500 mm se používá jen k úpravě povrchu šedé litiny jako modelovací pájky. Pájek Ms 60-Ag a Ms 60-Si-Sn se používá pro pevnostní, těsné a návarové pájení litiny.

Při pájení i svařování litiny je důležitým činitelem vhodné tavidlo, které má splňovat tyto úkoly:

1. Čistit kovový povrch,
2. chránit kovový povrch před oksidací během pájení,
3. rozpouštět kysličníky a jiné nečistoty,
4. zlepšovat tekutost roztaveného kovu,
5. zabránit ztrátám prchavých látek z roztaveného kovu.

Vhodná tavidla se dodávají buď jako prášky pro pájení a svařování

Tabulka 7

Pájky z neželezných kovů pro pájení litiny (ČSN 42 1315)

Vlastnosti	Ms 60 Ag ČSN 42 3227	Ms 60-Si-Sn ČSN 42 3228	Zn 80-Sn ČSN 42 3461
Barevné označení	tmavočervená — hnědá	tmavočervená — černá	tmavomodrá — tmavozelená
Teplota tavení °C	870—900	800—850	200—390
Provozní teplota °C	900—940	850—910	390—440
Měrná váha kg/dm ³	8,2	8,2	7,16
Tvrdost vytav. pájky H_B	98	103	—
Chemické složení %	58—60 Cu, 0,15—0,45 Sn, 0,1—0,3 Si, 0,2—0,4 Ag, zbytek Zn	59—61 Cu, 0,1—0,2 Si, 0,13—0,23 Sn, zbytek Zn	17—19 Sn, zbytek Zn
Příslušná tavidla	TP 12, TP 13, TP 16, dříve Celaflux, Molit	TP 12, TP 13, TP 16	MP 3

plamenem nebo jako obal pro namáčení elektrod (pro obloukové svařování elektrickým proudem).

Svařecí prášek na litinu (tmavošedý) vyrábí Severochema, Liberec a dodává Řempe Praha, Plzeň, Olomouc, Zvolen atd. Z prášku a vody se smíchá kaše, která se nanáší na návarové plochy, nebo se v ní namáčí litinová tyčinka.

Obalené elektrody

Pro svařování litiny elektrickým obloukem za studena, popř. za teploty se používá obalených elektrod, a to:

Ocelová elektroda E-Ferolit, V-Fonta. Svarový kov je měkká ocel s nízkým obsahem uhlíku. Je to slabě obalená elektroda se stabilizačním obalem. Svar nelze obrábět řeznými nástroji a přechod je tvrdý. Nelze

počítat s úplnou těsností svaru, a proto se elektroda hodí jen pro méně důležité svary.

Ocelová elektroda E 44.83 (E 44.33) je tlustě obalená elektroda s bazickým obalem. Je to běžná elektroda pro svařování ocelí pevnosti až 50 kg/mm². Pro svařování šedé litiny se používá pro svů „studený“ oblouk, hustý tok a malý závar. Elektroda E 44.83 se snadno ovládá a hodí se dobře pro svařování ve všech polohách. Obal elektrody snadno vlhne, a proto je nutno elektrody skladovat v naprosto suchém skladu. Svar není obrobiteľný řeznými nástroji. Elektroda je určena pro opravy odlitků ze šedé litiny v místech, kde se nebude obrábět, pro opravy malých odlitků atd.

Nerezová elektroda E-380 (odpovídá oceli 17356) je slabě obalená elektroda s bazickým obalem. Je to vlastně elektroda pro svařování nerezavějících a legovaných ocelí vysoké pevnosti, avšak pro houževnatost svarového kovu lze ji použít i pro svařování litin. Přibližné chemické složení: C 0,15 %, Mn 6,0 %, Si 0,8 %, Ni 8 %, Cr 18 %. Této elektrody lze použít jen na tenkostěnné odlitky nebo pro zavařování lunek. Svar je dobře obrobiteľný, přechodové pásmo je však poněkud měkčí než u elektrod E 44.83. Výsledky, které dává elektroda E-380, nevyvážejí její cenu a spotřebu deficitních prvků. S výhodou lze spotřebovat vyřazené elektrody, a to buď staré, nebo ty, které nevyhovely přijímacím zkouškám vlastního určení.

Elektroda E-Bimetal je nová, středně máčená elektroda s bazickým obalem. Jádro elektrody tvoří drát průměru 1,6 mm z měkké uhlíkové oceli, obalený měděnou páskou 0,8 × 8 mm. Váhový poměr mědi k železu je 3,5 : 1. Vyrábí se zatím jen v průměru 3,15 mm, délky 350 mm.

Touto elektrodou lze dobře svařovat v poloze šikmé a svislé. Svar i přechodové pásmo jsou těsné a dobře obrobiteľné, avšak barva svaru je odlišná od základního kovu. E-Bimetal nahrazuje svazek elektrod (podle Nazarova,¹⁾ sestávající z tlustě obalené elektrody E 44.83 a z měděného a mosazného drátu nebo pásky. Postupně nahradí též elektrodu E-Bronz.

¹⁾ Starší sovětská metoda, viz A. G. Nazarov a kol.: Chlodnaja svarka žuguna, 2 vyd., Transželdorizdat 1952 nebo R. Krňák: Opravy strojů svařováním, Práce 1956, str. 238 až 243. Kritické zhodnocení metody, viz překlad: ÚTEIN 1954: Svařování šedé litiny za studena.

Elektroda E-Bronz je středně obalená elektroda se stabilizačním obalem a jádrem z cínového bronzu. Dává svar značně odlišné barvy než má základní materiál, avšak těsný a dobře obrobitelný. Složení svarového kovu je zhruba 95 % mědi a 5 % cínu. Tvrdost svaru průměrně 120 HB.

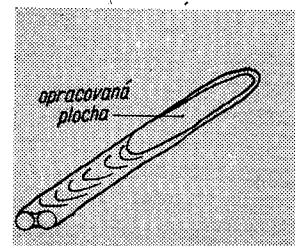
Elektroda E-Nikelit je středně obalená elektroda s grafitovým obalem a jádrem z téměř čistého niklu. Svarový kov je velmi houževnatý a odolává dobře pnutí vznikajícím při svařování. Přechod mezi svarem a litinou je měkký a je dobře obrobitelný. Složení svarového kovu je zhruba 98 % niklu a 0,5 % manganu. Tvrdost svaru je průměrně 140 HB.

Ověřovací zkoušky přídatného materiálu

Náš průmysl dodává přídatný materiál dobré jakosti, avšak mnohdy se vyskytnou případy, kdy je nutno si ověřit jakost, např. při prověrce skladu a pro důležité práce. Některé závody jsou občas nuceny samy si

vyrobit přídatný materiál, např. tyčinky šedé litiny.

Pro litinové tyčinky se osvědčuje stará zkouška natavením, tzv. Griesheimovskou housenkou, viz obr. 17. Dvě zkoušené litinové tyčinky se sestehují vedle sebe a mezera mezi nimi se vyvaří další zkoušenou tyčinkou, a to buď z jedné, nebo z obou stran tím způsobem, pro který je určena (kyslíko-acetylenovým plamenem nebo elektrickým obloukem). Povrch takto vzniklé housenky se mechanicky obro-



Obr. 17. Zkouška natavením

bí a vyřezou se příčné vzorky — výbrusy. Posuzuje se obrobitelnost (též pilníkem) a jakost obrobeného povrchu, největší tvrdost a průběh tvrdosti, na příčném vzorku nebo lomu tvrdá místa, póry apod. Dobrá tyčinka je měkká bez „pecek“ bílé litiny.

Dobrý svařovací prášek se na tyče v plameni rozteče. Špatný na tyče „vykveté“ a plamen jej odfoukne.

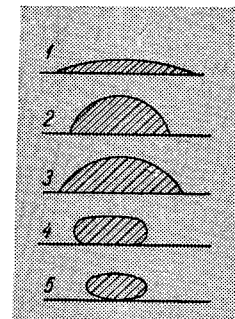
Z pájecích vlastností pájek pro litiny nás hlavně zajímá smáčivost. Smáčivost je schopnost pájky kovové se spojit se základním materiálem při pracovní teplotě a za použití příslušného tavidla. Smáčivost se vyhodnocuje podle obr. 18.

Postup zkoušky. Zkušební vzorek litiny rozměrů asi 30 × 30 mm se zbaví lící kůry obroušením. Odmastí se v trichloretylenu nebo v jiném vhodném odmašťovacím po dobu nejméně 2 min. Zkoušená pájka v tuhém stavu, váhy 1 g se s příslušným tavidlem položí na vzorek, vloží se do odporové pece k roztavení (10 minut). Po odstranění zbytků tavidla ocelovým kartáčem se vzorky rozřezou a posuzují (viz také ČSN 42 1315).

Elektrody se zkoušejí nejčastěji návárovou housenkou, viz obr. 19. Vzorek litiny rozměru asi 100 × 100 mm a větší se zbaví lící kůry obroušením a očistí se za použití odmašťovadla. Po nanesení housenky a vychladnutí zkušební vzorku se housenka odloupne. Posuzuje se odloupený povrch housenky i litiny. Směrodatná je tvrdost přechodového pásma, vzhled povrchu a jeho pórovitost, snadnost odloupení a pod.

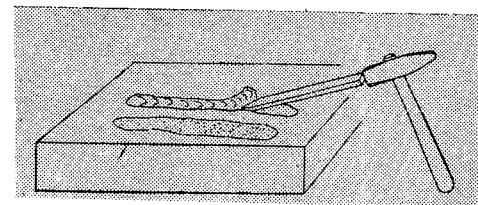
Ceny přídatných materiálů

budou v mnohých případech překvapením pro svářeče, hospodářské i technické vedoucí. Často se plytvá na podřadné opravy přídatným materiálem, který kromě značné ceny je i deficitní surovinou.



Obr. 18. Smáčivost pájek:

- 1 — dokonalá,
- 2 — dobrá, 3 — smáčivá,
- 4 — špatná, 5 — nesmáčivá



Obr. 19. Návárová zkouška elektrod

Svařovací lité tyčinky ze šedé litiny ŽAZ-L

Průměr	4	5	6	8	10	12	15 mm
Cena za 1 kg	9,0	7,90	7,0	5,40	5,0	4,60	3,90 Kčs

Cena pájek v Kčs za 1 kg

Tabulka 8

Průměr pájky, mm	Značka pájky		
	Ms 60-Ag	Ms 60-Si-Sn	Zn 80-Sn
1,0	18,90	15,90	Pruhy 2 × 10 × 500 m 16,50 Kčs/kg
2,0	16,00	14,10	
4,0	15,20	12,20	
6,0	14,80	11,90	

Ceny elektrod za 1 kus v Kčs

Tabulka 9

Průměr, mm Značka	2	2,5	3,15	4	5	6,3	Délka elektrody, mm	
							do Ø 2,5 mm	od Ø 3,15 mm
E-Ferolit	—	0,058	0,072	0,095	0,129	—	350	350
V-Fonta	—	—	0,195	0,285	—	—	—	450
E-44.83	0,045	0,056	0,108	0,150	0,216	0,313	350	450
E-380	0,41	0,48	0,64	1,09	1,80	2,63	350	450 od Ø 5
E-Bimetal	—	—	0,57	—	—	—	—	350
E-Bronz	—	0,396	0,761	1,21	1,88	—	350	450
E-Nikelit	0,665	1,326	2,080	3,084	—	—	350	450

Poznámka: Podle ceníku č. 14 MHRD od 1. 1. 1958.

IV. TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ (OPRAV) LITINY

Tři nejpoužívanější způsoby svařování litiny lze krátce posoudit takto: Při svařování za tepla je oprava nejlepší jakostí a za studena je nejjednodušší. Svařování za polotepla se jakostí blíží prvnímu způsobu a jednoduchostí druhému.

Předehřátí

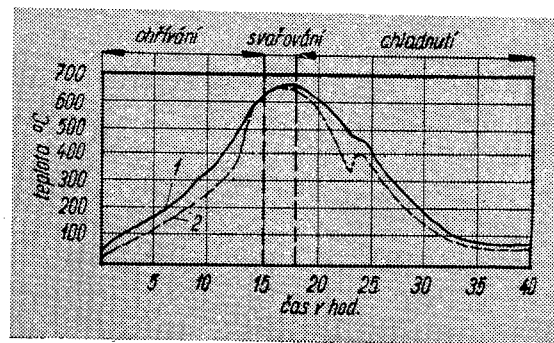
Předehřívání je nutné jak pro svařování za tepla (500 až 650 °C), tak i pro svařování za polotepla (250 až 400 °C). Předehříváním se zmenšuje tepelný spád mezi svarem a základním materiálem, a tím se zabráňuje vzniku bílé litiny a zmenšuje pnutí. Současně pomáhá i k zvětšování zásoby tepla a grafitizaci v tavné lázni.

Jakost opravy závisí na správném předehřátí a chladnutí. Předehřátí a chladnutí svařeného odlitku je správné, není-li příliš rychlé a je-li průběh teplot rovnoměrný a v celém průřezu stejnoměrný. Jinak vznikají značná pnutí způsobující trhliny za tepla i za studena a často i za dlouhou dobu.

Rychlost ohřevu a chladnutí závisí na tvaru odlitku. Průměrně lze počítat s rychlostí ohřevu 20 až 50 °C a s rychlostí chladnutí 5 až 50 °C za 1 hod.

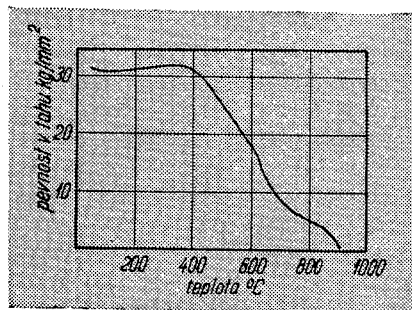
Stejnomořnost ohřevu v celém odlitku nezpůsobuje přídavná pnutí. Na obr. 20 je příklad průběhu ohřevu litinového setrvačnicku s popraskanými rameny u náboje. Až do teploty 300 až 350 °C, tj. asi do 11. hodiny je průběh ohřívání správný. Další stoupání teploty podle křivky probíhá příliš rychle a neodpovídá zkušenostem při ohřevu odlitků těchto tvarů. Náboj (křivka 1) má v celém průběhu ohřívání i chladnutí větší teplotu než věnec (křivka 2), což je výhodné, neboť se vyloučí tahové pnutí. Rozdíly teplot nesmějí však být příliš velké, neboť by vznikly trhliny již při ohřívání.

Nejvhodnější teplota pro tavné svařování za tepla je 500 až 650 °C. Každý ohřev odlitků nad tuto teplotu způsobí v kovu značnou změnu struktury a zhorší mechanické vlastnosti odlitků jako celku. Pokles pev-



Obr. 20. Diagram ohřevu litinového setrvačníku

nosti v tahu u šedé litiny v závislosti na teplotě odlitku je v obr. 21. U teplot nad 750 °C se objevují kromě toho i okuje, deformace a růst litiny. Předehřívací teplota nad 650 °C více škodí než prospívá.



Obr. 21. Pokles pevnosti v tahu ohřátého odlitku

Místní předehřátí je možné jen u jednoduchých odlitků, jako pák, konsolí, desek, ložisek, přírub, nebo výhodné u těžkých a velkých odlitků, jako stojanů, setrvačnicků apod. V každém případě však jen u takových odlitků, u nichž místním předehřátím ne-

vznikne pnutí ohrožující pevnost odlitku. Ve většině případů se musí předehřát celý odlitek a také musí stejnoměrně chladnout, zejména obsahuje-li žebra, mezistěny apod.

Malý odlitek stačí předehřát hořákem, větší v peci. Během svařování musí být zajištěna rovnoměrnost ohřátí; nelze tedy svařovat předehřátý odlitek mimo pec nebo ohřívací jámu apod. Odlitek se pak rychle a nerovnoměrně ochlazuje, při čemž svařovací teplo tuto nerovnoměrnost často ještě zvětšuje. Klesne-li teplota předehřátí pod 400 °C, je nutno odlitek znovu předehřát na původní teplotu 600 až 650 °C.

Před svařováním je nutno zkontrolovat stav přípravy a slícování návarových ploch, které může být ohřátím porušeno. Předehřátím na teplotu 650 °C se rozměry odlitku prodlouží zhruba o 1 %, tj. 10 mm na 1 m délky.

Měření teploty předehřátí

Potřebná přesnost měření teploty předehřátí se řídí důležitostí opravy a způsobem ohřevu. U méně důležitých oprav stačí teplotu odhadnout podle barvy, tj. pro teploty 600 až 650 °C je to barva hnědočervená. Je-li nutno tuto teplotu změřit přesně, používá se přesných měřících pomůcek, např. pyrometru, termokříd, termočlánků.

Nejjednodušší a poměrně přesné je určení teploty termokřídou, tj. křídou složenou ze směsi různých látek s určitým bodem tavení.

Postup měření. Termokřídou se udělá na odlitku čára, která se během ohřevu pozoruje. Jakmile se stopy křídý roztaví, souhlasí teplota povrchu součásti s teplotou vyznačenou na termokřídě. Jestliže byl odlitek již před tím zahřát na vyšší teplotu, roztaví se termokřída již při nanášení. Teploty, které se termokřídami měří, jsou odstupňovány asi po 50 °C v rozsahu od 119 do 1060 °C. Pro měření teploty na nepřístupných místech se vyrábějí pastilky, které se na měřené místo, např. do pece, vhodí. Při ohřívání pokřídovaného povrchu hořákem je nutno počítat s tím, že křída se roztaví, ačkoliv povrch odlitku není ještě zcela na tuto teplotu prohřátý.

Křídý jsou průměru asi 8 mm a délky 100 mm; jedna tyčinka vystačí

asi na 2000 měření. Zjišťování teploty termokřídou je spolehlivé. Tyto křídly vyrábí a dodává VÚS Bratislava.

Palivo pro přehřívání je generátorový, zemní a městský plyn nebo propan-butan (PB), pokud se bude dodávat. Pokud v závodě nejsou běžné pece, skládají se pro opravované odlitky jednoduché provizorní pece „na míru“, a to ze šamotových cihel či tvárnic (též i z obyčejných cihel), bez vázání maltou. Tloušťka zdi bývá na délku cihly, což stačí pro stabilitu stěny i pro záření tepla. Mezera mezi zdívem a odlitkem má být 50 až 100 mm. V místě svařování je mezera menší a stěna pece tenčí. Otvor lze během ohřevu uzavřít volně vloženými cihlami. Vytápí se hořáky, které si samy nasávají a směšují plyn se vzduchem (konstrukce viz např. závody PBZKG Brno, Stalinovy závody, ČKD Sokolovo atd.). Jsou umístěny na dně pece s clonou proti přímému ohřevu odlitku.

Technologie svařování litiny plamenem za tepla

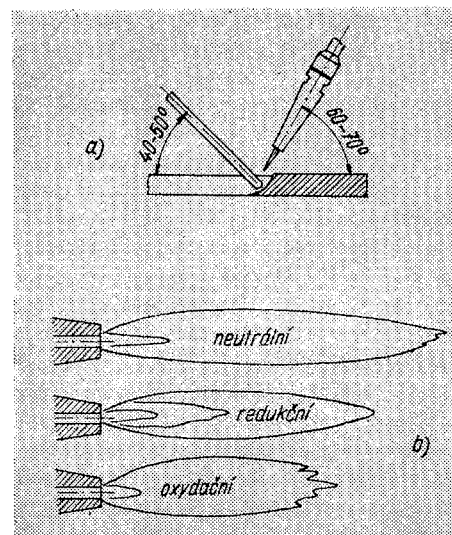
Svařování litiny plamenem za tepla považují mnozí svářeči za snadnější než svařování oceli. Dodržují-li se všechny náležitosti svařování litiny, je tento názor zcela oprávněný.

Svařuje se postupem doleva, viz obr. 22a. Vnitřní bílý kužel plamene má být udržován od tavné lázně ve vzdálenosti 3 až 5 mm. Zásadně lze použít co největšího hořáku a tlusté přídavné tyčky při zachování přiměřené velikosti tavné lázně. Jen pro svařování na svislé stěně je oprávněno použití malého hořáku a tenčí tyčinky. Při svařování tenkých stěn lze první vrstvy položit způsobem doprava, aby se snadněji zvládly roztažené svarové plochy.

Údaje pro volbu parametrů a velikosti hořáků udává přibližně tabulka 10.

Velikost hořáku vyhovující tloušťce svařované stěny se udává pro spotřebu acetyleny 125 až 150 litrů na každých 1 mm svařované tloušťky.

Svařovací plamen má být střední intenzity, neutrální, popř. s nepatrným přebytkem acetyleny (téměř redukční, viz obr. 22b). Přbytek acetyleny zeslabuje vyhořívání křemíku, avšak může způsobovat póro-



Obr. 22. Svařování litiny plamenem

vitost svaru. Plamen s přebytkem kyslíku (oxydační) je pro svařování šedé litiny škodlivý. Jen pro špatně svařitelnou litinu (těžko tavitelnou) lze použít plamene s přebytkem kyslíku. Takovou litinu vůbec nelze svařovat s přebytkem acetyleny, špatně s neutrálním plamenem a lépe s přebytkem kyslíku. Přbytek kyslíku zvýší však tvrdost litiny, a proto tam, kde se žádá dobrá obrobiteľnosť řez-

Tabulka 10

Tloušťka svařované stěny, mm	Průměr přídavné tyčinky	Velikost hořáku podle		Spotřeba plynů v l/hod		Svařovací rychlost m/hod., informativní
		tloušťky svařované ocele v mm	čísla nastavce „typ“ „ChKZ“ „U3“	kyslíku	acetyleny	
do 6	4	6—9	4	750	825	2,5
6 až 12	6	6—9	4	750	825	0,85
12 až 16	8	14—20	6	1700	1870	0,70
16 až 20	10	14—20	6	1700	1870	0,50
20 až 30	12	14—20	6	1700	1870	0,35
nad 30	15	20—30	7	2500	2750	0,25

nými nástroji, musí se dvě až tři poslední vrstvy svařovat s neutrálním plamenem, popř. ještě horní vrstvy přetavit plamenem s přebytkem acetylenu.

Na začátku svařování se na návarové plochy (zahřáté na 600 až 650 °C) nanese tenká vrstva tavidla a roztaví se plamenem hořáku. Použije se jen vnější části plamene, aby se tavidlo rovnoměrně tavilo a povléklo celý povrch tekutou vrstvičkou. Přídavná tyčinka se povlékne tavidlem tak, že se ohřátá ponoří do práškového tavidla.

Návarové plochy základního kovu musí být v místě svaru nataveny dříve, nežli se počne přidávat přídavná tyčinka. Tavná lázeň vytvořená působením tepla hořáku má být tak veliká, aby utavovala přídavnou tyčinku bez přímého působení plamene na ni. Nikdy se nemá kov odtavovat z tyčinky a ponechávat, aby skapával do tavné lázně. Na začátku svařování se tyčinka ponoří do tavné lázně, až když se na jejím natavovaném konci objeví první kapka přídavné litiny. Tyčinkou ponořenou v tavné lázni se občas lehce potřou boční návarové plochy, a tím se i lehce pohybuje taveninou, aby se uvolnily plyny a nečistoty v tavné lázni. Tavenina se však nemá zbytečně vířit. Občas se má tyčinka z tavné lázně vyjmout a opět ponořit do tavidla a zpět do tavné lázně.

Svary mají být provedeny pokud možno v jedné vrstvě; při více vrstvách nemá délka vrstvy být delší než 5 až 8 cm. Během svařování se má udržovat dostatečně velká tavná lázeň, která však nemá přesahovat plochu zhruba 40 až 70 cm². Větší plochy proto dělíme na části, které lze nanést najednou.

Převýšení svaru je nutné, aby se vyčistil svarový kov a vyplavily všechny nečistoty. Přebytečné převýšení lze odstranit škrabkou (starým pilníkem) dokud je svarový kov ještě tekutý. Ušetří se tím obrábění a získá hustý a vzhledný povrch svaru.

Jak zabráníme pórovitosti svaru?

Pórovitost je původním znakem nejen svarů, nýbrž i odlitků. Poněvadž svařování odlitků je vlastně „lití v malém“, setkáváme se s pórovitostí i u svarů.

Při svařování půjde tedy o omezení vzniku plynů a o podpoření jejich úniku ven z tavné lázně. Abychom omezili vznik plynů, musíme se vyvarovat:

1. svařování nečistého, rezavého a mastného povrchu,
2. svařování nečistou přídavnou tyčinkou,
3. přidávání kovu v kapkách, tj. okysličování tavné lázně,
4. svařování plamenem s přebytkem kyslíku,
5. přílišného víření tavné lázně mícháním.

Vydatný únik plynů z tavné lázně zaručuje dostatečně teplá lázeň a správné předeřhnutí odlitku.

Jak zabráníme tvrdým místům (peckám) ve svaru?

Opravované místo se velmi často obrábí třískovými nástroji a každé tvrdé místo toto obrábění více nebo méně ztěžuje nebo způsobuje nevzhledný obrobek povrch. Tvrdá místa ve svaru jsou způsobována jednak nepříznivým složením litiny (větší obsah vázaného uhlíku a menší obsah volného uhlíku — grafitu), jednak hlavně nedodržením správné techniky svařování. Proto je nutno:

1. nemíchat chladnou tyčinkou tavnou lázeň,
2. nevzdalovat hořák od tavné lázně,
3. zabránit náhlému a místnímu ochlazení tavné lázně průvanem,
4. zabránit ochlazení tavné lázně od nedostatečně předeřhátého okolního základního kovu,
5. nenášet přídavný kov na chladný, nedostatečně předeřhátý základní kov,
6. dobře natavit návarové plochy a
7. nepoužívat příliš tlusté přídavné tyče.

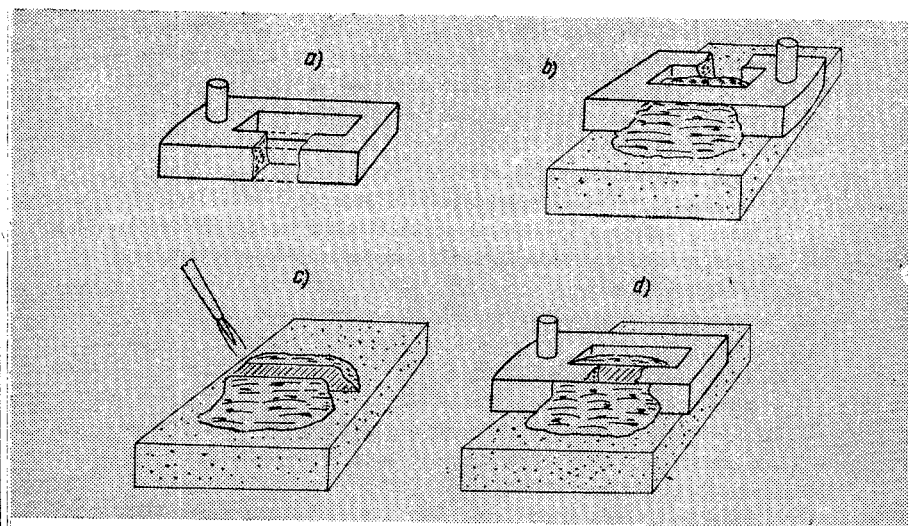
Další příčinou výskytu tvrdých míst je nadměrné vyhořívání křemíku v tavné lázni, dodávaného v přídavné tyčince. Vyhořívání křemíku omezíme, zabráníme-li:

1. přílišnému víření tavné lázně,
2. svařování s přebytkem kyslíku v plameni,

3. svařování s příliš velkým plamenem,
4. přehřátí tavné lázně,
5. styku vnitřního bílého kužele plamene s taveninou,
6. svařování s příliš tenkou tyčinkou a
7. dlouhému tavení svarové lázně.

Příklady svařování (oprav) litiny za tepla plamenem

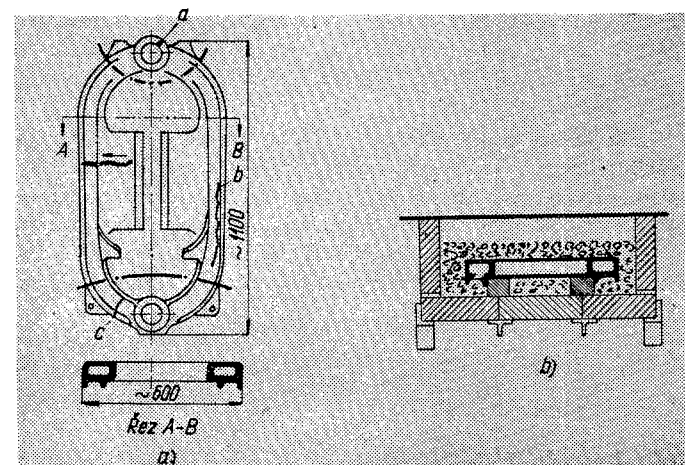
Malý odlitek, např. rám s vylomeným ramenem podle obr. 23a, se položí na šamotovou cihlu (obr. 23b) a zaformuje se podle zdravého ramene grafitovou pastou. Po vyjmutí odlitku z formy se forma vysuší plamenem hořáku a tím zpevní (obr. 23c). Odlitek s porušeným ramenem



Obr. 23. Svařování malého odlitku za tepla

se vloží do formy a tím je připraven k svařování. Předehřívá se přímo svařovacím hořákem (obr. 23d).

Pro zaformování odlitků jednoduchých tvarů lze místo grafitové pasty použít grafitových desek. Pro odlitky složitějších tvarů (s různými



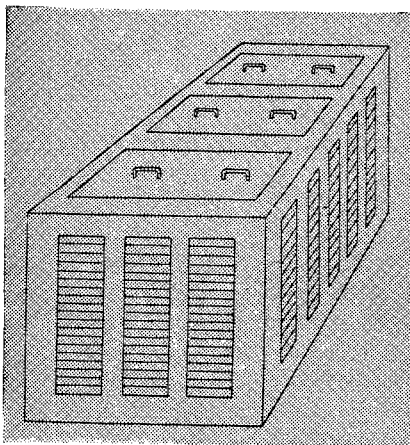
Obr. 24. Oprava članku kotle

nálitky, vybráními apod.) je grafitová pasta výhodná, neboť před vysušením lze formu ručně dokončit podle potřeby, např. zvětšit o přídavek na obrábění svarového kovu apod.

Kotlové články jsou odlitky, které se musí často opravovat. Působením vnitřních pnutí, nerovnoměrným ohřevem i chladnutím během provozu takový kotlový článek popraská v tenkých stěnách a přírubách, viz obr. 24a (označení trhlin a, b, c, d, systém článku Strebel). Příprava bývá znesnadněna kotelním kamenem, kterým je článek zejména v okolí trhlin znečištěn.

Vylámané kousky nutno upravit do díry nebo nahradit vložkami z litiny. Trhliny a netěsnosti se nejlépe zjistí vodní tlakovou zkouškou při 3 až 4 at tlaku. Připravený článek se vloží do provizorní pece (obr. 224) z šamotových cihel vyztužených a podložených úhelníky apod. a zasype se dřevěným uhlím. Dřevěné uhlí musí být suché, jinak by stejně jako koks apod. vyvíjelo škodlivé plyny, způsobující svářeči bolesti hlavy a závratě. Prostor nad článkem až k víku bývá v tomto případě 150 až 250 mm vysoký. Víko může být buď plechové, nebo asbestové, dělené nebo s okénky pro dobrý přístup k opravě a musí zabráňovat přílišnému sálání předehřátého odlitku.

Předehřívá se na 650 °C, tj. zhruba 2 až 5 hodin. Dřevěné uhlí se zapaluje plamenem hořáku. Při opravách menších trhlin, zejména na koncích článku (např. trhliny a, c, obr. 24a), lze předehřívát místně mimo pec. Okolí trhliny se však musí dostatečně předehřát — hranici nejmenšího rozsahu udává čerchovaná čára na obr. 24a. Dobrý výsledek opravy není však při místním předehřátí vždy zaručen. Trhliny se svařují od středu k vnějšku (ve směru šipky podle obr. 24a). Chladnutí zavařeného odlitku v peci trvá zhruba 8 až 10 hodin. Svary se zpravidla dále neobrábějí. Pokud jsou svary na přírubách a těsnicích plochách, obrábějí se běžným způsobem — jsou dobře obrobitelné.



Obr. 25. Předehřívací pec pro sériové opravy

Zkouška svarů vodním tlakem (3 až 4 at) na těsnost. Dodatečně opravy netěsných svarů se řídí podle velikosti závady, zpravidla nutno celý postup opravy opakovat.

Uvedený příklad znázorňuje tzv. příležitostnou opravu, hlavně způsob předehřívání. Tento způsob je výhodný jen pro závody, které nemají vhodné zařízení a potřebují samy jakostně opravit svoje zařízení. Dřevěné uhlí jako palivo pro předehřívání je drahé (pokud se nevyužívá místních zdrojů) a celý způsob ohřevu je zdoluhavý. Pro častější nebo každodenní opravy různých odlitků se hodí pec s plynovým vytápěním (městský plyn, zemní plyn atd.), např. soustava podle obr. 25.

Tato soustava je postavena z běžných šamotových cihel a zakládá se shora. Po stranách má úzká okénka, uzavřená volnými cihlami, které lze v případě potřeby snadno vyjmout. Těmito okénky se svařují odlitky uložené uvnitř pece. Svařovací hořáky jsou buď běžného typu „U3“ nebo s prodlouženým svařovacím nástavcem. Rozměry pece závisí na velikosti opravovaných odlitků.

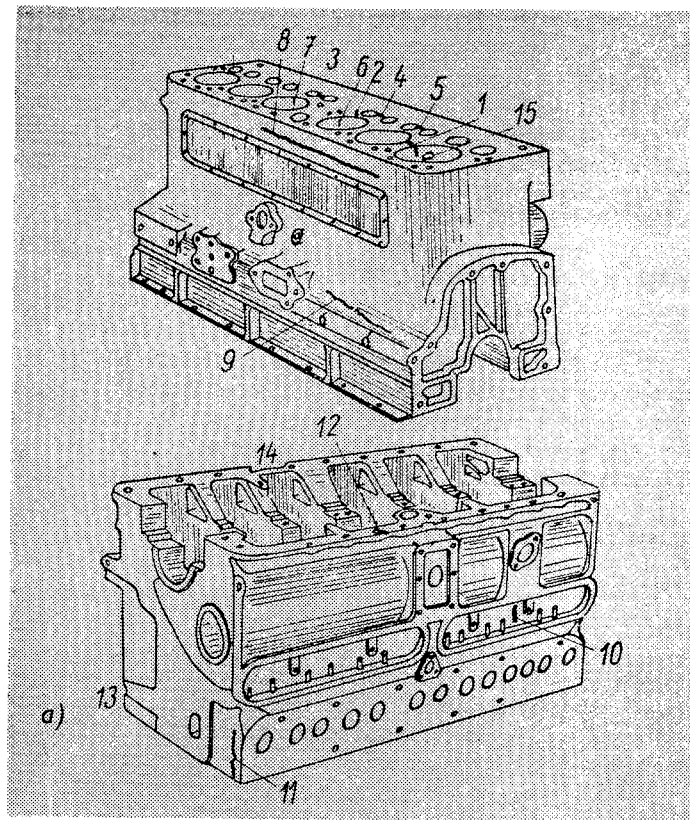
Pro sériovou nebo hromadnou opravu stejných nebo podobných odlitků se vyplatí jednorúčelové zařízení, urychlující opravu při malých provozních nákladech. Takovou opravou je např. svařování prasklých bloků válců a karterů automobilových motorů, viz obr. 26a.

Nejčastější poruchy odlitků v protoku motorů automobilů ZIS-120 jsou označeny na obr. 26a číslicemi 1 až 15. Zásadně lze tyto opravy provádět svařováním plamenem — za tepla nebo polotepla a svařováním obloukem. Podle zkušeností lze všechny druhy oprav (1 až 15) provést svařováním plamenem za tepla; za polotepla plamenem jen opravy lomů a elektrickým obloukem většinu všech oprav. Pro svařování plamenem za tepla se zejména doporučují opravy vad čís. 10 (trhlina vodního pláště), 1 (trhlina můstku mezi válci), 5 a 2 (trhliny můstků) a čís. 7 i další.

Vyjmenované opravy patří k základním otázkám oprav automobilových a traktorových motorů, neboť tyto odlitky mají poměrně složitý tvar a tloušťky stěn od 1,5 do 8 až 10 mm. Většina vad bývá na pracovních plochách, které se po opravách ještě obrábějí a vyžadují stejnoměrnou tvrdost základního a navařeného kovu, stejného součinitele tepelné roztaživosti atd. Těmto požadavkům vyhovuje nejlépe svařování za tepla kyslíko-acetylenovým plamenem.

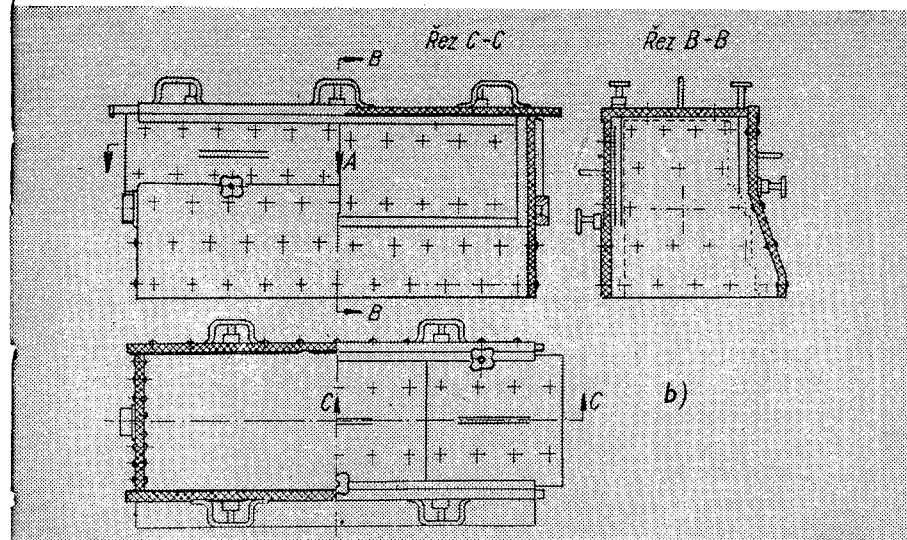
Postup přípravy je obvyklý, tj. odvrtání konců trhlin, očištění okolí atd., jen s tím rozdílem, že úkos návarových ploch je větší, a to 90 až 120°. Předehřívá se v plynové peci na 600 až 650 °C a novinkou je

svařování v tzv. termostatech, což jsou vlastně tepelně izolované schránky pro předehřáté odlitky. Vnější tvarem se podobají obrobenému odlitku, viz např. na obr. 26b termostat pro blok válců automobilového motoru ZIS-120. Vnější obal termostatu je z ocelového plechu tloušťky



Obr. 26a. Opravy bloků automobilových motorů

3 až 4 mm, vnitřní z listového asbestu tloušťky 20 až 25 mm. Aby se asbest při vkládání předehřátého odlitku do termostatu neporušil, obloží se tenkým plechem 1,5 až 2 mm tloušťky a přinýtuje se. Účelem termostatu je zachování potřebné teploty odlitku po dobu svařování,



Obr. 26b. Opravy bloků automobilových motorů

ochrana odlitku proti náhlému a nestejněměrnému ochlazení průvanem a hlavně také ochrana svářeče před sálavým teplem z předehřátého odlitku. Za tím účelem jsou v termostatu zasouvací okénka, která se podle potřeby přestavují a kterými se svařuje. Umístění okének podle míst, na nichž se poruchy nejčastěji vyskytují, lze stanovit na základě statistického sledování.

Vady, které je nutno opravit, se vyskytují téměř na všech plochách odlitků, a proto si svářeč musí odlitek během svařování natáčet do poloh

vhodných pro svařování. Natáčení musí být rychlé, aby odlitek nevychladl. Proto se termostaty upínají na stolová nebo kladková polohovadla.

Úsporné hospodaření teplem při nejkratší době předehřívání je zajištěno použitím plynových pecí a stabilních termostatů (plechové konstrukce vyložené šamotovými cihlami).

Stabilní termostat je vytápěn zplodinami hoření z plynové pece, a to na teplotu asi 300 °C. Odlitek se v něm předehřeje na teplotu asi 100 °C průměrnou rychlostí 50 °C za hod. Pak se odlitek přeloží do plynové pece, v níž se rychle předehřeje na potřebnou teplotu 600 až 650 °C rychlostí až 1000 °C za hod., tj. doba ohřevu je asi 25 až 30 minut. Po skončení ohřevu položí se odlitek již do termostatu pro svařování. Doba setrvání odlitku v termostatu nemá být delší než 1,5 hod. Podle časových rozborů oprav je průměrná doba svařování 12 až 20 minut, čas potřebný pro vložení odlitku do termostatu 1 až 2 min. Vychladne-li odlitek na 350 až 400 °C, je nutno jej z termostatu vyjmout a znovu předehřát na 600 až 650 °C. Po skončení svařování se odlitek znovu zahřeje na tuto teplotu a nechá pomalu vychladnout (rychlostí asi 40 °C za hod.) v stabilním termostatu. Tím se odlitek vyžihá a zbaví vnitřních pnutí. Tvrdost opravených míst je 150 až 212 H_B.

Svařuje se neutrálním plamenem a běžným způsobem. Výkon používaného hořáku se určuje podle pravidla 100 až 125 l/hod acetylenu na 1 mm tloušťky stěny. Průměrná spotřeba přídavného kovu a plynů byla zjištěna, viz tab. 11.

Tabulka 11

Průměrná spotřeba přídavného kovu a plynů při opravách svařováním

Materiál	Spotřeba na 1 blok motoru	Spotřeba na 1 hlavu motoru
Přídavná litinová tyčinka g	350	100
Acetylen l	600	200
Kyslík l	650	215

Opravené bloky válců se zkoušejí vodním tlakem až 4 at.

Tento způsob opravy byl v roce 1952—1953 zaveden v deseti sovětských autoopravnách a neustále se rozšiřuje. Denní produktivita oprav vzrostla až desetinásobně. Před zavedením tohoto technologického postupu se vyřazovalo asi 40 % odlitků do šrotu, kdežto nyní se opraví až 95 % vadných odlitků.

Svařování za tepla při místním předehřátí

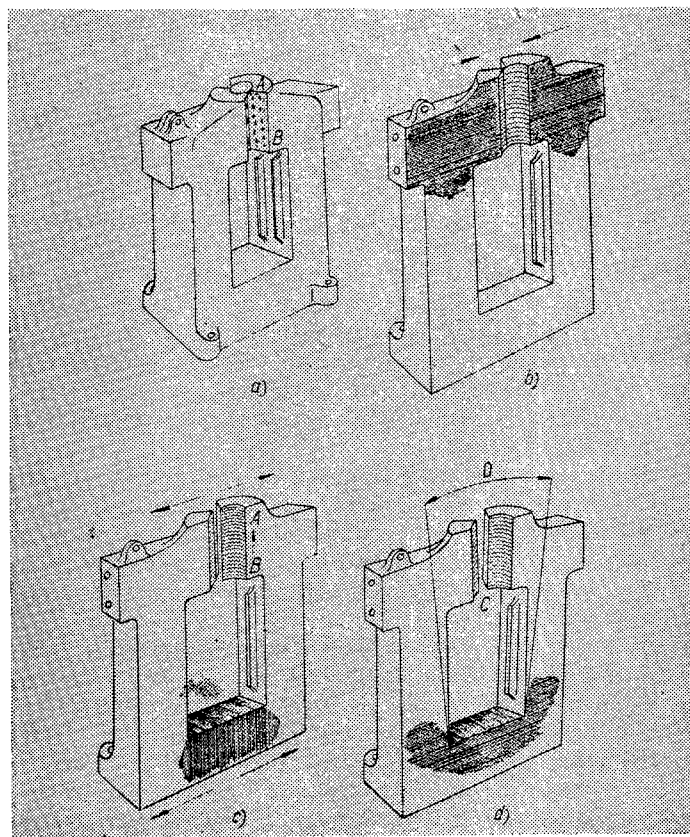
Při svařování úplně předehřátého odlitku není postup svařování tak důležitý jako při svařování odlitku, jenž byl předehřát jen v okolí místa svaru. Zde již musíme vážně počítat s vnitřním pnutím v obrobeném odlitku, a to jak během vlastního svařování, tak i během předehřívání a chladnutí. V různých odlitcích vznikají během oprav jiná pnutí, v podobných odlitcích, avšak porušených na různých místech, vznikají rovněž různá pnutí. Proto nestačí umět jen dobře svařovat, ale je nutno také ovládat celou mechaniku tepelného zatížení odlitku. Při svařování vystačíme celkem s jednoduchými pravidly, např. trhliny svařovat z vnitřku ven, tlusté průřezy se svařují nejprve a postupně podle tuhosti průřezů od tuhých k volným apod.

Pro stanovení postupu a rychlosti ohřívání, jakož i chladnutí musíme již přemýšlet, jak se která část odlitku teplem roztahuje a kdy, zda při ohřívání nebo při chladnutí. Cílem je dosáhnout tlakového pnutí v opraveném místě (svaru) od okamžiku, kdy začal odlitek chladnout. Tím se vyvarujeme možnosti trhlin, které jsou způsobovány právě opakem tlakového pnutí, tj. tahem.

Příklad. Na obr. 27a je fréma lisu (o váze 5 tun), jejíž ložisko vřetena je z obou stran prasklé v délce AB = 460 mm. Tloušťka prasklé stěny je 130 mm, průměr díry je 200 mm. Trhliny se upraví do 90° V-úkosu a celý odlitek se připraví pro svařování s místním předehřátím. Je nutno stanovit správný rozsah a místo předehřátí.

Pro svařování za tepla je nutno předehřát návarové plochy i okolí svaru, jak je naznačeno šrafováním na obr. 27b (pro lepší názornost je fréma nakreslena v řezu). Ohřátím se horní část odlitku smrští ve směru šipek, a tím v místě svaru vzniká tlakové pnutí. Po svaření a hlavně

vychladnutí se směr sil obrátí, neboť část odlitku se bude vracet do své původní polohy. Tím bude vznikat ve svaru tahové pnutí, které může způsobit během chladnutí trhliny ve svaru. Jen bude-li svar dostatečně



Obr. 27. Předehřívání těžkého odlitku

pevný, vydrží tahové pnutí a nepraskne. Tahové pnutí, které však v odlitku nadále zůstává, může se projevit trhlinou při zvětšeném provozním namáhání lisu v provozu, při otřesu frémy apod. Tento způsob ohřevu tedy v daném případě nevyhovuje.

Abychom dosáhli tlakového pnutí při chladnutí odlitku, ohřeje se ještě spodní část frémy v rozsahu šrafované plochy, viz obr. 27c. Tím se celý odlitek rozšíří (ve směru šipek) a po vychladnutí se opět smrští. Tímto ohřátím bude na svar působit jen tlakové pnutí. To je normální způsob, jehož se s úspěchem používá pro celou řadu různých odlitků. V tomto případě je však nevýhodný z těchto příčin: při směru svařování od B do A (obr. 27c) bude svar v okolí bodu B chladnější než u bodu A, který se právě svařuje. Tím se svarový kov v bodu A při chladnutí pěchuje, což způsobí pnutí obdobné tomu, které vzniká při svařování delšího kusu svaru v jednom tahu. Jak jistě každý svářeč ví, necháváme si větší mezeru právě ke konci svaru, aby se toto pěchování vyrovnalo. Jinak bychom museli svařovat po částech, např. poutnickým krokem. V tomto případě by se odlitek musel svařovat v poloze vodorovné a po svaření jedné strany obrátit na druhou stranu. Tím by se oprava prodloužila a k tomu by se mohlo poškodit obložení šamotovými cihlami. Proto je výhodnější ohřívát podle obr. 27d, čímž se horní části frémy odklopí ve směru šipek.

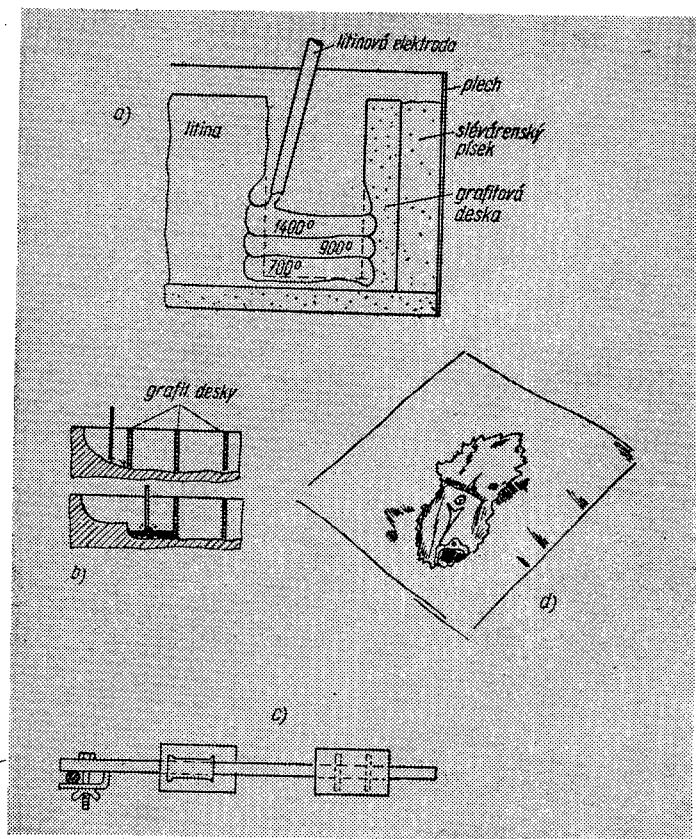
Předehřívá se i svařuje v poloze svislé (fréma stojí na svém základě, viz obr. 27a). V okolí místa, kde se má ohřívát (šrafováno na obr. 27d), se upraví provizorní pec ze šamotových cihel, vytápěná např. dřevěným uhlím. Svarové úkosity se zaformují grafitovými deskami na spodní straně ložiska vřetena v bodě C a po strankách, jak postupuje svařování. Po předehřátí návarových ploch svařují dva svářeči zároveň, a to z obou stran zdola nahoru.

Technologie svařování litiny za tepla elektrickým obloukem

Tento způsob je mnohem výkonnější než svařování plamenem, a proto se ho zpravidla používá pro opravy tlustostěnných odlitků. Od

běžného svařování ocelovou elektrodou se liší jak způsobem odtavování, tak i větším průměrem elektrody, větším proudem apod.

Způsob odtavování litinové elektrody elektrickým obloukem za



Obr. 28. Svařování elektrickým obloukem litinovou elektrodou za tepla

tepla ukazuje obr. 28a. Pokud je to možné, používá se raději mezery mezi styčnými plochami (šířky asi 25 až 35 mm) než obvyklých V-úkosů.

Svařování se má začít elektrodami, které jsou menšího průměru než elektrody, jimiž se bude vyplňovat celý svar. První vrstva musí dobře a stejnoměrně natavit základnu tavné lázně. Po odtavení dvou až tří litinových tyčinek se drátem změří hloubka tavné lázně, která nemá být větší než 20 až 30 mm. Hloubka tavné lázně se má měřit častěji a podle výsledku řídit další postup svařování. Není-li hloubka dostatečná, zvětšuje se svařovací proud a zmenšuje se průměr tyčinky. Přílišnou hloubku zmenšíme přidáním kousku litiny, např. zbytků tyčinek, nebo odtavujeme pomaleji. Přídavné kousky litiny musí být čisté a přehřáté (chladné kousky litiny tavnou lázeň roztřikují). Přidáním litinových třísek se způsobuje pórovitost. Kousky se vkládají na povrch tavné lázně a roztavují se elektrodou; ponoří-li se do lázně, je nebezpečí, že se celé neroztaví. Vložením přídavných kousků do přehřáté lázně se zabrání vzniku pórovitosti. Přehřátou tavnou lázeň poznáme podle oslnivě bílé barvy a jiskřícího povrchu.

Během odtavování musí oblouk elektrody neustále natavovat hrany návarových ploch, aby se tavná lázeň dobře spojila se základním materiálem. Povrch lázně se musí plynule spojovat s návarovými plochami i bez vrubů. Pohyby elektrody ve svarové spáře se řídí podle šířky spáry a odtavovacího proudu, tj. také podle průměru elektrody. Při malém proudu a širší svarové spáře se elektroda střídavě pohybuje od jedné stěny ke druhé a téměř se jich dotýká, viz obr. 28a. Při tlusté elektrodě a užší spáře se elektroda drží jen svisle a její výkyvy do stran jsou nepatrné. V každém případě je nutno se vyvarovat přílišného natavení hran a neustále háčkem odstraňovat z tavné lázně strusku a nečistoty.

Tavná lázeň musí chladnout odspodu, aby plyny, které jsou v ní rozpuštěny, mohly uniknout. To je důležité hlavně u poslední vrstvy, na níž se po skončeném svařování vytvoří kůra. Je-li hloubka tavné lázně ještě značná (přes 25 mm), je nutno horní chladnoucí vrstvu probířit elektrodou a obloukem roztavit.

Zárukou zdravého návaru je správná hloubka a teplota tavné lázně. Aby tavná lázeň byla v celé ploše roztavená, nemají rozměry úseku přesahovat 50 až 60 cm² (nejvýše 70 cm²). Je-li zavařovaná plocha větší než

např. 70 cm², rozděluje se na několik úseků, oddělených grafitovými deskami, viz např. obr. 28b. Začíná se svařovat buď od hrany základního materiálu, nebo v nejnižší části celého úseku. Pokud tavná lázeň není přehřátá, svařuje se nepřetržitě tak, že se střídají dva až tři svářeči. Každý z nich má svůj kabel s kleštěmi a v odtavování se střídají.

Pro svařování elektrickým obloukem litinovými tyčinkami se používá spíše stejnosměrného proudu. Tyčinka se zapojí na plus pól, odlitek na minus pól. V případě nutné potřeby lze navařovat i střídavým proudem.

Nejvhodnější velikosti svařovacích proudů jsou udány v tab. 12.

Tabulka 12

Nejvhodnější velikosti svařovacích proudů

Průměr elektrody, mm	4	6	8	10	12	14	16	20
Běžný proud	180	250	300	400	500	550	700	1000
	až 200	až 300	až 400	až 500	až 600	až 650	až 800	až 1200
Největší proud	200	300	460	700	1000	1200	1500	1800
	až 300	až 400	až 500	až 800	až 1100	až 1300	až 1800	až 2000

Obloukové napětí dosahuje zhruba 50 až 60 V proti napětí 20 až 35 V, jehož se obvykle používá při svařování oceli. Při stejném nastavení svařovacího proudu je to až dvakrát větší výkon svařovacího oblouku, avšak také dvojnásobné zatížení svařovacího zdroje. S tím nutno počítat při volbě svařovacích zdrojů, které se pro svařování litinovou tyčí zpravidla zapojují paralelně (dva až čtyři běžné zdroje). Litinovou tyčí se svařuje nepřetržitě, a tím se zatěžovací doba při svařování blíží 100 %, zatím co běžné zdroje jsou určeny jmenovitým výkonem pro 55 % dobu zatěžovací. To je další příčina, proč volit větší zdroj. Také průřez přívodního kabelu se zvětšuje na 100 až 200 mm².

Tavidlo se přidává lžící jednak před svařováním (např. posype se dno svarové drážky), jednak do tavné lázně během svařování. Mnozí svářeči neradi používají tavidla, avšak tím vzniká nebezpečí vadného svaru.

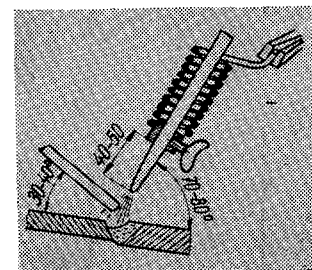
Pro svařování litinovou tyčí za tepla nevystačíme obvykle již s běžným držákem elektrod, a proto se používá jednoduchých prodloužení svařovacích kabelů, např. tyče, na jejímž konci je upevněna litinová tyč. Konstrukce je celá řada a tyč se připevňuje pomocí oka a šroubu s křídlovou maticí, trubky s klínem apod., viz např. obr. 28c. Zemících kabelů a svorek se používá několik (dva až tři) a zmírňuje se jimi foukání oblouku, které zejména v hlubokých svarových spárách je značné. Foukání oblouku, které je nutným zlem při použití stejnosměrného proudu, je v tomto případě zesilováno vysokými svářecími proudy, dlouhými oblouky a vlivem grafitových desek, které jsou elektricky vodivé. Oblouk litinové tyče hoří pak velmi neklidně. Proto se nejvhodnější umístění přívodu proudu do odlitku předem vyzkouší.

Při svařování litinovou tyčí za tepla je důležité, aby byl snadný přístup k přehřátému odlitku, neboť svářeč se musí víc přiblížit ke svaru než při svařování plamenem. Chrání se asbestovými rukavicemi, maskou a štítkem na držáku elektrod. Pro zmírnění sálavého tepla přikrývá se přehřátý odlitek asbestovou lepenkou, která se protrhne jen v místě, kde se svařuje, viz např. obr. 28d.

Technologie svařování litiny za tepla uhlíkovou elektrodou

Technika svařování litiny uhlíkovou elektrodou se podobá technice svařování plamenem, viz obr. 29. Oblouk hořící mezi uhlíkovou elektrodou a svařovanou částí taví jak základní kov, tak i přídavnou litinovou tyčinku.

Způsobu svařování uhlíkovou elektrodou se používá zřídka a jen pro opravy malých odlitků. Hlavní jeho nevýhodou je, že je svářeč velmi obtěžován sálavým teplem,



Obr. 29. Svařování elektrickým obloukem uhlíkovou elektrodou za tepla

neboť se musí více přiblížit ke svaru než při jiných způsobech svařování.

Používá se oblouku dlouhého asi 30 mm (a více), při průměru uhlíku 15 mm (odpovídá asi 60 V), avšak vždy menších proudů než při svařování litinovou elektrodou.

Pro svařování lze použít jen těch agregátů, které dají při daném vysokém obloukovém napětí vysoký a poměrně stálý svařovací proud, tj. nejlépe strojů s velmi strmou charakteristikou. např. Praga 500. Je nutno kontrolovat, zda se při odebíraném svářecím proudu a zatěžovací době nepřekročuje štitkový výkon motoru (nebezpečí spálení motoru!). Stupnice regulátoru nelze použít, neboť je platná jen pro svařování ocelovou elektrodou, tj. pro obloukové napětí asi 35 V, takže proud pro uhlíkovou elektrodu je nutno vyzkoušet nebo změřit, viz tab. 13.

Tabulka 13
Vhodné velikosti proudu pro uhlíkovou elektrodu

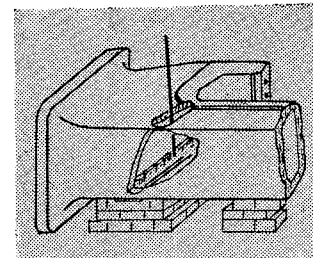
Průměr elektrody, mm	6	8	10	12	14	16	18
Proud A	130 až 180	200 až 250	250 až 300	250 až 350	300 až 350	300 až 400	400 až 450

Aby se oblouk lépe usměrnil, upevňuje se uhlíková elektroda do tzv. foukací cívky (obr. 29) zhotovené z měděného drátu (\varnothing 5 až 8). Jeden konec drátu cívky se upne v kleštích jako elektroda a druhý se přivaří k měděné trubce, v níž se uhlík upíná šroubkem.

Litinové tyčinky a tavidla se používá stejně jako při svařování plamenem. Tavidlo se nasype do úkosu a pak se teprve zapálí oblouk, kterým se nataví základní materiál. Jakmile se vytvoří tavná lázeň, přidává se do oblouku litinová tyčinka, omočená v tavidle. Tyčinka se udržuje stále v tavné lázni, již promíchává hlavně u okrajů, kde se usazuje struska. Při větším množství odstraňujeme strusku přidávanou tyčinkou. Průměr přidávané litinové tyčinky se řídí hlavně podle tloušťky stěny opravovaného odlitku a bývá 8 až 15 mm.

Příklady oprav litiny svařováním za tepla elektrickým obloukem

Výhodou svařování litiny elektrickým obloukem proti svařování plamenem je větší výkon tavení a možnost svařování na nesnadno přístupných místech. Např. prasklý stojan nůžek skříňového tvaru podle obr. 30 se svařuje „přes jednu stěnu“, aby se zkrátil průběžný čas a zjednodušily formovací práce. Přídavná litinová tyč průměru 12 mm je 2 m dlouhá, takže obsáhne prasklou horní i spodní stěnu položeného stojanu. Přestože byla tloušťka svařované stěny 35 až 40 mm, délky asi 300 mm a odlitek přehřát na 600 až 650 °C, byl svar prodlouženou elektrodou hotov za 40 minut. Pro lepší zvládnutí tavné lázně byl svar rozdělen na úseky délky 100 mm.



Obr. 30. Svařování prasklého stojanu nůžek

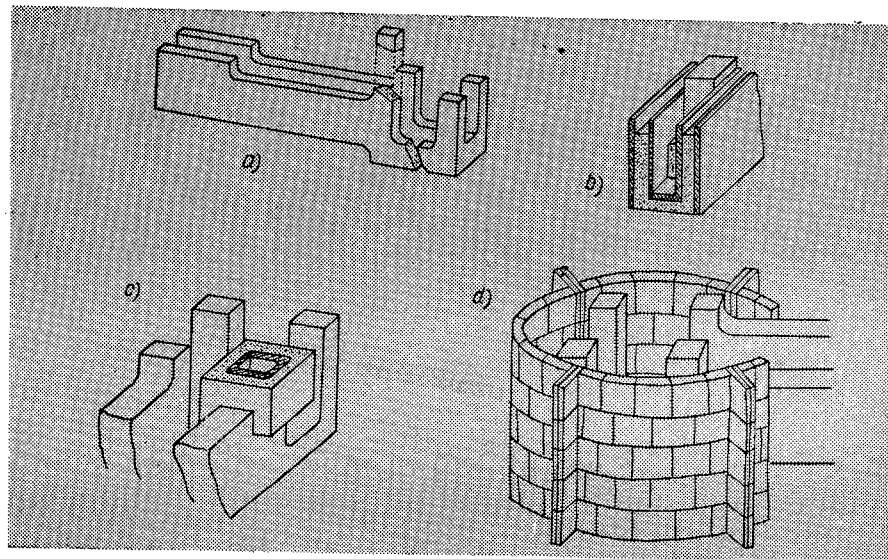
Uvedený příklad dokazuje, že technologie svařování elektrickým obloukem za tepla je nejvhodnějším způsobem pro opravy těžkých odlitků. Obtíže u těchto oprav se vyskytují hlavně u velkých odlitků a u značně tlustých stěn, čímž se velmi ztěžuje pracovní prostředí svářečů. Dosavadní úspěchy při těchto opravách zaručují i přes nepříznivé podmínky plnou spolehlivost oprav v provozu.

Rám briketovacího lisu podle obr. 31a má dvě trhliny. Prvá trhlina odděluje větší část rámu ve váze asi 2,5 t a druhá menší kus ve váze 380 kg. Celý rám váží 24 t. Při ustavení k přehřívání je nutno s touto váhou počítat a rám důkladně podložit. Šedá litina této jakosti (pro rámy a frémy) dosahuje při teplotě 650 °C pevnosti jen 3 až 4 kg/mm².

Svarová spára je 100 mm široká. Aby se odlomený kus ustavil na přesnou délku, zaformuje se podle obr. 31b. Stejného materiálu a postupu zaformování se použije i pro druhý lom menšího kusu. Z hospodárných

důvodů se odlomený kus nepřivařuje, nýbrž chybějící část rámu se navaří do formy podle obr. 31c. Pro přivařování by bylo nutno převracet odlitek, takže i když je zapotřebí navařit asi 380 kg litiny, je tento způsob výhodnější.

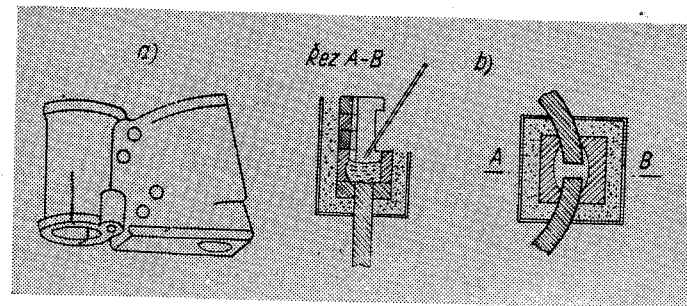
Pro předehřívání odlitku se připraví kruhová pec ze šamotových cihel (spotřeba 6 t), která však zahrnuje jen okolí místa, které se bude



Obr. 31. Oprava rámu briketovacího lisu

opravovat, viz obr. 31d. Víko pece je z ocelového plechu a je opatřeno vrstvou písku a šamotových cihel. Rychlost ohřívání byla malá a nepřekročila 30 °C/hod. Z počátku se jen mírně předehřívало dřevěným uhlím a později se pro dosažení teploty 600 °C přidal koks. Tato teplota se udržovala po celou dobu svařování. Svařování probíhalo za ztížených podmínek proti běžným druhům oprav, což bylo způsobeno vyplňováním

tak hluboké spáry. Aby se dosáhlo místa svaru, ležícího přes 1275 mm pod víkem pece, bylo nutno spojit několik elektrod do celkové délky 2400 mm, délka kleští pro elektrodu byla 1 m. Poněvadž nebyla k dispozici elektroda většího průměru, spojily se průběžným svarem dvě tyčinky průměru 12 mm vedle sebe, a tím se průřez elektrody zdvojnásobil (stehování tyčinek se neosvědčilo). Obtíže při svařování se zvětšovaly i silným



Obr. 32. Oprava parního válce bucharu

magnetickým foukáním svářecího oblouku, zhruba 1400 A v úzké svarové spáře.

Navařování odlomené plochy bylo již snadnější, neboť se používalo elektrod délky jen 1,2 m. Průřez elektrody byl ve svazku 4×12 mm. Celkem se navařilo 450 kg šedé litiny, tj. o 70 kg více než vážil odlomený kus. Tento rozdíl byl způsoben intenzivním odtavováním grafitových desek, a tím se objem zvětšil.

Celkový svařovací čas byl 54 hodiny a natavilo se celkem asi 800 kg šedé litiny, tj. hodinový výkon byl téměř 15 kg. Svařovala skupina svářečů střídajících se po 6 hodinách. Po skončení svařování se znovu teplota v peci vyrovnala na 600 °C (část rámu mimo pec měla teplotu asi 450 °C), pec se uzavřela a nechala chladnout 5 dní, tj. rychlostí 5 °C za hodinu.

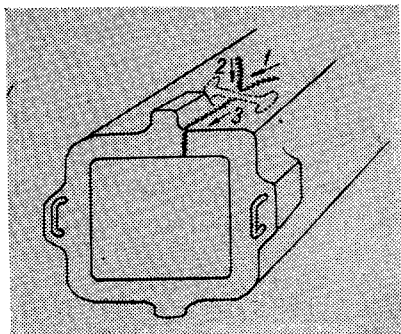
Zdařilou opravou se vrácení lisu do provozu urychlilo o 1¼ roku. Na další opravu se kladly již větší požadavky. Opravený válec bu-

charu (Eumuco — 1000 kg) s dvěma trhlinami ve stěnách (podle obr. 32a) měl mít:

1. stoprocentní pevnost zavařených trhlin vzhledem k základnímu materiálu;
2. stejnou tvrdost a strukturu navažené šedé litiny s původní, pokud se týká třecích ploch pro válce s pístními kroužky;
3. stejný vnitřní rozměr válec (bez podstatného zvětšení).

K splnění těchto podmínek byl vybrán jako nejvhodnější způsob svařování elektrickým obloukem za tepla.

Délka jedné trhliny byla 460 mm, druhé 250 mm. Tloušťka stěny válce 40 mm a v místě příruby válce 120 mm. Celková váha válce byla asi 5 t. Po odvtřání konců trhlin se upravila svarová spára na šířku asi 40 až 60 mm odtavením uhlíkovou elektrodou. V přírubě válce byla ponechána původní ploška lomu pro zajištění rozměru. Zaformování



Obr. 33. Oprava kokily

bylo obvyklým způsobem podle obr. 32b. Protože obrobek odlitek měl složitý tvar, bylo nutno ho předehtřívát velmi pomalu na 600 °C. Svařovalo se tyčinkou průměru 12 mm, proudem 1300 A. Po vyplnění prvního úseku (obr. 32b) zaformoval se další úsek do výšky asi 100 mm, až se celá spára vyplnila.

Prvou podmínku opravy ověřil trojsměnný provoz, v němž opravený válec pracuje již řadu let bez poruchy. Druhou podmínku, tj. stejnou tvrdost, potvrdila zkouška i snadné obrábění.

Průměr se obráběním zvětšil jen o 1,5 mm, tj. byla splněna podmínka třetí. Kokily pro lití ocelových ingotů jsou ze speciální šedé litiny (hematit) a porušují se nejčastěji rozvětvenými trhlinami, viz např. obr. 33, takže

průměrná životnost kokily je asi 50 až 60 odlitých ingotů. Příčinou trhlin bývá vnitřní vada materiálu (např. lunkr) a vnitřní pnutí, vznikající od značných rozdílů teplot, zejména při začátku lití ingotu. Tím se tvoří trhliny obvykle v místech změny průřezu stěny (obr. 33.). Váha kokily se rovná váze odlitého ingotu a bývá 1,5 až 7 t.

Stěna kokily je tlustá 100 až 150 mm; pro zavařování trhliny se připravuje spára šířky 50 až 60 mm zevně a 20 až 25 mm uvnitř. Výhodné je vytvořit spáru šířky 20 až 25 mm práškovým řezáním kyslíko-acetylenovým plamenem a zevně rozšířit spáru vydrážkováním dutou obalenou elektrodou s přívodem kyslíku (BH—Ř).

Kokila se předehtřívá v žíhací jámě, avšak na potřebnou teplotu 600 až 650 °C se ohřívá jen okolí trhliny, a to hořákem na generatorový plyn, vloženým dovnitř. Zaformování se skládá jen z podložení grafitovou deskou a utěsnění asbestovou lepenkou uvnitř kokily. Svařuje se zvějšku ve vodorovné poloze speciálními obalenými elektrodami průměru 12

Tabulka 14

Přehled chemických prvků ve svarovém kovu a jeho okolí

Prvek	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Ni %
Litina kokily	3,54	1,64	0,45	0,10	0,07	0,04
Elektrody	3,22	3,77	0,47	0,52	0,08	0,32
Přechod svaru do litiny	3,00	1,83	0,42	0,19	0,07	0,10
Střed svaru	2,80	3,08	0,41	0,38	0,06	0,28

až 15 mm. Svařovací proud je 700 až 1000 A při 50 V. Aby se tavná lázeň udržela dokonale tekutá, je délka svarové spáry rozdělena na úseky asi po 150 mm. Směry a postup svařování probíhají podle šipek a čísel na obr. 33. U trhlin delších než 300 mm se svar vyztužuje ocelovou zděří, vypálenou z plechu 30 mm tlustého (60 kg/mm²) napříč trhlínou, viz na obr. 33. čárkovaně. Zděř je zapuštěna do vybrání vrtaného a vysekaného ve stěně kokily. Hlavy zděře se rovněž přivaří. Dvě hodiny po svaření

se ještě přiškrceným hořákem svar ohřívá a pak se kokila odloží do žíhací jámy, aby zvolna vychladla.

V tabulce 14 je uveden přehled chemických prvků ve svarovém kovu a jeho okolí.

Aby se dosáhlo větší pevnosti svarového kovu, přidávaly se během svařování do tavné lázně kousky měkké oceli s malým obsahem uhlíku; tím také poklesl celkový obsah uhlíku ve svaru na 2,80%.

Opravenou kokilu lze použít průměrně pro 40 odlití ingotů. Náklady na opravu se amortizují již po odlití 14 ingotů.

Technologie svařování litiny za polotepla

Účelem svařování za polotepla je spojit výhody svařování za tepla, při němž se dosahuje téměř těchž mechanických vlastností svarového spoje jako má základní materiál, s výhodami svařování za studena, při němž nastávají jen malé deformace; svářeč je méně obtěžován teplem a konečně se uspoří přehřívací teplo. Teplota přehřívání se volí v rozmezí od 250 do 400 °C podle velikosti, složitosti tvaru a podle stupně pnutí ve svařovaném odlitku.

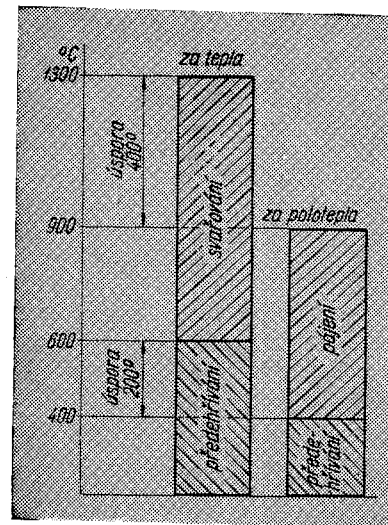
Pro svařování za polotepla lze použít téměř všech způsobů svařování a pájení plamenem i elektrickým obloukem neželeznými a speciálními elektrodami, dávajícími litinový svarový kov. Poslední druh elektrod se dosud u nás běžně nevyrábí, a proto zůstává pro svařování za polotepla hlavním způsobem pájení plamenem mosazí.

Technologie pájení litiny plamenem

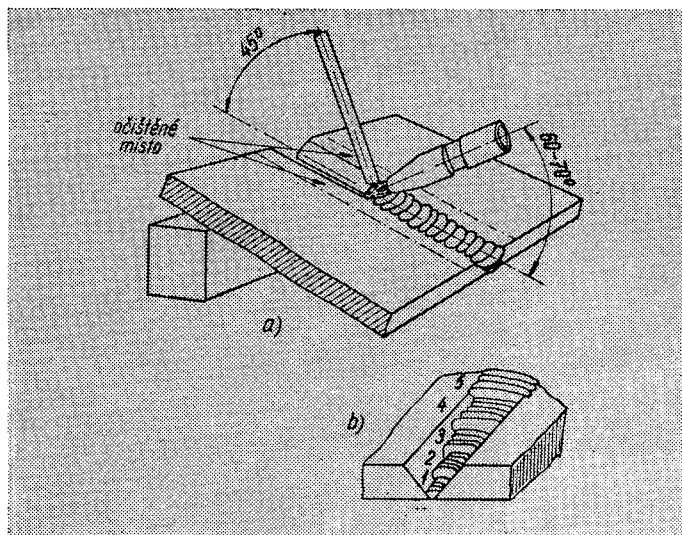
Tepelná úspora proti tavnému svařování je zřejmá z obr. 34 a je celkem 600 °C. Znamená to menší tepelné namáhání opravovaného odlitku, zkrácení průběžného času opravy a snížení nákladů na ohřev. Celková úspora se skládá z úspory pro přehřívání celého odlitku (200 °C) a místního roztavení návarových ploch a přídavného materiálu (400 °C).

Při pájení šedé litiny ztěžuje její vločkový grafit smáčení pájky; grafit velmi snadno oxyduje na kysličník uhličitý, způsobující bublinatost svaru. Bílá litina, která nemá vločkový grafit (má uhlík v podobě cementitu), se lépe pájí než šedá litina. Proto je nutno u šedé litiny návarové plochy důkladně opískovat nebo očistit ocelovým kartáčem či hrubým pilníkem od vloček grafitu, které jsou na povrchu. U lomů je očištění grafitu tím důležitější, neboť vzniklý lom sleduje vždy linii grafitových vloček.

Pájené plochy se nesmějí natavovat, nýbrž jen ohřívát na teplotu, umožňující dobré smáčení tekuté pájky, tj. zhruba 650 °C. Pájené plochy, posypané tenkou vrstvou (asi 1 mm) tavidla, ohříváme plamenem, jehož jasně bílý kužel je vzdálen od povrchu asi 3 mm. Současně přihříváme přídavnou tyčinku, kterou pak ponoříme do krabice s tavidlem. Konec tyčinky se plamenem nataví a dotkneme se jím přehřáté plochy, která se má takto smáčet, tj. potáhnout tenkou vrstvou pájky. Nestane-li se tak, nejsou plochy řádně očištěny nebo přehřáté. Často stačí dotyk umazaných rukou, aby se očištěná plocha opět znečistila. Plamen vždy směřuje na tyčinku a nikoliv na spájené plochy, viz obr. 35a. Tlusté stěny se nejlépe pájí na jednu vrstvu „do kopce“, tj. pájené plochy jsou nakloněné. Při několikavrstvém spoji je nutno pájet tak, aby spodní vrstva nanesené pájky přesahovala vždy horní vrstvu o 8 až 10 mm, viz obr. 35b. Mosaznou pájkou lze svařovat i v poloze svislé a „nad hlavou“.



Obr. 34. Tepelná úspora při pájení litiny plamenem



Obr. 35. Pájení litiny plamenem

V tabulce 15 jsou přibližné údaje pro volbu parametrů a velikosti hořáků.

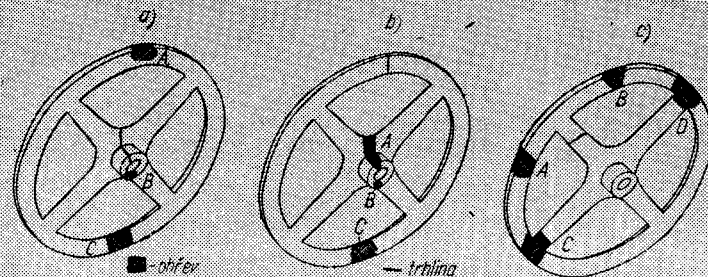
Tabulka 15

Přibližné údaje pro volbu parametrů a velikosti hořáků

Tloušťka pájené stěny, mm	Průměr přídavné tyčinky, mm	Velikost hořáku číslo nástavce ChKZ „U 3“	Spotřeba plynů, l/hod.		Rychlost pájení, m/hod
			kyslíku	acetylénu	
6 ÷ 16	4	č. 2	300	330	1
16 ÷ 30	5	č. 4	750	825	0,3
nad 30	6	č. 5	1150	1260	—

Příklady. Mosazí se litina nejčastěji pájí při místním přehřátí odlitku. Aby se dodržely rozměry odlitků a odstranily možnosti vzniku trhlin během ohřevu a pájení, je důležité vhodně rozmístit místa ohřevu vzhledem k opracovanému místu.

Na obrázku 36a je litinové kolo s trhlinou ve střední části, zasahující celý průřez ramene i náboje. Po otevření trhliny je nutno pro pájení



Obr. 36. Příklady ohřevu prasklých kol pro opravu pájením

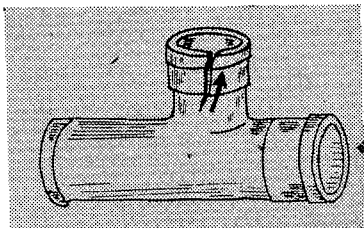
mosazí přehřát okolí trhliny na teplotu asi 450 °C. Kdyby se však přehřálo jen toto místo, vzniklo by takové vnitřní pnutí, které by se v nejslabším místě odlitku kola projevilo další trhlinou. Proto na začátku ohřevu ohříváme v okolí trhliny postupně i místa A, B a C (obr. 36a). Tím vlastně celé kolo roztahujeme ve směru kolmém na trhlinu; kolo se po spájení a vychladnutí zase stáhne do původní polohy. Při smršťování obou částí kola k sobě působí na spájený spoj jen tlakové pnutí, které nemůže nijak opravené místo poškodit. Místa A, B a C se musí ohřát na stejnou teplotu jako má okolí trhliny a také se tato teplota během opravy musí udržovat.

Malé odlitky stačí přehřívát plamenem pájecího hořáku, pro větší odlitky se v místech ohřevu budují provizorní pece, vytápěné běžným palivem (koks, plyn apod.).

Obdobně jako při prasklém náboji (obr. 36a) nestačí ani v dalším

příkladu (obr. 36b) jen předeřhřát okolí trhliny ve věnci kola. Kdybychom ohřáli jen okolí trhliny, objeví se nová trhlina mezi rameny v bodě A. Proto se i toto místo předeřhřeje spolu s místy B a C, aby se obě půlky kola mohly roztáhnout.

U kola s prasklým ramenem (obr. 36c) je postup a umístění ohřevů závislý na velikosti a váze odlitku. Je-li kolo malé, stačí ohřátí v místě A a B. Při velkých rozměrech kola a tlustých průřezích věnce je výhodnější umístit ohřevy v místech C a D. V obou případech se ovšem předeřhřívá také okolí trhliny.



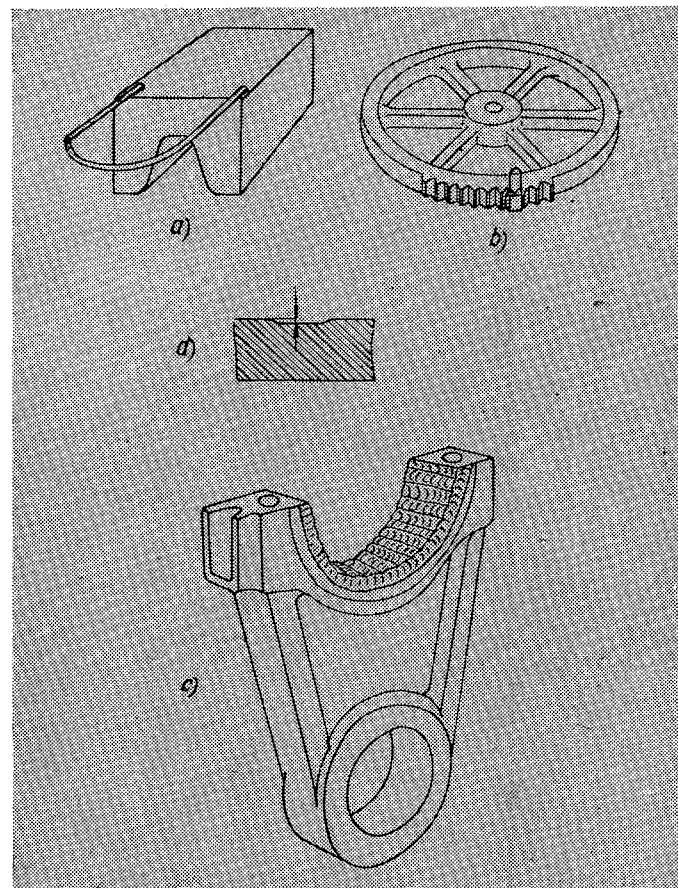
Obr. 37. Oprava odlitku z temperované litiny pájením

U malých a jednoduchých odlitků stačí ohřátí pájecím plamenem a běžné zapájení trhliny. Nutno jen dodržovat směr pájení, tj. směrem ven, viz obr. 37.

Kromě složitých oprav uložených částí a trhlin svařováním za polotepla lze opotřebovaná místa opravovat i navařováním či pájením. Návary šedé litiny se

u menších objemů s úspěchem formují do měděné šablony — formy, která se přikládá, až když je součást předeřhřáta. Roztavená šedá litina nepřilne ke studené mědi a vytvoří hladký povrch, který se v mnohých případech nemusí ani dále obrábět. Pro povrchy, pro něž nelze použít šablon, se využívá buď modelovací schopnosti plamene a zručnosti svářeče, nebo se přebytečný návar uhladí a odstraní ocelovou škrabkou.

Pro nánosové pájení při opakujících se opravách lze používat i ocelových forem, viz obr. 38a. Forma, která má odpovídající tvar, se přiloží k chybějícímu zubu kola, viz obr. 38b. Jinak lze nánosovým pájením „modelovat“ bez formy zejména jednoduché povrchy, viz obr. 38c, na němž je odlitek ložiska ze šedé litiny, jehož úložná (kluzná) část je opravena mosazí. Také těsnicí plochy lze opravovat nánosovým pájením, např. nános pájkou Ms 60—Ag, Ms Ni—8 spolehlivě těsní tlak 16 at při teplotě 200 °C. Pro nános těsnicích ploch je zvlášť důležité, aby pájecí plochy byly zaručeně čisté, aby se volily vhodné pájky a technika pájení.



Obr. 38. Nánosové pájení mosazí

Povrch pájecích ploch musí být co nejjemnější; opět se osvědčilo konečné čištění ocelovým kartáčem, zejména po broušení, které roztírá grafit a zabírá tak dokonalemu smáčení. Kromě toho umožňuje hrubě obrobený povrch přehřátí výstupků, grafit se spaluje a způsobuje póry v nánosu pájky. Pro usnadnění pájení slouží tzv. orientační drážka, viz např. obr. 38d, s různou hloubkou podle stupně opracování nánosu.

Technologie svařování litiny za studena

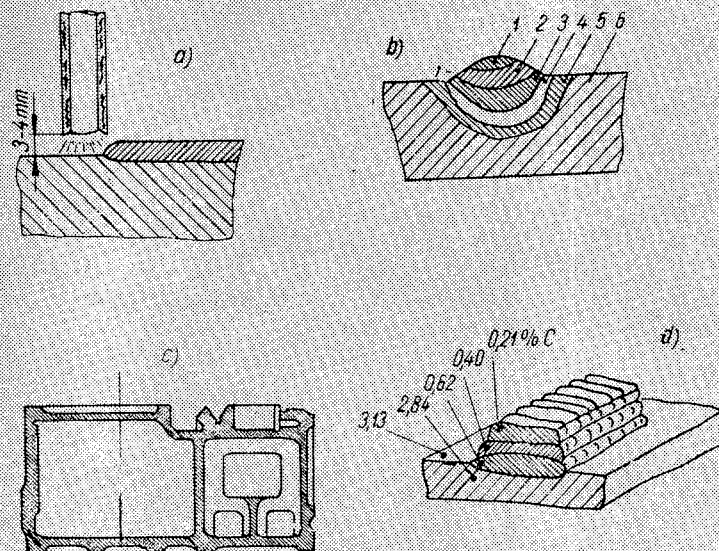
Svařuje se výhradně elektrickým obloukem obalenou elektrodou. Jen výjimečně lze použít holých elektrod, např. výztužných drátů z měkké uhlíkové oceli, používaných ve slévárnách.

Svařováním za studena se přesněji rozumí, že v okolí svaru na odlitku nepřestoupí teplota 150 °C. Této teploty dosáhneme nejčastěji svařovacím teplem, jen výjimečně se odlitek předehtívá, a proto ohřátí bývá zpravidla v okolí svařovaného místa.

Elektroda se při svařování drží tak, aby byla kolmá na povrch, viz obr. 39a. Svařováním na studený povrch šedé litiny vznikají přechodová pásma s různým složením, a tudíž i s různými mechanickými vlastnostmi, viz obr. 39b. Návarový kov, odtavený z nízkouhlíkové ocelové elektrody, se udržuje v původním složení jen v nejhořejší části 1 návaru, kdežto spodní část 2 je již smíchána se základním materiálem. Tato část je ještě obrobitelná řeznými nástroji, přestože je nauhličená tím, že se smíchala se šedou litinou. V třetím pásmu 3 převládá již šedá litina o vysokém obsahu uhlíku, promísená jen nepatrně se svarovým kovem, a v pásmu 4 je již jen bílá litina dosahující tvrdosti 500 až 600 H_v (podle Vickerse) a nedá se obrábět řeznými nástroji. Je to také nejkřehčí pásmo, v kterém mohou vznikat trhlinky a které hlavně způsobuje obtíže při svařování litiny. Pásmo 5 bylo svařovacím teplem jen částečně dotčeno a v pásmu 6 je již nedotčená šedá litina.

Technologie svařování litiny za studena je zaměřena hlavně na největší zúžení křehkého pásma 4, snížení jeho křehkosti a zmenšení jeho namáhání během svařování. Aby se vyhovělo těmto požadavkům, používá se vhodného druhu a průměru elektrody, vhodného svařovacího

proudu, techniky svařování, jako je postup kladení housenek, vedení elektrody, vystřídávání návarů atd. Důležitá je jakost, tj. svařitelnost litiny, a proto v zásadě rozeznáváme dva druhy svařování litiny za studena: Při dobře svařitelné litině neliší se prakticky technologie svařování



Obr. 39. Svařování litiny elektrickým obloukem za studena

od běžné technologie používané pro nízkouhlíkovou ocel. Naproti tomu při obtížné a špatně svařitelné litině je nutno úzkostlivě dodržovat každý detail technologie svařování, předepsané pro svařování těchto litin. Při lepší svařitelnosti litiny lze pak vynechat taková opatření, která nejvíce zdržují nebo zdražují opravy. Na příklad: Lože rozlomené

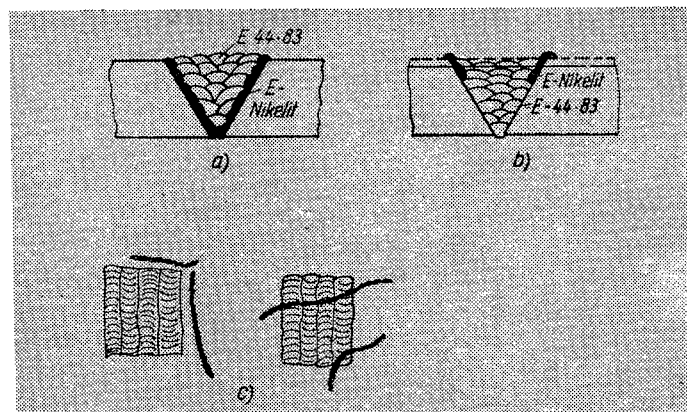
na dvě půlky (tvar lomu je na obr. 39c), délky 5 m a šířky 2,5 m, bylo svařeno podobně jako se svařuje ocel, neboť se předem zjistilo, že svařitelnost litiny je dobrá. Úkoly byly připraveny jednostranně i oboustranně (podle přístupnosti), rozevření 60 až 70°, bez vyztužení návarových ploch svorníky. Elektrody: první vrstva E-Ferolit a další vrstvy E 44.83, průměru od 3,25 do 5 mm, svařovací proud normální. Pro horní obrobenu plochu lože se použilo elektrod BH-Monel. Svary a vrstvy se částečně vystřídaly, aby ohřátí odlitku bylo rovnoměrné. Protože během svařování nebylo dodržováno maximální ohřátí 70 °C, vyskytly se trhlinky v přechodu, zejména při dokončování průřezů tloušťek až 45 mm, které se však dále již neobráběly. Přesto je svar pevný a těsný, zejména v olejové nádrži, již rozlomení procházelo. Opravené lože plně vyhovuje v provozu již pět let. Jde o lože rovinné brusky, typu 3724-MSZ (SSSR).

Typ elektrody. Od elektrody žádáme, aby dávaly svar pevný, těsný a dobře obrobitelný řeznými nástroji. Často vyžadujeme ještě stejnou barvu svarového kovu se základním materiálem.

Elektrody s ocelovým jádrem (E-Ferolit, Fonta, E 44.83). Těchto elektrod se používá hlavně pro opravy odlitků s vadami povrchů, které se nebudou dále obrábět řeznými nástroji. Povrchové vady ve slévárnách činí až 40% všech vad; pro opravy povrchových vad odlitků v provozu je oblast využití elektrod s ocelovým jádrem menší. Hlavním nedostatkem těchto elektrod je, že způsobují tvrdá a křehká pásma v šedé litině, viz obr. 39b. Také vlastní návar, který se smíchává se šedou litinou, se stává tvrdý a teprve třetí vrstva návaru má obsah uhlíku přibližně stejný jako měkká ocel, viz obr. 39d.

Elektrody s neželezným jádrem (E-Nikelit, E-Bronz, E-Bimetal). Výhoda neželezných typů elektrod spočívá v tom, že nepřehlcují mnoho uhlíku ze základního kovu, a tím dávají obrobitelné svary i při svařování za studena. Svarový kov také není křehký a snáší lépe pnutí vznikající svařováním. Také nízká tavní teplota niklu a zejména mědi umožňuje navařovat jakostní housenky při velmi malých rozměrech tavné lázně a bez podstatného vlivu na základní materiál odlitku. Při svařování elektrodami obsahujícími měď (E-Bronz, E-Bimetal) vniká tato (difunduje) do základního materiálu a tím zpevňuje spojení svarového kovu s litinou. Nikl (E-Nikelit) podporuje vylučování grafitu a tím i vznik šedé litiny.

Výhody neželezných elektrod jsou značné, avšak pro jejich vysokou cenu se jich používá jako tzv. polštářovacích elektrod, kdy hlavní část spoje se vyplní levnou elektrodou s ocelovým jádrem. U spojů, u nichž kromě obrobitelnosti žádáme ještě pevnost, polštářují se celé návarové plochy (obr. 40a). Jinak jen plochy, které se budou obrábět (obr. 40b).



Obr. 40:

a, b — polštářování návarových ploch; c — trhliny v návaru

Polštářování není nouzové opatření, nýbrž hospodárné využití materiálu, a používá se ho na celém světě. Angličtí svářeči používají pro tento způsob výstižného názvu „namazání máslem“ (buttering). Zpravidla se vystačí s jednou až dvěma vrstvami polštářovacích housenek.

Svařovací proud. Svařovací proud závisí na typu a průměru elektrody, tloušťce svařované stěny, způsobu svařování a na svařitelnosti litiny, viz tabulka 16.

Svařuje se jen stejnosměrným proudem, kladnou polaritou. Vyšších svařovacích proudů se používá pro svařování tlustších stěn na začátku svařování a při dobře svařitelné litině.

Nejvhodnější svařovací proudy v A

Značka elektrody	2	2,5	3,15	4	5	6,3
E-Ferolit	—	60—70	80—90	130—140	150—170	—
V-Fonta	—	—	—	—	—	—
E 44.83	60—80	90—100	110—140	140—170	190—230	240—260
E 380	30—40	40—60	60—80	90—130	130—180	160—240
E-Bimetal	—	—	70—100	—	—	—
E-Bronz	—	50—80	100—150	120—170	160—220	—
E-Nikelit	—	40—80	70—120	100—140	—	—

Pro tloušťky stěn do 10 mm se používá elektrod průměru do 4 mm; elektrod větších průměrů se používá pro tloušťky stěn nad 10 mm.

Rychlost svařování. U elektrod pro svařování litiny se rychlost svařování posuzuje podle nepřerušované délky housenky navařené v jednom tahu. Čím větší je průměr elektrody, tím je délka navařené nepřerušované housenky kratší. Jako hrubé pravidlo platí údaje tabulky 17.

Tabulka 17

Průměr elektrody, mm	Elektrody s neželezným jádrem	Elektrody s ocelovým jádrem
2÷2,5	60—80	150—200
3,15÷4	30—50	100—120
5÷6,3	do 30	80—100

Rozhodující je též celková plocha návaru skládající se buď z několika housenek vedle sebe, nebo z několika vrstev na sobě. Při přílišném místním ohřátí vznikají trhliny buď vedle návaru, nebo i přes návar, viz obr. 40c. Přípustná plocha návaru jedné vrstvy, navařené bez přestávky, závisí na tloušťce navařované stěny. Jako hrubé pravidlo platí údaje tabulky 18.

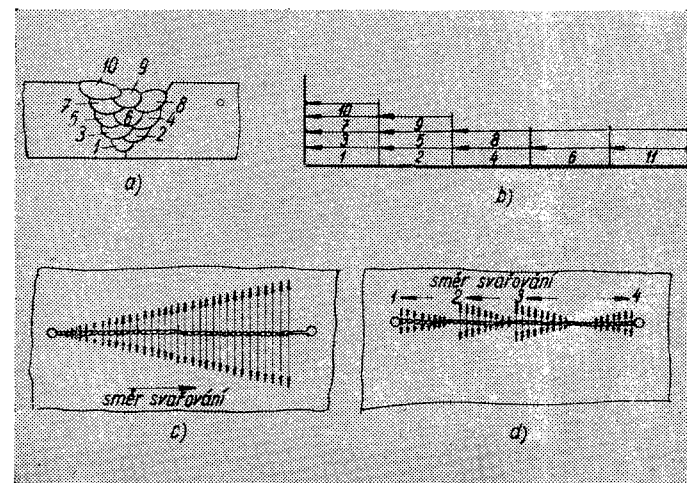
Tabulka 16

Tabulka 18

Tloušťka stěny, mm	6	8	10	12	15	20
Přípustná plocha návaru, cm ²	5—8	10—12	15—20	20—25	25—30	30—35
Doporučený největší průměr elektrod, mm	3,15	3,15	4	4	5	6,3

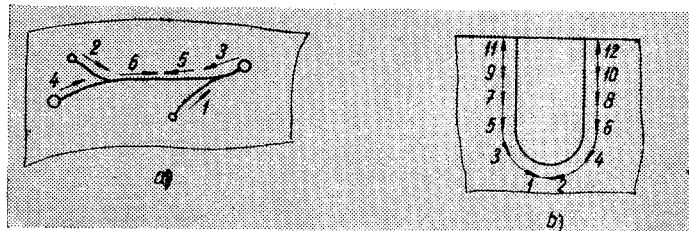
Aby se zabránilo přílišnému přehřátí opravovaného místa, osvědčilo se sdružené svařování několika odlitků najednou, rozestavených kolem svářeče. Zvyšuje se tím nejen produktivita práce, nýbrž i výdělek svářeče a jakost svaru.

Postup svařování. Postup při svařování šedé litiny se podřizuje plně hlavnímu úkolu, tj. požadavku zmenšení pnutí vznikajícího teplem svařovacího oblouku.



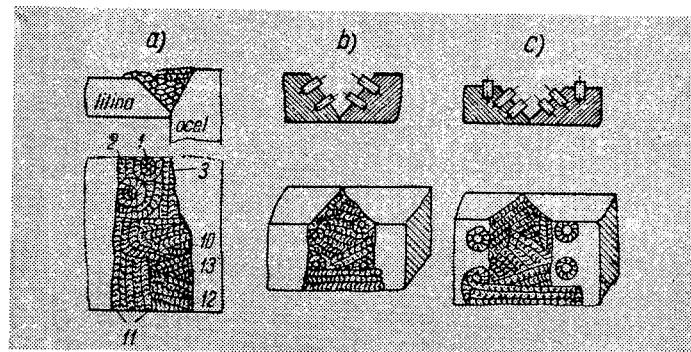
Obr. 41. Postupy svařování elektrickým obloukem za studena

Housenky se kladou jen „šňůrkovitě“, tj. neroztírají se po celé ploše spoje jako při svařování oceli. Tím se umožňuje, aby se okolí svaru mohlo volně roztáhnout po každé navažené housence (viz obr. 41a) a částečně vyžít předchozí housenky. Tlusté průřezy se kromě toho ne-



Obr. 42. Zavařování trhlin a záplat

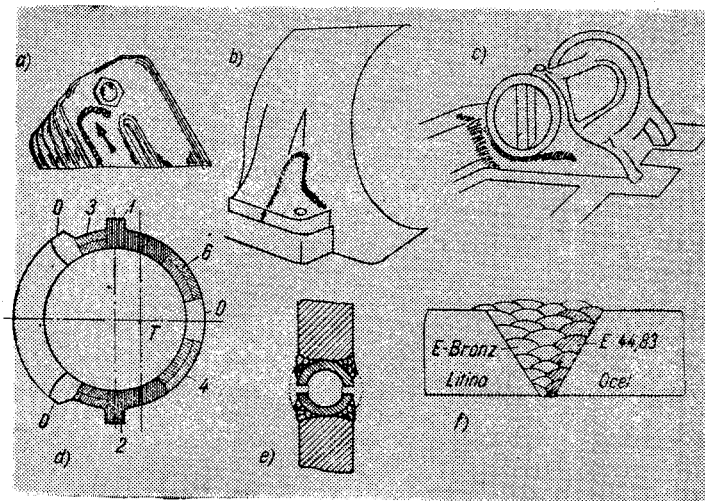
vyplňují rovnoměrně po celé délce, nýbrž po částech, např. kaskádovitě podle obr. 41b. Tenké stěny (největší tloušťky 8 mm) svařované na jednu vrstvu, nebo na malý počet vrstev, nelze svařovat jedním směrem. Pnutí, naznačené v obr. 41c šipkami, by vzrostlo tak, že by způsobovalo



Obr. 43. Příklady zaplňování svarových úkosů

další trhliny. Při tzv. „poutnickém postupu“, znázorněném na obr. 41d, je pnutí více rozloženo po celé délce švu bez nebezpečných špiček napětí. Díry na koncích trhliny se zavařují až naposled.

U rozvětvených trhlin se zavaří nejprve jednotlivé podružné trhliny a pak hlavní trhlina, viz obr. 42a. Postup při zavařování záplaty je na obr. 42b. Svařuje se vždy směrem k volnému prostoru nebo k místu menší tuhosti (upnutí). Směr svařování jednotlivých úseků (např. 9, 10, 8, 7 atd.) může být obrácený, viz obr. 42b, avšak celý svar se postupně zaplňuje směrem k volnému prostoru.



Obr. 44. Příklady oprav litiny elektrickým obloukem za studena

Aby se zmenšila vnitřní pnutí, je důležitý správný tvar a velikost rozevření svarového úkosu. Pro spoje bez zavrtaných svorníků lze úkos zmenšit na běžně používaný úkos 60°. Také při svařování litiny s ocelí se zmenšuje úkos u oceli na 30°, kdežto u litiny se ponechává 35 až 45° (viz také obr. 9b). Nejprve se obvařují svorníky (1 na obr. 43a) a pak se

zavařují housenky 2 až 12. Směr svařování housenek má být v každé vrstvě vystřídáný, viz příklady zaplňování svarových spojů na obr. 43b a 43c.

Oblouk nové elektrody se zapaluje jen na návarovém kovu předešlé housenky. Při navařování se řídí oblouk elektrody tak, aby asi tři čtvrtiny tepla oblouku zasahovalo předchozí housenku, vedle které se navařuje.

Každou navařenou housenku je nutno ihned pečlivě očistit od strusky a roztemovat. Temuje se lehkými údery zaoblené špičky kladiva nebo tužlíkem. Prvé housenky návaru neželeznými elektrodami není třeba temovat, zejména svařují-li se krátké housenky. Naproti tomu u elektrod s ocelovým jádrem je třeba temovat hlavně počáteční housenky. Smrštění oceli je dvakrát větší než šedé litiny. Temování kromě toho snižuje i pórovitost svaru, což je důležité hlavně u elektrody E-Bronz.

Příklady. Trhliny v tenkostěnných odlitcích, např. v topných tělesech, se zavařují elektrodou bez přípravy návarových hran, tzv. penízkovými svary, obr. 44a, takže housenka se vytváří jen body. Pro opravy odlitků s tlustšími stěnami (6 až 8 mm), u nichž se lomová plocha upravuje do úkosu, se osvědčil tento postup: Návarové plochy se navaří jednou vrstvou ocelovou elektrodou E 44.83 a zbytek se vypíná elektrodou E-Bronz. Tento postup byl vyzkoušen např. na pevných a těsných spojích bloků a karterů automobilových motorů.

Uložené patky tlouštěk až 25 až 60 mm různých strojů se zavařují ocelovými elektrodami E 44.83 a nato se jejich dosedací plochy brousí. Často není ani nutno stroj demontovat, např. generátor s ulomenou patkou podle obr. 44b, který byl opraven bez vyjmutí statorového vinutí. Dodrželi-li se podmínky „za studena“, nezmění se rozměry odlitku po opravě. Při větších opravách v blízkosti důležité činné plochy stroje pomohou výztuhy a postup svařování volený tak, aby se deformace svařováním co nejvíce omezily. Na obr. 44c je znázorněna porušená fréma kompaudního parního stroje. Trhliny oddělují válec vysokého tlaku od frémy a probíhají až k základovým šroubům.

Aby se udržel rozměr válce, použije se výztuhy, a to buď pevné, nebo rozpínatelné pomocí šroubu.

Aby se zachovaly rozměry opravovaného odlitku, je důležitý začátek svařování. Např. prasklý bajonetový rám, průřezu podle obr. 44d, má

nerovnoměrně rozloženou plochu vzhledem k své ose. Proto začneme svařovat co nejbližší u osy těžiště T, tj. části označené 1 a 2. Také velikost svařovaného úseku musí být v poměru k jeho vzdálenosti od těžiště. Další úseky 3 až 6 rovnoměrně střídáme jak vzhledem k umístění k těžišti, tak i zvenku a uvnitř, neboť svar je oboustranný. Plochy označené O jsou původní lomové plochy, které se upraví pro svar až po dokončení úseků 1 až 6.

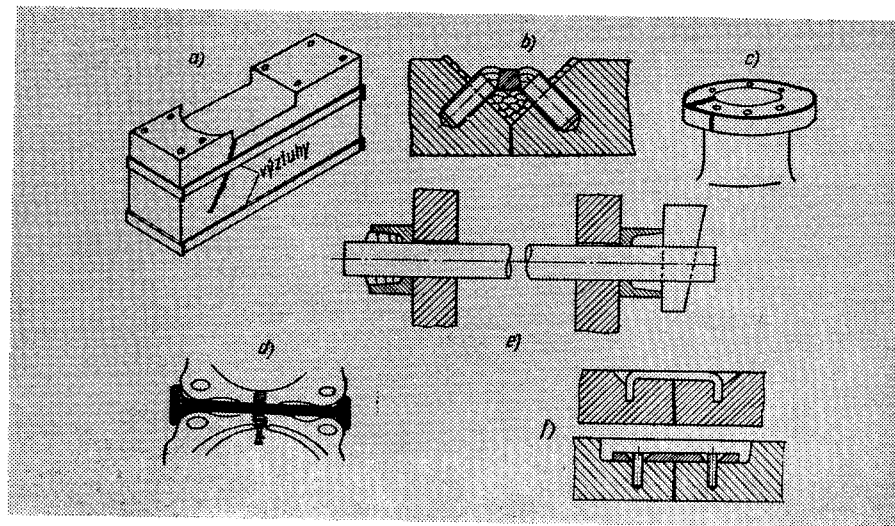
U velkých odlitků, u nichž na dodržení rozměrů příliš nezáleží (lanovnice atd.), avšak u nichž by vlivem tuhosti mohly vzniknout během svařování trhliny, vkládáme do spoje pružný element, vyrovnávající svarové pnutí, viz obr. 44e. K upraveným lomovým plochám se nejprve přivaří rozříznutá ocelová trubka, která se po slícování celého odlitku svaří (na obr. čárkovaná). V případě, že lom nerozdělil odlitek na několik kusů, lze mezi návarové plochy vložit nerozříznutou trubku a tuto přímo zavařit.

Tlusté ocelové vložky opravovaných odlitků, vyžadujících jak pevnost, tak i těsnost, musí být přivařeny houževnatým svarem, vzdorujícím svarovým pnutím. Toho dosáhneme kombinací vhodných typů elektrod. Nedbalostí při obrábění byl profrézován odlitek parního válce tak značně, že se muselo použít ocelové vložky (11 414), viz obr. 44f. Protože elektroda E-Bronz, vhodná pro těsný svar a houževnaté spojení s litinou, se špatně spojuje s ocelí, byly příslušné vrstvy navařovány na ocel elektrodou E 44.83, která se s bronzovou elektrodou dobře spojuje. Opravovaný odlitek (tloušťka stěny 40 mm) byl vyzkoušen na 22 at a vyhověl.

Při opravách odlitků za studena se spoje často dodatečně zpevňují a vyztužují. Příčinou toho bývá obtížná svařitelnost litiny, nedostatek vhodných elektrod, nepřístupnost k místu opravy, odstranění opakovaného porušení atd.

Prasklá fréma lisu (obr. 45a) byla svařena a pro získání tuhosti a zachycení tahových sil byla vyztužena ocelovými navzájem svařenými pásy. Špatně svařitelná litina pláště kompresoru se zpevní svařením výztužných svorníků přímo ve spoji (obr. 45b) a utěsnění se zajistí dobrým svařením kořene svaru vhodnou elektrodou. Prasklá litinová příruba kompresoru se po svaření vyztuží ocelovým pásem (obr. 45c), svařeným

přímo na přírubě, která se tím dokonale stáhne. Prasklé můstky bloku šestiválcového motoru jsou svařeny a ještě staženy zděří vloženou za tepla (obr. 45d). Prasklé lože rovinné brusky se po zavaření stáhne táhlem. Po zavaření konce táhla do vložky lze táhlo buď napnout klínem,



Obr. 45. Vyztužování spojů litiny elektrickým obloukem

nebo se táhlo z obou stran zavaří. Místním ohřátím před svařením působí táhlo po vychladnutí jako zděří (obr. 45e). Podle stupně důležitosti opravy lze svar vyztužovat skobami, deskami apod., viz obr. 45f.

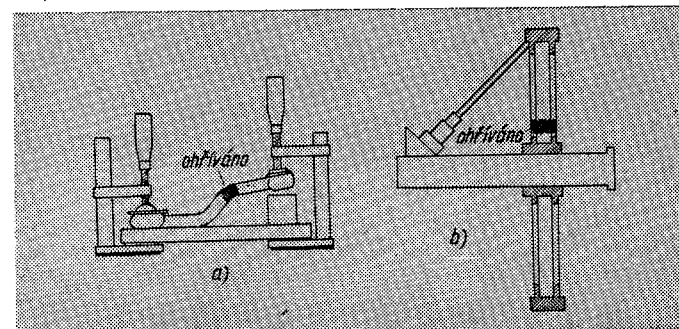
Svařování elektrickým obloukem za studena lze také využít pro zpevnění povrchů namáhaných otěrem. Navařuje se litinovou tyčí používanou běžně při svařování litiny za tepla. Ježto se navařuje za studena, vzniká tvrdá vrstva bílé litiny, pevně spojená se základním materiálem, nejčastěji ocelí. I když je návar bublinatý a obsahuje vlasové trhliny, plně se osvědčil např. při ochraně potrubí před odíráním prachem, uhlím, koksem, hlinou apod. Vlastnosti návaru předčí odolnost čediče.

V. DOKONČENÍ OPRAV

K dokončení oprav patří rovnání, tepelné zpracování, utěsnění povrchová úprava odlitku a přejímání hotové opravy.

Rovnáni

Odlitek se může pokrivit během opravy a po opravě, a to buď nepřesným slícováním nebo přehřátím odlitku při nedostatečném podložení v peci. Aby se dosáhlo původního tvaru, lze odlitek rovnat za tepla,



Obr. 46. Rovnáni odlitků

nejčastěji jen místního. Poněvadž propadávání odlitku (např. v peci) probíhá velmi pomalu, je nutno odlitek také velmi pomalu rovnat. Např. jednoduchou páku podle obr. 46a při rovnání ohřejeme v naznačeném místě na 600 až 650 °C a pomalu ji přitahujeme ruční svěrkou až dosedne na podložku. Čím pomaleji budeme svěrkou přitahovat, tím jistější je výsledek. Obdobně je nutno postupovat i u většího odlitku např. při narovnávání ozubeného kola podle obr. 46b.

Tepelné zpracování

Opravené odlitky žiháme buď proto, abychom odstranili pnutí, anebo získali dobrou obrobitelnost svarů řeznými nástroji.

Máme-li žiháním odstranit pnutí, ohříváme odlitky pomalu na teplotu 500 až 550 °C rychlostí 2 až 3 °C/min; na této teplotě ponecháme odlitek několik hodin (podle jeho velikosti) a pak ho pomalu ochladíme buď na teplotu 15 až 20 °C, nebo na 150 až 200 °C.

Tvrdost snižujeme žiháním při vyšších teplotách, a to při 800 až 850 °C. Není-li možno žihat celý odlitek, lze použít i místního ohřátí. Odlitek se normálně obrábí a tvrdé přechody nebo pecky se ohřívají malým kyslíko-acetylenovým hořákem přímo na upnutém odlitku. Tvrdá místa (jsou lesklá a proto zřetelná) ohříváme asi 5 min. a pak se plamenem pomalu vzdalujeme. Každé tvrdé místo se ohřívá zvlášť. Zásadně se ohříváný povrch nenatavuje, nýbrž se pomalu ohřívá. Teplota ohřívání dosahuje 600 až 800 °C podle tloušťky stěny.

Utěsnění a povrchová úprava

Některý odlitek nelze pro špatnou svařitelnost materiálu, nesnadný přístup atd. při nejlepší vůli utěsnit (hlavně svařuje-li se za studena). Nejčastěji se do odlitku natlačí vodní sklo (nebo jeho roztok) až projde trhlinkami nebo póry; vodní sklo se nato vypustí, odlitek se vyčistí a ponechá volně na vzduchu zaschnout. V pórech se vyloučí kyslíčník křemičitý, který póry dokonale utěsňuje. Je-li netěsnost některých míst takového rozsahu, že voda jimi stříká, je nutno je nejprve zatemovat tak, aby jen „slzely“. Natlačení vodního skla do odlitku lze pak několikrát opakovat.

Pórovité odlitky, jež pracují při malých hydraulických tlacích, se utěsňují ponořením do roztoku chloridu amonného.

Vakuové utěsnění se používá hlavně u menších odlitků. Před utěsněním se odlitek očistí, odmastí a popř. zahřeje na teplotu asi 100 °C, aby se vysušila vlhkost. Odlitek se pak vloží do nádoby, z níž se odsaje vzduch (10 až 60 mm/Hg) a ze zásobníku se na odlitek přepustí těsnicí hmota. Podle druhu těsnicí hmoty se napuštěný odlitek vytvrzuje buď

na volném vzduchu, nebo v peci. Jako těsnicí hmoty lze použít syntetické nátěrové hmoty, schnoucí na vzduchu, i vypalovacích bakelizačních laků S 40, S 63, S 50 (Gumon Bratislava), resolových laků S 1701 nebo impregnačních laků S 1901, 1902, 1904, 1905 (Pragolak).

V poslední době se vadné odlitky častěji utěsňují pryskyřicemi (epoxydy), např. Epoxy 1001, 1200, 2000 a dalšími, s různou vytvrzovací dobou a teplotou. Nejnovější je Eprosin 1240/4 Sb s vytvrzovací dobou 4 až 6 hod. při teplotě 18 °C. Tepelná odolnost -50 °C až +80 °C, s dobrou odolností proti plynům, menší proti páře. Dosažená těsnost vyhovuje i pro zvýšené tlaky. Tyto pryskyřice dodává Chemický závod kraje Plzeň, Plzeň, Cvokařská 10.

Povrchová úprava odlitků se skládá hlavně z obrábění a někdy i tmelení povrchu běžnými slévárenskými tmely. Pro tmelení lze použít i pryskyřic, např. Eprosin 120-40 Sb. Cínování litin, zejména šedé litiny, je znesnadňováno grafitem. Proto přípravné operace před cínováním mají za úkol odstranit s povrchu grafit; jsou velmi náročné a závisí na složení litiny.

Přejímání opraveného odlitku

Nejčastější ukazatelé pro přejímku jsou: prohlídka povrchu, zkouška tvrdosti, těsnosti (vodním tlakem) a zkouška na zjištění trhlin. Zřídka se zkouší např. struktura prozařováním. Pečlivost přejímky závisí na důležitosti odlitku.

Prohlídka povrchu odlitku je důležitá hlavně pro posouzení jakosti zavaření. Svar má být plynule spojen s litinou a jeho povrch má být bez kráterů a výčnělků. Obrábí-li se odlitek, lze předem zkoušet tvrdost pilníkem nebo přenosným přístrojem Poldi. Těsnost se zkouší nejčastěji tlakem vody (zvýšeným o 20 % proti předepsanému pro zdravý odlitek), méně často vzduchu nebo petroleje. Trhliny lze zjišťovat jednak lupou jednak tím, že se povrch nasákne petrolejem, osuší a nabílí křídou. Vzlínající petrolej z trhliny zbarví křidu, a tím vyznačí rozsah trhlin. Nyní se vyrábí tzv. indikační kapalina, Indikal, která působí ještě lépe než petrolej (dodává Druchem, Praha 2, Václavské nám. 14).

VI. ROZSAH DOVOLENÝCH OPRAV

Nové odlitky nesmějí mít slévárenské vady, jako staženiny, řediny, trhliny, nárosty, zálupy, přesazení atd. v rozsahu, který by byl na závalu jejich použití a obrábění v přípravcích. Podružné slévárenské vady může výrobce buď vyspravit, nebo ponechat nevyspravené, nepředepíše-li spotřebitel výslovně, aby takové vady byly vyspraveny.

Volba nejvhodnějšího způsobu opravy se zpravidla ponechává výrobci. Způsob opravy vad musí zaručovat nesníženou použitelnost opravených odlitků v provozu a zachování jejich obrobiteľnosti.

Vady na dutých odlitcích namáhaných vnitřním tlakem, zjištěné při zkoušce na nepropustnost, nesmějí být opravovány zatloukáním olova nebo tmele do kazů ani zalévány litinou za studena. Se souhlasem spotřebitele může výrobce tato vadná místa opravit zalicovanými šrouby nebo slévárenským zavařením nebo vhodným způsobem elektricky nebo plamenem. Jde-li o odlitky vystavené vyšším pracovním tlakům než 5 kg/cm^2 , mohou být taková místa opravena tímto způsobem jen se souhlasem spotřebitele, nestanoví-li příslušné normy jinak.

Každý závažnější případ opravy musí být zvlášť zaznamenán v zápise o přejímání (z ČSN 42 1241 — odlitky ze šedé litiny).

Spotřebitel si proto stanoví rozsah dovolených oprav. Např. u litinových ohříváků vzduchu (ZTPZ č. 4 B) dovoluje se na žebrových komorách zavařovat jen menší vady, pokud neohrožují životnost odlitků, např. pískovité a struskovité, shluky plynových dutin, trhliny menšího rozsahu, uražené konce žeber a nerovnosti do hloubky až 50% tloušťky stěny. Naproti tomu se nedovoluje zavařovat nezaběhlé stěny přírub a silná bublinatost na přírubách. Rovněž není dovoleno použít tmele k zakrytí vad na těsnicích plochách přírub. Malé netěsnosti mezi žebry (slzení) lze opravit zatemováním nebo zarezavěním.

U složitějších odlitků se rozsah dovolených oprav zpřesňuje podle důležitosti odlitku.

Odlitky řemenic — na plochách drážek pro klínové řemeny mohou být bubliny průměru nejvýše 8 mm. Větší bubliny se opraví zavařením.

Odlitky pístů k vývívám — na vnější ploše jsou dovoleny nejvýše tři čisté díry průměru až 8 mm, přičemž na obrobených válcových plochách nesmí jejich hloubka překročit 2,5 mm.

Rozsah oprav starých odlitků poškozených v provozu se řídí hlavně potřebou odlitku, možností náhrady, rozsahem poškození atd. a vždy je značně větší než u nových odlitků. Naproti tomu se u starých odlitků málokdy ručí v plném rozsahu za opravený odlitek.

VII. BEZPEČNOST PRÁCE

Při svařování litiny je nutno dodržovat všeobecné předpisy a směrnici pro elektrické svařování a svařování plamenem. Prvý způsob je nebezpečný hlavně pro svářeče, kdežto druhý ohrožuje spíše okolí svářeče.

Při elektrickém svařování obloukem musí se svářeč vyvarovat popálení obloukem a chránit před odstříkujícími kapkami kovu (popálená kůže se špatně hojí). Proto svářeči mají svařovat jen v kožených či asbestových oblecích nebo použít alespoň zástěr a jiných ochranných částí oděvu. Zejména krátkodobé příležitostné opravy musí být dobře zajištěny z hlediska bezpečnosti práce, poněvadž jsou obvykle nejnebezpečnější. Např. asbestové obleky zapůjčí závodní požárníci, kteří jsou v závodě i v noční době.

Oči se chrání jen předepsaným sklem zn. Skari 1 (nejsvětlejší), Skari 2 a Skari 3 (nejtemnější). Ochranná skla bez této značky a pro vás nevyhovujícího odstínu (podle očí a průměru elektrody) odmítejte.

Svařovací zdroje s vyšším napětím naprázdno (90 V, např. Triodyn) jsou nebezpečné a nehodí se pro svařování litiny.

Při svařování plamenem se používá výbušných plynů v nádobách s vysokým vnitřním tlakem (kyslík 150 atp). Přejde-li kyslík do styku s jakoukoli mastnotou, nastane výbuch. Acetylen je jedovatý a spolu se vzduchem vybuchuje. Také na ochranu očí a proti popálení je nutno pamatovat při svařování a pájení plamenem.

Odsávání zplodin hoření, vznikajících při obou způsobech svařování, je nejúčinnější přímo z místa vzniku; zplodiny je nutno odvádět mimo ovzduší dílny. Nebezpečné jsou nejen plyny a páry, ale také prach. Nebezpečí se zvyšuje, svařuje-li se znečištěný odlitek a při pájení mosazí. Páry zinku způsobují bolení hlavy a horečku.

Pro odsávání vyhovuje zařízení československé výroby, např. odsavač Jovun s výkonem 300 m³/hod, Svarex a další. Dodávají je Závody Rudých letnic, Radotín u Prahy.

VIII. NOVINKY V ZAHRANIČÍ

Snaha přiblížit svařování litiny k obvyklému, a tím i levnému svařování ocelí, se projevuje v zahraničí rozmanitými způsoby, které někdy hraničí se šarlatánstvím, avšak často vedou k vtipným řešením.

Vážné novinky z poslední doby

Hlavně se zdokonaluje přídavný materiál.

Do litinových tyčinek pro svařování obloukem i plamenem se zalévají i příslušná tavidla (NSR a Rakousko) a dráty pro pájení se obalují podobně jako elektrody (záp. Evropa).

Pro svařování velmi pevné litiny (s kuličkovým grafitem) byly zavedeny speciální elektrody s 50 až 60% niklu, zn. ČČ-3, které méně zakalují přechody než ocelové elektrody. Sklon k trhlinám ustane, předejeme-li takovou velmi pevnou litinu na 300 až 350 °C. Mechanické vlastnosti svaru, vytvořeného elektrodami ČČ-3, jsou však stále o 30 až 50% horší než u základního materiálu. Přídavné tyčinky pro svařování velmi pevné litiny plamenem se osvědčily s přídavkem 0,07% hořčíku. Tvrdost přechodového pásma je 240 až 285 H_B. Mechanické vlastnosti spoje vyhovují (SSSR).

Pro svařování šedé litiny za polotepla (200 až 300 °C elektrickým obloukem) se v Maďarsku vyrábí elektroda s jádrem ze šedé litiny, grafitizované hliníkem, zn. EÖVKL. Lze s ní dosáhnout až 200 mm dlouhé housenky bez trhliny. Mechanické vlastnosti svaru jsou o 12% horší než u základní litiny. Dává dobře obrobitelné svary.

Místo obalovanými elektrodami se v SSSR vyzkoušelo navařování holými litinovými tyčinkami, a to do vrstvy tavidla předem nasypaného na místo návaru. Složení tavidla odpovídá složení základního materiálu, např. 45 dílů (váhových) litinových třísek, 3 díly ocelových třísek, 15 dílů ferosilicia, 2 díly grafitu a půl dílu aluminia (granulace 1,5 až 3 mm). Používá se litinových tyčinek průměrů od 5 do 10 mm a délky 360 až 400 mm a stejnosměrného nebo střídavého proudu 55 až 60 A na 1 mm

průměru tyčinky. Důležité je očištění navařeného místa a po navaření pomalé zchlazování. Tímto způsobem lze bez předehřátí navařovat plochu šířky 60 až 100 mm, délky až 400 mm. Délky housenek při šířce až 35 mm jsou až 80 mm.

Leningradský ústav vodní dopravy vypracoval způsob automatického navařování barevných kovů na těsnicí plochy armatur ze šedé litiny. Výroba se tím značně urychlí, neboť základní materiál není třeba předehřívát ani jinak tepelně zpracovávat. Nevýhodou je vyhořívání 30 až 40% zinku a s tím spojená nutnost intenzivního odsávání výparů. Navařuje se stejnosměrným proudem, a to buď odkrytým obloukem do vrstvy tavidla, nebo obloukem pod tavidlem (zn. FMC). Zrnění tavidla je 1 až 2 mm, výška tavidla při navařování 8 až 12 mm, průměr mosazného drátu (LS 59-1) 5 mm, proud 110 až 120 A, délka oblouku 8 až 10 mm. Pevnost v tahu navařené vrstvy je průměrně 15,7 kg/mm², těsnost svaru až 10 ata. Šířka ztvrdlého pásma v přechodu návaru je 0,1 až 0,75 mm, která nikterak neztěžovala obrábění řeznými nástroji. Tvrdost návaru je 72 až 74 H_B.

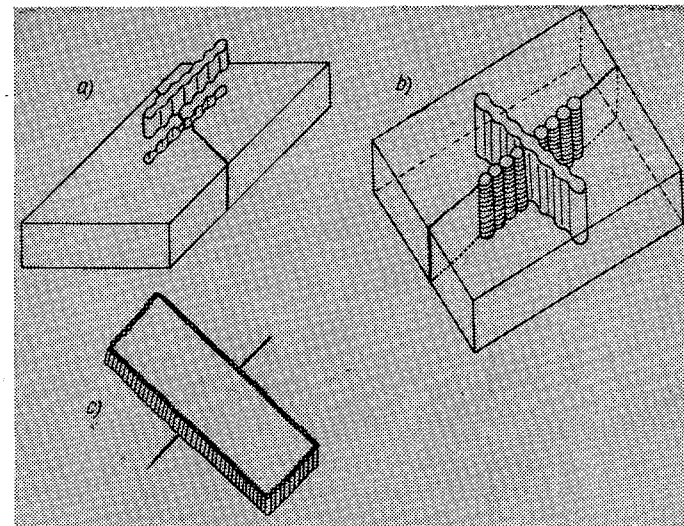
Rakouské spolkové dráhy běžně opravují trhliny na parních válcích přímo na lokomotivách, bez demontáže válce. Trhlina se vysekáním rozšíří do drážky se zaobleným kořenem, nastříká nízkotavicí pájkou a pak se zaplní mosaznou pájkou.

Plynného tavidla se běžně používá v západních zemích a v SSSR pro svařování litiny plamenem: tekuté tavidlo se automaticky odpařuje do plynu a v plameni se projeví zeleným zbarvením. Přídavného prášku nebo pasty se již nemusí používat. Povrch svaru je lesklý, bez pórů, s jemnou kresbou a hlavně beze stop sklovité strusky. Zlepší se i hygiena pracoviště. Spotřebuje se 1 litr tekutého tavidla na 20 m³ acetyleny, tj. při průměrné spotřebě acetyleny 200 litrů za hod. lze s jedním litrem tavidla svařovat asi 100 hodin.

Metodou „Dot-Weld“ (Anglie) se rychle opravují povrchové kazy bez předehřívání. Základem této metody je kmitající elektroda, která se přibližuje a oddaluje od povrchu, při čemž se elektrický oblouk střídavě přerušuje. Tím se na povrch nanáší velké množství malých kapek kovu z elektrody. Během navařování proudí podél elektrody tlakový vzduch, který zmírňuje ohřívání základního kovu i elektrody. Tím se

zamezí vzniku tvrdých míst v návaru a trhlinek. Návar se pak prokove pneumatickým kladivem. Navařuje se spirálním pohybem elektrody a při větších plochách se tyto vyplňují po úsecích. Návar je dobře obrobitelný řeznými nástroji. Elektroda je buď obyčejná šedá litina nebo litina s velkým obsahem niklu.

Metoda oprav trhlin pomocí zdrží má svůj původ v USA a začíná se jí používat i v západní Evropě. Hodí se zejména pro tlustostěnné odlitky, jako jsou frémy válcovacích stolic, stojany lisů, vík kompresorů atd.



Zbr. 47. Oprava trhlin zdržemi

Obrázek 47a znázorňuje soustavu Metallock: napříč trhliny se vyvrtá a odfrézuje místo pro tvar zdrže, která se zatluče (zalisuje) a zatemuje. Počet zdrží se řídí podle namáhání v místě trhliny.

Na obr. 47b je metoda nazvaná Metalace, tj. spojení zdrží (podle

Metalock) se doplní zátkami zavrtanými těsně vedle sebe a zatemovány po celé délce trhliny. V dlouhodobém provozu byla ověřena těsnost tohoto spojení až do 200 atp.

Obrázek 47c znázorňuje způsob Masterlock pro dlouhé trhliny na velkých a velmi namáhaných odlitcích s velmi tlustou stěnou.

Zdrž má tvar obdélníka a má na obvodu zavrtané zátky.

Materiál zdrží je velmi pevná niklová ocel odolná žáru a rezu, pevnosti 60 kg/mm² (vyžíhaná na měkko). Zatemováním se zpevní na 90 kg/mm².

Soudruhu,

dočetl jste tuto knížku a my věříme, že Vám pomůže při práci. Snad se k ní ještě někdy vrátíte.

Máme k Vám tuto prosbu: Blízko Vás pracují druzí. Pomohla-li tato knížka Vám, může právě tak pomoci jiným. Proto je upozorněte na tohoto skromného pomocníka. Snad jim pomůže ještě víc než Vám.

A máte-li nějakou kritickou připomínku k obsahu nebo k vyobrazením, napište nám; pomůžete tím nám a mnoha dalším čtenářům při novém vydání.

Děkujeme Vám

Státní nakladatelství
technické literatury

LITERATURA O SVAŘOVÁNÍ LITINY

Kromě speciálních knih a brožur o svařování litiny se toto téma probírá ve všeobecných příručkách a učebnicích o svařování.

Bouček Karel: Autogenní svařování a řezání kovů — Svaz pro autogen. svař. kovů, Praha 1945

Čabelka Jos.: Pájení plamenem — VÚS, Bratislava 1947

Kontorovič I. E.: Tepelné zpracování oceli a litiny — Průmyslové vydavatelství, Praha 1952

Batmanov V. A.: Elektrické svařování litiny — Průmyslové vydavatelství, Praha 1952

Směljakov N. N., Kosarikov N. F.: Opravy vad odlitků — Průmyslové vydavatelství, Praha 1952

Faltus A.: Příručka svařování díl 2. a 3. — SNTL 1955

Lakatoš L.: Zváranie sivej liatiny za studena — SUTEIN, Bratislava 1956

Krňák R.: Opravy strojů svařováním — Práce, Praha 1956

Lüder E.: Příručka pájení — SNTL, Praha 1958

Beneš A.: Technické kovy — SNTL, Praha 1958

Voskrenskij N. N.: Remont mašinno-dorožnogo parka — Dorizdat 1949

Pogodin—Aleksseev G. I.: Teorija svaročnych processov — Mašgiz 1950

Dombrovskij K. J., Ključenko A. M.: Remont parovozov — Transželdorizdat 1952

Greil E. A., Troepolskij V. N.: Remont čugunnych dětalej dvigatělej vnutrenněgo sgoranija cholodnoj svarkoj — Transželdorizdat 1953

Inform-techn. listok č. 48: Cholodnaja svarka čuguna odnostěržněvymi mědnoželeznymi elektrodami — Leningrad 1954

Inform-techn. listok č. 48: Ustraněnie defektov v blokach cilindrov i golovkach blokach avtomobilnych dvigatělej svarkoj s obščim nagrevom dětalej — Avtotransizdat, Moskva 1954

Inform-techn. listok č. 48: Issledovanija i proizvodstvennyj opyt po svarke — Mašgiz 1955

Ivanov B. G.: Ispravlenie defektov čugonogo litja — Mašgiz 1955

Greil E. A., Troepolskij V. N.: Cholodnaja svarka čuguna — Selchoz-giz 1955

Šebeko V. A.: Svarka čuguna — Mašgiz 1957

Baranov M. S.: Vosstanovlenie avtomobilnyh i traktornych detalej svarkoj i naplavojk — Vojennoje izdatelstvo, Moskva 1957

Jelistratov P. S.: Metallurgičeskije osnovy svarki čuguna — Mašgiz 1957

Mistur L.: Spawanie żeliva — PWT, Varšava 1953

Türcke H.: Totale Riß- und Bruchschäden an Maschinenwerkstücken aus Gußeisen — VDI, Berlin 1944

Weidle R.: Zur Hartlötung von Gußeisen und Stahl — Carl Marhold 1944

Schimpke P., Horn H. A.: Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik — Spring. Verlag, I. díl 1948, II. díl 1950

Türcke H.: Die Grundlagen der Eisenguß — Warmschweißtechnik — Carl Marhold 1950

Wuttke F.: Die Grauguß-Gasschweißung leicht gemacht — Carl Marhold 1950

Roll F.: Entwicklung, Stand und Zukunft des Gußeisens — Verlag Technik, Berlin 1951

Anders W.: Großreparaturschweißungen bei Maschinenschaden — VEB Verlag Technik, Berlin 1953

Erdmann—Jesnitzer F.: Werkstoff und Schweißung — Akademie-Verlag, Berlin 1954

Neese H.: Theorie und Praxis der Lichtbogenschweißung — VEB Carl Marhold Verlag, Halle 1954

Müller P.: Interessante Schweißungen — VEB Carl Marhold Verlag, Halle 1958

Kolektiv: Schweißen von Gußeisen — DVS, Düsseldorf 1958

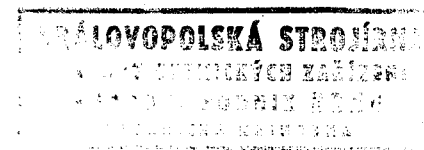
The Oxy-Acetylene Handbook — The Linde Air Prod. Comp., New York 1945

Tibbenham L.: The Welding of Cast Iron — Pitman, London 1945

Plumley S.: Oxyacetylene Welding and Cutting — Chicago 1949

Fuchs E., Bradley H.: Welding Practice, II. díl — Imperial Chem. Ind. Ltd. 1952

Časopisy: Strojírenská výroba, Zváranie
Svaročnoe proizvodstvo, Vestnik mašinostroenija a další
Schweißtechnik, Schweißen und Schneiden



KNIŽNICE STROJÍRENSKÉ VÝROBY

je řada drobných dílenských kapesních knížek pro dělníky, seřizovače, mistry a ostatní provozní pracovníky v dílnách strojírenských závodů. Knižnici řídí kruh spolupracovníků časopisu

STROJÍRENSKÁ VÝROBA

Tento měsíčník má 60 stran bohatého obsahu z oboru obrábění, tváření, nářadí, tepelné úpravy, svařování, povrchových úprav a ostatní provozní praxe. Časopis je blízký dílnám, píše z praxe pro praxi; vyměňuje výrobní zkušenosti.

Soustavné čtení a sledování časopisu se vyplácí již mnoha tisíciům strojařů. Naučit se pracovat lépe, rychleji a bezpečně znamená číst Strojírenskou výrobu, odebírat časopis domů a na konci roku dát si celý ročník svázat. Potom vzniká kniha, ke které se lze po několik roků vracet.

Svazečky knižnice Strojírenské výroby sledují pokrokové pracovní metody, obsahují spolehlivé pracovní návody a ověřené novinky ve strojírenské technologii. Časopis Strojírenská výroba doplňuje knižnici Strojírenské výroby nejnovějšími informacemi z celého světa.

RUDOLF KRŇÁK

SVAŘOVÁNÍ LITINY

DT 621.971.052 : 659.13 ● Obálku navrhl Josef Kalousek ● Grafická úprava a technická redakce František Trla ● Vydalo Státní nakladatelství technické literatury, n. p., Spálená 51, Praha 2, v únoru 1960 jako svou 3248. publikaci, typové č. L13f-B2-3-II/2431 v řadě Knižnice Strojírenské výroby ● 108 stran, 47 obrázků, 18 tabulek ● Hlavní redaktor Ota Kraus ● Odpovědný redaktor Bohuslav Johan ● Tiskové korektury Štěpánka Jeslínková ● Z nové sazby písmem Gill vytiskl TISK, knižní výroba, n. p., závod Brno, provozovna 11 ● Formát papíru 70 x 100 cm — 5,29 AA, 5,66 VA, ● D-600516 ● Sazba 19. 9. 1959, tisk 4. 2. 1960 ● Výtisků 4715 ● Vydání první

05/56

Cena brož. výtisku 3,80 Kčs

56/III-5 (B2)

Publikace je určena pro svářeče, údržbáře, mistry a žáky odborných učilišť

PROGRAM KNIŽNICE STROJÍRENSKÉ VÝROBY

B. Dobrovolný

1. Broušení kovů

Teoretické i praktické základy brusičské praxe s příklady nové techniky v broušení

Inž. F. Drábek

2. Frézy

Brožurka pro nejširší okruh čtenářů z řad dělníků, mistrů a techniků ve strojírenství, pomůcka pro žáky průmyslových škol strojnických

Inž. F. Drábek

3. Frézování

Knížka pro frézaře, seřizovače, mistry a techniky strojírenského průmyslu, pomůcka pro posluchače průmyslových škol strojnických

K. Schebesta

4. Kopírování na soustruzích

Knížka o malé mechanizaci pro soustružníky, technology a techniky v celém průmyslu

F. Wretzl

5. Obaly a balení strojírenských výrobků

Brožurka pro pracovníky ve strojírenství, kteří mají zájem na dopravě a balení strojírenských výrobků

Inž. dr. E. Schmidt

6. Tvarové nože soustružnické

Knížka pro konstruktéry nástrojů, technology, mistry a provozní techniky ve strojírenství a v mechanických dílnách všech průmyslových odvětví. Učební pomůcka pro posluchače technických škol strojnických všech stupňů

Inž. J. Koloc, inž. K. Pechatý, inž. Z. Turek

7., 8. Obrábění karbidovými nástroji

I. díl: Pracovní podmínky karbidových nástrojů

II. díl: Konstrukce a údržba karbidových nástrojů

Příručky pro dělníky, mistry, technology, konstruktéry přípravků a nástrojů ve strojírenství, pomůcka pro žáky strojnických průmyslovek

A. Koubek

9. Revolverové soustruhy

Knížka pro soustružníky na revolverových soustruzích, pro technology, seřizovače a dílenské techniky

Inž. C. J. Záhoř, inž. V. Elšlégr

10. Kopírování na obráběcích strojích

Brožurka pro dělníky, mistry a techniky ve strojírenství