

SPAWANIE I CIĘCIE METALI

ORGAN STOWARZYSZENIA DLA ROZWOJU
SPAWANIA I CIĘCIA METALI W POLSCE.
MIESIĘCZNIK

REDAKCJA I ADMINISTRACJA
JASNA 1, telefon 5-60-47.

Konto czek. P. K. O. Warszawa 16.408
PRENUMERATA: 5 zł. kwartalnie.
Za granicą 5 fr. szw. kwartalnie

Cena zeszytu 2 zł.

Członkowie Stow. R. S. C. M. otrzy-
mują czasopismo bezpłatnie.

CENY OGŁOSZEŃ:

Ceny jednostkowe w zł.	STRONY			
	1	1/2	1/4	1/8
1	200	120	80	50
3	180	105	70	45
6	160	90	60	40
12	140	75	50	35

Członkowie
wspierający
otrzymują 20%
zniżki. Ogłosze-
nia o posad. p-
szukiw. i zaofiar.
dla Czł. Stow. —
bezpłatnie.

TREŚĆ ZESZYTU:

	Str.		Str.
1. Wykonywanie odgałęzień od rurociągów stalowych większej średnicy	26	4. Spawanie blach grubych	36
2. Mikromechaniczne badania spoin	29	5. Z praktyki spawacza	38
3. Lutospawanie żeliwa	31	6. Kronika	39
		7. Przegląd prasy	39

SOUDURE AUTOGENE ET DÉCOUPAGE DES MÉTAUX

Revue Mensuelle

L'ORGANE DE L'ASS. POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA SOUDURE
AUTOGENE ET DU DECOUPAGE DES METAUX EN POLOGNE

Warszawa, ul. Jasna 1.

FEVRIER 1936

Nr. 2

SOMMAIRE:

	Page		Page
1. Exécution de branchements à l'aide du chalumeau sur des conduites en acier de grand diamètre	26	4. La soudure oxyacétylénique de tôles épaisses	36
2. Essais micro-mécaniques des soudures	29	5. La page du soudeur	38
3. Soudobrasure de la fonte	31	6. Chronique	39
		7. Revue de la presse technique	39

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN DER METALLE

MONATSSCHRIFT DES VEREINES FÜR DIE ENTWICKELUNG
DES SCHWEISSENS UND SCHNEIDENS DER METALLE IN POLEN.

Warszawa, ul. Jasna 1.

FEBRUAR 1936

Nr. 2

INHALT:

	Seite		Seite
1. Anschweissen von Stützen auf Stahlleitungen grö- sserer Durchmesser bei Anwendung des Azetylen- brenners	26	4. Autogene Schweissung von dickeren Blechen	36
2. Mikromechanische Untersuchungen der Schweiss- verbindungen	29	5. Aus der Praxis des Schweissers	38
3. Hartlöten (Bronze-Löten) von Gus.eisen	31	6. Chronik	39
		7. Technische Umschau	39

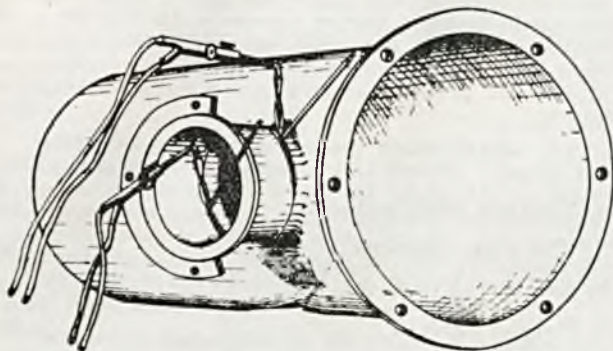
Inż. ANTONI ZIEMBA, Katowice

621.791 : 621.643,
850 słów + 9 rys. + 1 tabela.

Wykonywanie odgałęzień od rurociągów stalowych większej średnicy

Sprawa wykonywania odgałęzień od rurociągów stalowych większych średnic, a więc 400, 500, 750 mm nie jest rzeczą łatwą.

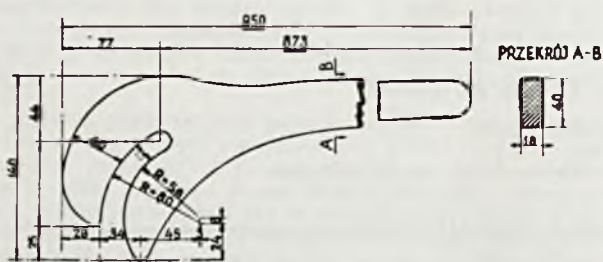
Powszechnie stosowany sposób przy rurach żeliwnych, polegający na przecięciu rurociągu i wstawieniu odpowiedniej kształtki, nastęrcza przy rurach stalowych o większych średnicach pewne trudności.



Rys. 1. Przypawanie króćca do rury.

Przy długich magistralach wodociągowych nie można przecież dopuszczać do dłuższych przerw w ruchu, powodują one bowiem poważne straty zarówno dla zakładu wodociągowego, jak i dla konsumentów, pozbawionych normalnej dostawy wody.

Tymczasem już prosta na pozór sprawa przecięcia rurociągu kutego zapomocą palnika komplikuje się znacznie w wypadku niemożności całkowitego opróżnienia tego rurociągu, a prze-



Rys. 2. Rak do wywijania otworu w rurze, stosowany przy średnicach odgałęzień ponad 80 mm.

cięż normalnie używane zasuwki klinowe nigdy prawie nie są szczelne. Zawsze więc może się zdarzyć, że nawet po wyłączeniu z ruchu pewnego odcinka rurociągu zapomocą zasuwki i po opróżnieniu rurociągu niedostatecznie szczelne zasuwki przepuszczają wodę, która zajmie część przekroju rury w miejscu montażu. Użycie zwykłego palnika do przecięcia rury będzie wtedy bardzo utrudnione. Niemniej trudności sprawia następnie montaż kształtki odgałęziowej: bosc końce rur o średnicy np. 500 mm lub większej — zawsze są po przecięciu palnikiem zelipsowane, a wtedy przesunięcie nasuwki na bosc końce rury i kształtki jest uciążliwe.

Wszystkie te okoliczności przedłużają czas montażu bardzo znacznie.

Sposób zatem, aczkolwiek stosowany z powodzeniem przy rurach żeliwnych, nie jest racjonalny, jeśli chodzi o rury stalowe.

Jedynym argumentem, przemawiającym za stosowaniem kształtki odgałęziowej, jest możliwość poddania jej próbie hydraulicznej przed montażem oraz zbadania spoin.

Warunek ten jednak nie jest tak ważkim, skoro sama wytwórnia daje gwarancję solidności wykonywanych kształtek.

Dodajmy do tego, że wytwórnie wykonują kształtki do rur kutech przez spawanie odpowiednio przygotowanych króćców kołnierzych

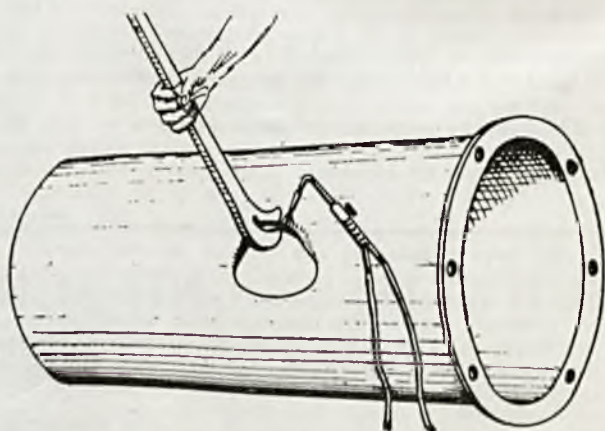


Rys. 3. Rak do wywijania małych otworów o średnicach poniżej 80 mm.

lub kielichowych, a więc owa gwarancja jakości wykonywanej kształtki zależy wyłącznie prawie od wprawy i uzdolnienia fachowego spawacza.

Pod względem wykonania, dołączenie kształtki odgałęziowej, wykonanej w wytwórni, niczem zasadniczo się nie różni od przypawania odpowiednio przygotowanego króćca do ułożonego już rurociągu.

Jeżeli sobie teraz uprzytomnimy fakt, że przeważną większość odgałęzień od rurociągu wykonuje się z boku osi poziomej jego przekroju,



Rys. 4. Wygardłowanie otworu o średnicy ponad 80 mm.

a więc częściowe nawet wypełnienie przekroju rury wodą może nam zupełnie nie przeszkadzać przy operowaniu palnikiem — jasnym się stanie, że przypawanie króćca odgałęziowego wprost do rurociągu w miejscu projektowanego odgałęzienia jest właściwą drogą do osiągnięcia zamierzonego celu.

Wykonanie jednak odgałęzienia w sposób praktykowany w wytwórni nie jest możliwe na

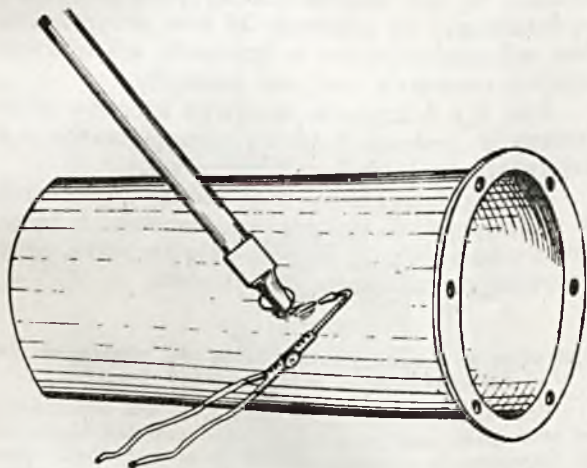
budowie. Wytwórnice spawają kształtki odgałęzieniowe na styk, poprawiając spoinę od wewnątrz rury, tymczasem operowanie palnikiem wewnątrz rurociągu wogóle jest niemożliwe.

Metoda pracy musi być w tym wypadku inna, umożliwiającą wykonywanie spoin wyłącznie nazewnątrz rurociągu.

Dodatkowym warunkiem będzie unikanie — o ile można — spawania ponad głową, stanowi to bowiem dość znaczną trudność dla mniej wprawnych spawaczy.

W przygotowanym zawczasu wykopie spawacz, spawający króciec do rurociągu, ma dostęp nierównie swobodniejszy do górnej części powierzchni bocznej króćca, aniżeli do jego dolnej powierzchni, a spawanie w pozycji skurczonej zawsze jest trudne.

Uwzględniając fakt, że prawidłowe wykonanie montażu zależy prawie wyłącznie od pracy spawacza, dojdziemy do wniosku, że każde ułatwienie, wpływające na dokładniejsze wykonanie spoin, ma swoją rację bytu.



Rys. 5. Wywijanie otworu o średnicy poniżej 80 mm.

Spełnienie pierwszego warunku widoczne jest na rys. 1: miejsce przypawania króćca trzeba wywinąć („wygardłować“).

Przy cienkich ściankach taka operacja jest bardzo łatwa, przy grubszych zaś — np. 10 cm — rozwiązanie zagadnienia jest nieco trudniejsze, lecz sprowadza się ono skolei do dwóch operacji:

- wycięcia odpowiedniego otworu w rurze,
- wyszukania narzędzia, nazwijmy go „rakiem“, do wykonywania wywijania.

Wycięcie otworu w rurze musi być tak uskutecznione, aby następnie jego krawędzie w stanie plastycznym dały się łatwo wykształcić w gardło o przekroju kołowym i płaszczyźnie styku z bosym końcem króćca możliwie jak najregularniejszej.

Dla średnic króćców 50 mm wypala się do wywinienia otwór okrągły o średnicy 30 mm. Natomiast dla średnic króćców od 80 mm wzwyż wypala się otwory w kształcie eliptycznym.

Rzecz jasna, że dla różnych średnic rur osie otworów eliptycznych będą miały niejednakową długość, ale dla pewnych grup średnic np. 500

do 750 mm odchylenia są naogół niewielkie i można z dość znaczną pewnością posługiwać się poniższą tabelką:

Średnice króćców mm		80	100	150	200
Średn. elipsy	większa	60	70	110	160
	mniejsza	40	50	70	100

Skolei trzeba poświęcić parę słów narzędziom, służącym do wygardłowania otworu wyciętego w rurze.



Rys. 6. Wywijanie otworu w rurze dla przypawania króćca \varnothing 50 mm.

Znakomite usługi przy średnicach odgałęzi od 80 mm wzwyż oddaje rak, przedstawiony na rys. 2. Dla małych średnic (50 mm) trzeba jednak narzędzie nieco zmodyfikować, przyczem



Rys. 7. Ukosowanie krawędzi króćca o \varnothing pow. 100 mm.

najodpowiedniejszym kształtem będzie przedstawiony na rys. 3.

Wywijanie otworu jest operacją łatwą, postępuje szybko, tak np. przy rurze średnicy 750 mm, o grubości ścianki 10 mm, kompletne przygotowanie do przypawania króćca śr. 150 mm trwa 1,5 godz. Jeżeli się zważy, że przy-

pawanie takiego króćca trwa również 1,5 godz., to przyznać należy, że sposób ten daje bardzo znaczne oszczędności na czasie, gdyż w ciągu



Rys. 8. Przypawanie króćca \varnothing 50 mm przy budowie rurociągu Piaśniki — Makoszowy.

3-ch godzin kształtki odgałęzieniowej do rurociągu o średnicy np. 750 mm wbudować nie można.



Rys. 9. Króćciec \varnothing 50 mm przypawany do rurociągu Piaśniki — Makoszowy bezpośrednio w wykopie.

Jak się takie wywijanie otworu odbywa, objaśniają rys. 4—6, przytem na rys. 5 i 6 pokazane jest wywijanie otworu dla króćca średnicy 50 mm.

Chcąc uniknąć spawania ponad głową, należy górną połowę bocznej ściany króćca spawać od zewnątrz, a dolną — od wewnątrz króćca (rys. 1).

Oczywiście bosc końce króćców muszą być w tym celu odpowiednio szazowane od zewnątrz dla górnej części spawanej, od wewnątrz na dolnej (rys. 7).

Całkowicie spawania ponad głową nie da się uniknąć. Króćce poniżej 100 mm średnicy udaje się spawać jedynie całkowicie od zewnątrz, małe jednak wymiary pozwalają na szybkie wykonanie spawania bez trudności.

Powyżej opisany sposób został wypróbowany nietylko w warunkach warsztatowych, ale i w praktyce przy budowie państwowego rurociągu Piaśniki — Makoszowy w roku ubiegłym.

Próby warsztatowe wykonano w warsztatach szkolnych Stowarzyszenia dla Rozwoju Spawania i Cięcia Metali w Katowicach — na odcinku rury o długości ca 2 m, przypawając do niej 4 króćce o średnicy 80, 100, 150 i 200 mm. Wykonany w ten sposób model poddano próbie hydraulicznej na ciśnienie 30 atm, przyczem żadne odkształcenia ani w spoinach, ani w wywinętych częściach rury nie nastąpiły.

Rys. 8 i 9 ilustrują spawanie króćców odgałęzionych podczas budowy wspomnianego wyżej rurociągu Piaśniki — Makoszowy.

Sposób ten okazał się bardzo praktyczny, a nadewszystko tani, w porównaniu z łączeniem odpowiednich do tego celu kształtek, przygotowanych zawczasu w wytwórni.

Exécution de branchements à l'aide du chalumeau sur des conduites en acier de grand diamètre.

Pour exécuter un branchement sur une canalisation en acier pour eau potable, on avait autrefois l'habitude de découper la conduite et d'y fixer, à l'aide de joint à manchon, une pièce en T soudée, préparée d'avance à l'usine. Ce procédé étant compliqué et coûteux, on fait actuellement le piquage direct de branchement, en découpant l'ouverture à l'aide du chalumeau et en soudant le tube sur place, comme il est montré sur les figures. Pour les raccords dépassant 100 mm de diamètre on peut éviter la soudure au-dessus de la tête, en chanfreinant les bords de la moitié inférieure du joint vers l'intérieur de la conduite, et de la moitié supérieure vers l'extérieur (fig. 7). Les essais d'étanchéité à 30 atm. de pression ont démontré que les branchements faits sur place sont aussi résistants que ceux exécutés à l'usine.

Anschweissen von Stutzen auf Stahlleitungen grösserer Durchmesser bei Anwendung des Azetylenbrenners.

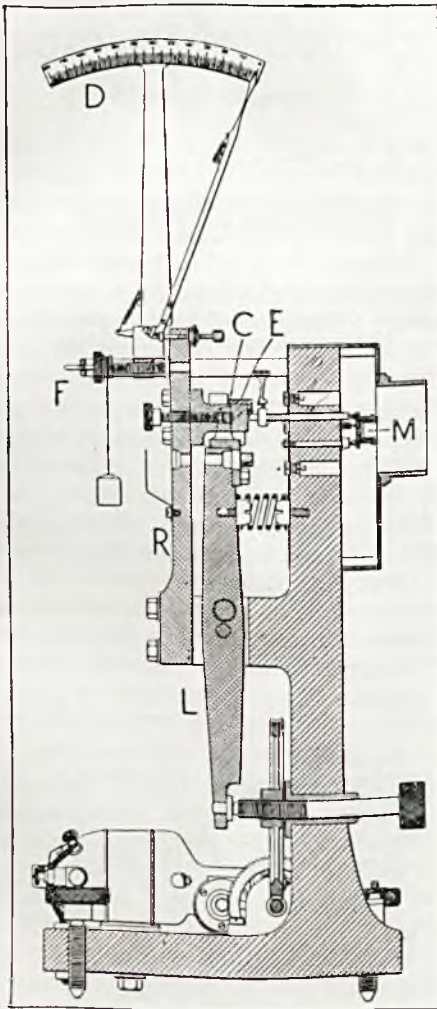
Um an eine stählerne Trinkwasserleitung Abzweigungen anzubringen, wurde die Leitung gewöhnlich mit Schneidbrennern getrennt, wonach in die Trennung ein fertiges T-Stück eingeschweisst wurde. Da dieses Verfahren umständlich und kostspielig war, werden neuzeitlich die Abzweigungen unmittelbar an die Rohre verschweisst, die vorher an der betreffenden Stelle mit Hilfe des Schneidbrenners aufgeschnitten wurden, wie es die Zeichnungen erläutern. Um bei Stutzen über 100 mm Durchmesser die Überkopfschweissung zu vermeiden, wird die untere Hälfte der Leitung nach innen — und die obere Hälfte nach aussen abgeschragt (Fig. 7). Die Druckprüfungen der Leitungen bis 30 atü haben bewiesen, dass Stutzen, welche unmittelbar auf die Rohre angeschweisst wurden, ebenso dicht waren wie die fertig gelieferten.

Mikromechaniczne badania spoin

620.17 : 621.791
600 słów + 8 rys.

Poważnym postępowaniem na polu badań połączeń spawanych jest metoda Chevenarda, za pomocą której można badać próbki o średnicy zaledwie 1—1,5 mm. Próbki te można pobierać bezpośrednio z konstrukcji spawanej, bez jej zniszczenia.

Na wynalezionej przez Chevenarda mikromaszynie (rys. 1) badane są mikropróbki na rozciąganie, ścinanie i zginanie. Wyniki prób są rejestrowane fotograficznie. Aby zrozumieć lepiej zasadę działania maszyny, omówimy szczegółowo badanie mikropróbek na rozciąganie.



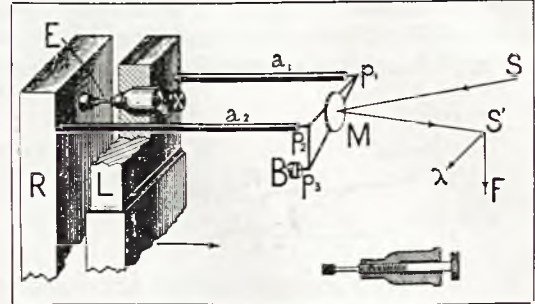
Rys. 1. Ogólny schemat mikromaszyny Chevenarda.

Mikropróbka o \varnothing 1 — 1,5 mm i długości pomiarowej 7 mm posiada główki nagwintowane, które zamocowuje się w odpowiednie uchwyty kształtu cylindryczno-sferycznego, umocowane na końcu dźwigni *L* i sprężyny płaskiej *R* (rys. 2).

Dźwignia *L* (rys. 2), która obraca się naokoło osi prostopadłej do rysunku, jest posuwana w kierunku pokazanym strzałką za pomocą małego motorku elektrycznego ustawionego na podstawie maszyny (rys. 1); podczas tego ruchu próbka ulega wydłużeniu. Sprężyna *R* pełni rolę

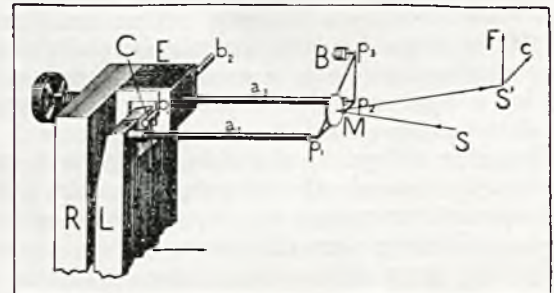
dynamometru; odkształcenia jej przenoszą się na strzałkę, widoczną na rys. 1, której wskazania wobec małego obciążenia są bardzo dokładne.

Ruch sprężyny *R* i dźwigni *L* przenosi się na amplifikator $p_1 p_2 p_3$ (rys. 2). W czasie rozciągania próbki drążek a_1 przesuwając ostrze w płaszczyźnie poziomej, natomiast drążek a_2 przesuwając drugie ostrze p_2 w płaszczyźnie pionowej, bowiem pionowa dźwignia $p_2 p_3$ obraca się dokoła ostrza p_3 , opartego na punkcie stałym *B*. Promień *S* padający na lustro wklęsłe *M*



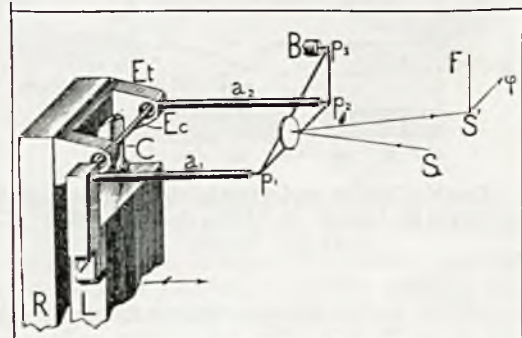
Rys. 2. Próba na rozciąganie.

gania próbki drążek a_1 przesuwając ostrze w płaszczyźnie poziomej, natomiast drążek a_2 przesuwając drugie ostrze p_2 w płaszczyźnie pionowej, bowiem pionowa dźwignia $p_2 p_3$ obraca się dokoła ostrza p_3 , opartego na punkcie stałym *B*. Promień *S* padający na lustro wklęsłe *M*



Rys. 3. Próba na ścinanie.

umieszczone na trójkącie $p_1 p_2 p_3$, ulega więc odchyleniu w płaszczyźnie pionowej i płaszczyźnie poziomej. Odchylenia w płaszczyźnie poziomej są proporcjonalne do ruchu drążka a_1 , t. j. dźwigni *L*, a więc do wydłużenia próbki,

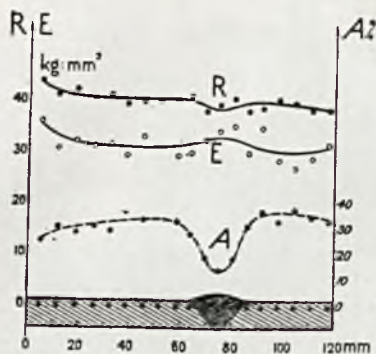


Rys. 4. Próba na gięcie.

a odchylenia lusterka w płaszczyźnie pionowej są proporcjonalne do ruchu a_2 , t. j. sprężyny *R*, a więc do siły rozciągającej próbkę. Odbyty promień S' zakreśla na światłoczułym pa-

pierze krzywą wypadkową obu tych ruchów; rzędne tej krzywej λ dają wydłużenie próbek w pewnej skali, a odcięte F — siły rozciągające. Z krzywej tej można narysować normalny wykres naprężenie-wydłużenie.

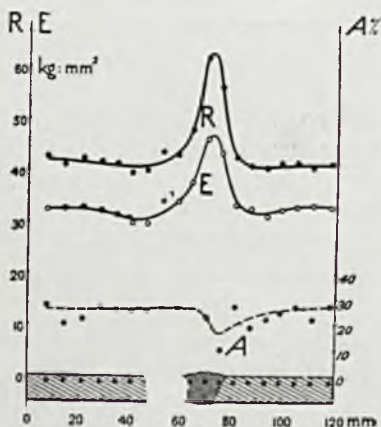
Do prób na ścinanie stosuje się próbkę cylindryczną b_1, b_2 (rys. 3). Próbka jest zaciśnięta w szczęce E umocowanej na sprężynie R , nóż C umocowany na końcu dźwigni L wgłębia się w próbkę. Rzędne krzywej zakreślonej przez promień odbity S^1 dają w tym wypadku głębokość c zagłębienia się noża i siłę ścinającą F .



Rys. 5. Przebieg zmian cech wytrzymałościowych w kierunku poprzecznym do spoiny, na blaszce stalowej o 0,06% C, spawanej palnikiem.

W ten sam sposób przy próbie na gięcie (rys. 4) odcięte krzywej promienia świetlnego dają strzałkę ugięcia φ , a rzędne siłę gnącą F ; próbka w tym wypadku może być cylindryczna lub pryzmatyczna.

Hamulec F (rys. 1) służy do hamowania ruchu sprężyny w chwili rozrywania próbki, gdyż nagły powrót sprężyny mógłby wywołać uszkodzenie delikatnego amplifikatora.



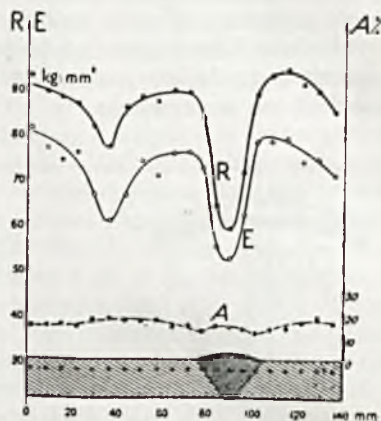
Rys. 6. Przebieg zmian wytrzymałościowych w kierunku poprzecznym do spoiny, na blaszce stalowej o 0,06% C, spawanej łukiem.

Do badań połączeń spawanych maszyna Chenarda może być bardzo użyteczna, gdyż wycięcie z przedmiotu wykonanego małych próbek nie przedstawia trudności, a miejsca wycięte mogą być łatwo ponownie wypełnione metalem.

Bardzo ważną zaletą tej metody jest możliwość zbadania zmian we własnościach mecha-

nicznych materiału w poszczególnych punktach spoiny i w materiale obok spoiny. Na rys. 5—8 podajemy przykłady wyników badań, wykonanych tą metodą przez prof. Portevin'a.

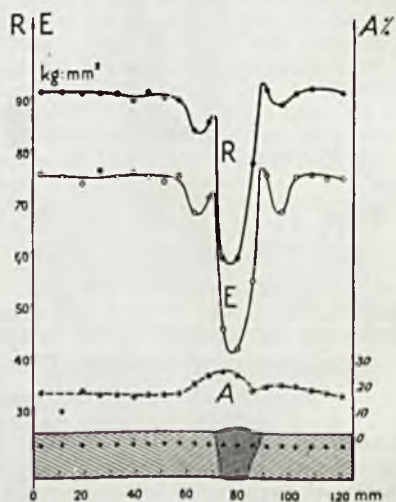
Rys. 5 przedstawia zmiany w kierunku poprzecznym do spoiny granicy wytrzymałości na rozerwanie R , granicy sprężystości E i całkowitego przydłużenia A na blaszce miękkiej o 0,06% C, spawanej palnikiem, przy użyciu drutu o tym samym składzie.



Rys. 7. Przebieg zmian wytrzymałościowych w kierunku poprzecznym do spoiny, na blaszce ze stali chromomolibdenowej, spawanej palnikiem.

Jak widać, R i E wykazują małe wahania, natomiast przydłużenie w spoinie jest mniejsze niż w metalu rodzimym, z powodu gorszej struktury stopiwa; zmiany struktury nie wpływają jednak na wytrzymałość, zbliżają tylko nieco do siebie granice wytrzymałości na rozerwanie i sprężystości.

Natomiast wykres na rys. 6, przedstawiający krzywe wytrzymałości i przydłużenia na blaszce, jak wyżej, spawanej łukiem, przy użyciu



Rys. 8. Przebieg zmian wytrzymałościowych w kierunku poprzecznym do spoiny, na blaszce ze stali chromomolibdenowej, spawanej łukiem elektrycznym.

elektrody powlekanej o zawartości 0,15% C, wykazuje znaczny wzrost w spoinie R i E , co się tłumaczy większą zawartością węgla w materiale stopionym. Wzrost ten jednak jest zbyt wielki, aby można było go tłumaczyć tylko

tą przyczyną; według p. Seferiana należy go przypisać pochłanianiu azotu przez stopiwo.

Wykresy na rys. 7 i 8 odnoszą się do spawania stali chromomolibdenowej (0,31 % C, 1 % Cr i 0,36 % Mo); pierwszy — palnikiem acetylenowym przy użyciu drutu o tym samym składzie, a drugi — łukiem elektrycznym przy użyciu elektrod powlekanych o 0,15 % C. Wpływ przebiegów termicznych, jakie przechodzi ten metal wskutek spawania, występuje tu z wielką wyrazistością. Szybkie stygnięcie metalu w samej spoinie, samohartowanie się — obok spoiny — metalu, nagrzanego powyżej punktu przemiany,

i odpuszczenie metalu, dalej od spoiny położonego, nagrzanego poniżej tego punktu — znajdują swój wyraz w wykresach. Większe umiejscowienie ciepła przy spawaniu łukowym jest powodem, że wahania krzywej z rys. 8 są bardziej skupione w okolicach spoiny i bardziej strome.

Mikropróby na maszynie Chevenarda, w połączeniu z próbami metalograficznymi, stanowią jedyne właściwe sposoby badania tworzyw niejednorodnych, jakimi są z natury tworzywa połączenia spawane. (*Bulletin des Ing. Soudeurs*, Nr. 35, 1935).

Lutospawanie żeliwa.*)

621.791.3.
2450 słów + 15 rys.

Uwagi ogólne.

Naprawa odlewów żeliwnych, które często ulegają uszkodzeniom, odgrywa w technice spawalniczej poważną rolę.

Najlepszą metodą naprawy jest spawanie acetylenowo-tlenowe z podgrzaniem całego przedmiotu na ognisku. Używać przytem należy odpowiednich żeliwnych pałeczek i proszku. Jeżeli pęknięcie nastąpiło wskutek wad w materiale lub wewnętrznych naprężeń odlewniczych, wówczas po naprawie przedmiot może być nawet w lepszym stanie użyteczności, niż przedmiot nowy, gdyż wady te zostają przez przetopienie i należyte wyżarzenie materiału zupełnie usunięte. Również, jeżeli przyczyną pęknięcia jest błąd konstrukcji, t. j. zbyt słaby przekrój, to przez zgrubienie spoiny można ten błąd naprawić.

Naprawy tego rodzaju są dość trudne i wymagają dobrego fachowca, którego niezawsze można mieć w rozporządzeniu, pozatem często z różnych względów pragnie się uniknąć rozbioru i podgrzewania przedmiotu.

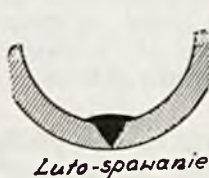
Do łączenia części żeliwnych „na zimno”, t. j. bez podgrzewania, stosuje się również spawanie łukowo-elektryczne. Przy spawaniu łukowym, czy to zapomocą pałeczek powlekanych ze stali miękkiej, czy też zapomocą pałeczek żeliwnych, nie można osiągnąć dobrego spojenia się materiału dodawanego z materiałem przedmiotu. Podczas stygnięcia spoina kurczy się więcej niż metal przedmiotu i połączenie łatwo pęka. Aby temu zapobiec, zaopatruje się ścianki rowka i paski na powierzchni przedmiotu obok rowka — w kilka szeregów czopków, a następnie dopiero wypełnia się rowek metalem. Łącznikiem pomiędzy spoiwem a materiałem przedmiotu są więc czopki.

Naprawa tego rodzaju, aczkolwiek często wystarczająco wytrzymała, nie może być uważana za równorzędną z prawdziwym procesem spawania. Również spawaniem w znaczeniu ścisłym nie można nazwać spawania łukiem żeliwa na zimno zapomocą elektrod specjalnych, które

nie zawierają żelaza, lecz są wykonane ze stopu miedzi z niklem, t. zw. metalu monel.

W tym ostatnim wypadku wchodzimy już w dziedzinę lutospawania, gdyż metal w spoinie jest stopem zupełnie różnym od materiału rodzimego i nie miesza się z nim. Jednak łuk elektryczny jest źródłem ciepła zupełnie nieodpowiednim do lutospawania i dlatego ten sposób naprawy też nie daje dobrych wyników, przytem elektrody z metalu monel są bardzo kosztowne. Spawanie łukowe wymaga kosztownych instalacji i znajduje zastosowanie w wypadkach tylko b. grubych i ciężkich przedmiotów, które trudno jest zdemontować i podgrzać.

Lutospawanie żeliwa w stosunku do wyżej wymienionych sposobów naprawy odlewów żeliwnych przedstawia szereg zalet technicznych i korzyści ekonomicznych. Unika się podgrzewania przedmiotu, a więc niema potrzeby demontowania części uszkodzonej (np. cylindry parowozów), otrzymuje się połączenie znacznie wytrzymalsze i szczelniejsze, niż jakakolwiek metodą spawania łukowego, czas spawania jest znacznie krótszy i koszt naprawy jest bez porównania mniejszy.



Rys. 1.



Rys. 2.

Cylindry można lutospawać od strony wewnętrznej (rys. 1) gdyż spoiwo ma taką samą twardość jak żeliwo i jest dobrze obrabialne, tymczasem przy spawaniu łukowym trzeba spawać od zewnątrz, jak to widać na rys. 2.

Jedyną niedogodnością tego sposobu z punktu widzenia handlowego jest inna barwa (jasno-żółta) miejsca naprawionego, przezco jest ono odrazu widoczne.

Temperatura lutospawania. Zmiany w strukturze żeliwa następują, począwszy od temperatury ok. 775°, jest to więc graniczna

*) Artykuł ten stanowi uzupełnienie do art. „Lutospawanie”, zamieszczonego w zeszycie poprzednim.

temperatura, której przy lutowaniu żeliwa przekraczać nie wolno.

Ponieważ spoiwo, stosowane przy lutowaniu, np. „Bronzyt“, zwilża żeliwo już w temperaturze ok. 650°, więc lutowanie żeliwa odbywa się w temperaturze od 650° (kolor ciemno-czerwony) do 775° (kolor wiśniowy).

Lutowanie odbywa się więc przy temperaturze niższej o 300° od punktu topliwości żeliwa. Zatem spawacz przyzwyczajony do spawania acetylenowego winien przywyknąć rozróżniać zabarwienie, jak wyżej powiedziano, i nie przekraczać koloru wiśniowego.

Lutowanie przy zbyt wysokiej temperaturze nie daje dobrych wyników.

Spoiwo i topniki.

Do lutowania odlewów należy stosować drut specjalny o średnicy 4 do 6 mm i tylko przy bardzo cienkich przedmiotach pałeczki 3 mm.

Topnik, używany przy lutowaniu żeliwa, ma za zadanie ułatwiać „zwilżanie“ żeliwa przez spoiwo, oczyszczanie powierzchni żeliwa i pochłanianie gazów wydzielających się z powodu obecności grafitu.

Topnik ten w formie pasty należy nakładać cienką warstwą, najlepiej czystym pędzlem, na całej powierzchni krawędzi łączonych.

Podczas samego spawania używa się dodatkowo specjalnego proszku do lutowania, przyczem zanurza się w nim od czasu do czasu pałeczkę spoiwa.

Przygotowanie krawędzi łączonych.

Metal spoiwa nie wchodzi do wąskiej szczeliny pęknięcia, dlatego też przed przystąpieniem do naprawy pękniętego przedmiotu należy w miejscu pęknięciem wyciąć rowek w kształcie litery V.

Ponieważ grafit jest ze wszystkich składników żeliwa elementem najmniej wytrzymałym, więc podczas pęknięcia cząsteczki rozłupują się wzdłuż płytek grafitu, tak że powierzchnia pęknięcia jest gęsto pokryta temi płytkami. Spoiwo nie zwilża grafitu, więc gdy większość powierzchni stanowi wolny węgiel, zwilżanie jest niemożliwione.

Przez obróbkę tej powierzchni na gładko ścinakiem albo szlifierką przecina się w poprzek cienkie płytki grafitu i tym sposobem powierzchnię metalu oczyszcza się z nadmiaru grafitu. Powierzchnię zewnętrzną przedmiotu na pewnej szerokości z obu stron wyciętego rowka również trzeba oszlifować, gdyż metal na powierzchni jest porowaty i posiada najczęściej naskórek składający się z tlenków i to często na znacznej głębokości.

Obecność tych tlenków (wyższy punkt topliwości niż żeliwa) uniemożliwia również zwilżanie powierzchni.

Krawędzie ukosuje się pod kątem od 90° do 60°.

Oczyszczania samego wycięcia i pasków z obu stron wyciętych krawędzi dokonywa się

z pomocą ścinaka lub szlifierki. Ścinak musi być bardzo ostry, aby metal był gładko cięty, a nie odłupywał się przez podważanie ostrzem, gdyż wówczas znowu płytki grafitu pokrywać będą powierzchnię. Przy obrabianiu szlifierką grafit zostaje rozarty na powierzchni. Należy go zatem usunąć przy pomocy energicznego oczyszczenia powierzchni przy pomocy szczotki drucianej. Bardzo poleca się — o ile to jest możliwe — oczyszczanie powierzchni strumieniem piasku, gdyż wówczas miękkie ziarenka grafitu są dokładnie wydrapane z powierzchni.

Dobrze przygotowane i wykonane połączenie lutowane nie ustępuje co do wytrzymałości materiałowi rodzimemu, a pod względem szczelności jest doskonałe.

Nauka lutowania żeliwa.

Palnik należy uregulować normalnie. Wydajność palnika w zasadzie winna wynosić 20 do 30 litrów acetyleny na każdy milimetr grubości przedmiotu na linii spoiny.

Jednakże wielkość palnika zmienia się nieco w zależności od wymiarów przedmiotu i jego formy.

Należy uprzednio wprawić się w lutowanie stali miękkiej. Następnie należy sobie uprzytomnić granice temperatur odpowiednich do lutowania żeliwa, jak powiedziano wyżej. Przy początkowych próbach należy układać łańcuszek spoiwa na kawałkach żeliwa 10 mm grubości, które należy oczyścić pilnikiem, szlifierką lub piaskownicą, na szerokości przynajmniej 3 cm i możliwie największej długości. Oczyszczoną powierzchnię pociąga się pastą, unikając przytem dotykania jej brudnymi, tłustymi palcami.

Biorąc odpowiedni palnik (300 litrów przy 10 mm grubości) nakłada się łańcuszek stopionego metalu. Początkowo podgrzewa się metal do czerwonego żaru, a gdy już odpowiednia temperatura jest osiągnięta, topi się metal pałeczki i układa łańcuszek, maczając od czasu do czasu pałeczkę w proszku. Przy przerwach w pracy należy za każdym razem zaczynać od zanurzania pałeczki w proszku.

Jeśli zwilżanie i łączenie się spoiwa z żelivem nie następuje, to znaczy, że metal jest za mocno lub za słabo podgrzewany. Zbyt wysoką temperaturę wskazuje nam kolor płytki żeliwnej i wystarczy wówczas na chwilę oddalić palnik i rozpocząć robotę nanowo, zmniejszając trochę moc palnika. Jeżeli żeliwo jest zbyt zimne, należy lepiej je podgrzać, zanim się przystąpi do nakładania spoiwa.

Po nałożeniu łańcuszka należy sprawdzić przy pomocy ścinaka, czy spoiwo dobrze chwyciło. Przy dobrym wykonaniu spoiwo odrywa się razem z cząstkami żeliwa.

Po dojściu do odpowiedniej wprawy w nakładaniu można przystąpić do łączenia dwóch części żeliwnych.

Lutowanie poziome.

Na rys. 3 mamy przedstawione na 5 szkicach różne sposoby lutowania żeliwa w położeniu poziomym, zależnie od grubości łączonych części.

Poniżej 4 mm grubości lutowanie wykonuje się bez ukosowania. Krawędzie, oraz górną powierzchnię przedmiotu na szerokości 1 cm z każdej strony szczeliny należy oczyścić do czystego metalu. Lutowanie wykonuje się za jednym przejściem (jedną warstwą); palnik należy wybrać o mocy około 100 litrów acetyleny na godzinę. Należy uważać, aby grubość spoiny była wystarczająca; grubość warstwy nadlanej powinna wynosić połowę grubości przedmiotu.

Od 4 do 8 mm grubości — należy krawędzie zukosować, tworząc rowek o rozwarości 90°, oraz oczyścić do białego metalu powierzchnię na szerokości 1 cm z każdej strony rowka. Lutowanie wykonuje się również jedną warstwą. Dla ułatwienia pracy można pochylić linę spawania pod kątem od 10 do 20° do poziomu; ułatwia to zwilżenie i wpływa na zwiększenie szybkości pracy.

Od 8 do 12 mm grubości — krawędzie przytłoczyć się, jak poprzednio, lecz samo lutowanie wykonuje się dwiema warstwami. Poszczególne warstwy poleca się wykonać odcinkami o długości 8 — 10 cm.

Pochylając płaszczyznę lutowania pod kątem 30° można wykonać lutowanie jedną warstwą, jak przy lutowaniu pochyłym (patrz dalej).

Od 12 do 20 mm grubości — przygotowuje się krawędzie jak poprzednio z tą różnicą, że rowek o rozwarości 80° jest wystarczający dla uzyskania dobrego zwilżania. Lutowanie wykonuje się 3 warstwami.

Powyżej 20 mm grubości — rowek o rozwarości 60 — 70° jest wystarczający. Sposób lutowania jest następujący: spawacz powinien ustawić się twarzą do spoiny i najpierw ułożyć warstwę 1 o długości kilku centymetrów (rys. 3). Następnie należy układać warstwę 2 pochyło w górę pod kątem 45°, starając się aby spoino dobrze zwilżało krawędź przedmiotu i jednocześnie łączyło się z poprzednio nałożoną warstwą spoina. W tym celu należy naprzemian zagrzewać żeliwo do koloru ciemno-czerwonego i topić poprzednio nałożoną warstwę mosiądzu; zachodzi więc w tym wypadku lutowanie w stosunku do żeliwa, a spawanie w stosunku do nałożonego metalu. Aby otrzymać dobre wyniki należy unikać przegrzewania żeliwa, które — będąc złym przewodnikiem ciepła — szybko się zagrzewa, a natomiast dobrze grzać spoino, które, jako dobry przewodnik ciepła, zagrzewa się trudno. W tym celu płomień palnika należy zawsze kierować na ułożoną warstwę spoina, a pałeczkę spoina trzymać między krawędzią żeliwa a palnikiem, jak to wskazuje rys. 5.

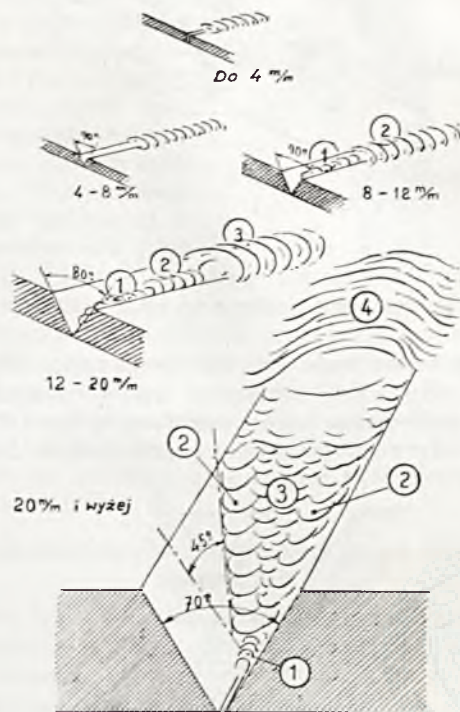
Kierując płomień palnika na krawędź żeliwną, uniemożliwia się zwilżanie i praca nie udaje się (rys. 4).

Po nałożeniu warstw 2 wypełnia się środek warstwą 3, utrzymując stale pochyłość nakładanych warstw pod kątem 45° do poziomu (rys. 3).

Nakładanie warstw 3 jest w rzeczywistości spawaniem mosiądzu mosiądzem i wykonuje się

łatwo; należy tylko używać proszków w większej ilości.

Po wypełnieniu rowka warstwami 1, 2, 3, na długości 4 — 5 cm. pozostaje już tylko wyrównać i nadlać spoinę, nakładając warstwę 4 (rys. 3). Ta ostatnia warstwa winna zachodzić na górne powierzchnie krawędzi przedmiotu i tworzyć pewną wypukłość w celu zwiększenia wytrzymałości połączenia.



Rys. 3. Lutowanie żeliwa różnych grubości. Cyfry oznaczają kolejność układania warstw metalu.

Początkującym trudno przychodzi uzyskać dobre połączenie spoina z górnymi krawędziami żeliwa. Niepowodzenie w tym wypadku, jak i przy innych grubościach żeliwa, spowodowane jest niestosowaniem się do wskazówki, że nie należy kierować płomienia palnika na żeliwo, tylko na poprzednio nałożony metal — oraz, że palnik nie powinien być zbyt mocny.

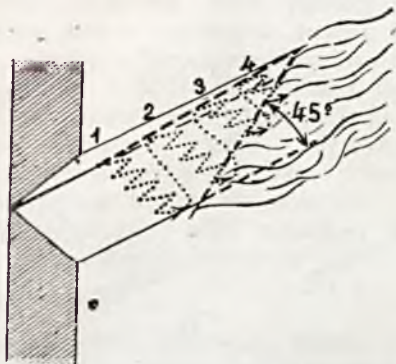


Rys. 4 i 5. Niewłaściwe (na lewo) i właściwe (na prawo) położenie palnika.

Lutowanie poziome na płaszczyźnie pionowej wykonuje się zawsze przy brzegach zukosowanych i w ten sposób, iż płaszczyzna topienia tworzy kąt 45° do poziomemu. Zaczyna się lutowanie od dolnej krawędzi, nakładając warstwę 1, później — idąc coraz dalej w górę — warstwy 2, 3 i 4, jak obrazuje rys. 6.

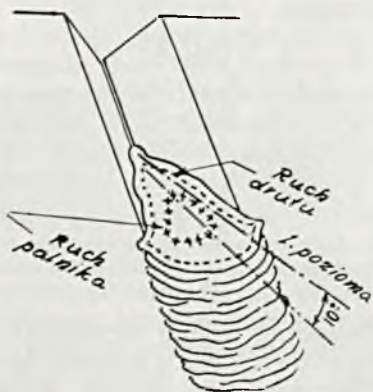
Lutospawanie pochyłe w górę.

Ogólnie biorąc, lutospawanie w położeniu poziomem nie jest metodą najwygodniejszą i we wszystkich wypadkach — o ile to możliwe — należy ustawić przedmiot tak, aby linja luto-



Rys. 6 Lutospawanie poziome na płaszczyźnie pionowej.

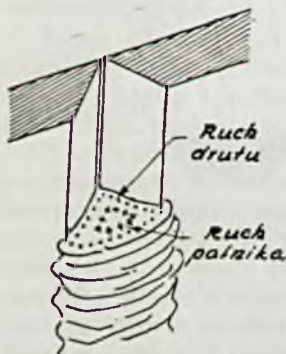
spawania tworzyła kąt 45° w stosunku do poziomu. Spawając pochyło w górę, można wykonać połączenie jedną warstwą na każdej grubości. Przy tej metodzie powierzchnia kąpieli



Rys. 7. Lutospawanie pochyłe w górę.

stopionego metalu tworzy lekki spadek (około 10°) w kierunku spawacza (rys. 7).

Drut do lutospawania prowadzi się wzdłuż krawędzi ukosowanych przedmiotu i zewnętrznej linii spoiny (linja kreskowana na rys. 7). Palnik zaś przesuwa się obok drutu, jednak należy się starać nie kierować płomienia na krawędzie przedmiotu, aby ich zbyt nie nagrzewać. Na rys. 7 oznaczono krzyżykami miejsca, na które należy kierować płomień palnika. Należy też pamiętać, aby nałożyć metal na powierzchnię przedmiotu poza rowkiem, w celu zwiększenia wytrzyma-



Rys. 8. Lutospawanie pionowe żeliwa.

łości spoiny. Przy większych grubościach (powyżej 30 mm) ruchy palnika i drutu są te sa-

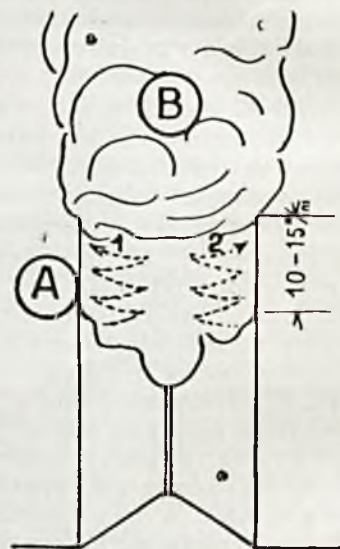
me, jednak ze względu na to, iż powierzchnia topienia jest dość duża, konieczne jest wypełnić dodatkowo środek spoiny, jak to było opisane przy lutospawaniu poziomem.

Lutospawanie pionowe.

Lutospawanie pionowe wykonuje się trochę wolniej, jak pochyłe w górę, jednak sposób ten nie przedstawia większych trudności. Lutospawanie pionowe ma tę zaletę, iż łatwiej jest wykonać pracę należyście, niż w wypadku lutospawania poziomego lub pochyłego. Bowiern przy poprzednich metodach stopiony metal może pokryć żeliwo niedostatecznie podgrzane, co powoduje przyklejenie, a więc słabą wytrzymałość połączenia. Natomiast przy lutospawaniu pionowym, stopione spoiwo zwilża pionowe ścianki rowka, wznosząc się same nieco w górę. Gdy temperatura żeliwa nie jest odpowiednia, zwilżenie nie następuje, stopiony metal nie chwytą się żeliwa i spływa w dół, co spawacz łatwo zauważy.

Ruchy palniczki i palnika są takie same, jak przy metodzie pochyłej w górę (rys. 7). Przy pewnej zručności i wprawie można uzyskać ładny wygląd spoiny. Aby uniknąć wypływania metalu z kąpieli, która w tym wypadku ma mniejsze rozmiary, niż przy spawaniu poziomem, należy używać palnika słabszego.

Lutospawanie pionowe w dół. Gdy pęknięcie kończy się na dolnej krawędzi przedmiotu, wtedy trzeba prowadzić spoinę od góry do dołu. Po zukosowaniu, lutospawanie wykonuje się odcinkami długości od 10 do 15 mm, ale metodą w górę, jak to wykazuje rys. 9. Spoina narasta zgóry nadół, ale odcinki poszczególne są wykonane zdołu dogóry.



Rys. 9. Lutospawanie pionowe w dół.

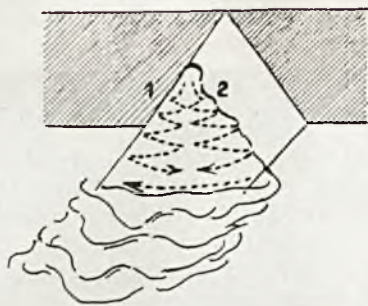
Nakłada się najpierw miejsce A łączuszkami 1 i 2, a następnie wypełnia się rowek warstwą B.

Lutospawanie nad głową.

Lutospawanie nad głową (sufitowe) jest już znacznie trudniejsze, niż poprzednie, lecz zdarza się, iż przy niektórych naprawach bez demontażu jest konieczne.

Należy wybrać palnik o małej mocy, np. 15 — 20 litrów acetyleny na milimetr grubości. Po nagraniu żeliwa do odpowiedniej temperatury, płomień palnika należy kierować na śro-

dek, a drutem wykonywać ruchy, jak wskazano na rys. 10, naprzemian z każdej strony od góry do dołu (strzałki 1 i 2). W ten sposób wypełnia się rowek całkowicie.

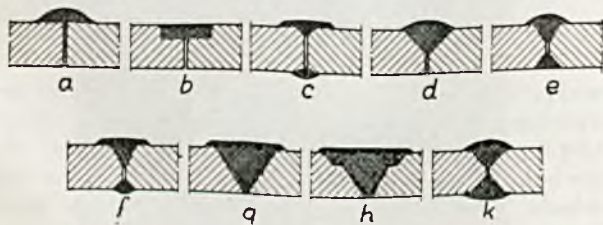


Rys. 10. Lutospawanie żeliwa nad głową.

Następnie należy zakończyć spoinę, uważając przytem, aby wychodziła poza rowek. Przy tej ostatniej operacji również należy płomień palnika kierować na środek spoiny, a drut przesuwać zawsze po zewnętrznym obwodzie spoiny. Płaszczyna topienia powinna być pionowa. Jeśli w czasie topienia zdarzy się, iż kropla oderwie się i spływając wdół zastęgnie na spoinie, to nie należy jej tam zostawić, lecz — stapiając palnikiem — pozwolić jej spaść na ziemię. Bowiem taka kropla nie jest dobrze złączona z metalem i przy topieniu w tem miejscu odpadnie, pociągając za sobą nalany na nią metal.

Kształt spoiny.

Jeżeli idzie o naprawienie pęknięcia tylko powierzchnie, ze względu na szczelność, a nie zależy na wytrzymałości, kształt spoiny może być taki, jak przedstawiono na rys. 11a, lub 11b. Przy przedmiotach narażonych na obciążenia, trzeba dać spoinę mocniejszą. Jeżeli w przekroju spawanym są tylko naprężenia ściskające, wystarczy również spoina nie na całej grubości,



Rys. 11. Kształt połączeń lutospawanych.

jak to przedstawia szkic 11c, a gdy niema dostępu z obu stron — może być stosowane rozwiązanie 11d.

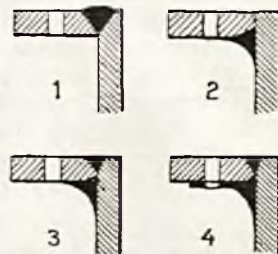
Zgrubienie spoiny powinno być dość duże i wychodzić poza rowek.

Dla połączeń pracujących na zginanie w jednym kierunku wystarczy rowek w kształcie litery V (rys. 11d), przyczem szeroka część spoiny winna być ciągniona, a dolna ściskana. Gdy trzeba mieć połączenie również wytrzymałe na przypadkowe naprężenia skierowane w drugą stronę, przygotowanie, jak na rys. 11e i f, jest godne polecenia; rowek z drugiej strony jest znacz-

nie mniejszy. Często wystarczy położyć łańcuszek z drugiej strony wycięcia V, jak na rys. 11c.

Połączenia pracujące na rozciąganie lub silne zginanie poleca się przygotować, jak na rys. 11g, h lub 11k, gdyż w tym wypadku przekrój spoiny powinien być jaknajwiększy. Kształt na X (rys. 11k) poleca się specjalnie, gdy zginanie jest obustronne.

Na rys. 12 przedstawiono różne sposoby łączenia kołnierzy na rurach żelaznych. Przygotowanie, jak na szkicu 1, jest niewłaściwe, gdyż włókna ciągnięte znajdują się w dolnej części spoiny. Lepsze jest przygotowanie, jak na szkicu 2; w celu wzmocnienia tego połączenia można z obu stron wyciąć rowek, jednak dolna spoina ma większe znaczenie niż górna. Gdy otwory na śruby znajdują się bardzo blisko rury, powierzchnię kołnierza obok otworu również nakłada się metalem, aby spoina była dostatecznie mocna (szkic 4).



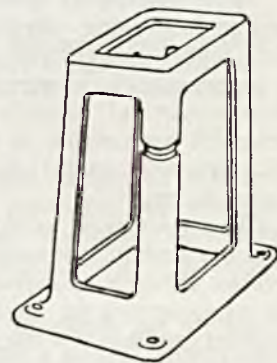
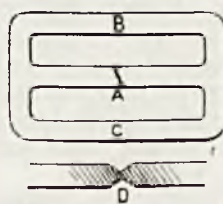
Rys. 12. Lutospawanie kołnierzy.

Odształcenia termiczne przy lutospawaniu.

Przy lutospawaniu zjawisko rozszerzania się i kurczenia metalu zachodzi w znacznie mniejszym stopniu, niż przy spawaniu, a to z powodów następujących:

- 1) moc palnika jest znacznie mniejsza,
- 2) krawędzie łączone nie są nagrzane do temperatury topienia,
- 3) metal lutospoiny jest znacznie więcej ciągliwy na gorąco, niż metal stosowany przy spawaniu, dzięki czemu naprężenia wewnętrzne wyrównują się przez odształcenia lutospoiny.

Walka z odształceniami jest więc przy lutospawaniu znacznie łatwiejsza, niż przy spawaniu, i niekiedy zupełnie odmienna.

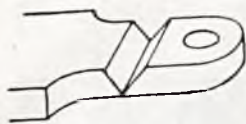


Rys. 13 i 14. Lutospawanie nie wymaga podgrzewania.

Dla przykładu weźmy ramkę z rys. 13. W wypadku naprawy zapomocą spawania pręta A sztywno zamocowanego na obu końcach w ramce BC, należy podczas spawania grzać pręty

B i *C*, aby wszystkie 3 pręty kurczyły się równomiernie po spawaniu. Przy lutospawaniu zaś ukosuje się pręt *A*, jak pokazano na rys. 13, pozostawiając część *D* niezukosowaną i wykonuje się połączenie bez podgrzewania prętów *B* i *C*.

Podczas nagrzewania pręta *A* powstające w *B* i *C* naprężenia rozciągające są zbyt słabe, aby pręty nie mogły ich swobodnie znieść. Podczas skurczu pręt *A* przyjmuje swoje poprzednie wymiary, a lutospoina jako metal ciągliwy lekko się odkształca pod wpływem skurczu pręta i skurczu własnego. Bez podgrzewania więc można naprawiać takie części, jak



Rys. 15. Lutospawanie łapy.

podstawa przedstawiona na rys. 14, co przy spawaniu jest niemożliwe.

Innego rodzaju zagadnienie przedstawia naprawa odłamanego ucha (rys. 15). Przy zukosowaniu w kształcie litery *V* skurcz górnej części spoiny będzie większy, niż spodniej, skutkiem czego ucho odchyli się od poziomu. Aby uniknąć takiego zniekształcenia można przed lutospawaniem odchylić ucho w przeciwną stronę, albo natychmiast po lutospawaniu przekuć lutospoinę, wywołując rozszerzenie się górnej części. Kujność lutospoiny jest bardzo cenną zaletą, można bowiem doprowadzić połączenie odkształcone dożądanego kształtu i wymiaru.

W każdym szczególnym przypadku należy więc się zastanowić, jaki kształt nadać spoinie, aby uniknąć odkształceń. Postępowanie to jest podobne, jak przy spawaniu zwykłym, gdy przyczyny odkształceń są identyczne, przeciężenie jednak ewentualnych trudności, dzięki ciągliwości metalu w spoinie i małego stosunkowo nagrzania przedmiotu — jest przy luto-

spawaniu bez porównania łatwiejsze, niż przy spawaniu.

Niepowodzenia są rzadkie, lecz pewne doświadczenie i wprawa są konieczne. Początkującym poleca się ćwiczyć początkowo na przedmiotach zbrakowanych. Niepowodzenia spowodowane są głównie niedość starannym przygotowaniem krawędzi, nadmiernym grzaniem żeliwa, niedostatecznym użyciem pasty lub proszków i wreszcie nieumiejętną manipulacją palnikiem. Należy stosować się ściśle do wskazówek podanych przy opisie postępowania.

W razie wadliwego wykonania należy spoinę w tem miejscu wyciąć lub stopić, oczyścić do białości, pokryć z powrotem pastą krawędź i spoinę wykonać na nowo.

Szybkość lutospawania żeliwa.

Bardzo trudno jest podać dokładne cyfry dotyczące się szybkości lutospawania żeliwa, bowiem przedmioty żeliwne przeważnie mają kształt skomplikowany, a wszelkie zgrubienia, żeberka i t. p. opóźniają pracę. Poza tem czas wykonania zależy od stosownej metody.

Dla orientacji mogą służyć następujące cyfry: przy lutospawaniu poziomem żeliwa o grubości 10 mm dwiema warstwami szybkość lutospawania wynosi 2 m na godz.; lutospawanie żeliwa o grubości 20 mm pochyło w górę pod kątem 45° wykonuje się z szybkością 60 cm na godz., czyli 1 cm na minutę.

Jak widzimy z powyższego, szybkość lutospawania jest w każdym razie znacznie większa niż szybkość spawania acetylenowego lub elektryczno-łukowego. Poza tem odpada czas na podgrzewanie, konieczne przy spawaniu acetylenowym i łukowym na gorąco, ewentualnie — na czopkowanie połączenia — czynności niezbędnej przy spawaniu łukowym na zimno.

Spawanie blach grubych

Przy spawaniu grubych blach często jest bardzo korzystne stosować obustronne spawanie „w górę nawskroś”, o czem mówiliśmy już w poprzednich numerach naszego czasopisma. Stosowanie tej metody zależne jest jednak od pewnych warunków, a mianowicie od możliwości obracania materiału i od łatwego dostępu z obu stron.

W wypadkach, gdy tej łatwości dostępu nie mamy, jesteśmy zmuszeni stosować inne metody, wyniki których, chociaż są mniej ekonomiczne niż przy spawaniu „w górę”, jednak dają nam również pewność właściwego wykonania.

Gdy tylko grubość blach przekracza 15 mm, a należy otrzymać mocne spoiny, przyczem można spawać blachy tylko z jednej strony, należy stosować spawanie w 2-ch warstwach.

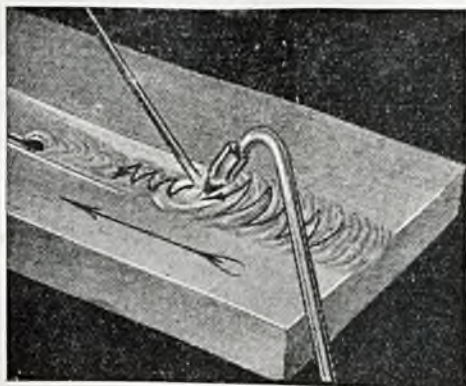
Spawanie dwuwarstwowe można wykonać spawając „wlewo” przy pochyłym ułożeniu blach (rys. 1) lub też metodą spawania „w prawo”. Spoinę wykonuje się krótkimi odcinkami, spa-

wając kolejno warstwę dolną i górną. Przy takim sposobie pracy nie zachodzi znaczna strata ciepła przy przejściu od warstwy dolnej do górnej, a szybkość spawania jest większa niż wtedy, gdy wykonywać kolejno spawanie każdej z warstw na całej długości.

Przedmiot ustawia się w ten sposób, aby linja spawania szła pochyło ku górze. Ukosowanie stosuje się normalne. Naprzód łączy się krawędzie w głąbi rowka na długości 5—8 cm, przytem płomień palnika powinien przenikać głęboko do szczeliny, w celu osiągnięcia dobrego przetopienia. Podczas stapiania dolnej części krawędzi łączonych palnik ma jedynie ruch prostoliniowy, przytem dodaje się metalu tylko tyle, ile potrzeba do dobrego połączenia topionych krawędzi.

Po wykonaniu spoiny w głąbi o długości od 5 do 8 cm wraca się do punktu początkowego i nakłada się drugą warstwę, która wypełnia dokładnie resztę rowka. Ta druga war-

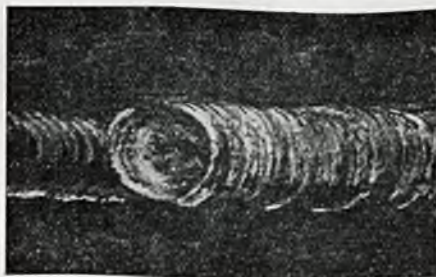
stwa powinna mieć powierzchnię lekko wypukłą z niewielkim nadlewkiem, gładką, o pięknym wyglądzie. Przy nakładaniu drugiej warstwy palnikowi nadaje się ruch półkolisty na całej szerokości wycięcia, a koniec drutu w czasie ruchu palnika powinien pozostawać stale w kąpielu.



Rys. 1. Spawanie pochyłe dwuwarstwowe.

Nakładanie drugiej warstwy należy zakończyć w odległości 1 do 2 cm od końca warstwy dolnej. Następnie spawacz wykonuje drugi odcinek warstwy dolnej znów na długości 5 do 8 cm i wraca do nakładania warstwy górnej.

Wykonanie roboty tą metodą odbywa się szybciej, gdyż unika się wszystkich tych trudności, które towarzyszą spawaniu jedną warstwą. Ilość ciepła zużytego też nie jest większa, choć dwa razy spawa się ten sam odcinek blachy, gdyż odcinki te są bardzo krótkie i metal dolnej warstwy jest jeszcze czerwony, gdy nakłada się warstwę drugą. Stopienie zaostzonych u dołu krawędzi nie przedstawia trudności. Zaletą tej metody polega właśnie na tym, że grube blachy spawamy naprzód tak, jak cienkie, spawając je na połowie grubości, a dopiero



Rys. 2. Widok spoiny wykonywanej w 2-ch warstwach metodą wprawo.

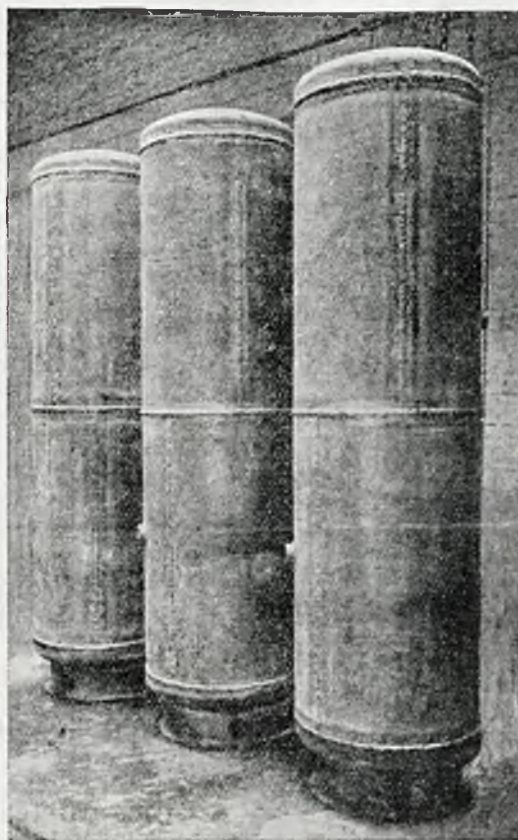
potem spawamy resztę. Tym sposobem unika się największej trudności, polegającej na tym, że spawacz — mając w rękę odpowiedni do grubości bardzo silny palnik — obawia się spalić zaostrome rogi krawędzi, lub zbyt szeroką wytłoczyć szczelinę i wpada w drugą ostateczność — klei zamiast spawać.

Metoda spawania dwuwarstwowego nadaje się doskonale do spawania rur dużej średnicy,

walczaków, den z walczakami i t. p., co jest wypadkiem najczęstszym w kotłarstwie. Jeżeli nie można wykonać spawania w położeniu pochyłym, spawanie 2-ma warstwami powinno być połączone z metodą spawania „wprawo”. Takie spawanie możemy nazwać „spawaniem wprawo 2-ma warstwami”.

Na rys. 2 przedstawiono zdjęcie części spoiny dwuwarstwowej na blasze o grub. 15 mm, wykonanej właśnie tą metodą. Spoinę wykonano przy pomocy palnika o wydajności 1500 ltr z szybkością 1 m na godzinę; zdjęcie wykazuje doskonale przetopienie i bardzo ładny wygląd zewnętrzny.

Zbiorniki dla sprężonego powietrza o średnicy 600 mm (rys. 3) są wykonane zapomocą



Rys. 3. Zbiorniki o średn. 600 mm. i grub. ścianek 15 mm., na sprężone powietrze o ciśn. 35 atm. wykonane metodą spawania pochyłego dwuwarstwowego.

spawania dwuwarstwowego, ponieważ wymiary zbiorników nie dawały możliwości jednoczesnej pracy dwóch spawaczy; zbiorniki są zbudowane z blachy o grubości 15 mm i pracują pod ciśnieniem 35 kg/mm².

W wypadkach, gdy konstrukcje z blach grubych są dostępne tylko z jednej strony, możemy polecić naszym czytelnikom spawanie dwuwarstwowo, posiada zalety techniczne i jest oszczędnościowe i łatwiejsze do wykonania niż spoina jednowarstwowa.

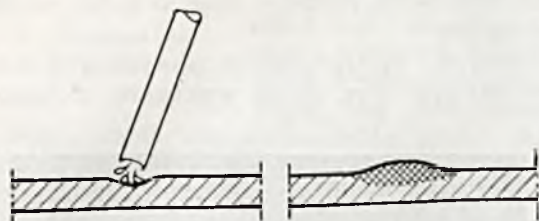
(Soudure et Oxy-Coupage, Nr. 70. 1935 r.).

Z PRAKTYKI SPAWACZA

Napięcie i natężenie prądu przy spawaniu łukowym.

Napięcie prądu.

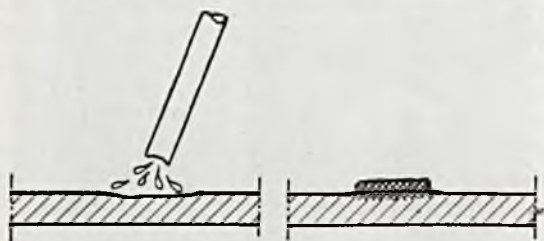
Napięcie prądu mierzy się w woltach (V). Im napięcie prądu jest wyższe, tem łuk jest dłuższy. Naogół można przyjąć za zasadę, że długość łuku powinna się równać średnicy elektrody. Jest to właściwe w istocie rzeczy dla przeważającej ilości wypadków, przy



Rys. 1.

Rys. 2.

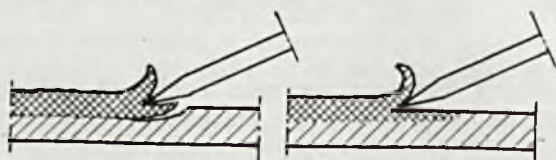
spawaniu na poziomie. Przy spawaniu w innych położeniach, nie wyłączając spoin pachwinowych, należy łuk utrzymywać możliwie jak najkrótszy, zwłaszcza przy spawaniu elektrodami grubopowlekanymi (rys. 1). Wówczas otrzymuje się spoinę dobrze wtopioną o łagodnym przejściu do materiału przedmiotu (rys. 2). Przy łuku zbyt długim, pryskającym na wszystkie strony, chwiejnym (rys. 3), niema dobrego wtopienia i metal nakładany



Rys. 3.

Rys. 4.

przykleja się tylko do powierzchni (rys. 4), a to dlatego, że blacha nie ogrzewa się dostatecznie pod łukiem, ciepło rozprzodane jest na zbyt dużej powierzchni i dlatego dobrego wtopienia wówczas osiągnąć nie można. Przekonać się o dobrym wtopieniu można w ten sposób, że po nałożeniu warstwy próbuje się ją ściąć zapomocą ścinaka. Jeżeli warstwa jest tylko przyklejona, metal na-



Rys. 5.

Rys. 6.

łożony odrywa się od przedmiotu (rys. 5), natomiast przy dobrym wykonaniu wiór odcina się równo z powierzchnią, pokazując dobry, zdrowy materiał spoiwa (rys. 6). Przy bardzo złym wykonaniu, wystarczy zwykle uderzenie młotkiem po spoinie, aby wykruszyć metal nałożony.

Jest jasne, że przy nadmiernie długim łuku, droga, jaką wykonuje kropelka spoiwa, jest dłuższa i łatwiej może się zdarzyć — pomimo ochrony przez gazy wydzie-

lające się z powłoki — zanieczyszczenie metalu topionego tlenem i azotem z powietrza, przytem łatwiej następuje wypalanie się pewnych składników spoiwa. Wtedy metal nałożony jest porowaty, zanieczyszczony tlenkami; spoiwo takie jest kruche i bardzo twarde (z powodu zanieczyszczenia azotem). Łatwo to stwierdzić na próbkach zginianych. Jeżeli spoina jest wykonana zbyt długim łukiem, próbka pęka przy małym kącie zgięcia (rys. 7). Próbka dobrze wykonana powinna się dać zgiąć, jak na rys. 8.



Rys. 7.

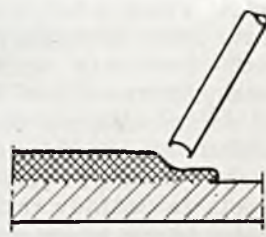
Rys. 8.

Niektóre gatunki elektrod, stosowane do nakładania twardych powierzchni, wymagają dłuższego łuku, niż normalnie to się przyjmuje.

Natężenie prądu.

Natężenie (moc) prądu mierzy się w amperach (A). Dane, które zazwyczaj znajdujemy na opakowaniu elektrod i w katalogach, odnoszą się przeważnie do spawania poziomego i do nakładania. Wielkość natężenia zależy od bardzo wielu czynników i zmienia się w dość szerokich granicach. W poszczególnych wypadkach spawacz musi sam dobrać sobie odpowiednie natężenie prądu. Najłatwiej oczywiście uzyskać to na spawalnicach, które mają taką regulację, że są cechowane już według średnic elektrod; spawacz nawet mało wprawny łatwo dobierze sobie najodpowiedniejsze natężenie, gdyż łatwiej sobie zapamięta jedną z trzech położeń wtyczki dla danej średnicy, aniżeli cyfrowe wielkości natężenia w amperach. Z pośród tych 3 stopni regulacji dla danej średnicy pałeczki, spawacz dobiera sobie najodpowiedniejsze natężenie prądu.

Przy zbyt wielkim natężeniu prądu metal zbyt szybko się topi. Wprowadzie głębokość wtopienia jest wówczas duża, ale metal nałożony sływa poza miejsce sto-



Rys. 9.



Rys. 10.

Rys. 11.

Rys. 12.

pione na przedmiocie i jest częściowo przyklejony (rys. 9 i 10). Zbyt małe natężenie daje zjawisko przeciwne (rys. 11), warstwa nałożona jest mało wtopiona i ma kształt wypukłego sznurka, słabo złączonego z powierzchnią przedmiotu. Przy odpowiednim natężeniu kształt warstwy nałożonej powinien być taki, jak na rys. 12.

Naogół można dać następujące wskazówki dla doboru najodpowiedniejszego natężenia:

1) natężenie wzrasta w miarę wzrostu średnicy elektrody;

2) przy grubszych powłokach należy naogół stosować większe natężenie (z małymi wyjątkami);

3) natężenie wzrasta z wielkością przedmiotu i grubością blach; większe natężenie może być potrzebne i przy spawaniu cieńszych blach, jeżeli blachy leżą na dobrych przewodnikach ciepła;

4) Im większa szybkość spawania, tem większe potrzebne natężenie;

5) przy szerszych łańcuszkach trzeba powiększyć natężenie;

6) zależnie od położenia — najsilniejsze natężenie stosuje się przy spawaniu na poziomie, słabsze na pionowej ścianie przy spawaniu z góry nadół, jeszcze słabsze przy spawaniu pionowym zdołu do góry, a najsłabsze — przy spawaniu sufitowym.

Jest oczywiste, że jeżeli napięcie prądu jest dobrane niewłaściwie i długość łuku jest zbyt wielka, to nawet przy właściwym natężeniu prądu dobrej spoiny otrzymać nie można.

K R O N I K A

Komitet Honorowy XII Kongresu Acetylenowego w Londynie

Komitet Organizacyjny XII Kongresu w Londynie komunikuje nam skład członków Komitetu Honorowego z ramienia Anglii. Do Komitetu tego między innymi wchodzi ministrowie: Wojny, Marynarki, Lotnictwa, Przemysłu i Handlu z Prezesem Ministrów na czele, który jest jednocześnie Prezesem Komitetu Honorowego.

Skład Komitetu Honorowego z ramienia Anglii jest następujący:

Lord Ramsay Mac Donald M. P. Prezydent Rady Ministrów,

J. H. Thomas, M. P. Minister Kolonji.

Viscount Swinton, G. B. E., M. C., Minister Lotnictwa,

A. Duff-Cooper, D. S. O., M. P., Minister Wojny.

Viscount Lord Monsell, G. B. E., Minister Marynarki.

W. Runciman, M. P., Minister Handlu.

Viscount Wakefield of Hythe, C. B. E.,

Brygadjer Generał Harold Hartley, C. B. E., M. C., F. R. S.

Z ramienia Polski do Komitetu Honorowego wchodzi pp. wiceminister Komunikacji, Inż. Julian Piasecki, oraz dr. inż. Stefan Bryła — Profesor Politechniki Lwowskiej.

Odnaczenie za najlepsze referaty zgłoszone na Kongres Londyński

Komitet Organizacyjny Kongresu komunikuje nam, że za najlepsze prace zgłoszone na Kongres w terminie oznaczonym przez regulamin postanowiono przyznać dwa odnaczenia, a mianowicie:

1) Medal złoty XII Kongresu, z dyplomem na papierze welinowym.

2) Medal srebrny XII Kongresu, z dyplomem na papierze welinowym.

Napawanie szyn na kolejach japońskich

Znakomite wyniki napawania szyn palnikiem acetylenowym, osiągnięte na Polskich Kolejach Państwowych, opisane w literaturze wszechświatowej, skłoniły cały szereg krajów do zastosowania tego sposobu również i na swoich kolejach. W pierwszym rzędzie zastosowano metodę acetylenową do napawania szyn na kolejach kanadyjskich i portugalskich.

Obecnie dowiadujemy się o pierwszych próbach napawania krzyżownic na kolejach japońskich, przytem koleje japońskie postanowiły w roku bieżącym rozpocząć te prace od napawania 2000 krzyżownic, na szeregu linii wychodzących z Osaka. W celu przeszkolenia odpowiedniej ilości spawaczy, zorganizowano w Kobe specjalny kurs napawania szyn dla służby drogowej.

Wycieczka hutników polskich na Węgry

Celem nawiązania kontaktu z hutnictwem żelaznym zaprzyjaźnionego z nami narodu węgierskiego, w szczególności zaś dla zaznajomienia się z wynikami badań i produkcji nowoczesnych szyn kolejowych wyższej jakości, projektuje S. H. P. zorganizowanie wycieczki hutników polskich do Hut węgierskich.

Prowizoryczny program wycieczki obejmuje zwiedzenie:

1) Huty Państwowej w Diósgyőr koło Miskolc.

2) Huty T-wa Rimamurány — Salgótarján w Ózd.

3) Stalowni i walcowni S. A. Manfred Weiss w Csepel pod Budapesztem.

4) Zakładów Ganz i Ska w Budapeszcie.

5) Ew. innych fabryk i obiektów.

6) Doświadczalnych odcinków kolejowych, na których odbywają się badania szyn.

7) Dorocznych Targów Budapeszteńskich, które się odbędą w dn. 8 — 18 maja r. b.

8) Miasta Budapesztu.

Przewidywane jest przyjęcie przy udziale węgierskiego Krajowego Związku Przemysłowców.

Orientacyjny koszt udziału w wycieczce, łącznie z przejazdami, pasportem i utrzymaniem, przy 5-dniowym pobycie na Węgrzech — zł. 200; termin — pierwsza połowa maja r. b.

Celem ustalenia liczby uczestników, od której zależna będzie wysokość ulg, S. H. P. uprasza reflektantów-członków n/Stowarzyszenia lub innych polskich Stowarzyszeń technicznych o nadsyłanie zgłoszeń, w terminie do dnia 30 marca r. b, pod adresem Sekretariatu S. H. P. (Katowice, ul. Zamkowa 3).

Wycieczka zostanie realizowana w zależności od liczby reflektantów. Przewidywany jest również udział rodzin uczestników wycieczki.

Czynione są zabiegi celem wzięcia udziału w wycieczce przez naszych pp. Inżynierów kolejowych, a to celem wspólnego zaznajomienia się z postępowaniem w dziedzinie produkcji i eksploatacji szyn kolejowych.

PRZEGLĄD PRASY

O wchlaniu przez metale tlenu i azotu podczas spawania. Artykuł jest właściwie zestawieniem wyników licznych badań. Jest podana tabela zawartości tlenu i azotu w stalach obrabianych różnymi sposobami; przedstawiono obecny stan naszych wiadomości co do wpływu tych gazów na własności metalu. Die Elektroschweisung, sierpień 1935.

100 spawanych wagonów węglowych. Jedno z angielskich Towarzystw Kolejowych (L. N. E. R.) ukończyło odbiór 100 węglarek wykonanych zapomocą spawania. Wagony są dostosowane do wagonów typowych, od których różnią się tylko nieco mniejszą wysokością. Podwozia wykonano ze zwykłej stali, pudła zaś — ze stali z domieszką miedzi. Podłoga jest przypawana do podwozia. Dzięki zastosowaniu spawania, tona wagonów została zmniejszona z 9100 kg do 8080 kg, podczas gdy ładowność zwiększono z 21,7 m³ do 23,2 m³. The Welding Journal, lipiec 1935.

Skład metalu stopionego w spoinie przy spawaniu łukowym. W każdym z dwóch rozdziałów omawianej pracy autor rozpatruje wpływ na materiał stopiony spoiny pierwiastków zawartych w różnych stosunkach procentowych w powłoce elektrod. W rozdziale pierwszym podano wyniki badań co do manganu, krzemu i węgla, w rozdziale drugim — niklu i chromu. La Metallurgia Italiana, sierpień 1935.

Spawanie w budownictwie okrętów. Dość krótka wzmianka podaje, że przy budowie statku morskiego „Queen Mary” pewne części, początkowo wykonane przy pomocy nitowania, jak np. ściany wewnętrzne, zostały następnie zamienione na spawane. Poza to stwierdza się, że dotychczas nigdy jeszcze spawanie nie było stosowane przy budowie statku handlowego w tak szerokim zakresie, jak przy budowie niemieckiego parowca „Postdam”, w którym tylko poszycie zewnętrzne i mostku nie są spawane. Dobre wyniki otrzymano również, stosując spawanie przy budowie lekkiego krążownika floty brytyjskiej „Galatea”. *The Welding Journal*, sierpień 1935.

Budowa spawanej wieży w rafinerji ropy naftowej. Płaszcz tej wieży, wykonany z blach o grubości począwszy od 16 mm, jest całkowicie spawany po uprzednim zukosowaniu styków blach na X. Artykuł podaje porządek wykonania robót spawalniczych, oraz wyniki przeprowadzonych prób, które wypadły zadowalająco. *Autogennoje Dieło*, Nr. 7, 1935.

Most całkowicie spawany. W St. Zjedn. w New-Jersey wybudowano kratowy most o długości 121 m, szerokości 12 m, i wadze 450 t. Jest to jeden z dwóch największych na świecie mostów wykonanych zapomocą spawania. *Journal of the American Welding Society*, sierpień, 1935.

Wykonanie przy pomocy spawania kotłów parowych o płaskim dnie. Przy budowie dwóch próbnich kotłów o różnych średnicach użyto stali St. 4 i takie urządzenia techniczne, które znajdują się w każdym niewielkim warsztacie reparacyjnym. W artykule szczegółowo opisano, w jaki sposób wykonano spawanie kotłów i podano wyniki prób otrzymanych przy stosowaniu ciśnienia powietrznego i hydraulicznego. Wnioski powzięte na podstawie badań są następujące: przy wykonaniu spoin stykowych z pogrubieniem zewnętrznym wytrzymałość ich jest równa wytrzymałości materiału rodzimego; płaskie denka, wzmocnione wspornikami od strony wewnętrznej i zewnętrznej, mają dostateczną wytrzymałość, ażeby zbiorników można było używać do pracy pod ciśnieniem; zanim się je zastosuje jako kotły parowe, należy przeprowadzić odpowiednie próby na stopniowo wzrastające ciśnienie. *Autogennoje Dieło*, Nr. 8, 1935.

Stosowanie spawania w konstrukcjach lotniczych. Artykuł wskazuje na wciąż rosnące znaczenie spawania w konstrukcjach lotniczych i podaje skład stali i stopów najczęściej stosowanych dla wykonania połączeń spawalniczych. Następnie są opisane próby kwalifikacyjne, którym w Ameryce poddaje się spawaczy, pracujących w tej gałęzi przemysłu, i badania różnych sposobów spawania z punktu widzenia możliwości ich stosowania przy konstrukcjach lotniczych. *Journal of the American Welding Society*, sierpień 1935.

Dźwignica obrotowa całkowicie spawana. Dźwignicę taką wykonała jedna włoska firma, wychodząc przy tej budowie z założenia bardzo nowoczesnych. Dźwignica składa się z podwójnego słupa pionowego i dwóch ramion poziomych, które są wykonane ze spawanych z blach odcinków cylindrycznych połączonych ze sobą również zapomocą spawania. Słup wewnętrzny jest nieruchomy i pracuje poniekąd jako oś, naokoło której obraca się ruchomy słup zewnętrzny. Kabina maszynisty jest umieszczona u dołu słupa. Zasięg dźwigni wynosi 17,7 m przy największej wysokości podniesienia 14 m; maksymalny ciężar przedmiotów podnoszonych stanowi 27 t. *L'Osature Metallique*, wrzesień 1935.

Spawanie przy budowie samochodu Ford V-8. Przy budowie samochodu Ford V-8 wykonano 3415 spoin, przyczem nie jest wykluczone, że ilość ta ulegnie powiększeniu.

Stosując spawanie w tak szerokim zakresie, Zakłady Forda były zmuszone do zaprojektowania i budowy całego szeregu maszyn spawalniczych własnego pomysłu. Z 3415 spoin przy jednym samochodzie Ford V-8 Tudor Sedan 3154 są spoinami punktowymi, 217 — spoiny wy-

konane łukiem elektrycznym lub palnikiem acetylenowo-tlenowym i 44 — połączenia wykonane zapomocą grzewania oporowego. W Zakładach w Rouge Plant, Detroit istnieją specjalnie duże biura doświadczalne, w których bada się i ulepsza konstrukcję spawarek elektrycznych.

W Rouge Plant zainstalowano ogółem ponad 1000 stanowisk spawania acetylenowego i ponad 600 maszyn spawalniczych. Większość maszyn pracuje automatycznie pod kontrolą przyrządów synchronicznych, które wyglądają poczęści, jak instalacje radiowe. Cała praca ludzka przy tych maszynach sprowadza się do uruchomienia i do zatrzymania po wykonaniu pracy. *The Welding Journal*, listopad 1935.

Spawanie rur wiertniczych. W St. Zjedn. zaczęto stosować spawanie rur przy wierceniu studni artezyjskich, szybów naftowych i t. p. Dotychczas spawano rury przeważnie tylko dla studni artezyjskich o stosunkowo niewielkiej głębokości. Autor artykułu przytacza przykłady łączenia przy pomocy lutospawania rur miedzianych przy wierceniu studni o głębokości 230 m, następnie opisuje lutospawanie rur żeliwnych przy studni o głębokości 100 m i inne.

W ciągu ostatnich 6 miesięcy stosowano spawanie rur do studni i szybów o większej głębokości, od 600 do 1200 m. Wielką dogodność stosowania spawania stanowi szybkie wykonanie, co ma wielkie znaczenie zwłaszcza przy wierceniu szybów natowych. W ciągu ostatniego czasu zastosowano spawanie rur przy ponad 160 szybach.

Spawanie płomieniem acetylenowym miedzi elektrolitycznej. Autor pracy podaje wyniki swych badań nad wpływem stosowania różnych sposobów spawania na własności spoiny. Następnie są omawiane wpływ obróbki termicznej i mechanicznej na strukturę, wytrzymałość etc., spoin wykonanych przy pomocy płomienia acetylenowego. Przytacza się również wyniki badań nad korozją pod wpływem kwasu octowego w stanie płynnym lub gazowym, działaniu którego zostały poddane próbki miedzi spawanej. *Autogene Metallbearbeitung*, wrzesień — październik, 1935.

Spawany tabor kolejowy. Krótka wzmianka podaje, że wagon nowego pociągu luksusowego „Silver Jubilee” angielskiego tow. H. N. E. K. posiadają podwozia spawane. Spawane są również półwózaki i podwozia serji 26 wagonów sypialnych, wykonanych dla towarzystwa L. M. S., które mają być wspanialsze od jakichkolwiek dotychczas zbudowanych. *The Welding Journal*, wrzesień 1935.

Urządzenia wentylacyjne przy lakierowaniu pistoletem. (Komunikat informacyjny Inst. Spr. Społ.)

W wiedeńskich warsztatach reperacyjnych „Międzynarodowego Towarzystwa Wagonów Sypialnych” zainstalowano niedawno olbrzymią komorę do malowania wagonów, która zastępuje na uwagę ze względu na ciekawy sposób rozwiązania ochrony zdrowia robotników, narażonych na zatrucie węglowodorami, używanymi do rozpuszczania farby i lakieru. Malowanie bowiem wagonów odbywa się zapomocą pistoletów powietrznych, które pod dużym ciśnieniem rozpryskują farbę. Drobnie cząsteczki farby odbijają się częściami od ścian wagonu i wytwarzają gęstą mgłę. Robotnicy, zatrudnieni przy malowaniu, podlegają szkodliwemu działaniu tej mgły.

Komora do malowania wagonów posiada wymiary: 31 m długości, 6 m szerokości i 5,5 m wysokości. Jest ona zaopatrzona w sprawnie działające urządzenie wentylacyjno-wyciągowe: pomiędzy ścianą opryskiwanego wagonu i robotnikiem przepuszcza się pod dużym ciśnieniem warstwę powietrza zgóry na dół, która izoluje zupełnie robotnika od mgły z rozpylanej farby po drugiej stronie zasłony powietrznej. Cząsteczki farby zostają porwane przez silny prąd powietrza ku dółowi i nie dostają się do płuc robotnika.

Robotnik oddycha czystym powietrzem, które specjalne wentylatory czerpią sponad dachu. W ziemie powietrze przed wtłoczeniem do komory jest ogrzewane, w lecie zaś odpowiednio chłodzone; dzięki temu działa ono orzeźwiająco na robotnika.