

czynnikiem 0,9 przy stosowaniu kontroli radiograficznej oraz wyżarzania.

Zakłady te wytwarzają zbiorniki do grubości ścianek 100 mm. Doskonale urządzone laboratorium prowadzi kontrolę fabrykacji w sposób bardzo szczegółowy i dokładny.



P. inż. Picard (na lewo) w rozmowie z p. dr. Sznerrrem.

Uczestnicy wycieczki mieli okazję obejrzeć szczególnie znajdujący się w ruchu kocioł spawany na 100 atm. Kocioł ten pracuje już 2 lata nie dając żadnych powodów do zastrzeżeń.

Objaśnień udzielali p. dyr. Varlin, p. Obrecht, główny inżynier Zakładów i inni.

Na tej wycieczce program pobytu we Francji inżynierów Stowarzyszenia Dozoru Kociołów został wyczerpany.

* * *

Jak widać z powyższego pobieżnego sprawozdania, wycieczka była bardzo pouczająca i powinna przyczynić się do ruszenia sprawy spawania w budowie zbiorników na ciśnienie i kociołów z martwego punktu. Jesteśmy w tej dziedzinie bardzo spóźnieni za innymi krajami, należy jednak mieć nadzieję, że projekt przepisów spawania zbiorników, będący w końcowym stadium przygotowania, zostanie w najbliższym czasie ogłoszony, po czym przyjdzie kolej na nowelizację odnośnych paragrafów w przepisach budowy kociołów.

W pracach nas jeszcze oczekujących, stosunki sympatii i technicznej współpracy zadzierżgnięte przez Stow. Dozoru Kociołów z organizacjami francuskimi wymienionymi na wstępie, mogą nam niejedno zadanie znacznie uprościć, dzięki ułatwionej wymianie poglądów i dokumentacji.

Z okazji pobytu p. Prezesa naszego Stowarzyszenia, dr A. Sznerra i p. dyr. inż. Tułacza, również podstawy techniczne współpracy istniejącej od dawna między Stow. dla R. S. i C. M. a Office Central i Laboratorium Spawalniczym Tow. L'Air Liquide, mogły być na nowo dokładnie omówione i program dalszych prac ustalony.

Na zakończenie należy wyrazić podziękowanie wszystkim osobistościom ze świata francuskiej nauki, techniki i przemysłu, wymienionym na wstępie, które okazały nam tyle prawdziwie francuskiej uczynności i życzliwości, a specjalnie Panu Deschars, Prezesowi Tow. Perun, za doskonałą organizację i serdeczną gościnność, dzięki której mogliśmy spędzić te kilka dni równie użytecznie, jak i przyjemnie, osiągając w pełni zamierzone cele konferencji.

Z. D.

STEFAN BRYŁA

Metody badania spoin.

d) Badanie za pomocą promieni Roentgena.

Metoda ta polega na przenikaniu promieni X, czyli promieni Roentgena przez ciała stałe. Promienie te są podobne do promieni świetlnych, z tą różnicą, że fale ich są znacznie krótsze. Po nadto promienie Roentgena, przechodząc przez materię w przeciwieństwie do promieni świetlnych, nie podlegają prawie wcale załamaniu i przebiegają praktycznie biorąc po linii prostej. Długość fal świetlnych promieni czerwonych wynosi $8 \cdot 10^{-4}$ mm, promieni fioletowych $4 \cdot 10^{-4}$ mm, natomiast długość fal promieni Roentgena waha się w granicach pomiędzy 10^{-6} a 10^{-7} mm.

Badanie za pomocą promieni Roentgena jest połączone z niebezpieczeństwem dla badającego, gdyż promienie te rozkładają tkanki organiczne, a poparzenie stąd powstałe leczy się z wielką trudnością. Szkodliwe są nie tylko jednorazowe duże dawki, lecz nawet bardzo małe często powtarzane, gdyż działanie ich akumuluje się w organizmie żyjącym. Do ochrony przed działaniem promieni X używamy ołowiu, który jak wiadomo odznacza się bardzo małą przepuszczalnością. Jako dostateczne za-

bezpieczenie uważa się płytę ołowianą o grubości około 4 mm.

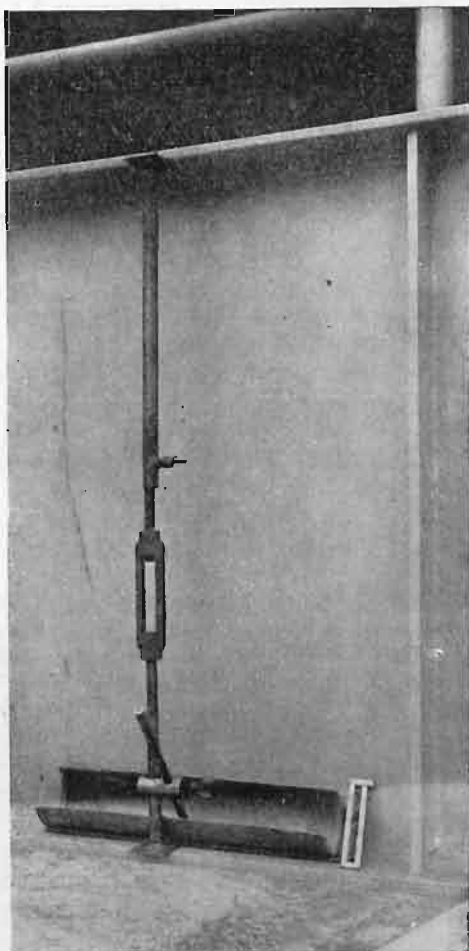
Przenikliwość promieni Roentgena zależy od napięcia w rurach roentgenowskich i od składu chemicznego ciała, które ma być prześwietlone. Miejsca puste w spoinie stawiają promieniom mniejszy opór, to też wypadają na negatywie ciemniejsze od miejsc, których struktura jest jednolita, bezbłędna. Największa grubość blach (spoin), przy których błędy wewnętrzne mogą zostać wykazane przez promienie Roentgena z dostateczną wyrazistością, wynosi dla stali około 100 mm. Bardzo silne aparaty pozwalają ujawniać błędy, których wielkość wynosi zaledwie 2 — 3% grubości spoiny. Przy użyciu aparatów normalnych, zwykle stosowanych, dokładność badania jest mniejsza, nie mniej jednak jeszcze bardzo wysoka i zwykle zupełnie wystarczająca. Natomiast w połączeniach o dużej różnicy grubości łączonych elementów np. przy nakładkach wzmacniających lub w spoinach pachwinowych zdjęcia są niewyraźne. W ogóle dla spoin pachwinowych metoda Roentgena daje gorsze rezultaty, ponieważ występuje tu zmienna grubość materiału w płaszczyźnie prześwietlania. Częściowo można temu zaradzić przez przyłożenie cynowego klinu (rys. 14 d i e, 17 i 18), którego zmienna grubość wyrównywa wymiary prześwietlanego połą-

620.17 : 621.791
1750 słów + 16 rys. + 1 tab.

*) Ciąg dalszy artykułu z Nr. 5/38.

czenia. Film przy zdjęciach spoin pachwinowych wkłada się do elastycznej kasety rurowo wygiętej (rys. 10) dla lepszego przylegania.

Przenośne urządzenie Roentgenowskie (Seifert Isolux 250 kV) przedstawione na rys. 11, składa się z lampy umieszczonej ruchomo na statywie, 2 agregatów prostowniczych, skrzynki rozdzielczej, pompy chłodzącej, kabli wysokiego napięcia i węzłów chłodzących. Tego rodzaju urządzenie jest dogodniejsze w użyciu niż aparaty zespołowe, ponieważ poszczególne części o małej stosunkowo wadze mogą być przenoszone oddzielnie przez 1 — 2 ludzi bez większego wysiłku. Niezależnie od tego

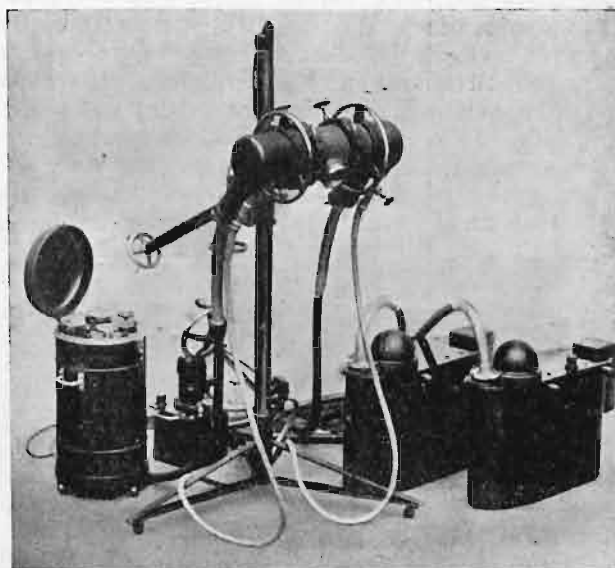


Rys. 10. Kasetka wygięta dla spoin pachwinowych.

statyw pozwalający na wykonanie 6 ruchów (3 posuwu i 3 obroty) bez ruszania z miejsca podstawy oraz długie kable dają aparaturze duży zasięg bez przenoszenia. Ponadto ten podział aparatury na części niezależnia jej montaż od ewentualnej ciasnoty rozporządzalnego miejsca.

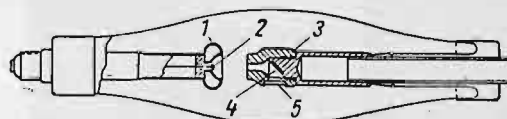
Rys. 12 przedstawia w przekroju i widoku lampę Roentgenowską przystosowaną do badania spoin. Lampę umieszcza się w widocznej na rys. 11 osłonie pełnoochronnej, zabezpieczającej przed wysokim napięciem i w znacznej mierze przed bezpośrednim promieniowaniem. W pewnych wypadkach np. przy badaniu kotłów, rur lub trudno dostępnych spoin pachwinowych stosuje się tak zwaną lampę jednobiegunową przedstawioną na rys. 13.

Metodą Roentgena można wykryć wszystkie błędy spoiny, ale pod warunkiem prześwietlenia jej przynajmniej w 2 należycie obranych kierun-



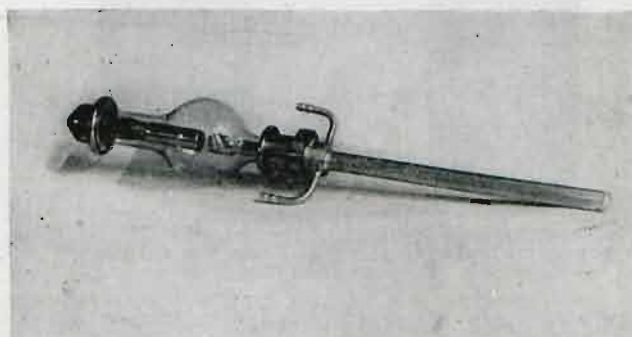
Rys. 11. Urządzenie Roentgenowskie przenośne.

kach. Tylko bowiem błędy trójwymiarowe, jak pory i wrosty żuźla, występują wyraźnie na każdym pojedynczym zdjęciu, gdyż przy dowolnym kie-



Rys. 12. Lampa.

runku promień natrafia zawsze na dostatecznie duży wymiar błędu. Natomiast błędy wtopienia oraz rysy są zasadniczo dwuwymiarowe i z tego po-

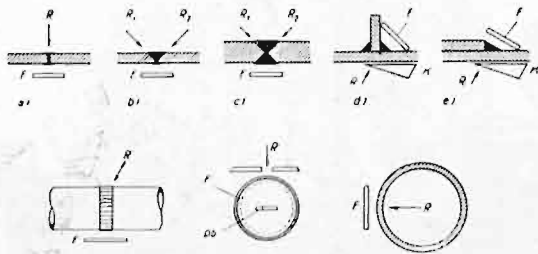


Rys. 13. Lampa jednobiegunowa.

wodu występują na zdjęciu wyraźnie tylko w razie prześwietlenia w kierunku ich głębokości lub nieznacznie odchylonym. Według doświadczeń nie-

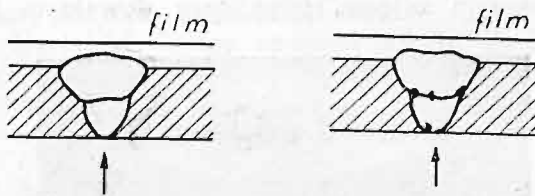
mieckich odchylenie to dla wąskiej rysy nie powinno przekraczać 5 do 10°.

Praktyczne wskazówki co do pożądanego kierunku zdjęć daje rys. 14, na której pod *b* i *c* pokazano dla spoin V i X po dwa kierunki wzdłuż płaszczyzn wtopienia. Jeszcze pewniejsze wyniki dałoby prześwietlenie w 3 kierunkach, przy czym trzeci kierunek pośredni między wyżej wskazanymi służyłby do wykrycia błędów wtopienia u nasady oraz rys w środku spoiny.



Rys. 14. Kierunki właściwego prześwietlenia.

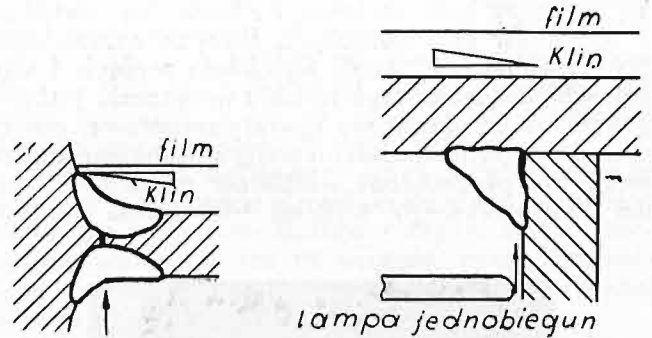
Na rys. 15—18 widać kilka negatywów spoin. Rys. 15 przedstawia dobrze wykonaną spoinę V, rys. 16—spoinę V z licznymi wrostami żużla, rys. 17—spoinę czołową z brakiem przetopienia w środku, rys. 18 — spoinę pachwinową z niedostatecznym wtopieniem w blachę środkową. Obraz błędów jest



Rys. 15. Negatyw spoiny na V poprawnie wykonanej.



Rys. 16. Negatyw spoiny na V z żużlem.



Rys. 17. Negatyw spoiny czołowej na I, niedostatecznie przetopionej.



Rys. 18. Negatyw spoiny pachwinowej niedostatecznie wtopionej.

drobne, nawet bardzo liczne, lecz nieregularnie rozsiiane, są naogół nieszkodliwe, chociaż na zdjęciu występują jaskrawo. To samo dotyczy drobnych wrostów żużla. Natomiast niebezpieczne są błędy wtopienia i rysy występujące na zdjęciach mniej wyraźnie. Znaczniejsze osłabienie spoiny wywołują



Rys. 19. Spoina z 3 porami.

na powyższych zdjęciach bardzo wyraźny dzięki zastosowaniu odpowiedniego kierunku prześwietlenia uwidocznionego na przekrojach spoin. Na ogół sporządzenie wyraźnych zdjęć nie jest rzeczą łatwą.

Wogóle właściwa ocena wartości spoiny, na podstawie dobrych nawet zdjęć roentgenowskich, jest bardzo trudna. W Niemczech badano wytrzymałość prześwietlonych spoin, aby ustalić

również pory lub wrosty nieliczne lecz uszeregowane w jedną linię. Spoina na rys. 19 z trzema porami w jednym szeregu wykazała wytrzymałość 28 kg/mm², zaś spoina na rys. 20, z licznymi drobnymi porami wytrzymałość 43 kg/mm².

Dla należytej oceny jakości spoin ważne jest jednolite sporządzanie zdjęć—tak, aby analogiczne błędy na różnych zdjęciach występowały z jedna-

kową wyrazistością. W Niemczech ustalono wytyczne normujące dla różnych grubości prześwietlanych części: napięcie w lampie, odległość źródła promieni od badanego przedmiotu i czas naświetlania. Ponadto wprowadzono wzorzec, składający się z 7 drutów o różnych średnicach uszeregowanych



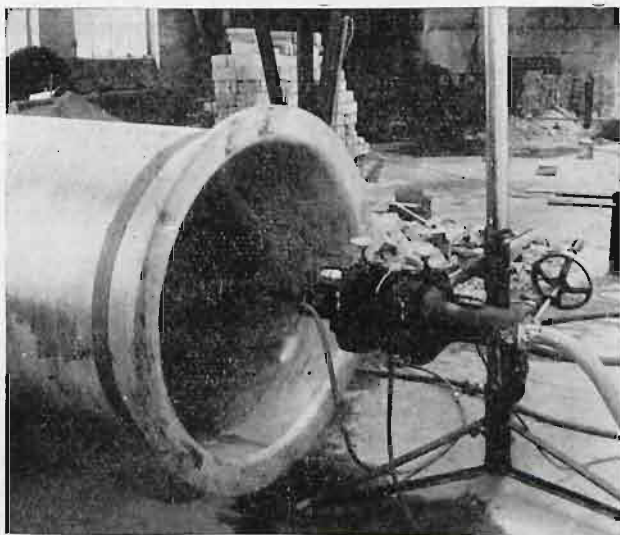
Rys. 20. Spoina z licznymi porami rozsianymi.

nych według wielkości, umieszczonych w płytce gumowej. Na rys. 21 i 22 widać spoinę V przygotowaną do zdjęcia. Z przodu (rys. 21) jest przyłożony wzorzec, a z tyłu (rys. 22) kasetka z filmem. Według ilości drutów wzorca widocznych na zdjęciu ocenia się dokładność zdjęcia, przy czym porównywane zdjęcia powinny mieć jednakową dokładność.

Koszt zdjęć Roentgenowskich jest stosunkowo duży. Przedewszystkim kosztowna jest sama aparatura. Również wykonanie zdjęć jest dość drogie. Koszt jednego zdjęcia wynosi 1,50 zł. licząc amortyzację aparatury oraz koszty bieżące: wynagrodzenie personelu, prąd, materiał fotograficzny itd., przy czym ilość prześwietleń na godzinę może wynosić:

$$n = \frac{3600}{p + 60}$$

gdzie p — oznacza czas naświetlania jednej kliszy w sekundach. Przeciętnie naświetlanie kliszy trwa około 90 sekund.



Rys. 21. Badanie na spoinie.

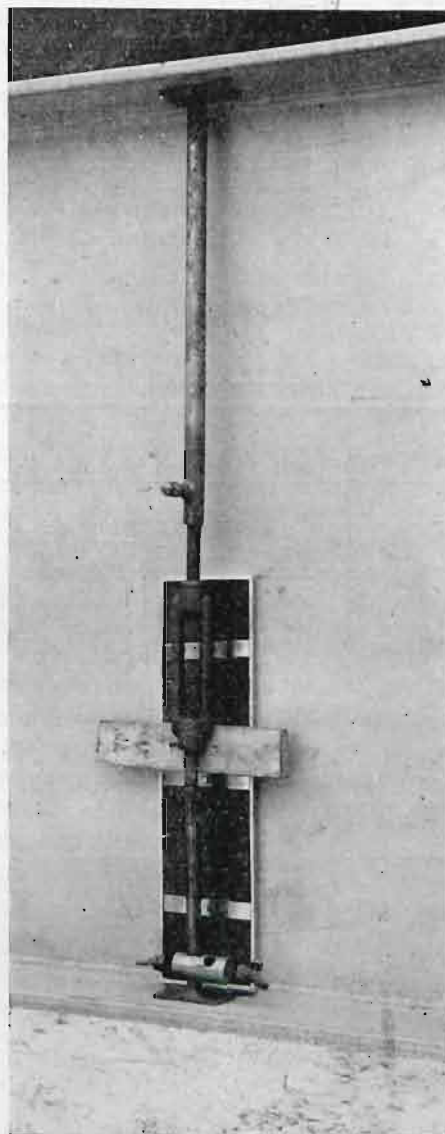
Przy 800 godzinach pracy aparatu rocznie koszt godziny wynosi około 25.— zł.

Pewne zmniejszenie kosztu zdjęcia można uzyskać przez zastosowanie wzmacniaczy. Są to drobnoziarniste cienkie ekrany świecące którymi obejmujemy naświetlany film z obu stron. Przy zastoso-

waniu wzmacniaczy skraca się wydatnie czas naświetlania, jednak kosztem ostrości obrazu zwłaszcza przy mniejszych grubościach blach. Według B. Bertholda najkorzystniej jest do 10 mm grubości robić zdjęcia bez wzmacniaczy, od 10 do 35 mm z wzmacniaczami ostrokreslnymi (słabymi), powyżej 35 mm z wzmacniaczami silnymi.

e) Badania promieniami gamma.

Ciała radioaktywne wysyłają w przestrzeń promienie. Rad wysyła — jak wiadomo — trzy rodzaje promieni, które oznaczamy jako promienie α β γ .



Rys. 22. Kasetka z filmem.

Z tych trzech rodzajów promieni, promienie α mają ładunek dodatni, promienie β ładunek ujemny, zaś promienie γ nie reagują na wpływ pola magnetycznego. Zachowanie się tych promieni jest podobne do promieni Roentgena. Długość ich fal jest jeszcze mniejsza, przenikliwość zaś odpowiednio znacznie większa (około 100 razy) niż przenikliwość promieni Roentgena.

Te własności promieni gamma spowodowały, że zaczęto je w ostatnich czasach stosować do badania blach, dźwigarów, odlewów i spoin. Badanie

odbywa się podobnie jak przy pomocy promieni Roentgena. Dokładność badania jest bardzo znaczna.

Urządzenie do badań składa się z ampulki z ciałem radiocynnym i kasetki z filmem oraz blaszkami ołowiu, spełniającymi rolę filtrów. Ampulkę ustawia się z jednej strony badanego przedmiotu, a kasetkę z drugiej. Jeżeli wada blachy badanej znajduje się po stronie źródła promieniowania, to jest widoczna na zdjęciu, o ile stanowi ponad 4% grubości blachy, jeżeli zaś wada znajduje się w blasze po stronie odbitki, to można ją uchwycić już gdy zajmuje zaledwie 2% grubości blachy. Przeciętnie można przyjąć, że w blasze o grubości 100 mm dadzą się odkryć wszystkie błędy i pory od 3 mm wzwyż, co w praktyce zupełnie wystarcza.

Czas, w ciągu którego można uzyskać wyraźne zdjęcie, zależy od ilości substancji radio-czynnej, od grubości badanego przedmiotu i od odległości a przedmiotu od źródła promieni. Na wykonanie zdjęć zazwyczaj przeznaczają się okres normalnej przerwy pracy na budowie, wynoszący około 15 godzin (od 4 popołudniu do 7 rano).

Poniższa tabelka podaje potrzebne ilości radu w mg w zależności od grubości badanego przedmiotu i od odległości a .

Tabelka.

Grubość blachy mm	O d l e g ł o ś ć a			
	300	450	600	750
25	5,3	12,0	21,3	33,3
50	12,6	28,3	50,3	78,6
75	29,3	66,0	117,3	183,3
100	63,0	141,6	251,6	393,1
125	132,5	298,2	230,0	828,1
150	296,5	666,6	1185,0	1852,0

Ze względu na niepomiarowo wysoką cenę radu stosowania tej metody w praktyce jest uzależnione od powstania instytucji, któraby wypożyczała rad do tego rodzaju badań.



Rys. 23. Zdjęcie promieniami gamma.

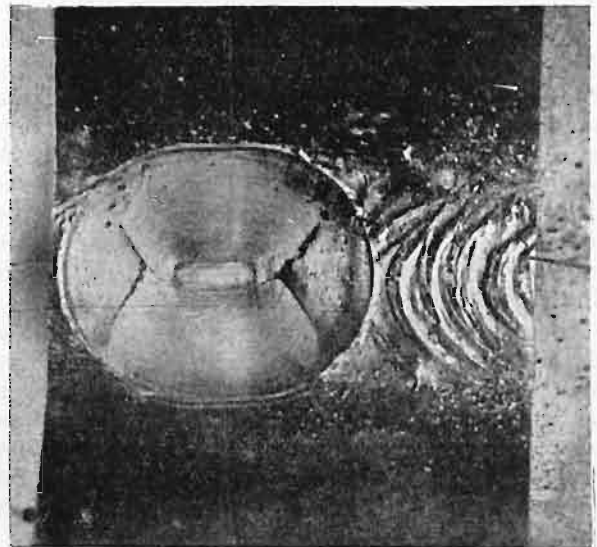
Zamiast radu można używać emanacji radowych. Wtedy odpada ryzyko, połączone z przeniesieniem tak kosztownego środka, jakim jest rad.

Ponieważ emanacje rozpraszają się stosunkowo szybko, tracąc w ciągu 4 dni około połowy swojej energii promieniowania, przeto czas naświetlania musi być zazwyczaj dłuższy, niż przy stosowaniu radu.

Na rys. 23 podane jest zdjęcie przedmiotu badanego promieniami gamma.

f) Badania polaryskopem.

Polaryskop jest to przyrząd składający się z systemu soczewek, płyt szklanych i pryzmatu. Promienie świetlne, przechodząc przez soczewki i pryzmat po odpowiednim załamaniu na płycie



Rys. 24. Wydrążanie spoiny.

szklanej, odbijają się na reflektorze i po ponownym przejściu przez soczewki i pryzmat dają obraz rzucony na ekran, względnie fotografię, jeśli zamiast ekranu zastosujemy płytę fotograficzną.

Na obrazie tym są widoczne wady połączenia.

Do badań stosuje się nowy typ polaryskopu, skonstruowany przez amerykańskiego inżyniera Mindlina.

Metoda ta jest obecnie dopiero w stadium prób początkowych. Szczegółowo jest opisana w czasopiśmie „Engineering News Record” z listopada roku 1933.

3. Badania z wycięciem spoiny.

a) Wycięcie spoiny za pomocą dłuta pozwala już do pewnego stopnia wejrzeć w głąb spoiny i stwierdzić niektóre błędy wykonania. Jednakowoż sposób ten nie daje zadowalających wyników z uwagi na to, że powierzchnia ścięta nigdy nie jest tak gładka, ażeby można dostrzec drobne pory w samej spoinie, jak i zanieczyszczenie pomiędzy poszczególnymi warstwami.

b) Nawiercanie spoiny.

Sposób ten polega na miejscowym nawiercaniu spoiny aż do nasady, oraz wytrawieniu miejsca wydrążonego. Przyrząd, służący do tego celu, skonstruowany przez Schmucklera składa się z małego silnika elektrycznego lub benzynowego i giętkiego wałka zaopatrzonego we frez stożkowy do wydrążania spoin. Aparat wydrąża otwór aż

do nasady spoiny; długość wydrążenia wynosi około 6 mm. Powierzchnia wydrążenia jest gładka i gołym okiem można dostrzec błędy wykonania jak przepalenia, pory powstałe pod działaniem gazu, rysy, brak wtopienia, jak również niedostateczne wtopienie u granic (nasady) spoiny. Chcąc jednak otrzymać dokładny obraz wtopienia należy wydrążony otwór wypolerować (za pomocą specjalnej polerki nasadzonej na wałek), oraz poddać powierzchnię wypolerowaną działaniu chlorku miedzi-amonowego. Widok wydrążonej spoiny po wytrawieniu, przedstawia rys. 24.

Badanie spoin najlepiej skutecznie w miejscach, w których spoina jest najmniej narażona na działanie sił wewnętrznych (np. przy stykowym

tywnym, to znaczy, że stwierdzenie wyglądu złego, wymiarów nieprawidłowych lub niedostatecznej twardości dyskwalifikuje spoinę niewątpliwie, natomiast wygląd dobry nie daje jeszcze pewności, czy nie ma błędów ukrytych obniżających wartość spoiny, ani nie określa wogóle, w jakim stopniu spoinę można uznać za odpowiednią. Nie mniej metody te, zwłaszcza badanie wyglądu zewnętrznego i kontrolowanie wymiarów, jako niewymagające żadnych specjalnych aparatów, ani większej straty czasu, należy stosować z reguły na każdej budowie i warsztatach, jako wstęp do badań szczegółowych.

Badania stetoskopem nie są kosztowne i łatwo prowadzą do wykrycia grubszych błędów. Nie dają jednak pewności co do położenia i rozmiarów błędu, a ponadto wymagają wprawnego ucha. Jest to właśnie niekorzyścią tej metody.

Badania magnetograficzne są niezbyt kosztowne, mogą wykryć nawet bardzo drobne rysy na powierzchni spoiny, ale zasięg ich na głębokości jest bardzo ograniczony. Pole magnetyczne o dostatecznie dużym natężeniu powstaje bowiem tylko na powierzchni badanego przedmiotu.

Badania elektryczne nie wchodzi na razie w rachubę, ponieważ w praktyce metoda ta nie daje jeszcze zadowalających wyników.

Badania roentgenowskie pozwalają wykryć wszelkie błędy powierzchniowe i wgłębne przy zastosowaniu należytych kierunków prześwietlenia. Wadą ich jest wysoki koszt aparatury, kosztowność zdjęć i trudności montażowe przy ustawianiu skomplikowanej aparatury na miejscu badań. Metoda ta lepiej nadaje się do spoin stykowych niż do pachwinowych. Mimo wyżej wskazanych wad, badania roentgenowskie znalazły największe rozpowszechnienie z pośród badań grupy 2.

Badania promieniami gamma są jeszcze dokładniejsze od roentgenowskich; odznaczają się się łatwością obsługi, ale są bardzo kosztowne i niebezpieczne dla zdrowia.

Badania polaryskopem, jak wspomniałem, nie są jeszcze w praktyce stosowane.

Badanie dłutem nadaje się do stosowania dorywczo, jako uzupełnienie badań zewnętrznych w miejscach podejrzanym. Podobnie jak w badaniach zewnętrznych tylko wyniki ujemne mają być miarodajne do oceny spoiny, na dodatnich zaś polegać nie można.

Metoda nawiercenia jest niezbyt kosztowna i daje dość dokładne wyniki, zwłaszcza dla spoin pachwinowych. Przy jej pomocy nie można wprawdzie zbadać wszystkich spoin na całej ich długości, ale takie badania są zwykle zbyteczne poza drobnymi wypadkami.

Ze wszystkich omówionych metod, najbardziej uniwersalne i najdokładniejsze są prześwietlenia. Z tego powodu badania roentgenowskie znalazły największe rozpowszechnienie, zwłaszcza do kontroli wyjątkowo odpowiedzialnych konstrukcji. W budownictwie przeważa stosowanie metody nawiercenia, dającej wystarczająco dokładne wyniki dla spoin narażonych głównie na obciążenia statyczne.

SPOINA DOBRA				SPOINA ZŁA			
Nr	Wygląd	Dobrac spoiny	k_w	Nr	Wygląd	Dobrac spoiny	k_w
1		Spoina bez błędów, wtopienie 0,5mm	3800	I		Niewystarczająco wtopienie, brak wtop u nasady	2000
2		Dropne poru wtopienie 0,3mm	3400	II		Zanieczyszczenia między warstwami	2100
3		Dość zanieczyszczenia między warstwami	3000	III		Wtopienie ledwe 0,1mm, niewyst wtop u nasady	1000
4		Ledwie wystarczające wtopienie u nasady	2800	IV		Nagromadzenie się rys w spoinie	2400

Rys 25. Klasyfikacja spoin.

połączeniu dwóch dźwigarów walcowanych najlepiej frezować w osi obojętnej). W innych miejscach należy wydrążyć otwór z powrotem wypełnić elektrodą co ma znaczenie zresztą raczej konserwacyjne. Obawy co do tego, że wskutek zalania spoiną tak nawierconego otworu powstaną naprężenia termiczne o jakimkolwiek znaczeniu technicznym, są oczywiście dziecinne. Wydrążone spoiny można podzielić na dobre i złe, przyczym każdą z nich można znów podzielić na 4 grupy. Tabela na rys. 25 podaje 8 charakterystycznych wyglądków wydrążenia i odpowiadające im przybliżone wytrzymałości spoiny.

Badania przy pomocy nawiercenia mogą być też zastosowane do kontroli spawaczy. Oznaczając zgodnie z podziałem na 8 grup z rys. 25, klasę wykonania liczbą d — od 8 do 1, obliczamy dla każdego spawacza średnią arytmetyczną: $s = \frac{\sum d}{n}$, określając przeciętny stopień jego sprawności. Ważną jest jednak nie tylko wartość przeciętna, lecz także równomierność wyników czyli pewność spawacza, którą charakteryzuje wielkość odchyłek od przeciętnej.

Stosuje się tu wzór:

$$p = t \sqrt{\frac{\sum (d - s)^2}{n}}$$

Wysoka wartość p oznacza spawacza niepewnego, natomiast im bardziej zbliża się wartość p do zera, tym bardziej można ufać pracy spawacza.

Zalety i wady opisanych metod badania spoin.

Badania grupy 1, zewnętrzne mają znaczenie wyłącznie orientacyjne i to w sensie nega-