

HUTNICTWO ŻELAZA I STALI	N O R M A B R A N Ż O W A	BN-86/0601-16
	Stal	
	Badania nieniszczące wyrobów hutniczych Badania rur metodą prądów wirowych	Grupa katalogowa 0309

BN-85/0601-16 (eqv ST SEV 4079-83)

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest:

- a/ sposób badania rur stalowych bez szwu lub ze szwem podłużnym metodą prądów wirowych z zastosowaniem cewki przelotowej, mający na celu wykrycie nieciągłości materiału na zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni rury oraz wewnątrz ścianki rury,
- b/ sposób oceny wyników tego badania.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować w badaniach odbiorczych i kontrolnych rur o średnicy od 10,2 do 139,7 mm, o grubości ścianki nie przekraczającej 10 % średnicy, jednak nie większej niż 5 mm. Zalceca się stosować w badaniach rur, których grubość ścianki nie przekracza 2,6 mm.

1.3. Nazwy i określenia

1.3.1. Cewka przelotowa - cewka, o jednym lub więcej uzwojeniach typu solenoidalnego otaczających badaną rurę, przez którą rura może się dowolnie przesuwac.

1.3.2. Współczynnik wypełnienia cewki - stosunek

$$\frac{D_{up}^2}{D^2}$$

gdzie: D_{up} - średnia średnica uzwojenia pomiarowego, D - średnica badanej rury.

1.4. Zasada badania. Badanie wykonuje się w układzie składającym się z cewki przelotowej o jednym lub więcej uzwojeniach i z układu elektronicznego, spełniającego rolę zasilacza prądu przemiennego o odpowiednio wysokiej częstotliwości oraz fazoczułego miernika napięcia.

Układ pomiarowy do badania rur ze stali niemagnetycznych podano na rys. 1.

Uzwojenie wzbudzające cewki jest zasilane prądem przemiennym o częstotliwości odpowiednio dobranej do średnicy i grubości ścianki badanej rury. Uzwojenie to wytwarza w rurze przemienny strumień magnetyczny, który wzbudza w niej prądy wirowe, skierowane wzdłuż obwodu rury. Dwa identyczne uzwojenia pomiarowe, przesunięte względem siebie i połączone ze sobą różnicowo, są połączone z układem pomiarowym. Badaną rurę przesuwac się przez cewkę nieruchomą ruchem posuwistym. Podczas przesuwu rura powinna być umieszczona współosiowo z cewką i nie powinna drgać w kierunku poprzecznym oraz współczynnik wypełnienia cewki powinien być odpowiednio duży.

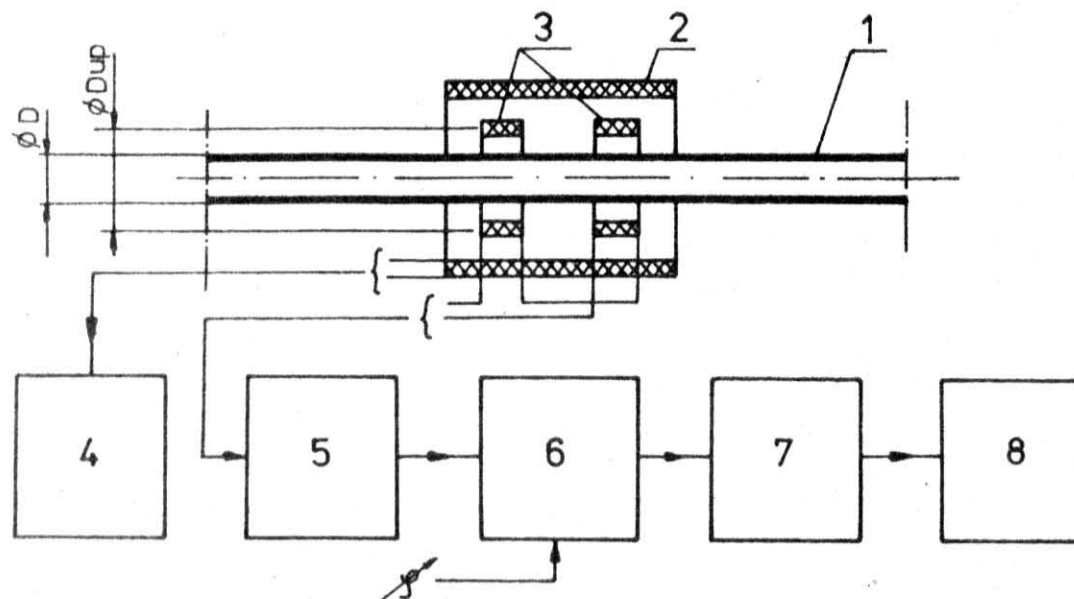
Napięcia indukowane w poszczególnych uzwojeniach pomiarowych zależą od strumienia magnetycznego będącego wypadkową strumieni magnetycznych: wzbudzającego i prądów wirowych. Amplitudy i fazy tych napięć zależą od:^{1/}

1/ Literatura dotycząca badań rur metodą prądów wirowych - wg p. 3 Informacji dodatkowych.

Instytut Metalurgii Żelaza

Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Metalurgii Żelaza zarządzeniem nr 14/86

z dnia 1986.07.08 jako norma obowiązująca od dnia 1987.07.01



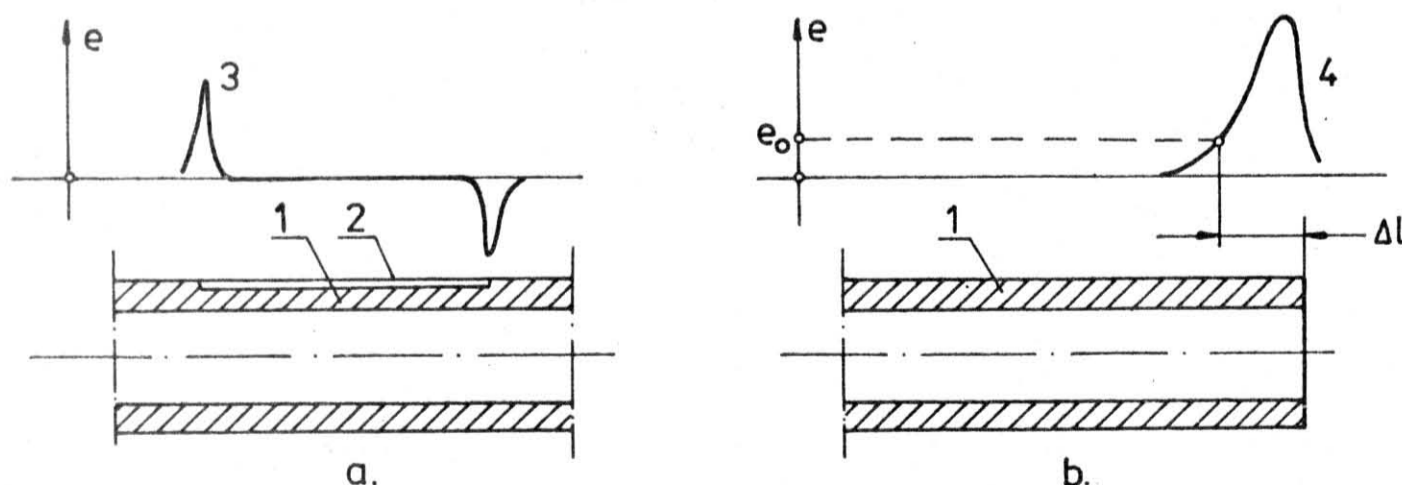
Rys.1 Schemat typowego układu pomiarowego do badania rur ze stali nie magnetycznej: 1 - badana rura, 2 - uzwojenie wzbudzające cewki przelotowej, 3 - uzwojenia pomiarowe połączone różnicowo, 4 - generator prądu przemiennego o częstotliwości z zakresu $0,1 \div 100$ kHz, 5 - wzmacniacz, 6 - prostownik fazoczuły, 7 - filtr o regulowanej charakterystyce, 8 - sygnalizator przekroczenia amplitudy

- wymiarów rury tj. od jej średnicy i grubości ścianki,
- częstotliwości pola wzbudzającego,
- własności materiału rury tj. od przewodności elektrycznej i przenikalności magnetycznej,
- nieciągłości materiału znajdujących się na drodze prądów wirowych /a w tym powierzchniowych skałeczeń i nierówności materiału/.

Wypadkowe napięcie obu uzwojeń jest równe zero, jeżeli w częściach rury objętych uzwojeniami pomiarowymi wymiary rury oraz własności materiału są jednakowe i nie ma w nich nieciągłości materiału. Wypadkowe napięcie jest różne od zera, jeżeli wymiary rury, własności materiału są niejednakowe i występują nieciągłości materiałowe, przy czym fazy napięć składowych, wywołanych różnicami własności lub wymiarów oraz obecnością nieciągłości materiałów, są różne.

Zastosowany fazoczuły miernik napięcia charakteryzuje się tym, że jego wskazanie jest proporcjonalne do amplitudy napięcia na wejściu oraz do cosinusa różnicy faz φ między fazą tego napięcia, a fazą tzw. napięcia sterującego. Przez odpowiedni dobór fazy napięcia sterującego $\cos \varphi = 0$ można wyeliminować ze wskazań określoną składową napięcia wypadkowego, np. składową związaną z wahaniami wymiarów rury. Zastosowanie fazoczułego układu pomiarowego umożliwia zatem skuteczne zróżnicowanie czułości na poszczególne wpływy, na korzyść wykrywania nieciągłości materiału.

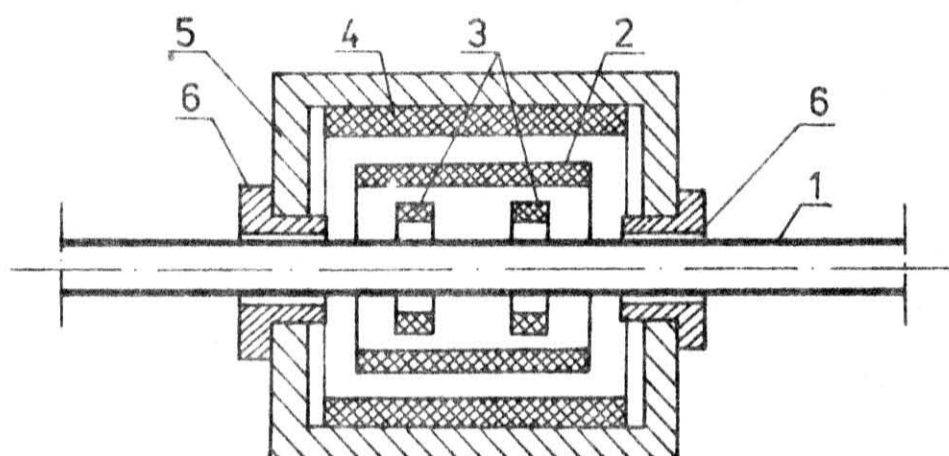
Układ jak na rys. 1 sygnalizuje tylko początek i koniec podłużnych nieciągłości materiału o stałej lokalizacji i wielkości, co przedstawiono na rys. 2a. Cecha ta, na ogół nie stanowi przeciwwskazania dla stosowania tej metody badania w praktyce.



Rys.2 Ilustracja charakterystycznych cech układu z rys. 1: a - sygnalizowanie tylko początku i końca wad o równomiernym przekroju, b - sygnalizowanie końców rury /niemożność zbadania końcowego odcinka rury/; 1 - badana rura, 2 - wada /rowek/ o równomiernym przekroju, 3 - sygnał wady, 4 - sygnał końca rury, e - napięcie wyjściowe defektoskopu, e_0 - próg czułości układu sygnalizacyjnego, Δl - najmniejsza długość niezbadanego końca rury

Układ jak na rys. 1 nie pozwala zbadać początkowego i końcowego odcinka rury na określonej długości. Przyczyną tego jest niejednakowy wpływ krawędzi rury na rozkład prądów wirowych pod uzwojeniami pomiarowymi, co powoduje, że pojawia się napięcie pomiarowe o dużej amplitudzie /rys. 2b/.

W przypadku rur z materiałów magnetycznych /większość gatunków stali/, w celu wyeliminowania wpływu na wykrywanie nieciągłości zmian przenikalności magnetycznej, która między innymi silnie zależy od naprężeń, stosuje się równoczesne magnesowanie do nasycenia badanego przekroju rury stałym polem magnetycznym /rys. 3/. Wówczas napięcia indukowane w uzwojeniach pomiarowych cewki są takie, jak w przypadku materiału niemagnetycznego. Czynność ta pozostawia w zbadanych rurach stan trwałego namagnesowania, dlatego niezwłocznie po badaniu, rury powinny być poddawane rozmagnesowaniu.



Rys.3 Schemat cewki przelotowej z jarzmem magnetycznym stosowanej do badania rur z materiałów magnetycznych
1 - badana rura, 2 - uzwojenie wzbudzające zasilane prądem przemiennym, 3 - uzwojenia pomiarowe połączone różnicowo, 4 - uzwojenie jarzma zasilane prądem stałym, 5 - magneto-
wód jarzma, 6 - wymienne tuleje magnetyczne

W układzie elektronicznym współpracującym z cewką przelotową /rys. 1/ ocenę amplitudy wypadkowego napięcia dokonuje się po przepuszczeniu napięcia przez filtr o regulowanej charakterystyce częstotliwości, co pozwala zwiększyć stosunek sygnałów nieciągłości materiału do sygnałów nie związanych z nimi. Zależność wielkości napięć wyjściowych od prędkości przesuwania się rury przez cewkę wymaga zapewnienia stałej prędkości tego przesuwu.

W tabl. 1 zestawiono zbiorczo parametry od których zależą wskazania typowego defektoskopu do badania rur metodą prądów wirowych z użyciem cewki przelotowej. Parametry układu pomiarowego dobiera się podczas wzorcowania przeprowadzanego przy użyciu wzoeca, tj. rury, w której znajdują się określone sztuczne wady.

2. WYMAGANIA STAWIANE BADANYM RUROM

Badane rury powinny spełniać następujące wymagania:

- a/ zewnętrzna powierzchnia powinna być czysta,
- b/ wewnątrz rury nie powinny znajdować się wióry lub opiłki metalowe,
- c/ na powierzchni rury, poza powierzchnią niezbadanych końców nie mogą znajdować się żadne wybite znaki,
- d/ końce rur powinny być odgratowane,
- e/ prostota i temperatura rur powinny spełniać wymagania stawiane przez producenta defektoskopu.

Tablica 1

Zestawienie parametrów i czynników mających wpływ na wyniki badania rur metodą prądów wirowych /przykład/

Lp.	Parametr	Uwagi
	<u>Parametry badanej rury</u>	
1	Średnica*	
2	Grubość ścianki	
3	Przewodność elektryczna materiału	
4	Przenikalność magnetyczna materiału	
5	Gatunek materiału	Wpływają poprzez zmianę przewodności elektrycznej i przenikalności magnetycznej
6	Struktura materiału	
7	Obecność nieciągłości materiału	
8	Lokalne wahania średnicy ^{1/}	
9	Mimoosiowość otworu /nierównomierna grubość ścianki na obwodzie /	
10	Naprężenia mechaniczne	Wpływają na przenikalność magnetyczną materiału
11	Obecność cząstek metalowych wewnątrz rury	
	<u>Parametry układu "rura-cewka"</u>	
12	Współczynnik wypełnienia cewki	Wpływa na czułość wykrywania nieciągłości
13	Mimoosiowość położenia rury w otworze cewki. Drgania poprzeczne	
	<u>Parametry układu elektronicznego</u>	
14	Częstotliwość prądu wzbudzającego	
15	Wzmocnienie	
16	Faza napięcia sterującego układem fazoczułym	
17	Charakterystyka filtra częstotliwości	
18	Sposób oceny napięcia wyjściowego przez układ dyskryminacji amplitudy i fazy	
19	Natężenie prądu stałego zasilającego uzwojenie jarzma /magnetowodu/ magnesujące badany przekrój rury do nasycenia	
	<u>Parametry ogólne</u>	
20	Prędkość przesuwania rury przez cewkę	
21	Dopuszczalne wahania prędkości przesuwania rury przez cewkę	
22	Długość niezbadanych końców rur	
^{1/} Przykładowo, mogą to być: <ul style="list-style-type: none"> - wgnioty biegnące po spirali powstałe przy nadmiernym docisku rolek prostownicy skośnorolkowej, - okresowe zmiany średnicy /i grubości ścianki/ określane jako "bambus", powstałe podczas ciągnięcia wskutek drgań osprzętu ciągnarki. 		

3. APARATURA

3.1. Defektoskop składający się z^{2/}:

a/ jednej cewki przelotowej o jednym lub wielu uzwojeniach względnie zespołu takich wymienionych cewek o różnych średnicach^{3/},

^{2/} Podane zespoły defektoskopu odpowiadają typowym rozwiązaniom spotykanym w praktyce. W konkretnych przypadkach, w zależności od sposobu rozwiązania defektoskopu przez jego producenta mogą wystąpić pewne odstępstwa od przedstawionego układu w p. 3.1 oraz 3.2.

^{3/} Zależy to od przeznaczenia defektoskopu tj. od zakresu średnic badanych rur; chodzi o to, by współczynnik wypełnienia cewki przez badane rury był odpowiednio duży /patrz 1.4/.

b/ jarzma magnetycznego wytwarzającego, w części rury objętej cewką przelotową stałe pole magnetyczne o dużym natężeniu /doprowadzające materiał rury do nasycenia magnetycznego/,

c/ układu elektronicznego zawierającego:

- generator prądu przemiennego o częstotliwości stałej lub wybieranej z zakresu 0,1-100 kHz /orientacyjnie/, przeznaczony do zasilania uzwojenia wzbudzającego cewki,

- fazoczuły miernik napięcia przemiennego dostarczanego przez uzwojenia pomiarowe cewki, wyposażony w regulator fazy napięcia sterującego i regulowany filtr częstotliwości,

- układy sygnalizujące przekroczenie granicznych wartości amplitud przez składowe napięcia pomiarowe,

- rejestrator napięcia wyjściowego.

Rejestrator napięcia wyjściowego powinien stanowić obowiązkowe wyposażenie defektoskopu.

3.2. Urządzenia pomocnicze jak:

a/ urządzenia transportowe umożliwiające przesuw badanych rur przez cewkę ze stałą prędkością, współosiowo i bez poprzecznych drgań,

b/ urządzenie do znaczenia farbą miejsca /przekroju/ występowania wad,

c/ demagnetyzator.

3.3. Wzorce służące do wzorcowania defektoskopu wykonuje się z rur przez nawiercenie w ich ściankach otworów o odpowiedniej średnicy i rozmieszczeniu. Rury użyte na wzorce powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

a/ średnica i grubość ścianki, skład chemiczny i struktura powinny spełniać wymagania norm przedmiotowych badanych rur,

b/ powinny spełniać wymagania podane w 2,

c/ powinny być bez wad.

W rurze przeznaczonej na wzorec należy wywiercić 3 otwory:

a/ rozmieszczone na tworzących zewnętrznej powierzchni przemieszczonych co 1/3 obwodu

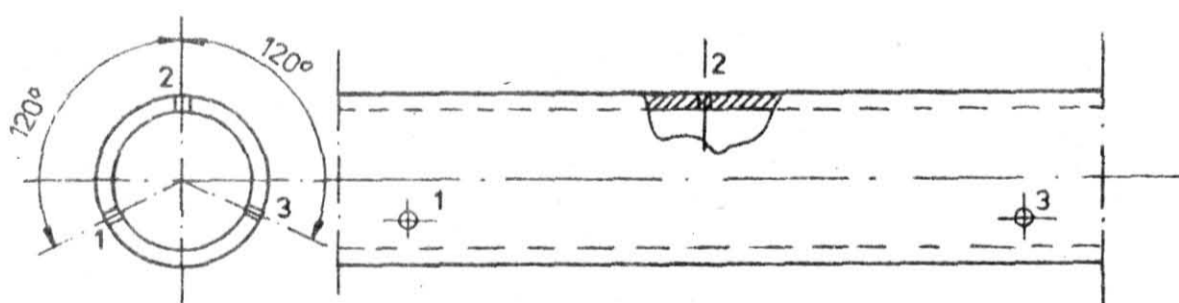
/rys. 4/, przy czym:

- w przypadku rury bez szwu wybór tworzących jest dowolny,

- w przypadku rury ze szwem, jedna z tworzących powinna się znajdować w podłużnej osi szwu,

b/ w przekrojach odległych od siebie na tyle, aby spowodowane nimi wskazania defektoskopu zarejestrowane za pomocą rejestratora były dobrze, oddzielnie czytelne /nie zlewały się/;

zaleca się stosować odległości rzędu 250 mm.



Rys.4 Rozmieszczenie otworów na wzorcu

Średnice otworów należy dobrać wg tabl. 2. Otwory należy wywiercić prostopadle do powierzchni rury, wiertłem poprawnie zaostroszonym, zwracając uwagę, by otwór miał kształt okrągły. Ewentualny zewnętrzny grat na brzegach otworów należy usunąć bardzo drobnym papierem ściernym.

Należy oglądać wyloty otworów przy odpowiednio dużym powiększeniu, np. za pomocą lupy ze skalą milimetrową o powiększeniu co najmniej 10x i ocenić, czy otwór mieści się w obrębie koła o średnicy $d+0,05$ mm /d - nominalna średnica otworu wg tabl. 2/. Otwory spełniające ten warunek uważa się za prawidłowe. Obowiązkowym potwierdzeniem prawidłowości wykonania otworów jest uzyskanie rejetrogramów otworów o amplitudach nie różniących się między sobą więcej niż ± 12 % / ± 1 dB/. Zaleca się otwory zalać żywicą epoksydową.

Jeśli dla danej średnicy rury potrzebne są wzorce dla różnych poziomów czułości badania, otwory odpowiadające tym poziomom czułości mogą być nawiercone na jednej i tej samej rurze, przy zachowaniu odpowiednio dużych odstępów między skrajnymi otworami poszczególnych grup.

Tablica 2

Średnica otworów we wzorcu w zależności od średnicy badanej rury i poziomu czułości badania

Średnica rury mm	Średnica otworów we wzorcu, mm		
	czułość obniżona	czułość normalna	czułość zwiększona
10,2	0,5	0,5	0,5
12	0,5	0,5	0,5
13,5	0,6	0,5	0,5
16	0,6	0,5	0,5
17,2	0,6	0,5	0,5
20	0,7	0,5	0,5
21,3	0,7	0,5	0,5
25	0,8	0,6	0,5
26,9	0,8	0,6	0,5
30	0,9	0,6	0,5
31,8	0,9	0,7	0,5
33,7	1	0,7	0,5
38	1	0,7	0,5
42,4	1,1	0,8	0,6
44,5	1,2	0,9	0,6
48,3	1,3	0,9	0,6
51	1,3	0,9	0,7
54	1,4	1	0,7
57	1,4	1	0,7
60,3	1,5	1,1	0,8
63,5	1,6	1,1	0,8
70	1,7	1,2	0,9
76,1	1,8	1,3	0,9
82,5	2	1,4	1
88,9	2,1	1,5	1
101,6	2,3	1,6	1,1
108	2,5	1,7	1,2
114,3	2,6	1,8	1,3
127	2,8	2	1,4
133	3	2,1	1,5
139,7	3,1	2,2	1,5

Zaleca się na wzorcu, oprócz otworów wg tabl. 2 przewidzianych do wzorcowania defektoskopu dla danego poziomu czułości badanie, wykonać 3 otwory około $\sqrt{2}$ razy mniejsze i 3 otwory około $\sqrt{2}$ razy większe. Do tego celu mogą być użyte otwory przewidziane do regulacji sąsiednich poziomów czułości. Obserwacja napięć wyjściowych tych otworów ułatwia przeprowadzenie wzorcowania i sprawdzenie prawidłowości charakterystyki dynamicznej defektoskopu.

Wzorce należy oznaczyć:

a/ przez wybite na obu końcach wzorca, na pasie o szerokości do 15 mm: numeru ewidencyjnego, wymiarów nominalnych /średnica x grubość ścianki/, litery P lub K oznaczających umowny początek lub koniec wzorca oraz znaku DKJ,

b/ przez namalowanie pasków obwodowych o dowolnym kolorze: jednego na umownym początku, dwóch na umownym końcu wzorca.

Przez umowny początek wzorca rozumie się tę krawędź wzorca, która powinna wchodzić w zasięg cewki na początku wzorcowania lub badania.

Wzorce uważa się za dobre w czasie wielokrotnego używania, gdy różnica amplitud wskazań związanych z poszczególnymi otworami nie przekracza wartości dopuszczalnej dla wzorców nowych.

Każdy wzorzec powinien posiadać dokumentację składającą się z:

a/ metryki podającej: nominalne i rzeczywiste wymiary rury użytej na wzorzec, rzeczywiste wymiary otworów przeznaczonych do wzorcowania i ich rozmieszczenie, rejestrogramy napięć wyjściowych dla otworów,

b/ zbieranych systematycznie i wklejanych na papier rejestrogramów napięć wyjściowych dla otworów, otrzymanych podczas wzorcowania, pobieranych co kilka zmian roboczych /przy stałym używaniu wzorca/ lub podczas każdego wzorcowania /przy rzadkim używaniu wzorca/.

4. BADANIE

4.1. Wzorcowanie defektoskopu należy wykonać przed rozpoczęciem badania rur posługując się wzorcem wg 3.3. Podczas wzorcowania parametry defektoskopu /tabl. 1 poz. 14, 16-19/ należy ustawić zgodnie z zaleceniami jego producenta, przy czym wzmocnienie /tabl. 1 poz. 15/ należy dobrać tak, by amplituda (napięcia wyjściowego każdego z otworów właściwych) dla przyjętego poziomu czułości nieznacznie przekraczała próg czułości układu dyskryminatora i powodowała jego zadziałanie. Zarejestrowane za pomocą rejestratora amplitudy tych napięć nie powinny różnić się między sobą o więcej niż $\pm 12\%$.

Wzorcowanie należy przeprowadzać po każdym załączeniu defektoskopu, a ponadto w toku jego nieprzerwanej pracy nie rzadziej niż co 1 h.

Poziom czułości należy przyjąć zgodnie z normą przedmiotową na badanie rury lub przyjąć zgodnie z ustaleniami uzgodnionymi z zamawiającym. Zaleca się przyjmować:

- a/ obniżoną czułość badania dla rur ze szwem podłużnym,
- b/ normalną czułość badania dla rur konstrukcyjnych bez szwu,
- c/ zwiększoną czułość badania dla rur bez szwu, kotłowych.

4.2. Badanie rur należy prowadzić przy zachowaniu parametrów nastawionych podczas wzorcowania.

Długość niezbadanych końców nie powinna przekraczać 150 mm.

5. OCENA WYNIKÓW BADANIA

Rury, dla których napięcie wyjściowe defektoskopu nie przekroczyło poziomu nastawionego podczas wzorcowania, tzn. nie wystąpiło ani jedno zadziałanie układu sygnalizującego to przekroczenia, uważa się za rury bez wad.

Rury, dla których napięcie wyjściowe defektoskopu przekroczyło poziom nastawiony podczas wzorcowania, tzn. wystąpiło co najmniej jedno zadziałanie układu sygnalizującego to przekroczenia, uważa się za wadliwe.

Na podstawie uzgodnienia między zamawiającym i wytwórcą dopuszcza się:

- a/ oszlifowanie powierzchni zewnętrznej rur uznanych za wadliwe i poddanie ich ponownemu badaniu,
- b/ odcięcie części rury zawierającej wady i uznanie pozostałej jej części za rurę bez wad.

6. PROTOKÓŁ BADANIA

Protokół badania powinien zawierać wszystkie informacje pozwalające jednoznacznie odtworzyć sposób badania rur.

W treści rur należy podać:

- a/ informację "rury zbadane metodą prądów wirowych wg BN-85/0601-16,
- b/ długość niezbadanych końców.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE do BN-86/0601-16

1. Instytucja opracowująca normę: Instytut Metalurgii Żelaza, Gliwice

2. Istotne zmiany w stosunku do normy ZN-70/0604-02

- a. Normą objęto rury stalowe bez szwu i ze szwem podłużnym - zamiast, jak dotąd, tylko rury stalowe bez szwu, kotłowe.
- b. Wprowadzono 3 poziomy czułości badania zamiast jednego, zalecając stosować:
 - czułość obniżoną do rur ze szwem,
 - czułość normalną do rur bez szwu konstrukcyjnych,
 - czułość zwiększoną do rur bez szwu, kotłowych.

c. Poszerzono zakres średnic rur z dotychczasowego 12-60 mm do 10,2 - 139,7 mm.

d. Średnicę otworów służących do wzorcowania uzależniono od średnicy rury i poziomu czułości badania. Średnice tych otworów mieszczą się w granicach 0,5 - 3,1 mm.

e. Wprowadzono tylko jeden rodzaj wzorców /bez nazwy/ w miejsce wzorców kontrolnych i roboczych.

3. Normy międzynarodowe i zagraniczne

RWPG: СТ СЭВ 4079-83 Трубы стальные. Неразрушающий контроль методом вихревых токов.

RFN: SEP 1925 Elektromagnetische Prüfung von Rohren zum Nachweis der Dichtheit

USA: E 309-83 Standard Practice for Eddy-Current Examination of Steel Tubular Products Using Magnetic Saturation

USA: E 426-76/81/ Standard Practice for Electromagnetic /Eddy-Current/ Testing of Seamless and Welded Tubular Products, Austenitic Stainless Steel and Similar Alloys

4. Literatura związana z teorią i praktyką badań rur metodą prądów wirowych:

R. Mac-Master: Nondestructive Testing Handbook Cz. 2, Ronald Press Company, New York, 1959

H. Heptner, H. Stroppe: Magnetyczne i indukcyjne badania metali, Wydawnictwo "Śląsk", 1972.

Tłumaczenie książki: "Magnetische und magnetoinduktive Werkstoffprüfung", VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1969, Wydanie 2

H. Heptner, H. Stroppe: "Magnetische und magnetinduktive Werkstoffprüfung", VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1972, Wydanie 3

Справочник: „Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий”, Т2, Москва „Машиностроение”, 1976

5. Autorzy projektu normy: mgr S.Niewęglowski, H. im. K.Świerczewskiego, Zawadzkie, doc. mgr inż. A.Stryk, IMŻ Gliwice