

Amadeusz Opas, Ryszard Pakos*

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Polska

Dobór liczby naświetlań w badaniach radiograficznych

Selection of the number of radiographs in radiographic examinations

ABSTRACT

The article defines the importance of analyzing the number of radiographs performed in radiographic studies depending on the geometrical properties of the object and the accepted test method. Considerations were based on the minimum exposure data for one- and two-wall penetration techniques as defined in PN-ISO EN 17636-1 for pipes with a diameter of less than or greater than 100 mm. The rules for selecting the number of exposures were determined.

Keywords: radiography, radiogram quality, dispersion radiation

STRESZCZENIE

W artykule tym określono znaczenie analizy liczby wykonanych radiogramów w badaniach radiograficznych w zależności od właściwości geometrycznych obiektu i przyjętej metody badań. Rozważania przeprowadzono w oparciu o dane dotyczące minimalnej ilości ekspozycji w technikach penetracji jednej i dwóch ścianek zawartych w normie PN-ISO EN 17636-1 dla rur o średnicy mniejszej i przekraczającej 100 mm. Określono zasady doboru liczby ekspozycji.

Słowa kluczowe: badania radiograficzne, jakość radiogramu, promieniowanie rozproszone



Inż.

Amadeusz Opas



Dr Inż.

Ryszard Pakos

1. Wstęp

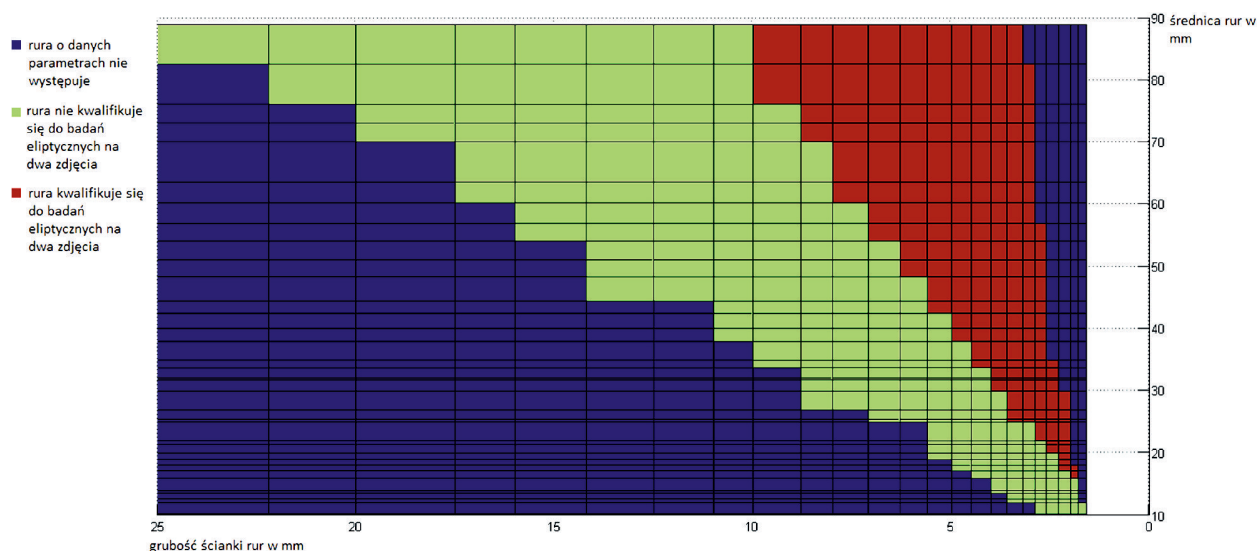
Problematyka doboru liczby ekspozycji w badaniach radiograficznych pozornie wydaje się opracowana i nie budząca wątpliwości merytorycznych. Liczba ekspozycji jest określona normą PN-ISO EN 17636-1 [1], która jednak dopuszcza pewne, nie do końca zdefiniowane, odstępstwa. Brózda J. i Czuchryj J. w pracy [2] odnoszą się do tego zagadnienia, rozpatrując je jednak tylko pod względem obszaru pojedynczego naświetlenia oraz doboru odległości źródła do badanego obiektu. Słania J. i Sołtys K. w pracy [3] badają wpływ promieniowania rozproszonego na jakość obrazu na radiogramie. Mackiewicz S. [4] analizuje znaczenie promieniowania rozproszonego i jego roli w badaniach radiograficznych. W literaturze brak jest odniesień dotyczących wpływu metody badań na liczbę ekspozycji, mimo że norma PN-ISO EN 17636-1 dopuszcza odstępstwa od zalecanej przez nią liczby ekspozycji. Dlatego jako cel pracy przyjęto przeanalizowanie zalet oraz wad poszczególnych metod badań rentgenowskich dopuszczonych przez normę PN EN ISO 17636-1, biorąc pod uwagę różne powiązania wielkości geometrycznych badanego elementu.

2. Minimalna ilość ekspozycji

Ustalanie minimalnej ilości ekspozycji przy badaniach

obwodowych złączy doczołowych dokonuje się w oparciu o normę PN-ISO EN 17636-1. Dokument ten, bazujący na teorii oraz praktyce badań, ustala dla rur o średnicach przekraczających 100 mm optymalną liczbę radiogramów ze względu na dokładność i koszty. Technika eliptyczna (podwójna ścianka/podwójne zdjęcie), nie powinna być wykorzystywana dla średnicy zewnętrznej $De > 100\text{mm}$ lub grubości ścianki rury $t > 8\text{ mm}$ lub szerokości spoiny $De/4$. Dwa przesunięte o 90° zdjęcia są wystarczające, jeżeli $t/De < 0,12$, w przeciwnym wypadku wymagane są trzy zdjęcia. Odległość między dwoma rzutami spoiny musi wynosić około jednej szerokości spoiny. Kiedy badanie eliptyczne jest trudne do przeprowadzenia, może być stosowana technika prostopadła [1]. W tym przypadku wymagane są trzy ekspozycje przesunięte po obwodzie o kąt 120° i 60° . Dla ustawienia badania przez dwie ścianki zgodnie z rysunkami 11, 13 i 14 [1], nachylenie wiązki musi być jak najmniejsze i być takie, aby uniknąć nakładania się dwóch obrazów. Pozostałe techniki radiograficzne mogą zostać ustalone przez umawiające się strony, gdy jest to przydatne, np. z takich powodów jak geometria elementu lub różnice w grubości materiału. W celu zmniejszenia czasu ekspozycji odcinków o jednokowej grubości nie należy stosować techniki wielu błon. Dodatkowo, przy tym samym materiale można zastosować kompensację grubości. Podział metod badań rur o średnicach do 100 mm przedstawiono na rysunku 1.

*Autor korespondencyjny. E-mail: ryszard.pakos@zut.edu.pl



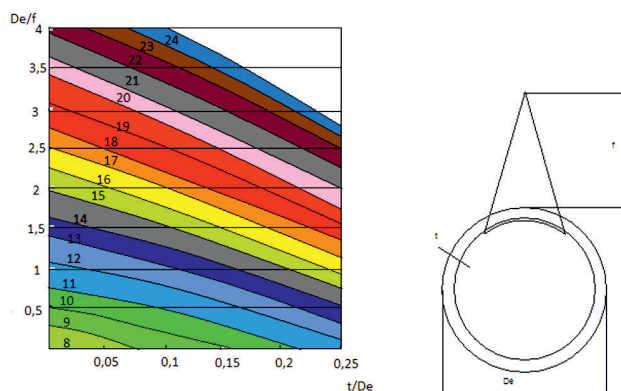
Rys. 1. Podział metod badań dla rur o średnicy do 100 mm.

Fig. 1. Division of test methods for pipes up to 100 mm in diameter.

Tab. 1. Ilość radiogramów dla metody przez jedną ściankę i $De = 101,6$ mm w zależności od grubości ścianki i ogniskowej.

Tab. 1. Number of radiographs for one-wall test method and diameter 101.6 mm depending on wall thickness and focal length.

t [mm]	t/De	De/f						
		1,02	0,51	0,34	0,25	0,20	0,17	0,15
		f						
		100	200	300	400	500	600	700
3,6	0,035	12	10	9	9	9	9	9
4,0	0,039	12	10	9	9	9	9	9
4,5	0,044	12	10	9	9	9	9	9
5,0	0,049	12	10	9	9	9	9	9
5,6	0,055	12	10	10	9	9	9	9
6,3	0,062	12	10	10	9	9	9	9
7,1	0,070	12	10	10	9	9	9	9
8,0	0,079	12	10	10	10	9	9	9
8,8	0,087	13	11	10	10	9	9	9
10,0	0,098	13	11	10	10	9	9	9
11,0	0,108	13	11	10	10	10	9	9
12,5	0,123	13	11	10	10	10	10	9
14,2	0,140	13	12	11	10	10	10	10
16,0	0,157	14	12	11	11	10	10	10
17,5	0,172	14	12	11	11	11	10	10
20,0	0,197	15	13	12	11	11	11	11
22,2	0,219	15	13	12	12	11	11	11
25,0	0,246	16	14	13	12	12	12	11
28,0	0,276	16	14	13	13	12	12	12



Rys. 2. Zasada doboru ilości ekspozycji dla metody badania przez jedną ściankę, zgodny z normą ISO 17636-1.

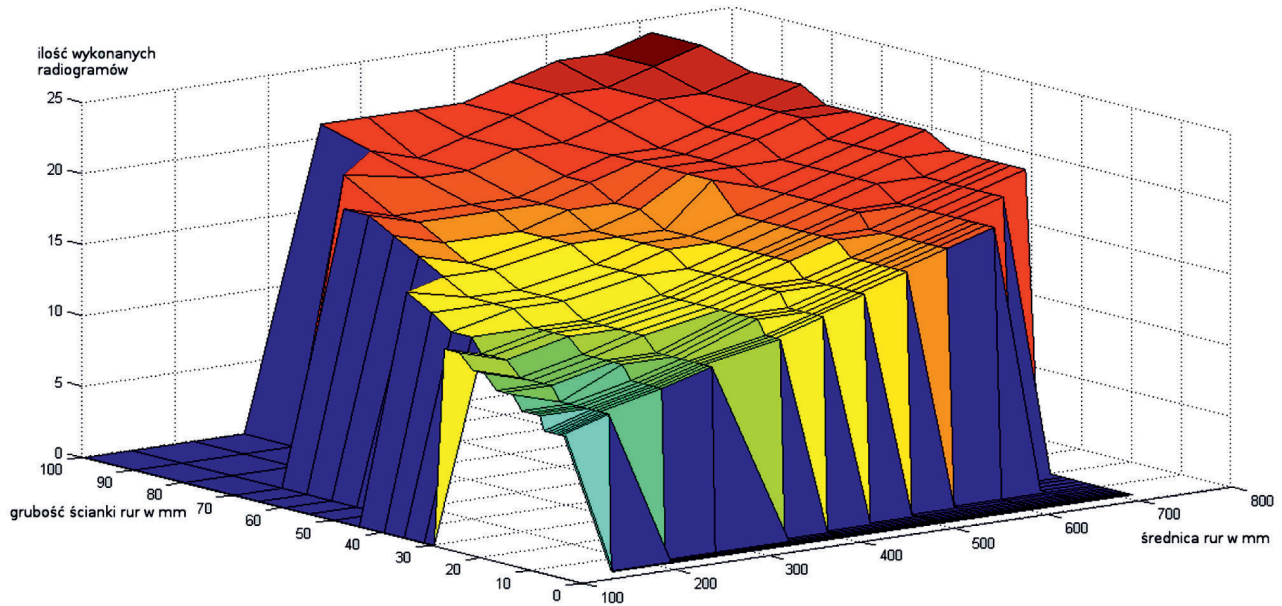
Fig. 2. Principle of the selection of the exposure for the one-wall test method in accordance with ISO 17636-1.

W badaniach rur o średnicy większej od 100 mm norma PN EN ISO 17636-1 zaleca liczbę zdjęć wg 3 metod badań:

- przez jedną ściankę do wewnątrz;
- przez jedną ściankę na zewnątrz (centrycznie);
- przez dwie ścianki.

Metoda badania przez jedną ściankę na zewnątrz daje możliwość zrobienia jednej ekspozycji dla całego badanego złącza. Źródło promieniowania umiejscowione winno być centralnie, dlatego w tym przypadku nie znajdują zastosowania lampy z okienkiem nierównomierne naświetlające błony. Dlatego korzystniejszy jest izotop, który promieniuje równomiernie we wszystkich kierunkach.

W analizie badań techniką normalną przez jedną ściankę posłużono się wykresem doboru minimalnej liczby ekspozycji N dla klasy dokładności B z normy PN-ISO EN 17636-1 (Rys. 2.), z którego wynika, że do wyboru liczby ekspozycji potrzebne są dwa ilorazy - stosunek średnicy rury do ogniskowej wykonanego radiogramu oraz stosunek grubości ścianki do średnicy badanej rury. Pole, w jakim znajduje się punkt powstały po przecięciu się normalnych do wartości podanych na osiach, oznacza liczbę dobranych radiogramów. Dobraną ilość



Rys. 3. Zobrazowanie doboru ilości ekspozycji dla metody badania przez jedną ściankę w zależności od średnicy rury i grubości ścianki rury przy stałej ogniskowej równej 200 mm.

Fig. 3. Visualization of the amount of exposure for the one-wall test method, depending on the pipe diameter and wall thickness of the pipe at 200 mm constant focal length.

radiogramów dla metody badania przez jedną ściankę i średnicy 101,6 i 711 mm w zależności od grubości ścianki i wielkości ogniskowej porównano w tabelach 1 i 2. Zależność liczby radiogramów dla metody badania przez jedną ściankę i średnicy 101,6 mm od grubości ścianki i wielkości ogniskowej zaprezentowano na rysunku 3.

Tab. 2. Ilość radiogramów dla metody badania przez jedną ściankę i $De = 711$ mm w zależności od grubości ścianki i ogniskowej.

Tab. 2. Number of radiographs for the one-wall test method and diameter 711 mm depending on wall thickness and focal length.

t [mm]	t/De	De/f					
		3,56	2,37	1,78	1,42	1,19	1,02
		f					
		200	300	400	500	600	700
25	0,035	21	17	15	13	12	12
28	0,039	21	17	15	13	12	12
30	0,042	21	17	15	13	12	12
36	0,051	21	17	15	14	12	12
40	0,056	21	17	15	14	13	12
45	0,063	22	17	15	14	13	12
50	0,070	22	17	15	14	13	12
55	0,077	22	17	15	14	13	12
60	0,084	22	18	15	14	13	13
65	0,091	22	18	15	14	13	13
70	0,098	23	18	16	14	13	13
80	0,113	23	18	16	14	13	13
90	0,127	24	18	16	15	14	13
100	0,141	24	19	17	15	14	13

Tab. 3. Ilość radiogramów dla metody przez dwie ścianki i średnicy 101,6 mm w zależności od grubości ścianki i wielkości ogniskowej.

Tab. 3. Number of radiographs for the method by two walls and diameter 101.6 mm depending on wall thickness and focal length.

t [mm]	t/De	De/SFD					
		1,00	0,51	0,34	0,25	0,20	0,17
		SFD					
		101,6	200	300	400	500	600
3,6	0,035	4	6	7	7	7	7
4,0	0,039	4	6	7	7	7	7
4,5	0,044	4	6	7	7	7	7
5,0	0,049	4	6	7	7	7	7
5,6	0,055	4	6	7	7	7	8
6,3	0,062	4	6	7	7	7	8
7,1	0,070	4	6	7	7	8	8
8,0	0,079	4	6	7	7	8	8
8,8	0,087	5	7	7	8	8	8
10,0	0,098	5	7	7	8	8	8
11,0	0,108	5	7	7	8	8	8
12,5	0,123	5	7	7	8	8	8
14,2	0,140	5	7	8	8	8	9
16,0	0,157	5	7	8	8	9	9
17,5	0,172	5	7	8	9	9	9
20,0	0,197	5	8	8	9	9	9
22,2	0,219	5	8	9	9	9	10
25,0	0,246	6	8	9	10	10	10
28,0	0,276	6	8	9	10	10	10

Tab. 4. Ilość radiogramów dla metody przez dwie ścianki i średnicy 711mm w zależności od grubości ścianki i wielkości ogniskowej.

Tab. 4. The number of radiographs for the method by the two walls and the diameter of 711mm depending on the wall thickness and focal length.

t [mm]	t/De	De/SFD				
		1,00	0,89	0,79	0,71	0,65
		SFD				
		711	800	900	1000	1100
25	0,035	4	5	5	5	6
28	0,039	4	5	5	5	6
30	0,042	4	5	5	5	6
36	0,051	4	5	5	6	6
40	0,056	4	5	5	6	6
45	0,063	4	5	5	6	6
50	0,070	4	5	5	6	6
55	0,077	4	5	5	6	6
60	0,084	5	5	5	6	6
65	0,091	5	5	5	6	6
70	0,098	5	5	6	6	6
80	0,113	5	5	6	6	6
90	0,127	5	5	6	6	6
100	0,141	5	5	6	6	6

Z porównania powyższych tabel wynika, że dla metody normalnej wraz ze wzrostem średnicy rur wzrasta też ilość dobranych radiogramów. Natomiast oddalenie źródła promieniowania powoduje zmniejszenie wymaganej ilości radiogramów. Metoda przez jedną ściankę do wewnątrz daje zdecydowanie większą ilość ekspozycji, ma jednak niepodważalną zaletę w postaci obsługi grubości ścianki do 40mm w przypadku użycia tańszego izotopu selenu⁷⁵ czy 200 mm w przypadku użycia lamp z promieniowaniem X w przedziale energii 1MeV do 4MeV.

Analogiczne wyniki analiz doboru ilości ekspozycji radiogramów dla metody przez dwie ścianki zgodny normą PN-ISO EN 17636-1 przedstawiono na rysunku 4 i w tabelach 3 i 4. Podczas analizy tabel zauważyć można, że zwiększenie długości ogniskowej wymaga zwiększenia ilości wykonanych

radiogramów, jednak wzrost średnicy rury wręcz pozwala na zmniejszenie doboru tych zdjęć.

3. Podsumowanie

Przy zastosowaniu rur o średnicach znajdujących się w przedziale o mniejszej wymaganej ilości wykonanych radiogramów projektant na początku z pewnością dobierze potrzebny przepływ oraz obliczy wytrzymałość, jaka musi towarzyszyć temu elementowi, jednak niepotrzebnie zwiększając wybór grubości ścianki, nie tylko podraża koszt zakupu rury, ale również koszt badania, co może mieć duże znaczenie dla dużej liczby złączy spawanych na jednym obiekcie.

Jak wynika z przedstawionych danych, tam gdzie jest to możliwe, sugerowaną techniką badań radiograficznych jest technika przez dwie ścianki z powodu konieczności wykonania mniejszej ilości zdjęć radiograficznych dla identycznych średnic rur oraz grubości ścianek badanej rury niż dla metody normalnej, co spowodowane jest zmniejszeniem wpływu promieniowania rozproszonego przez chociażby drugą ściankę badanej rury. Kolejnym niezaprzeczalnym atutem jest możliwość wykonywania badań na rurociągach nierozłącznych, dzięki umiejscowieniu wszystkich elementów badawczych poza zamkniętą przestrzenią rurociągu. Jedynym argumentem przemawiającym za techniką normalną jest możliwość wykonania szybszego naświetlenia błony niż w poprzednim wypadku oraz możliwość wykorzystania niższych energetycznie źródeł promieniowania dla prześwietlenia tej samej badanej rury o określonej wysokiej grubości ścianki.

4. Literatura/References

- [1] PN- ISO EN 17636-1, Badania nieniszczące spoin, Badanie radiograficzne,, Część 1: Techniki promieniowania X i gamma z błoną, PKN Warszawa 2013
- [2] Brózda J., Czuchryj J., Kontrola radiograficzna złączy spawanych, Biuro Gamma, 2001
- [3] Słania J., Sołtys K., Wpływ promieniowania rozproszonego na jakość obrazu na radiogramie, Przegląd Spawalnictwa 8/201,2 35-40
- [4] Mackiewicz S., Promieniowanie rozproszone i jego rola w badaniach radiograficznych, Krajowa Konferencja Badań Radiograficznych IPPT PAN „Popów 2010” 23 – 25 sierpnia 2010, Mat. Konf. 45 – 49