



Wydawnictwo
KaBe
Krosno 2022



Janusz Czuchryj, Sławomir Sikora, Łukasz Rawicki

BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE ZŁĄCZY SPAWANYCH, ODLEWÓW I ODKUWEK

W książce w sposób przystępny, a jednocześnie wyczerpujący zostały omówione podstawy i realizacje badań ultradźwiękowych w odniesieniu do połączeń spawanych i zgrzewanych oraz do odlewów i odkuwek.

Adresatami książki są laboranci, szefowie laboratoriów i inne osoby związane z badaniami ultradźwiękowymi.

Książka może być też cenną pomocą dla uczniów techników i studentów wyższych uczelni technicznych o odpowiednich kierunkach.

© Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” s.c., Krosno 2022

ISBN 978-83-65382-92-4

Wydawca: Wydawnictwo i Handel Książkami „KaBe” s.c., Krosno,
tel./fax 13 432 16 52, biuro@kabe-krosno.com

Korekta: Ewa Rogucka

Projekt okładki: Piotr Rechenek

Skład, łamanie: Jadwiga Popowska

Druk: „HEDOM”, Krosno

SPIS TREŚCI

1.	Wprowadzenie	9
2.	Pojęcie niezgodności, wady i nieciągłości	11
3.	Charakterystyka złączy spawanych, odlewów i odkuwek	13
3.1.	Charakterystyka złączy spawanych	13
3.2.	Charakterystyka odlewów	33
3.3.	Charakterystyka odkuwek	42
4.	Wykaz symboli i pojęć stosowanych w badaniach ultradźwiękowych	52
5.	Podstawy badań ultradźwiękowych	61
5.1.	Wybrane zagadnienia z matematyki	61
5.1.1.	Planimetria – równość kątów	61
5.1.2.	Trygonometria płaska	62
5.1.3.	Zapisy potęgowe liczb oraz twierdzenie o logarytmach	65
5.2.	Podstawy fizyczne badań ultradźwiękowych oraz własności akustyczne materiałów	67
5.2.1.	Jednostki stosowane w akustyce i badaniach ultradźwiękowych	67
5.2.2.	Definicja fali ultradźwiękowej	68
5.2.3.	Rodzaje fal ultradźwiękowych	71
5.2.4.	Wytwarzanie fal ultradźwiękowych	76
5.2.5.	Własności wiązki fal ultradźwiękowych i zjawiska zachodzące na granicy ośrodków	80
5.2.5.1.	Pole bliskie, strefa przejściowa i pole dalekie	81
5.2.5.2.	Kąt rozbieżności wiązki i szerokość wiązki	84
5.2.5.3.	Granica ośrodków	86
5.2.5.4.	Zjawiska na granicy ośrodków	87
5.3.	Tłumienie fal ultradźwiękowych	92
6.	Urządzenia i środki do badań ultradźwiękowych	97
6.1.	Defektoskopy ultradźwiękowe	98

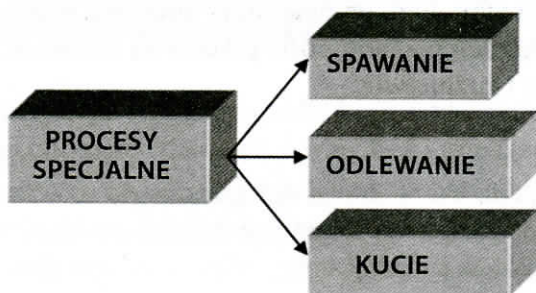
6.2.	Główce ultradźwiękowe	102
6.3.	Przewody elektryczne	112
6.4.	Próbki odniesienia	114
6.5.	Środki sprzęgające	120
7.	Podstawowe techniki badań ultradźwiękowych	124
7.1.	Technika echa	126
7.2.	Technika przepuszczania (cienia)	129
7.3.	Technika rezonansu	131
8.	Zasady ogólne badań ultradźwiękowych	133
8.1.	Plan badania	133
8.2.	Przygotowanie powierzchni	134
8.3.	Wybór obszarów badania	135
8.4.	Technika badania	135
8.5.	Dobór rodzaju i częstotliwości głowicy	136
8.6.	Dobór przetwornika głowicy	137
8.7.	Dobór i nastawa czułości badania	139
8.8.	Sposób prowadzenia głowicy	139
8.9.	Dokumentacja badania	141
8.10.	Kontrola parametrów głowic i defektoskopu	142
8.11.	Uwzględnienie krzywizny reflektora odniesienia przy posługiwaniu się wykresem DGS	142
8.12.	Bhp w badaniach ultradźwiękowych	143
8.12.1.	Zagrożenia hałasem ultradźwiękowym	144
8.12.2.	Ochrona przeciwporażeniowa prądem elektrycznym, jej zakres i ratowanie porażonych prądem	146
8.12.3.	Zasady bhp przy wykonywaniu badań	151
9.	Badania ultradźwiękowe złączy spawanych, odlewów i odkuwek według obowiązujących norm	153
9.1.	Badania ultradźwiękowe płaskich wyrobów stalowych według wymagań normy PN-EN 10160	153
9.1.1.	Zasady badania płaskich wyrobów stalowych	154
9.1.1.1.	Badanie korpusu wyrobu płaskiego	156
9.1.1.2.	Badanie obrzeży wyrobu płaskiego	157
9.1.2.	Określenie powierzchni niezgodności	158
9.1.2.1.	Badanie korpusu wyrobu płaskiego	158
9.1.2.2.	Badanie obrzeży wyrobu płaskiego	159

9.1.3.	Kryteria akceptacji wskazań od niezgodności uzyskanych podczas badania wyrobów płaskich ...	159
9.1.4.	Sprawozdanie z badań	162
9.2.	Badania ultradźwiękowe złączy spawanych według wymagań normy PN-EN ISO 17640	162
9.2.1.	Zasady ogólne	162
9.2.2.	Kwalifikacje personelu	164
9.2.3.	Wyposażenie, parametry badania ultradźwiękowego	164
9.2.4.	Badanie niezgodności spawalniczych prostopadłych do powierzchni badania	172
9.2.5.	Położenie wskazań	173
9.2.6.	Protokół badania	191
9.3.	Ocena jakości złączy spawanych ze stali ferrytycznej na podstawie badań ultradźwiękowych	191
9.3.1.	Poziomy akceptacji wskazań ultradźwiękowych według PN-EN ISO 11666 i grupowanie wskazań ...	192
9.4.	Badania ultradźwiękowe odlewów według wymagań normy PN-EN 12680-1	201
9.4.1.	Poziomy akceptacji dla niezgodności płaskich zorientowanych na ogół prostopadle do badanej powierzchni	202
9.4.2.	Zakres akceptacji dla niezgodności przestrzennych .	203
9.4.3.	Maksymalny dopuszczalny wymiar niezgodności w przypadku badania radiograficznego odlewu, przeprowadzanego jako badanie uzupełniające dla badania ultradźwiękowego	206
9.4.4.	Przebieg badania ultradźwiękowego i poziomy nasilenia wskazań	206
9.4.5.	Przebieg badania odlewu	207
9.4.6.	Protokół z badań odlewów	222
9.5.	Badania ultradźwiękowe odkuwek ze stali ferrytycznych lub martenzytycznych według wymagań normy PN-EN 10228-3	223
9.5.1.	Pisemna procedura badania	224
9.5.2.	Aparatura i wyposażenie	225
9.5.3.	Faza wytwarzania	226
9.5.4.	Poziomy rejestracji i kryteria akceptacji	234
9.5.5.	Sprawozdanie	237

10.	Inne techniki badań ultradźwiękowych	239
10.1.	Badania stali austenitycznych i materiałów różnorodnych	239
10.1.1.	Wstęp	239
10.1.2.	Niejednorodność struktury	241
10.1.3.	Analiza stanu zagadnienia	244
10.2.	Badania ultradźwiękowe osi pełnych	247
10.2.1.	Wstęp	247
10.2.2.	Techniki ultradźwiękowego badania osi pełnych	249
10.2.3.	Półautomatyczne badania osi kolejowych	252
10.2.4.	Technika Phased Array w badaniach osi kolejowych	254
10.2.5.	Podsumowanie	258
10.3.	Badania ultradźwiękowe techniką TOFD	258
10.3.1.	Jak działa technika TOFD	259
10.3.2.	Interpretacja wyników badania	262
10.3.3.	Zalety metody TOFD	264
10.4.	Badanie osi drążonych	265
10.4.1.	Wstęp	265
10.4.2.	Przebieg badania	266
10.5.	Badania ultradźwiękowe szyn kolejowych	271
10.6.	Badania ultradźwiękowe techniką PA	278
11.	Wykaz norm wykorzystanych i związanych	287
12.	Literatura	291

Wprowadzenie

W normie PN-EN ISO 9001, dotyczącej wymagań w zakresie systemów zarządzania jakością, zdefiniowano pojęcie specjalnych procesów produkcyjnych. Zalicza się do nich takie sposoby wytwarzania, których wynik nie może być w pełni sprawdzony przez kontrolę lub badania wyrobu oraz gdzie niedostatki przebiegu procesu wytwarzania mogą się ujawnić dopiero podczas eksploatacji. Wynika stąd, że procesy specjalne powinny być zawsze realizowane przez wykwalifikowany personel, natomiast parametry procesów w sposób permanentny nadzorowane i monitorowane. Do specjalnych procesów produkcyjnych zaliczono między innymi spawanie, odlewanie i kucie (rys. 1.1) [1].



Rys. 1.1. Przykłady specjalnych procesów produkcyjnych

Odstępstwa od prawidłowej technologii wykonania wyrobów mogą być przyczyną powstawania w tych wyrobach różnego rodzaju niezgodności. Obecność z kolei niezgodności w wyrobach powoduje zwykle znaczne obniżenie ich trwałości eksploatacyjnej lub może

być przyczyną poważnych awarii, a w związku z tym dużych strat materialnych. Z tego powodu zarówno ilość, jak i wielkość niezgodności w wykonywanych konstrukcjach powinna być możliwie najmniejsza.

Do wykrywania niezgodności oraz do określania ich wymiarów w wyrobach stosuje się wiele różnych metod badań nieniszczących (NDT). Z istniejącego ich zestawu każdy wytwórca może wybrać metodę, która spełnia jego oczekiwania. Jedną z metod powszechnie współcześnie stosowanych w praktyce przemysłowej stanowią badania ultradźwiękowe (UT). Aby uzyskiwane wyniki były wiarygodne, badania ultradźwiękowe muszą podlegać dyscyplinie proceduralnej podczas realizacji. Z tego powodu opracowano podręcznik (poradnik), którego zawartość powinna ułatwić czytelnikowi przyswojenie informacji z zakresu praktycznej realizacji badań ultradźwiękowych, natomiast personelowi NDT służyć pomocą przy wykonywaniu codziennych obowiązków służbowych.

Podręcznik przeznaczony jest dla czytelników planujących uzyskanie certyfikatu z zakresu badań ultradźwiękowych złączy spawanych, odlewów i odkuwek, zajmujących się stosowaniem badań w praktyce przemysłowej, pełnieniem nadzoru nad wykonawstwem lub remontami konstrukcji różnego typu, egzaminowaniem spawaczy, uznawaniem technologii wytwarzania oraz tych osób, których zamierzaniem jest poszerzenie wiadomości o kontroli jakości w spawalnictwie, odlewnictwie i kuźnictwie.



ISBN 978-83-65382-92-4



9 788365 382924