

CZĘŚĆ I

Janusz Czuchryj

BADANIA NIENISZCZĄCE ZŁĄCZY SPAWANYCH

Wprowadzenie	13
Pojęcie niezgodności, wady i nieciągłości	15
Budowa złączy spawanych	16
1. Badania wizualne	19
1.1. Podstawy badań wizualnych	19
1.2. Badania wizualne złączy spawanych według normy PN-EN ISO 17637	30
1.3. Środki do badań wizualnych	34
1.4. Informacje uzupełniające	41
2. Badania penetracyjne	43
2.1. Zasada badań penetracyjnych i kolejność procesu	44
2.2. Preparaty do badań	49
2.3. Badania penetracyjne złączy spawanych według normy PN-EN ISO 3452-1	53
2.4. Próbkі odniesienia	59
2.5. Informacje uzupełniające	61
3. Badania magnetyczno-proszkowe	63
3.1. Podstawy badań magnetyczno-proszkowych	63
3.2. Zasady ogólne badań magnetyczno-proszkowych	70
3.3. Preparaty, urządzenia i wyposażenie do badań magnetyczno-proszkowych	72
3.4. Próbkі odniesienia	81
3.5. Badania magnetyczno-proszkowe złączy spawanych według normy PN-EN ISO 17638	85
3.6. Informacje uzupełniające	93

4. Badania radiograficzne	101
4.1. Podstawy badań radiograficznych	101
4.2. Urządzenia do badań	110
4.3. Wybór aparatury radiograficznej	117
4.4. Powstawanie obrazu na błonie i jego jakość	118
4.5. Badania radiograficzne złączy spawanych według normy PN-EN ISO 17636-1	126
4.6. Informacje uzupełniające	144
5. Badania ultradźwiękowe	147
5.1. Rodzaje, własności i sposoby wytwarzania fal ultradźwiękowych	147
5.2. Własności fali ultradźwiękowej	154
5.3. Urządzenia i środki do badań ultradźwiękowych	162
5.4. Metody i techniki badań ultradźwiękowych	174
5.5. Wybrane przykłady interpretacji wskazań	189
6. Ocena jakości złączy spawanych na podstawie badań nieniszczących	193
6.1. Poziomy jakości złączy spawanych	194
6.2. Poziomy akceptacji wskazań	203
6.3. Korelacja między poziomami jakości a poziomami akceptacji wskazań	218
7. Wybrane metody badania szczelności złączy spawanych	221
7.1. Zasady wyboru sposobu badania szczelności	223
7.2. Próba naftą i kredą	226
7.3. Metoda pęcherzykowa z przyssawką próżniową	227
7.4. Metoda amoniakalna	229
7.5. Metoda chlorowcowa	231
7.6. Metoda spektrometryczna	232
7.7. Metoda znaczników radiograficznych	235
7.8. Badania ciśnieniowe	236
7.9. Metoda ultradźwiękowa	241
7.10. Metoda manometryczna	242
7.11. Metoda termowizyjna	244

8. Wybrane niekonwencjonalne metody badań nieniszczących	245
8.1. Tomografia komputerowa z monochromatorem	245
8.2. Mikrotomografia komputerowa	247
8.3. Przemysłowa radiografia komputerowa (CR) z użyciem płyt obrazowych	249
8.4. Mikroskopia akustyczna	251
8.5. Metody oparte na zjawiskach wzbudzanych światłem	252
8.6. Metoda termograficzna	253
8.7. Technika radiografii tangensowej	254
8.8. Radiografia błyskowa	254
8.9. Promieniowanie synchrotronowe	257
8.10. Sztuczne sieci neuronowe (sztuczna inteligencja) w badaniach nieniszczących	259
9. Zasady wyboru metod badań nieniszczących	261
9.1. Zalecenia wyboru metod badań nieniszczących	262
9.2. Ekonomiczne efekty stosowania badań nieniszczących	267
Literatura	271

CZĘŚĆ II

Bolesław Kurpisz

BADANIA NISZCZĄCE ZŁĄCZY SPAWANYCH

Wprowadzenie	279
1. Badania własności mechanicznych	281
2. Statyczna próba rozciągania materiałów, stopów i spoin	283
3. Statyczna próba poprzecznego rozciągania doczołowych złączy spawanych	293

4. Statyczna próba rozciągania złączy spawanych krzyżowych i zakładkowych	299
5. Statyczna próba zginania złączy spawanych	303
6. Statyczna próba łamania złączy spawanych	311
7. Dynamiczna próba łamania złączy spawanych	319
8. Dynamiczna próba uderności materiałów i złączy spawanych	321
8.1. Dynamiczna próba uderności – zasada	321
8.2. Dynamiczne próby uderności w niskiej i podwyższonej temperaturze.	328
9. Badanie zmęczeniowe materiałów i złączy spawanych	329
10. Długotrwałe próby pełzania materiałów	337
11. Badanie twardości materiałów i złączy spajanych	343
11.1. Wprowadzenie	343
11.2. Badanie twardości metodą Brinella	344
11.3. Badanie twardości metodą Rockwella	346
11.4. Badanie twardości metodą Vickersa	350
11.5. Badanie makrotwardości złączy spawanych łukowo.	353
11.6. Pomiary mikrotwardości złączy spajanych	357
11.7. Kryteria oceny pomiarów twardości złączy spajanych	358
12. Badania metalograficzne – makroskopowe i mikroskopowe metalowych złączy spajanych	361
13. Badania niszczące złączy spajanych prętów ze stali do zbrojenia betonu	369
13.1. Pręty ze stali do zbrojenia betonu – własności	369
13.2. Złącza spajane prętów ze stali do zbrojenia betonu.	370
13.3. Badania niszczące złączy spajanych prętów ze stali do zbrojenia betonu	375
13.3.1. Typy badań niszczących złączy spajanych prętów ze stali zbrojeniowej	375

13.3.2. Przykłady typowych próbek do badania złączy spajanych prętów ze stali zbrojeniowej	376
13.3.3. Badanie na rozciąganie	379
13.3.4. Badanie na zginanie	379
13.3.5. Badanie na ścinanie	380
14. Badania niszczące zgrzewanych łukowo kołków	381
14.1. Wprowadzenie	381
14.2. Badania niszczące zgrzewanych łukowo kołków	383
15. Badanie wrażliwości na spajanie materiałów i spoiw stosowanych na spajane konstrukcje	389
15.1. Wprowadzenie	389
15.2. Badanie skłonności stali do powstawania pęknięć kruchych	390
15.3. Badanie skłonności stali do powstawania pęknięć zimnych	393
15.3.1. Wprowadzenie	393
15.3.2. Próba kołkowa (próba implant)	395
15.3.3. Próba Tekken (próba Lehigh)	396
15.3.4. Próba regulowanej ostrości cieplnej CTS	399
15.3.5. Próba krzyżowa	400
15.4. Badanie skłonności stali i spoiw do powstawania pęknięć gorących	401
15.4.1. Wprowadzenie	401
15.4.2. Próba teowa ze spoiną pachwinową	402
15.4.3. Próba rozciągania metalu spoiny	405
15.4.4. Próba wzdłużnego zginania złącza spawanego	406
15.5. Badanie skłonności stali do powstawania pęknięć lamelarnych	408
15.6. Badanie skłonności stali i spoiw do powstawania pęknięć wyżarzeniowych	412
Literatura	415