

IPPT Reports on Fundamental Technological Research

1/2023

Dominik Kukla

METODY NIENISZCZĄCE W OCENIE
ROZWOJU USZKODZENIA
MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH
W WARUNKACH OBCIĄŻEŃ
EKSPLOATACYJNYCH

Instytut Podstawowych Problemów Techniki
Polskiej Akademii Nauk

Warszawa 2023

Spis treści

1. Wprowadzenie	11
1.1 Cel i zakres pracy	15
1.1.1 Cel pracy	16
1.1.2 Zakres pracy	16
2. Metoda prądów wirowych	19
2.1 Opis metody	19
2.2 Inne metody oparte na zjawisku indukcji magnetycznej	20
2.3 Prądy wirowe w diagnostyce przemysłowej	21
2.4 Defektoskopia prądowirowa	23
2.5 Ocena grubości warstw i powłok z zastosowaniem prądów wirowych . . .	25
2.6 Ocena stanu technicznego rur	28
2.7 Strukturoskopia oraz ocena stanu naprężenia	34
2.8 Prądy wirowe w ocenie degradacji zmęczeniowej	37
3. Inne metody magnetyczne w ocenie uszkodzeń zmęczeniowych	41
3.1 Detekcja uszkodzeń z wykorzystaniem zjawisk elektromagnetycznych . . .	41
3.2 Szumy Barkhausena	43
3.3 Emisja magneto-akustyczna	44
3.4 Metoda pamięci magnetycznej	46
3.5 Metoda wycieku magnetycznego	47
4. Zjawiska towarzyszące zmęczeniu materiałów konstrukcyjnych	49
4.1 Opis zjawiska	49
4.2 Metody opisu rozwoju uszkodzenia zmęczeniowego	53
4.3 Ilościowa ocena uszkodzenia zmęczeniowego	54
4.4 Mechanizmy rozwoju uszkodzenia zmęczeniowego	56
5. Ocena uszkodzenia zmęczeniowego żarowytrzymałej stali 1.4903	63
5.1 Opis żarowytrzymałej stali 1.4903	63
5.2 Właściwości wytrzymałościowe i mikrostruktura stali 1.4903	64
5.3 Rozwój parametrów uszkodzenia zmęczeniowego stali 1.4903	69
5.4 Metoda prądów wirowych w ocenie stopnia uszkodzenia stali 1.4903 . . .	77
5.5 Nieniszcząca detekcja uszkodzenia stali 1.4903 w procesie pełzania	91

6. Detekcja i ocena uszkodzeń eksploatacyjnych w stopach niklu	95
6.1 Wstęp	95
6.2 Ocena rozwoju uszkodzenia zmęczeniowego stopu MAR 247	96
6.3 Testy zmęczeniowe stopu MAR 247	97
6.4 Badania stopu MAR 247 metodą prądów wirowych	101
6.4.1 Wynik badań defektoskopowych	102
6.4.2 Wyniki strukturoskopi prądowirowej	106
6.5 Identyfikacja i analiza rozwoju uszkodzenia metodami optycznymi	111
6.5.1 Badania z wykorzystaniem cyfrowej korelacji obrazu (DIC)	113
6.5.2 Ocena uszkodzeń metodą interferometrii płamkowej (ESPI)	118
6.6 Ocena stopnia uszkodzenia stopu niklu INCONEL 718	125
7. Inne przykłady oceny uszkodzeń badanych metodą prądów wirowych	129
7.1 Identyfikacja i ocena przypaleń szlifierskich w stali AISI 9310	129
7.2 Ocena degradacji wodorowej stali 316	133
7.3 Ocena stanu naprężenia stali S235 po walcowaniu	136
8. Podsumowanie	143
8.1 Wnioski końcowe	143
8.2 Oryginalne elementy pracy	145
8.3 Kierunki dalszych badań	148
Bibliografia	149