



**INSTYTUT SPAWALNICTWA**

Polskie Spawalnicze Centrum Doskonałości

**JANUSZ CZUCHRYJ  
SŁAWOMIR SIKORA**

# ***Badania wizualne złączy spawanych***

**WYDANIE V**

**Gliwice, 2019**

**INSTYTUT SPAWALNICTWA**

**BADANIA WIZUALNE  
ZŁĄCZY SPAWANYCH**

**Wydanie V**

MGR INŻ. JANUSZ CZUCHRYJ  
MGR INŻ. SŁAWOMIR SIKORA

Gliwice, 2019

**ISBN 978-83-61272-89-2**

---

**Wydawca:** INSTYTUT SPAWALNICTWA, 44-100 GLIWICE,  
ul. Bł. Czesława 16-18  
tel.: (32) 231-00-11, fax: (32) 231-46-52  
e-mail: [is@is.gliwice.pl](mailto:is@is.gliwice.pl), [www.is.gliwice.pl](http://www.is.gliwice.pl)

**Skład DTP:** INSTYTUT SPAWALNICTWA - Dariusz Olszewski

**Druk:** Usługi Komputerowe i Poligraficzne, 44-100 Gliwice, ul. Młyńska 4

# SPIS TREŚCI

<b>1. WSTĘP</b> .....	7
<b>2. PODSTAWY BADAŃ WIZUALNYCH</b> .....	8
2.1. Współczesny pogląd na budowę materii.....	8
2.2. Promieniowanie elektromagnetyczne.....	11
2.3. Dualizm falowo-korpuskularny światła.....	15
2.4. Optyka geometryczna.....	15
2.4.1. Prawo odbicia.....	17
2.4.2. Prawo załamania.....	21
2.4.3. Wady układów optycznych.....	26
2.4.4. Dyspersja światła, barwy światła.....	27
2.4.5. Interferencja, ugięcie i polaryzacja światła.....	30
2.5. Fotometria.....	35
2.5.1. Natężenie źródła światła (światłość).....	37
2.5.2. Strumień świetlny.....	38
2.5.3. Natężenie oświetlenia (oświetlenie).....	40
2.5.4. Luminancja (jaskrawość).....	41
2.6. Zmysł wzroku .....	44
2.6.1. Rola siatkówki i ośrodkowego układu nerwowego.....	46
2.6.2. Ostrość wzroku.....	47
2.6.3. Pole widzenia.....	49
2.6.4. Kąt widzenia.....	49
2.6.5. Widzenie barw.....	51
2.6.6. Akomodacja i adaptacja oka.....	53
2.6.7. Wybrane wady wzroku.....	55
2.6.8. Złudzenia optyczne.....	56
2.7. Podstawowe określenia i definicje stosowane w badaniach wizualnych.....	58
2.8. Ogólne zasady badań wizualnych.....	60
<b>3. BADANIA WIZUALNE ZŁĄCZY SPAWANYCH WEDŁUG NORMY PN-EN ISO 17637</b> .....	66
3.1. Elementy złącza spawanego.....	66
3.2. Pojęcie niezgodności i wady.....	67
3.3. Warunki badań.....	68
3.4. Personel.....	69
3.5. Zakres badań.....	69
3.6. Badania wizualne przygotowania elementów do spawania.....	70
3.7. Badania wizualne podczas spawania.....	70

3.8.	Badania wizualne gotowych złączy spawanych.....	71
3.8.1.	Czyszczenie i obróbka.....	71
3.8.2.	Kształt i wymiary.....	74
3.8.3.	Grań i lico spoiny.....	75
3.8.4.	Obróbka cieplna po spawaniu.....	75
3.9.	Badania wizualne gotowych złączy spawanych.....	75
3.9.1.	Spoiny usuwane częściowo.....	76
3.9.2.	Spoiny usuwane w całości.....	76
3.9.3.	Badania po naprawie.....	76
3.10.	Protokół badań wizualnych.....	76
<b>4.</b>	<b>OCENA JAKOŚCI ZŁĄCZY SPAWANYCH Z METALI NA PODSTAWIE BADAŃ WIZUALNYCH.....</b>	<b>77</b>
4.1.	Poziomy jakości złączy spawanych.....	77
4.2.	Poziomy akceptacji wskazań.....	94
4.3.	Przykłady oceny jakości złączy spawanych z metali.....	94
<b>5.</b>	<b>BADANIA WIZUALNE POŁĄCZEŃ SPAWANYCH W PÓŁPRODUKTACH Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH.....</b>	<b>111</b>
5.1.	Charakterystyka polimerów.....	111
5.2.	Badania wizualne połączeń spawanych z tworzyw termoplastycznych według normy PN-EN 13100-1.....	113
5.3.	Klasyfikacja niezgodności w połączeniach spawanych z tworzyw termoplastycznych.....	114
5.4.	Ocena jakości połączeń spawanych z tworzyw termoplastycznych.....	119
<b>6.</b>	<b>ŚRODKI DO BADAŃ WIZUALNYCH.....</b>	<b>132</b>
6.1.	Sprawdziany, szablony, przymiary i przyrządy.....	132
6.2.	Mikroskop.....	135
6.3.	Lusterka.....	138
6.4.	Lupy.....	138
6.5.	Spoinomierze.....	143
6.6.	Wyposażenie do badań endoskopowych.....	145
6.6.1.	Boroskopy.....	146
6.6.2.	Fiberoskopy.....	148
6.6.3.	Wideoskopy.....	151
6.6.4.	Postępowanie z wyposażeniem endoskopowym.....	156
6.7.	Źródła światła.....	158
6.8.	Środki czystości.....	159
<b>7.</b>	<b>ZASADY ORGANIZACJI BADAŃ WIZUALNYCH.....</b>	<b>161</b>
7.1.	Organizacja badań wizualnych.....	161
7.2.	Instrukcja badania wizualnego.....	162
7.3.	Przykłady instrukcji badania wizualnego złączy spawanych .....	166

<b>8. INFORMACJE UZUPEŁNIAJĄCE</b> .....	171
8.1. Badania makroskopowe złączy spawanych.....	171
8.2. Fraktografia przełomów.....	174
8.3. Barwy nalotowe i pomiary temperatury.....	176
8.4. Wprowadzenie do korozji.....	178
8.5. Kwalifikowanie i certyfikowanie personelu badań nieniszczących według normy PN-EN ISO 9712.....	186
<b>9. WYKAZ NORM WYKORZYSTANYCH I ZWIĄZANYCH</b> .....	195
<b>10. LITERATURA</b> .....	195



## 1. WSTĘP

W normach dotyczących zarządzania jakością zdefiniowano pojęcie specjalnych procesów produkcyjnych, do których zaliczono również spawanie. Spawanie stanowi zatem proces, którego wynik nie może być w pełni sprawdzony przez kontrolę i badania wyrobu oraz gdzie niedostatki przebiegu procesu mogą się ujawnić podczas eksploatacji wyrobu. Z tego powodu zarówno ilość, jak i wielkość niezgodności spawalniczych w wykonywanych złączach powinna być możliwie najmniejsza.

Do wykrywania niezgodności spawalniczych oraz określania ich wymiarów stosuje się różne metody badań nieniszczących. Metodę podstawową, obowiązkowo stosowaną w odniesieniu do wszystkich konstrukcji spawanych, stanowią badania wizualne. Dlatego opracowano poradnik, którego zawartość powinna ułatwić czytelnikowi przyswojenie informacji zarówno z zakresu teoretycznej jak i praktycznej realizacji badań wizualnych, natomiast personelowi badań nieniszczących służyć pomocą przy wykonywaniu ich codziennych obowiązków służbowych. W opracowaniu omówiono współczesny pogląd na budowę materii, pojęcie fali elektromagnetycznej i jej rozprzestrzenianie się w przestrzeni oraz falowo-korpuskularny charakter światła. W zakresie optyki geometrycznej omówiono prawa, którym światło podlega oraz zjawiska wynikające z oddziaływania światła z materią. W sposób zwięzły wyjaśniono podstawowe wielkości fotometryczne i proces reakcji człowieka na światło dzięki posiadaniu zmysłowi wzroku. Zgodnie z wymaganiami obowiązujących norm podano i omówiono sposoby przeprowadzania badań wizualnych złączy spawanych ze stali i tworzyw termoplastycznych oraz zasady oceny jakości tych złączy. Wykonywanie badań wizualnych wymaga stosowania odpowiednich środków. Środki te opisano w odrębnych podrozdziałach opracowania. Informacje uzupełniające obejmują dane na temat badań makroskopowych złączy spawanych, fraktografii przełomów, barw nalotowych i różnego typu korozji. Dla łatwego dotarcia czytelników do materiałów źródłowych zestawiono, na końcu opracowania, wykaz norm i wykorzystanej literatury.