

## Spis treści

Streszczenie .....	9
Summary .....	13
Zestawienie ważniejszych skrótów i symboli .....	17
<b>1. Wprowadzenie .....</b>	<b>19</b>
<b>2. Wpływ spawalniczych cykli cieplnych na zmiany strukturalne w obszarze strefy wpływu ciepła stali niestopowych i niskostopowych .....</b>	<b>22</b>
<b>3. Charakterystyka spawania z użyciem ściegów odpuszczających .....</b>	<b>30</b>
3.1. Istota ściegów odpuszczających .....	30
3.2. Odmiany techniki spawania z użyciem ściegów odpuszczających .....	32
<b>4. Własności plastyczne stali z symulowanymi obszarami strefy wpływu ciepła .....</b>	<b>38</b>
<b>5. Cel i zakres badań .....</b>	<b>43</b>
<b>6. Pomiary cykli cieplnych .....</b>	<b>45</b>
6.1. Materiały stosowane w badaniach .....	45
6.2. Schemat i warianty pomiaru .....	46
6.3. Pomiary cykli cieplnych podczas napawania bez podgrzewania wstępnego .....	48
6.3.1. Określenie charakterystycznych krzywych, przy różnych ilościach wprowadzonego ciepła $Q$ , przy napawaniu bez podgrzewania wstępnego .....	59
6.4. Pomiary cykli cieplnych podczas napawania z podgrzewaniem wstępnym .....	67
6.4.1. Określenie charakterystycznych krzywych, przy różnych ilościach wprowadzonego ciepła $Q$ , przy napawaniu z podgrzewaniem wstępnym .....	77
6.5. Porównanie wyników eksperymentalnych przy napawaniu bez i z podgrzewaniem wstępnym .....	85

6.6. Porównanie krzywych eksperymentalnych z krzywymi teoretycznymi .....	89
6.7. Podsumowanie .....	94
<b>7. Modelowanie pól temperatury w obszarach strefy wpływu ciepła stali przy pomocy programu ANSYS .....</b>	<b>96</b>
7.1. Modelowanie pól temperatury w strefie wpływu ciepła w warunkach napawania bez podgrzewania wstępnego .....	96
7.1.1. Dane wejściowe do obliczeń numerycznych .....	97
7.1.2. Zestawienie wyników modelowania numerycznego .....	98
7.2. Opracowanie koncepcji modelu geometrycznego i wygenerowanie siatki obliczeniowej do modelowania procesu spawania .....	99
7.3. Modelowanie pól temperatury w strefie wpływu ciepła w warunkach spawania bez podgrzewania wstępnego .....	101
7.3.1. Dane wejściowe do obliczeń numerycznych .....	101
7.3.2. Zestawienie wyników modelowania numerycznego .....	101
7.4. Modelowanie pól temperatury w strefie wpływu ciepła w warunkach spawania z podgrzewaniem wstępnym .....	103
7.4.1. Dane wejściowe do obliczeń numerycznych .....	103
7.4.2. Zestawienie wyników modelowania numerycznego .....	104
7.5. Modelowanie numeryczne wielokrotnych cykli cieplnych przy spawaniu wielowarstwowym .....	106
7.5.1. Badania na modelu z trzema warstwami w spoinie .....	108
7.5.2. Badania na modelu z sześcioma warstwami w spoinie .....	110
7.6. Podsumowanie .....	117
<b>8. Badanie zmian własności strefy wpływu ciepła stali pod wpływem wielokrotnych cykli cieplnych w oparciu o technikę symulacji .....</b>	<b>119</b>
8.1. Materiały stosowane w badaniach .....	119
8.2. Symulowanie wielokrotnych cykli cieplnych spawania .....	120
8.3. Badania pracy łamania symulowanych obszarów strefy wpływu ciepła .....	126
8.4. Pomiary twardości symulowanych obszarów strefy wpływu ciepła .....	130
8.5. Badania metalograficzne mikroskopowe symulowanych obszarów strefy wpływu ciepła .....	137
8.5.1. Badania morfologii martenzytu w stali X10CrMoVNb9.10 .....	148
8.5.1.1. Materiały do badań i metodyka .....	149
8.5.1.2. Wyniki badań .....	149
8.6. Podsumowanie .....	161

<b>9. Dyskusja wyników badań</b> .....	163
9.1. Pomiary cykli cieplnych podczas napawania bez i z podgrzewaniem wstępnym .....	163
9.2. Modelowanie numeryczne pól temperatury i cykli cieplnych w obszarach strefy wpływu ciepła stali przy pomocy programu ANSYS .....	166
9.2.1. Modelowanie procesu napawania .....	166
9.2.2. Modelowanie procesu spawania bez i z podgrzewaniem wstępnym .....	168
9.2.3. Modelowanie wielokrotnych cykli cieplnych w ujęciu dynamicznym .....	171
9.3. Badania symulacyjne własności plastycznych obszarów strefy wpływu ciepła stali pod wpływem wielokrotnych cykli cieplnych .....	178
9.3.1. Morfologia martenzytu w symulowanych obszarach strefy wpływu ciepła stali X10CrMoVNb9.10 .....	180
<b>10. Podsumowanie</b> .....	182
<b>11. Wnioski</b> .....	186
Podziękowania .....	189
Literatura .....	191