

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangszustand und Fragestellung</b>	<b>2</b>
2.1	Ferritisch-austenitischer Duplex-Stahl . . . . .	2
2.2	Schweißung von ferritisch-austenitischem Stahl . . . . .	3
2.2.1	Mikrostrukturen und Eigenschaften in der WEZ . . . . .	3
2.2.2	Schweißen der Duplex-Werkstoffe 1.4515, 1.4517 und 1.4469	6
2.2.3	Mikrostruktur und Eigenschaften im Schweißgut . . . . .	7
2.2.4	Auswirkung des hochfesten Schweißgutes auf die Zähigkeit der Verbindung . . . . .	9
2.3	Aufgabenstellung . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Grundwerkstoffe</b>	<b>11</b>
3.1	Chemische Zusammensetzung . . . . .	11
3.2	Metallographische Untersuchung . . . . .	12
3.3	Empfindlichkeit gegenüber $\sigma$ -Phasenbildung . . . . .	15
3.4	Mechanisch-technologische Eigenschaften . . . . .	16
3.5	Untersuchung der Korrosionsbeständigkeit . . . . .	20
<b>4</b>	<b>Untersuchung zum Einfluß der Spitzentemperatur <math>T_{max}</math>, der Abkühlzeit <math>t_{12/8}</math> und der Legierungselemente auf das Gefüge und die Zähigkeit in der WEZ durch Schweißsimulation</b>	<b>22</b>
4.1	Schweißsimulationsversuche . . . . .	22
4.2	Kerbschlagbiegeprüfung an den Schweißsimulationsproben und de- ren Ergebnisse . . . . .	24
4.2.1	Kerbschlagarbeit in Abhängigkeit von der Spitzentemperatur	24
4.2.2	Kerbschlagarbeit in Abhängigkeit von der Abkühlzeit . . .	25
4.3	Metallographische Untersuchung . . . . .	26
4.3.1	Einfluß von $T_{max}$ auf das Gefüge der Schweißsimulations- proben . . . . .	26
4.3.2	Einfluß von $t_{12/8}$ auf das Gefüge der Schweißsimulations- proben . . . . .	28
4.4	Diskussion der Ergebnisse aus den Simulationsuntersuchungen . .	31

4.4.1	Einfluß der Spitztemperatur und der Legierungselemente auf das Gefüge und die Zähigkeit der Schweißsimulationsproben . . . . .	31
4.4.2	Einfluß der Abkühlzeit und der Legierungselemente auf das Gefüge und die Zähigkeit der Schweißsimulationsproben . .	34
4.5	Quantitative Beziehung zwischen dem Austenitgehalt und der Spitztemperatur, der Abkühlzeit sowie den Legierungselementen in den Schweißsimulationsproben . . . . .	35
4.5.1	Bestimmung der Funktion $F_1$ . . . . .	36
4.5.2	Bestimmung der Funktion $F_2$ . . . . .	38
4.5.3	Bildung der quantitativen Beziehung zwischen dem Austenitgehalt und $T_{max}$ , $t_{12/8}$ sowie $\frac{[Ni]_{eq}}{[Cr]_{eq}}$ -Werten . . . . .	40
4.6	Quantitative Beziehung zwischen der Kerbschlagarbeit und der Spitztemperatur, der Abkühlzeit sowie den Legierungselementen in den Schweißsimulationsproben . . . . .	42
4.6.1	Bestimmung der Funktion $\Phi_1$ . . . . .	42
4.6.2	Bestimmung der Funktion $\Phi_2$ . . . . .	45
4.6.3	Bildung der quantitativen Beziehung zwischen den $A_v$ -Werten und $T_{max}$ , $t_{12/8}$ sowie den Legierungselementen . .	48
<b>5</b>	<b>Einfluß der Wärmezufuhr beim Schweißen auf die Zähigkeit und das Ausscheidungsverhalten in den Schweißverbindungen</b>	<b>50</b>
5.1	Schweißversuche . . . . .	50
5.1.1	Schweißproben, Schweißparameter und Schweißzusätze . .	50
5.1.2	Messung der Schweißtemperaturzyklen . . . . .	52
5.2	Kerbschlagbiegeprüfung . . . . .	56
5.3	Ergebnisse der Kerbschlagbiegeprüfung . . . . .	57
5.4	Untersuchung des Mikrogefüges in den Schweißverbindungen und Diskussion . . . . .	65
5.4.1	Proben für die Gefügeuntersuchungen . . . . .	65
5.4.2	Messungen des Austenitgehalts und der Härte in den Schweißverbindungen . . . . .	65
5.4.3	Schweißverbindung hergestellt mit $E=7574$ J/cm und $T_0=550$ °C . . . . .	69
5.4.4	Schweißverbindung hergestellt mit $E=7574$ J/cm, und $T_0=300$ °C . . . . .	78

5.4.5	Schweißverbindungen hergestellt mit $E=7574$ J/cm, $T_0=200$ °C und $E=6144$ J/cm, $T_0=80$ °C . . . . .	83
<b>6</b>	<b>Untersuchung zum Einfluß von Festigkeitskennwerten des Schweißgutes auf die mechanisch-technologischen Eigenschaften der Schweißverbindung</b>	<b>89</b>
6.1	Allgemein . . . . .	89
6.2	Rechenmodellbildung . . . . .	90
6.3	Ergebnisse und Diskussion . . . . .	95
6.3.1	Grundwerkstoff . . . . .	95
6.3.2	Schweißverbindungen hergestellt mit $E=6144$ J/cm und $T_0=80$ °C . . . . .	99
6.3.3	Diskussion . . . . .	104
<b>7</b>	<b>Korrosionsbeständigkeit in den Schweißverbindungen</b>	<b>114</b>
7.1	Prüfverfahren und Anfertigung der Proben . . . . .	114
7.2	Ergebnisse der Lochfraßprüfungen und Diskussion . . . . .	115
7.2.1	Ergebnisse . . . . .	115
7.2.2	Diskussion . . . . .	118
7.3	Ergebnisse der Spannungsriß-Korrosionsprüfung und Diskussion .	125
<b>8</b>	<b>Untersuchung der Eigenschaften in den 100 mm dicken Schweiß- verbindungen</b>	<b>127</b>
8.1	Schweißungen an den 100 mm dicken Duplex-Stahlgußplatten . .	127
8.2	Ergebnisse und Diskussion . . . . .	128
8.2.1	Zähigkeit in den Schweißverbindungen . . . . .	128
8.2.2	Korrosionsbeständigkeit in den Schweißverbindungen . . .	130
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Schlußfolgerungen</b>	<b>134</b>
<b>10</b>	<b>Anhang 1: Mehrdimensionale Regressionsrechnung</b>	<b>139</b>
10.1	Methode der kleinsten Quadrate . . . . .	139
10.2	Regressionsanalysen und-rechnungen für den Austenitgehalt, die Spitztemperatur, die Abkühlzeit und die Legierungselementen in den Schweißsimulationsproben . . . . .	142

10.3 Regressionsanalysen und-rechnungen für die Kerbschlagarbeit, die Spitztemperatur, die Abkühlzeit und die Legierungselemente in den Schweißsimulationsproben . . . . .	144
<b>11 Anhang 2: Indizierung der Beugungsdiagramme</b>	<b>150</b>
<b>12 Anhang 3: Angabe über die Festigkeitskennwerte des Schweißgutes</b>	<b>153</b>
<b>13 Anhang 4: Spannung-Dehnung-Kurve</b>	<b>153</b>