

## **Obsah**

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Vysokopevné konštrukčné ocele</b> .....	<b>12</b>
2.1	Termomechanicky valcované ocele .....	14
2.2	Zušťachtené vysokopevné ocele .....	16
2.3	Vybrané aspekty zvariteľnosti .....	18
2.4	Vysokopevné ocele radu Strenx.....	19
<b>3</b>	<b>Vysokopevná oceľ Strenx S960MC</b> .....	<b>21</b>
3.1	Chemické zloženie .....	21
3.2	Mikroštruktúra základného materiálu .....	23
3.3	Mechanické vlastnosti pri teplote okolia .....	26
3.4	Mechanické vlastnosti pri zvýšených teplotách .....	30
3.4.1	Tepelno-napäťový simulátor Gleeble .....	30
3.4.2	Príprava skúšobných vzoriek a systému Gleeble.....	31
3.5	Hodnotenie termofyzikálnych vlastností ocele .....	35
3.6	Analytický rozbor mechanizmov spevňovania HSLA ocelí .....	39
3.6.1	Mechanizmy spevňovania HSLA ocelí .....	40
3.7	Stanovenie kinetiky rastu austenitického zrna .....	42
3.7.1	Matematický model rastu zrna.....	44
3.7.2	Analýza rastu zrna .....	44
<b>4</b>	<b>Fyzická simulácia na Gleeble</b> .....	<b>49</b>
4.1	Skúšobné vzorky.....	49
4.1.1	Riadiaci program .....	51
4.1.2	Zváranie experimentálnej vzorky .....	51
4.2	Vplyv rýchlosti ochladzovania na vlastnosti TOO .....	53
4.2.1	Výsledky mechanických vlastností.....	55
4.2.2	Lomové plochy po Charpyho teste .....	58
4.2.3	Analýza mikroštruktúry .....	59

4.2.4	Hodnotenie mikrotvrdości .....	61
4.3	Vplyv výšky maximálnej teploty cyklu na vlastnosti TOO .....	62
4.3.1	Teplotné cykly .....	62
4.3.2	Mechanické vlastnosti jednotlivých subzón .....	63
4.3.3	Hodnotenie mikroštruktúry .....	67
<b>5</b>	<b>Dilatometrická analýza .....</b>	<b>68</b>
5.1	Skúšobné vzorky .....	69
5.2	Stanovenie teplôt fázových transformácií .....	71
5.3	Posun transformačných teplôt $A_{c1}$ a $A_{c3}$ .....	73
5.4	Vplyv rýchlosti ochladzovania na transformačné teploty .....	76
5.5	Analýza tvrdosti .....	79
5.6	Mikroštruktúrna analýza a návrh ARA diagramu .....	80
5.7	Vplyv rýchlosti ohrevu a ochladzovania na výslednú veľkosť zrna .....	82
<b>6</b>	<b>Analýza zvarových spojov .....</b>	<b>86</b>
6.1	Zváranie skúšobných zvarových spojov .....	87
6.1.1	Prídavný materiál .....	90
6.1.2	Zváracie parametre .....	91
6.1.3	Teplotný režim zvarovania .....	93
6.1.4	Analýza teplotných cyklov pri zvaraní .....	96
6.1.5	Hodnotenie kvality zvarových spojov .....	110
6.2	Makroskopická a mikroskopická skúška zvarových spojov .....	114
6.3	Hodnotenie mechanických vlastnosti zvarových spojov .....	123
6.3.1	Skúška ťahom v priečnom smere .....	123
6.3.2	Skúška lámavosti .....	130
6.3.3	Analýza línie a máp tvrdosti v teplom ovplyvnenej oblasti .....	131
6.3.4	Charakteristiky soft zóny v teplom ovplyvnenej oblasti .....	136
<b>7</b>	<b>Simulácia zvarovania v programe Sysweld .....</b>	<b>144</b>
7.1	Postupnosť krokov pri simulácii .....	144
7.2	Tvorba materiálového modelu .....	146

7.2.1	Tepelno-metalurgická časť .....	147
7.2.2	Modelovanie odpevnenej subzóny TOO .....	149
7.2.3	Mechanická časť .....	153
7.3	Analýza experimentálnych zvarov na účely simulácie .....	155
7.3.1	Meranie zvyškových napätí röntgenovou difrakciou.....	157
7.3.2	Analýza zvyškových napätí .....	159
7.4	Tvorba MKP modelu na simuláciu .....	165
7.4.1	Oblúkový zvarový spoj 135-CMT-S .....	165
7.4.2	Laserový zvarový spoj LBW-L D .....	167
7.5	Analýza výsledkov simulácie oblúkového zvaru 135-CMT-S.....	170
7.5.1	Tepelno-metalurgická analýza .....	170
7.5.2	Mechanická analýza .....	174
7.5.3	Analýza simulácie so zvýšeným tepelným príkonom.....	178
7.5.4	Analýza simulácií so zvýšeným odvodom tepla .....	182
7.6	Analýza výsledkov simulácie laserového zvaru LBW-L D .....	186
7.6.1	Tepelno-metalurgická analýza .....	186
7.6.2	Mechanická analýza .....	189
<b>8</b>	<b>Závery .....</b>	<b>193</b>
	<b>Zoznam skratiek a značiek .....</b>	<b>198</b>
	<b>Literatúra.....</b>	<b>200</b>