

Contenu

Chapitre 1: Introduction	1
1.1 Alternative aux aciers multiphasés à effet TRIP classiques	2
1.2 Références	5
Chapitre 2: Etude bibliographique	7
2.1 Introduction	7
2.2 Aciers multiphasés à effet TRIP	7
2.2.1 Traitement thermique classique pour l'obtention des aciers multiphasés à effet TRIP	11
2.2.2 Activation mécanique de la transformation martensitique	12
2.3 Influences métallurgiques des additions dans les aciers multiphasés à effet TRIP	14
2.4 Le niobium comme élément d'alliage	15
2.4.1 Effets métallurgiques dus à la présence du niobium	16
2.4.2 Solubilité du niobium dans l'acier	20
2.5 Conclusion	22
2.6 Références	23
Chapitre 3: Aciers multiphasés alliés au niobium: Microstructures et Propriétés	29
3.1 Introduction	29
3.2 Matériaux	29
3.3 Méthodes expérimentales	31
3.3.1 Métallographie optique	32
3.3.2 Microdureté	33

3.3.3	Dilatométrie	33
3.3.4	Traitements thermiques	33
3.3.5	Détermination de la quantité de niobium précipitée	35
3.3.6	Analyse métallographique par microscopie électronique à balayage (SEM) et en transmission (TEM)	36
3.3.7	Détermination de la quantité d'austénite retenue	36
3.3.8	Essai de traction uniaxiale	37
3.4	Résultats	38
3.4.1	Microstructure initiale	38
3.4.2	Microdureté	40
3.4.3	Dilatométrie	41
3.4.4	Dosage du niobium	43
3.4.5	Microstructures	47
3.4.6	Quantité d'austénite retenue	56
3.4.7	Propriétés mécaniques	58
3.5	Discussion	63
3.6	Conclusions	68
3.7	Références	69

Chapitre 4: Influence du niobium sur la recristallisation de la ferrite des aciers multiphasés à effet TRIP

4.1	Introduction	73
4.2	Nuance étudiée	75
4.3	Méthodes expérimentales	75
4.3.1	Traitements thermiques	75
	a) Recuits intercritiques à différentes vitesses de chauffage	76
	b) Recuits intercritiques de différentes durées	77
	c) Traitements thermiques interrompus	78

Contenu

d) Traitement thermique TRIP modifié	79
4.3.2 Essais de traction uniaxiale	80
4.3.3 Analyse métallographique par microscopie électronique à balayage (SEM) et en transmission (TEM)	81
4.3.4 Détermination de la quantité d'austénite retenue	81
4.3.5 Analyse par diffraction des électrons retro-diffusés (EBSD)	81
4.3.5.1 La diffraction des électrons rétro-diffusés	81
4.3.5.2 Mode opératoire	83
4.3.5.3 Visualisation de la microstructure	84
4.3.5.4 Préparation des échantillons	86
4.4 Résultats	86
4.4.1 Caractérisation de la microstructure	86
a) Influence de la vitesse de réchauffage	86
b) Influence de la durée de recuit intercritique après chauffage rapide	95
c) Influence de la température de réchauffage lors d'un chauffage lent	100
4.4.2 Microstructures après traitement thermique modifié	107
4.4.3 Quantité d'austénite retenue	109
4.4.4 Propriétés mécaniques	109
4.5 Discussion	110
a) Recristallisation et transformations de phase lors du recuit intercritique	110
b) Propriétés mécaniques obtenues après modification du traitement thermique classique	114
4.6 Conclusions	116
4.7 Références	117

Chapitre 5: Etude de l'influence du niobium en solution solide sur les propriétés mécaniques des aciers à effet TRIP	119
5.1 Introduction	119
5.2 Méthodes expérimentales	120
5.2.1 Détermination de la quantité de niobium précipitée	120
5.2.2 Dilatométrie	120
5.2.3 Métallographie et analyse d'image	121
5.2.4 Traitements thermiques	121
5.2.5 Essais de traction uniaxiale	123
5.3 Résultats	123
5.3.1 Dosage du niobium en solution	123
5.3.2 Transformations de phase et microstructures	124
a) Ferrite	124
b) Bainite	128
5.3.3 Microstructures après traitement thermique modifié	129
5.3.4 Propriétés mécaniques	133
5.4 Discussion	135
a) Etat du niobium	135
b) Formation de la ferrite	137
5.5 Conclusions	139
5.6 Références	140
Chapitre 6: Conclusions et perspectives	141
6.1 Conclusions générales	141
6.2 Perspectives	145