UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ANALISIS MICROESTRUCTURAL DE UNA ALEACION Al-Si DEL TIPO A319

POR

ANDRES FERNANDO RODRIGUEZ JASSO

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

CD. UNIVERSITARIA MAYO DEL 2001

TM
Z5853
.M2
FIME
2001
R62

ANALISIS MICROESTRUCTURAL DE UNA ALEACION Al-Si DEL TIPO A319

A.F.R.J.

1020146081

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ANALISIS MICROESTRUCTURAL DE UNA ALEACION Al-Si DEL TIPO A319

POR

ANDRES FERNANDO RODRIGUEZ JASSO

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

CD. UNIVERSITARIA MAYO DEL 2001

0150-59760

TM
Z5853
.M2
FIME
2001
R62

CAPILLA ALFONSINA
UANL
FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL DE UNA ALEACIÓN Al-Si DEL TIPO A319

POR

ANDRÉS FERNANDO RODRÍGUEZ JASSO

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN MATERIALES

CD UNIVERSITARIA MAYO DEL 2001

UN VERS DAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE NGEN ER A MECÁN CAY ELÉCTR CA
D V S ÓN DE ESTUDIOS DE PORTGRADO

Los m embros de com té de Tes s recomendamos que la Tes s "**Análisis Microestructural de una Aleación Al-Si del tipo A319**" rea izada por e ng Andrés Fernando Rodr guez Jasso sea aceptada para su defensa como opc ón a grado de Maestro en Cienc as de a ngen er a Mecán ca con Espec a dad en Mater a es

E C m té de Tes s

Aseso
Dr Rafae C ás Ortiz

Coasesor
Dr Eu og Ve asco Santes

Coasesor
Dr Sa vador Va t erra Ga ardo

Vo Bo
M C Roberto V arrea Garza
D v s n de Estud os de Postgrado

San Nico ás de s Garza N L

Mayo de 2001

ÍNDICE

	Página
Resumen	
Capitulo 1 Introducción	1
Capitulo 2.Solidificación	7
2 1 Introducc ón	7
2 2 Mecan smos de nuc eac ón	7
2 2 1 Nucleac ón homogénea	8
2 2 2 Nuc eac ón heterogénea	11
2 2 2 1 Nuc eac ón secundana	14
2 2 3 Sobreenfr am ento	14
2 2 4 Reca escenc a	16
2 2 5 Proceso de fragmentac ón de os cr sta es	17
2 3 S d fica ón de meta es puros	17
2 3 1 D str buc ón de temperaturas en a ntercara de so d ficac ón	18
2 3 1 1 Morfo og a de a ntercara con grad ente pos t vo	19
2 3 1 2 Morfo og a de a ntercara con grad ente negat vo	20
2 3 1 2 1 Crec m ento dendr t ca en mater a es puros	21
2 4 S d ficac ón en a eac ones	22
2 4 1 Crec m ento dendr t co en a eac ones	23
2 4 2 So d ficac ón de mezc as eutéct cas	25
2 5 S d f ca n en a a eac ón A319	27
2 5 1 Refinam ent de grano	27
2 5 1 1 Refinamiento por enfriamiento ráp do med ante temp aderas	27
2 5 1 2 Refinam ento qu m co de tamaño de grano med ante agentes nucleantes	28

2 5 2 Mod ficac ón de eutéct co A S 29
2 5 2 1 Mod ficac ón qu m ca de eutéctico 31
2 5 3 Fases r cas en Fe 32
2 5 3 1 S stema A -Fe Mn-S 33
2 5 3 2 Fases A FeS y A Mn Fe S 35

Capitulo 3. Procedimiento Experimental 36
3 1 Obtenc ón de muestras 36
3 1 1 Aná s s qu m co 36
3 1 2 Ve oc dades de so d ficac ón 37
3 1 3 Reg stro de as curvas de so d fica ón 38
3 1 4 Corte de as muestras 38
3 2 Tratam entos térmicos 39
3 2 1 Tratam ento térm co de so ub ızado 39
3 2 2 Tratam ento térm co T7 S breenve ec do 40
3 3 Preparac ón meta ográfica y aná s s m croestructura 40
3 3 1 Aná s s m croestructura 40
3 3 1 1 Espac o nterdendr t co secundar o 42
3 3 1 2 Tamaño de grano 42
3 3 1 3 M d f cac ón de eutéct co A S 43
3 3 1 4 Aná s s de fases r as en Fe 43
3 3 1 5 Aná s s de fases r cas en Cu 44
3 3 2 M croscop a e ectr n ca de barr do MEB 44

Capitulo 4. Resultados y Discusión 46
4 1 Espa am ent nterdendr t secundar o 46
4 2 Ref nam ento de grano 47
4 2 1 Muestras con ba as ve oc dades de so d ficac ón 47
4 2 1 1 Efecto de conten do de T 47
4 2 1 2 Efecto de conten do de Fe 47
4 2 1 3 Efecto de c nten do de Sr 47
4 2 2 Muestras con a tas ve oc dades de so d ficac ón 48
4 2 2 1 Efecto de conten do de T 48
4 2 2 2 Efecto de conten do de Fe 49
4 2 2 3 Efecto de contenido de Sr 49
4 3 Mod fica n de eutéct co A S 49

4 4 Aná s s de fases ricas en Fe 50
4 4 1 Muestras con ba as ve oc dades de so d ficac ón 51
4 4 1 1 Efecto de conten do de Fe 52
4 4 1 2 Efecto de conten do de T 54
4 4 1 3 Efecto de conten do de Sr 54
4 4 2 Muestras con a tas ve oc dades de so d f cac ón 55
4 4 2 1 Efecto de conten do de Fe 55
4 4 2 2 Efecto de conten do de T 58
4 4 2 3 Efecto de conten do de Sr 58
4 5 Aná s s de fases ricas en Cu 58
4 5 1 Muestras con bajas ve oc dades de so d ficación 59
4 5 1 1 Muestras en a cond c ón de vac ado 61
4 5 1 2 Efecto de los tratam entos térm cos de so ub izado 62
4 5 2 Muestras con a tas ve oc dades de so d f cac ón 63
4 5 2 1 Muestras en a cond c ón de vaciado 66
4 5 2 2 Efecto de os tratam entos térm cos de so ub izado 66

Capitulo 5. Conclusiones y Recomendaciones 68
5 1 C nc us ones 68
5 2 Recomendac ones 69

Referencias 70

Lista de Tablas 73

Lista de Figuras 75

Apéndice A. Macrofotografias de tamano de grano 79
A 1 Ma f tografias de muestras so d ficadas en mo des de arena 79
A 2 Macr f tografias de muestras so d ficadas en mo de metá co 82

Apéndice B Efecto del Ti, Fe y Sr en el tamano de grano 85
B 1 Tamaño de grano en muestras so d ficadas en mo des de arena 85
B 2 Tamañ de gran en muestras so d ficadas en mo des metá cos 87

Apéndice C. Fotomicrografias, imágenes y espectros de las fase α y β analizadas quimicamente 89

C 1 Muestras so d ficadas en mo des de arena y bajo conten do de Fe 90

C 2 Muestras so d ficadas en mo des de arena y a to conten do de Fe 92

3 Muestras so d ficadas en mo des metá cos y ba o conten do de Fe 94

C 4 Muestras so d ficadas en mo des metá cos y a to contenido de Fe 95

Apéndice D. Efecto de las condiciones de vaciado sobre los parámetros microestructurales analizados en las fases ricas en Fe 97

Apéndice E Fotomicrografias de fases ricas en Fe 100

E 1 F t m rograf as de muestras so d ficadas en mo des de arena 100

E 2 F t m rograf as de muestras so d ficadas en molde metá co 103

Apéndice F. Efecto del Fe, Ti y Sr sobre los parámetros microestructurales analizados de las fases ricas en Fe 106

F 1 Muestras so d ficadas en moldes de arena 107

F 2 Muestras s d ficadas en mo des metá cos 112

Apéndice G Fotomicrografias, imágenes y espectros de las fase ricas en Cu analizadas quimicamente 117

1 Muestras s d ficadas en mo des de arena y bajo conten do de Fe 118

G 2 Muestras so d ficadas en mo des de arena y a to conten do de Fe 119

G 3 Muestras so d f cadas en m des metá os y bajo conten do de Fe 120

G 4 Mue tras s d ficadas en mo des metá cos y a to conten do de Fe 121

Apéndice H Efecto de las condiciones de vaciado sobre los parámetros microestructurales analizados en las fases ricas en Cu para las muestras en la condición de vaciado 122

Apendice I. Cambios microestructurales provocados por las diferentes temperaturas de solución sobre las fases ricas en Cu segregadas bajo las distintas condiciones de solidificación 125

1 M e tras so d ficada en mo des de arena 126

2 M e tras so d ficada en moldes metá cos 133

Apéndice J. Fotomicrografias de las fases ricas en Cu de las muestras en condición de vaciado 140

J 1 F tom crografias de muestras so d f cadas en mo des de arena 140

J 2 F tom crografias de muestras so d ficadas en mo de metá co 143

Apéndice K. Fotomicrografias de las fases ricas en Cu de las muestras solubilizadas a 460°C 146

K 1 F tom crografias de muestras so d ficadas en mo des de arena 146

K 2 F tom crografias de muestras so d f cadas en molde metá ico 149

Apéndice L. Fotomicrografias de las fases ricas en Cu de las muestras solubilizadas a 480°C 152

L 1 F t m rografias de muestras so dificadas en mo des de arena 152

L 2 F t m rografias de muestras so d ficadas en mo de metá co 155

Apéndice M. Fotomicrografias de las fases ricas en Cu de las muestras solubilizadas a 500°C 158

M 1 F t m crografias de muestras sol d ficadas en mo des de arena 158

M 2 F t m rografias de muestras so d ficadas en mo de metá co 161

RESUMEN

E presente traba o se rea zó con e pr mer objet vo de estud ar os efectos obtenidos en parámetros m croestructura es como son as fases ricas en Fe y el tamaño de grano cuando el nten d de Fe se reduce en una a eac ón de a umin o de t po A319 de su conten do hab tua de 6 7 a 0 3 en muestras so d ficadas a dos ve ocidad d ferentes y hab endo agregado nten d s a t s y ba s de T y Sr E segundo objet vo es cuant ficar os camb os m roestru tura es sufr d s por as fases r cas en Cu en las muestras antes menc onadas antes y después de ser so ub zadas a d st ntas temperaturas

Se obtuv eron muestras de meta en condiciones de p anta en las que se varió la mpos n qu m ca para dos ve ocidad de so d ficación distintas la pr mera de e las fue bten da med ante e uso de mo des de arena y la segunda mediante un molde metá ico Las muestras obten das fueron cortadas obten éndose 4 espec menes uno para anal zar la nd n de va ado y cada una de as tres restantes fue somet da a un tratam entos térm cos de s ub zad a d ferente temperatura 460 480 y 500 C por un periodo de 6 horas tras un enfr am ento ráp d en agua a temperatura amb ente as muestras fueron sobreenvejec das a 24 C por un per odo de 3 hrs

Las muestras fueron preparadas meta ográficamente para ser estud adas ba o m r p a pt ca y aná s s de magen d cho traba o se rea ızó a 200 aumentos en as m e t as so d f cadas en m des de arena y a 8 0 aumentos en as muestras vac adas en e m de metá La cant dad de campos ana ızados depend ó de parámetro estud ado 200 para a fases r cas en Fe y 50 para as fases ricas en Cu Los resu tados de tamaño de grano f er n bten d s med ante e método de ntercepc ón de nea en un ana ızador de mágenes

e n uye que e tamañ de grano de as muestras d sm nuye a reduc r e contenido de Fe s e d e te efecto más noton en as muestras con bajo conten do de T Se observó

tamb én que a d sm nuc ón de tamaño va acompañada de la desapanc ón de los granos co umnares en as muestras so d ficadas en mo de metá co con bajo conten do de Ti

Se encontró que e aumento en a ve oc dad de so d ficac ón d sminuye apreciab emente e área y a ong tud de as fases ricas en Fe o que aumenta a esfer c dad de as partículas ad na mente se bservó tamb én una d sm nuc ón sens ble en el área tota de fases dete tada

E área de as part cu as r cas en Fe aumentó a doble en as muestras so id ficadas entamente con a to conten do de Fe a formarse en su mayor parte fases α de menor long tud que hizo que a esfer c dad aumentara Por su parte as muestras de bajo conten do de Fe presentar n fases con área menor pero con mayor ong tud lo que d sminuyó la esfericidad de as fases

Se encontró que a d sm nuir el conten do de Fe en las muestras de a to conten do de Ti s d f cadas en mo de metá o e área y a ong tud de as particu as r cas en Fe t ende a d m nu r En as muestras de ba o contenido de T se presentó una d sm nución apenas pe ept b e de área de as fases m entras que a long tud no presentó camb os lo que dio como resu tad una gera d sm nuc ón de a esfer cidad Lo que perm te concluir os efectos del Fe y el a estas a tas ve oc dades de so ɩ ficac ón sobre a m croestructura de as muestras

Las fases r cas en Cu segregadas durante la so d ficación y detectadas durante e aná s de magen se reducen sustan a mente tanto en su tamaño como en su cant dad al aumentar a temperatura de so ub ɩzac ón de 460 a 500 C Las piezas somet das a tratam ento de s ub ɩzado a 500 C no mostraron nd c os de fus ón parc a por o que esta temperatura podr a ser usada en a práct ca ndustr a s se t ene un contro adecuado de a m sma