

Materiales para los Sistemas de Escape en Automoción

Propiedades e influencia de los elementos de aleación

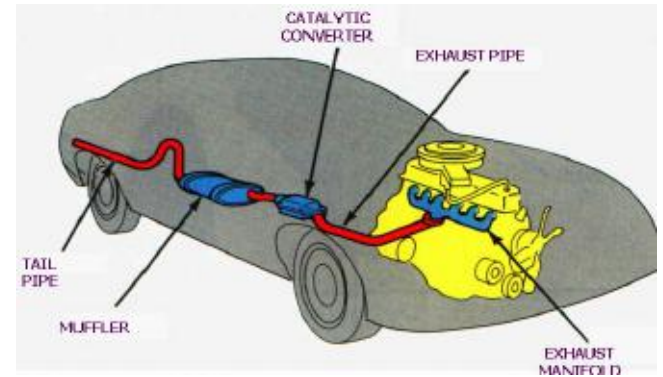
M^a Concepción Merino Casals
Departamento de Ciencia de
Materiales e Ingeniería Metalúrgica,
Facultad de Ciencias Químicas.
Universidad Complutense de Madrid,
España

José Luis Sastre de Miguel
ESAB Ibérica. Galileo Galilei 21
Polígono Industrial La Garena,
28806 Alcalá de Henares (Madrid),
España



Contenido

- Antecedentes
- Requerimientos y selección de materiales
- Consumibles de soldeo



SISTEMA DE ESCAPE



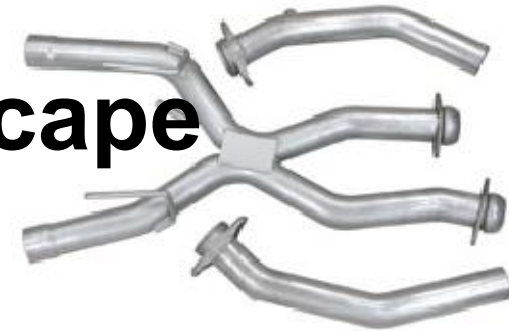
Encargado de dirigir los gases de combustión del motor y reducir el ruido.

- **Colector de escape**
- **Convertidor catalítico o catalizador: evitar contaminación atmosférica**
- **Silenciador/resonador: para reducir ruido**



Sistema de escape

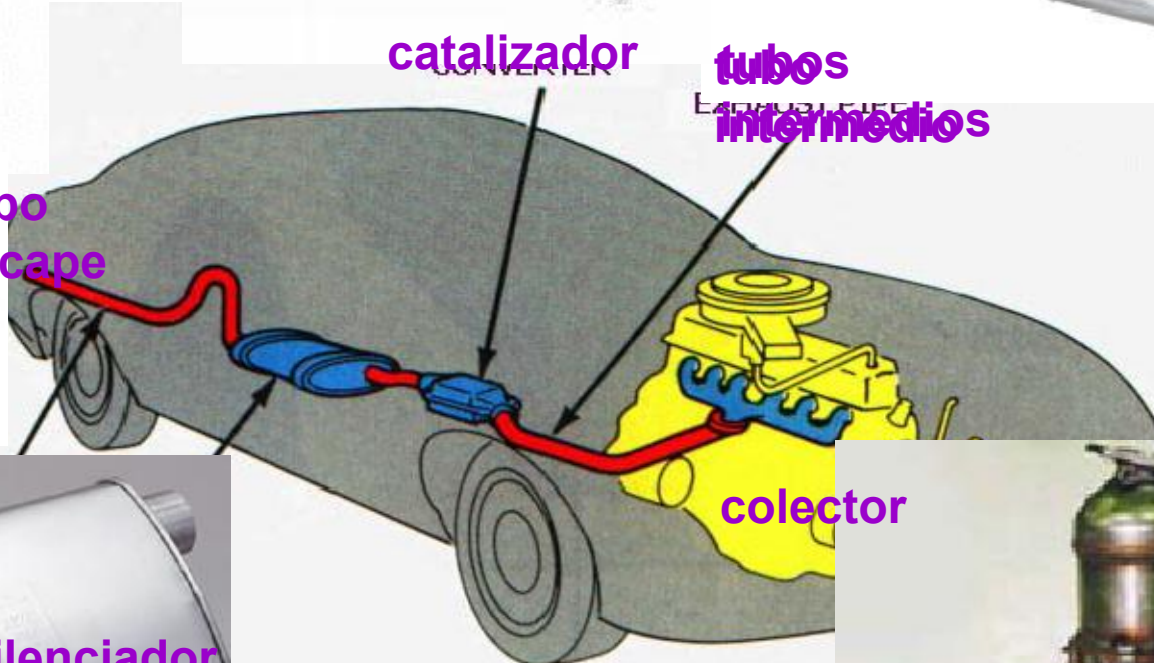
catalizador



catalizador

tubos
intermedios

tubo
escape



colector

colector



tubo
escape

silenciador



silenciador



Sistema de escape colector

Recoge los gases de los cilindros a elevada temperatura

Realizado en fundición hierro de elevado peso se reemplaza por conjuntos soldados a partir de estampaciones

Resistencia a fatiga térmica, fluencia y oxidación



Sistema de escape convertidor catalítico

Envoltura externa de acero inoxidable ferrítico
Monolito de cerámica dopada con Pt, Rh y/o Pd

CO
HC
NO_x
O₂

Pd, Pt, Rh

CO₂
H₂O
N₂



No se debe utilizar gasolinas con Pb.

Resistencia a fatiga térmica, fluencia y oxidación



Sistema de escape silenciador

Eliminar ruidos

Tubos y placas perforadas

Graves problemas de
corrosión: interior
condensados y exterior sal y
barro



”El pasado”

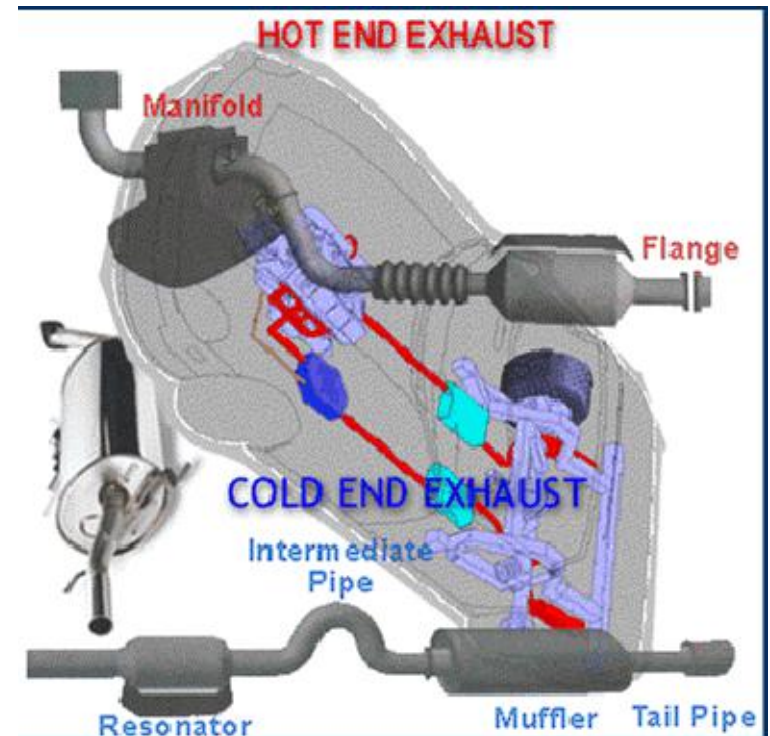


- Aceros al carbono: 18 meses?
- Aceros aluminizados: 30 meses?



Desarrollo de los sistemas de escape

- **Mayor duración:**
 - Conjunto "no consumible"
 - Garantías más prolongadas
 - Menores costes totales (ciclo de vida más prolongado)
- **Aspectos mediambientales**
 - Niveles de emisión más estrictos
 - Menor consumo de combustible



Desarrollo de los sistemas de escape

- **Menores pesos**
 - Se cambia piezas fundidas por componentes hechos por soldeo
- **Diseños más complejos**
 - En base a la optimización de las operaciones de conformado
 - Fácil soldabilidad
- **Temperaturas de servicio más elevadas**
 - Nuevas aleaciones (Base Ni)



"Nuevos" Conceptos

Hot spun process cuts costs of tubular integrated parts

The hot spun process is an efficient manufacturing technique for fabricating a tubular integrated converter (TIC), reports Tenneco Automotive, Lake Forest, Ill. The TIC consists of an integrated, coated monolith in a one-piece housing. The hot spun process permits extreme material deformation, with low tooling cost and minimum material waste. The process reduces manufacturing cost considerably while maintaining functionality. The design allows the large tubular housing around the monolith to taper smoothly and seamlessly down to the diameter of the connecting pipes. The converter cones are formed by shaping the tube on both sides in a single spinning operation, during which it has been heated to 600 to 700°C (1100 to 1300°F).

Total cost savings may reach 25%, with reduced tooling costs and the lowest possible weight, while eliminating welds at the housing. The process is suitable for catalytic converters and compact/silencer modules. For more information: Jane L. Ostrander, Tenneco Automotive, 500 North Field Drive, Lake Forest, IL 60045; tel: 847/482-5607; fax: 847/482-5049; e-mail: jane.ostrander@tenneco-automotive.com.

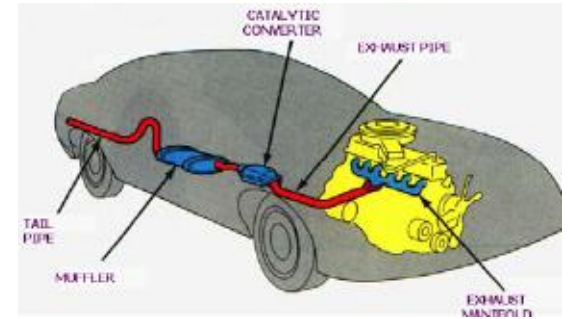


**ADVANCED
MATERIALS
& PROCESSES**



Contenido

- Antecedentes
- Requerimientos y **selección de materiales**
- Consumibles de soldeo



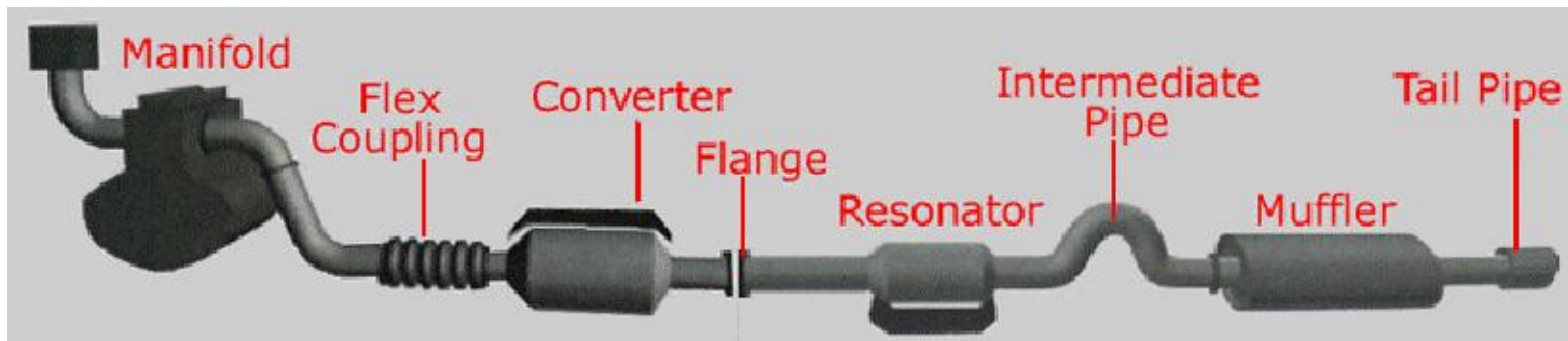
Criterios de selección de materiales

Tensiones mecánicas cíclicas

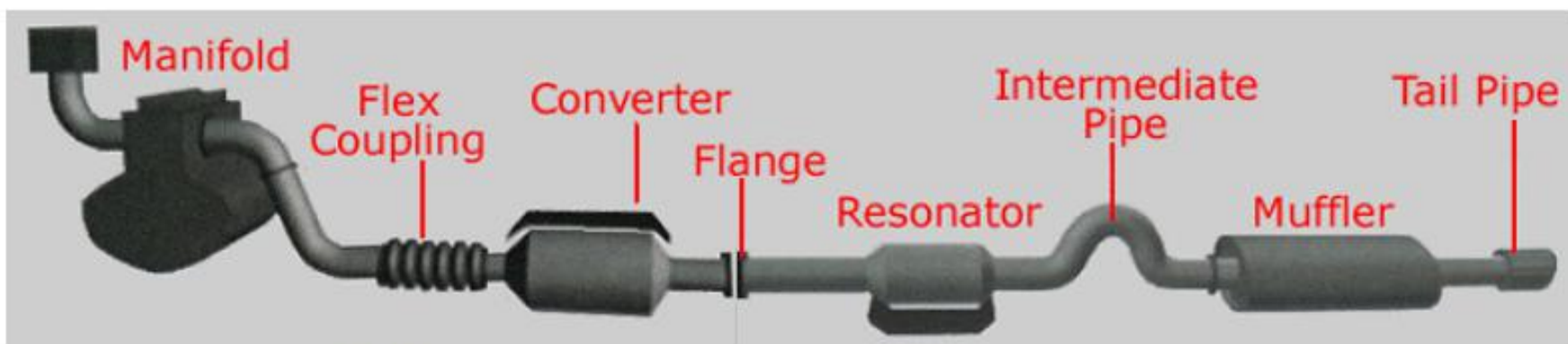
Oxidación cíclica y tensiones térmicas

Corrosión Interna
(condensados, gases)

Corrosión externa (barro, sal)



Tipos de aços inoxidáveis utilizados nos escapamentos de automóveis



>900°C	750-900 °C	500-700 °C	400 °C
409	304	409	409
444	321	436	434
441		439	436
429		441	439
310S			304
321			
1.4828			

Materiales para los Sistemas de Escape en Automoción

Propiedades e influencia de los elementos de aleación

M^o Concepción Merino Casals
 Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica,
 Facultad de Ciencias Químicas,
 Universidad Complutense de Madrid,
 España

José Luis Sastre de Miguel
 ESAB Ibérica, Galileo Galilei 21
 Polígono Industrial La Garena,
 28806 Alcalá de Henares (Madrid),
 España

Criterios de selección de materiales

Extremo caliente

- Temperatura alta
 - oxidación
 - fluencia
 - fatiga
 - oxidación cíclica
 - oxidación por cloruros



Extremo "frío"

- Tensiones mecánicas cíclicas (= fatiga)
- corrosión interna
 - condensados
- corrosión sal
- manchas térmicas
 - cosmética



Ensayos en los materiales para sistemas de escape

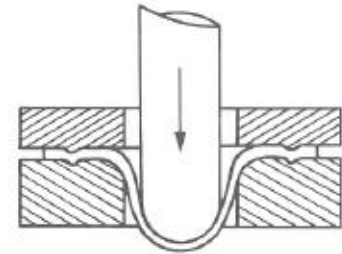
- Resistencia a alta T
Ensayo SAG

- Resistencia al "escamado"
Oxidación cíclica



- Ensayos de corrosion
 - Corrosión intergranular (ASTM A262-E)
 - Ensayo de mojado/secado (300° C - 800° C)

- Conformado
Embutición Erichsen

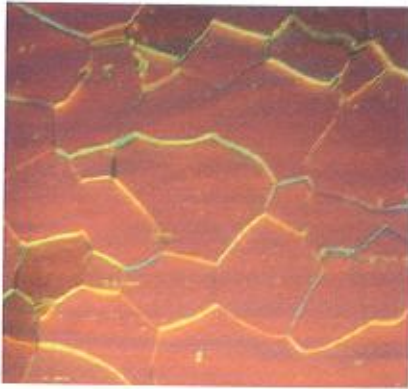


- Fatiga
 - Temperatura elevada (→950° C)
 - Fatiga térmica (250° C-950° C)



Aceros inoxidable

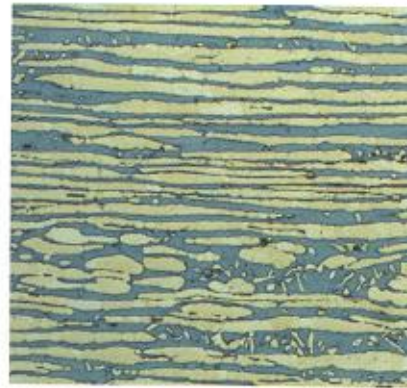
Ferritic Structure



Add Nickel



Duplex Structure



Add Nickel



Austenitic Structure



Aceros inoxidables

Material	Zona	Coste	Resistencia a alta T ^a	Conformabilidad	Soldabilidad
Ferríticos					
409	Todas excepto colector	😊		😊	😊
441	Colector, tubo 1º y catalizador		😊		😊
Austeníticos					
304	Todas			😊	😊
321	Tubo 1º			😊	😊
X15CrNi Si 20-12	Colector			😊	😊



Propiedades Aceros Inox

Valores relativos (%)

120
100
80
60
40
20
0

Lim. Elástico R tracción

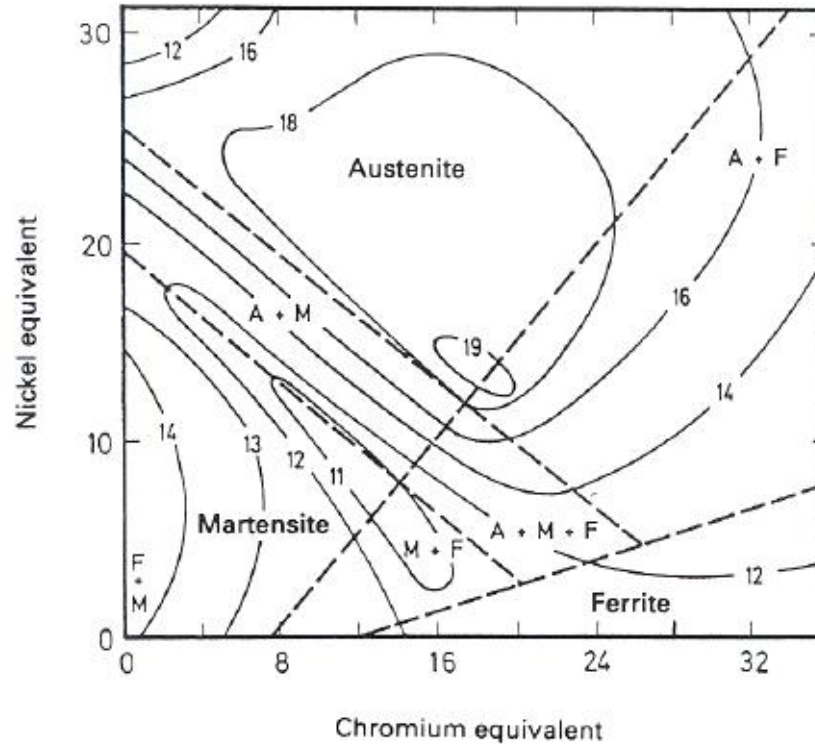
Alargamiento Dureza

Tenacidad

Ferriticos
Duplex
Austeniticos



Expansión térmica



**Aceros inoxidables
austeníticos**

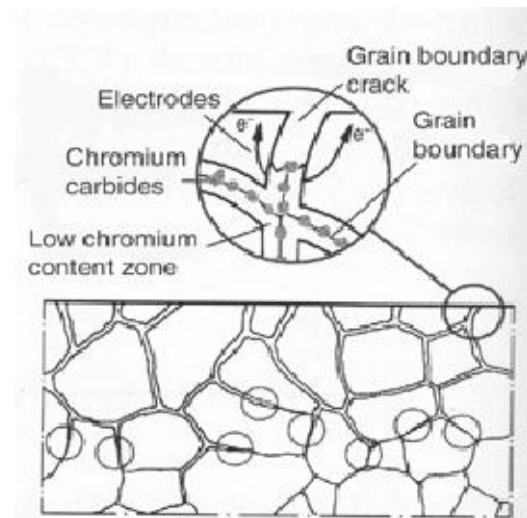
**Aceros inoxidables
ferríticos**

Mean coefficients of thermal expansion.
(20 to 400°C, ($\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$))



Estabilización

- Adición de formadores de carburos (Nb, Ti)
 - para evitar la sensibilización a la corrosión intergranular
 - para reducir el crecimiento de grano a las temperaturas de servicio
 - optimizar las propiedades de fluencia y resistencia mecánica a alta temperatura

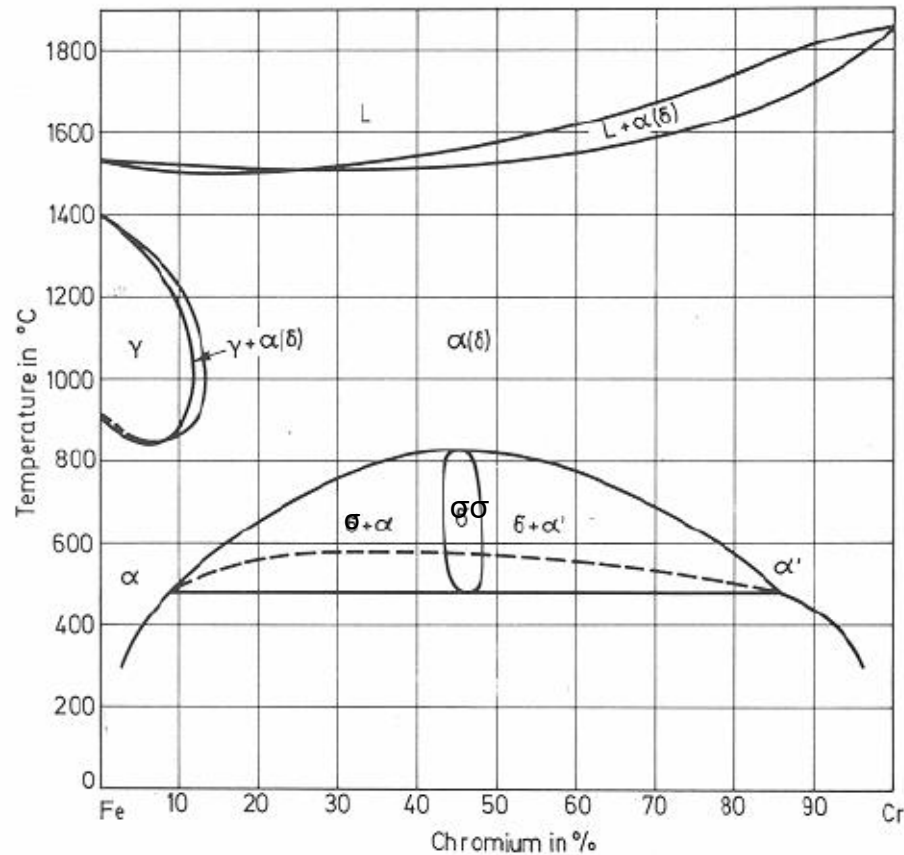


Resistencia al escamado

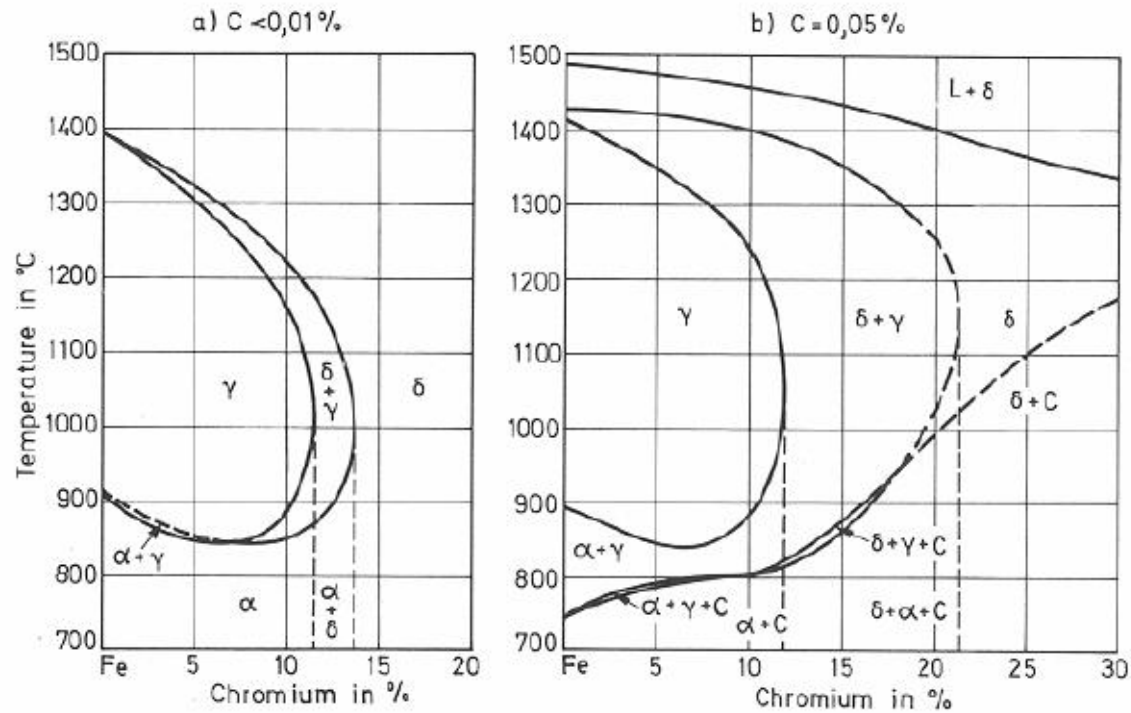
Acero	Composición (wt.%)	Temperatura escamado (°C)
C-Mn	Fe-0.1C	500
409	11Cr	750
430	17Cr	850
304, 321, 347	18Cr-8Ni	900
309	24Cr-13Ni	1100



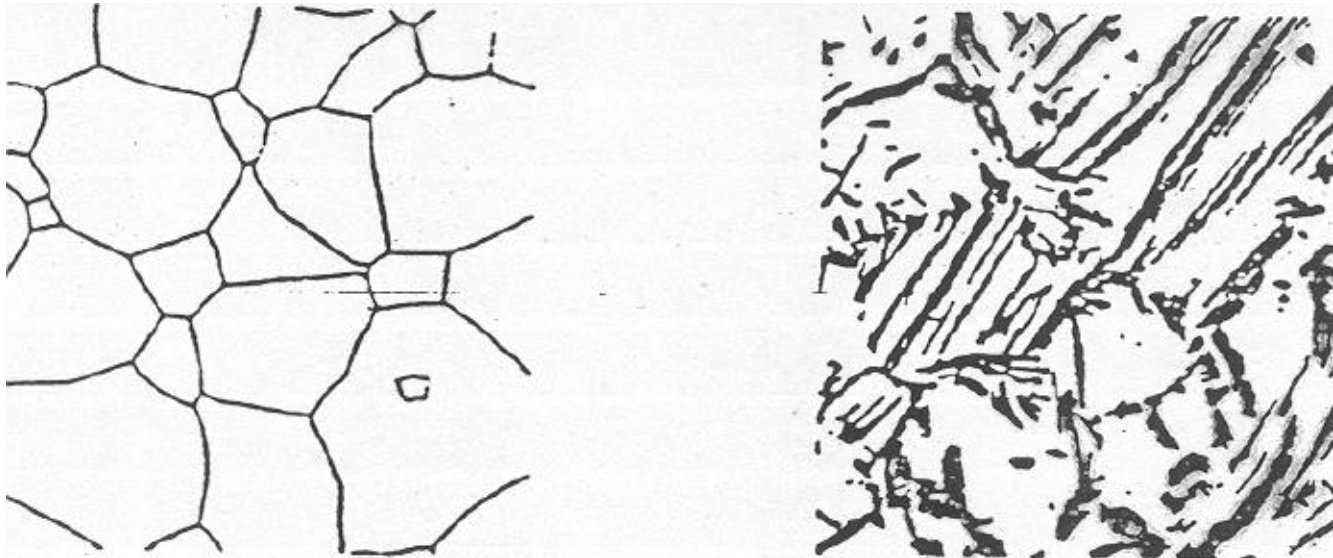
Diagrama de fases Fe-Cr



Efectos del Carbono



Formación de martensita



- Totalmente ferrítico
- Martensita en límite de grano



Tipos Austeníticos más frecuentes

Steel		Typical composition (wt.%)					
AISI	~EN	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	Other
304	1.4301	18	8				
321	1.4541	18	9		5xC		
310S	1.4845	25	20				
-	1.4828	20	12				2Si

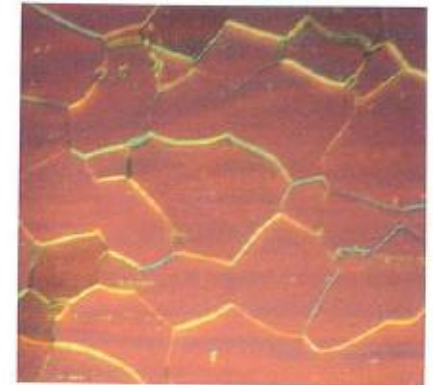
Austenitic Structure



Tipos Ferríticos más frecuentes

Acero		Composición típica (wt.%)					
AISI	~EN	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	Otros
409	1.4512	11			6xC	-	
429		15					
430TiNb	1.4520	17			Ti+Nb		
434		17		1			
436	1.4526	17		1		5xC	
439	1.4510	18			Ti		Al
441	1.4509	17.5			Ti+Nb		
444	1.4521	18		2	Ti+Nb		Ni

Ferritic Structure



Elementos de aleación

- Cr Resistencia a la oxidación, (>18% >> fase sigma)
- Ni Tenacidad, control de "fases"
- Mo Resistencia a alta Temp. Resistencia a picaduras
- Si Resistencia a la oxidación, resistencia a alta Temp.
>2% fase sigma >>> deteriora el conformado
- Mn Mejora la resistencia mecánica y la tenacidad, mejora el "escamado"
- Cu Mejora resistencia a la oxidación



Elementos de aleación

- **C (N)** Sensibilización (formación de carburos de Cr).
Deteriora la tenacidad (formación de carburos de Cr gruesos).
Los carburos y/o nitruros de Ti y Nb mejoran las propiedades de fluencia y previenen del crecimiento de grano
- **Nb*** Mejora de la resistencia a la fluencia (Nb C)
Deteriora el conformado por formación de fase Laves si $T > 800^{\circ} \text{C}$
- **Ti*** Deteriora el conformado
- **Al** Mejora resistencia a la oxidación a $T > 1000^{\circ} \text{C}$ y Mejora resistencia mecánica a alta T
- **Zr** Similar al Al
- **REM** Mejoran la resistencia al escamado

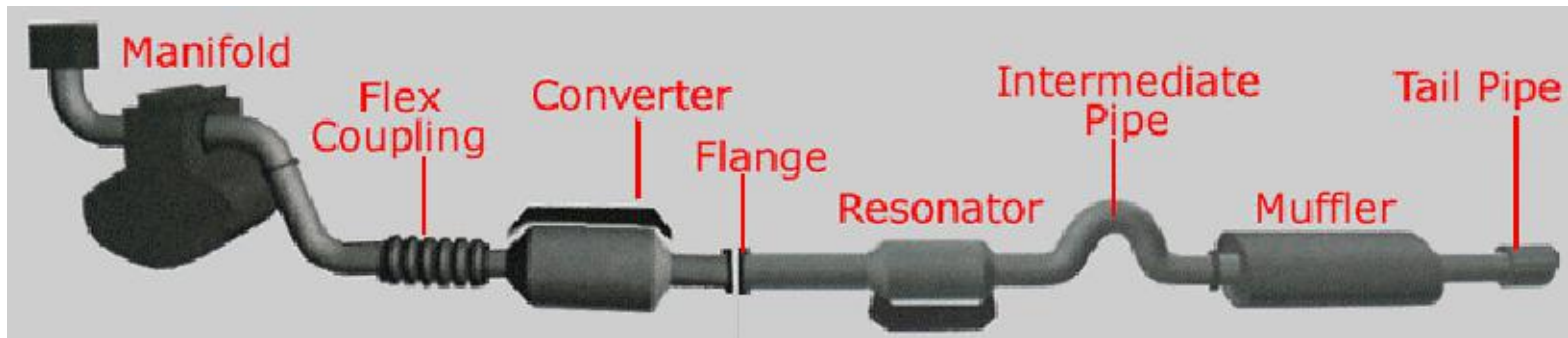
*reduce el tamaño de grano de la aportación (deterioro del conformado)



Aceros Base más frecuentes

Extremo caliente

Extremo "frío"

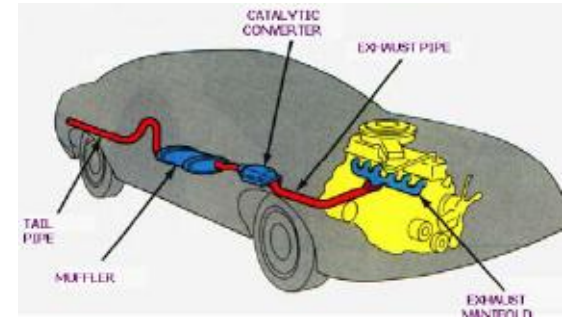


409	304	409	436	409
444	321	436	430 Ti Nb	434
441		439	409	436
429		441	434	439
310S				304
321				
1.4828				
fundición				



Contenido

- Antecedentes
- Requerimientos y selección de materiales
- Consumibles de soldeo



Criterios de selección de consumibles aportación

- Igualar o superar las propiedades de los materiales base a soldar
 - Resistencia a la corrosión y oxidación
 - Resistencia mecánica y tenacidad
 - Fatiga
 - Fluencia
 - Expansión térmica
- Bajo coste
- Excelente soldabilidad
- Alta productividad

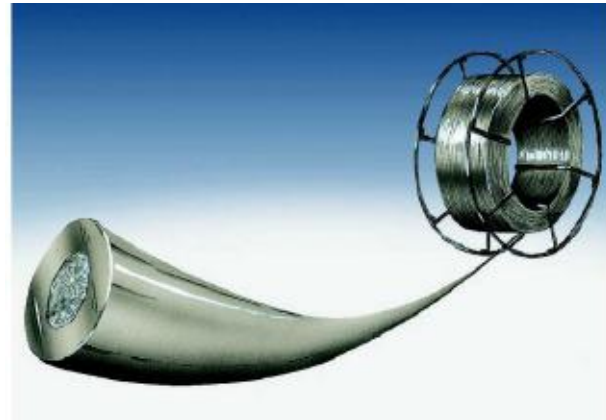
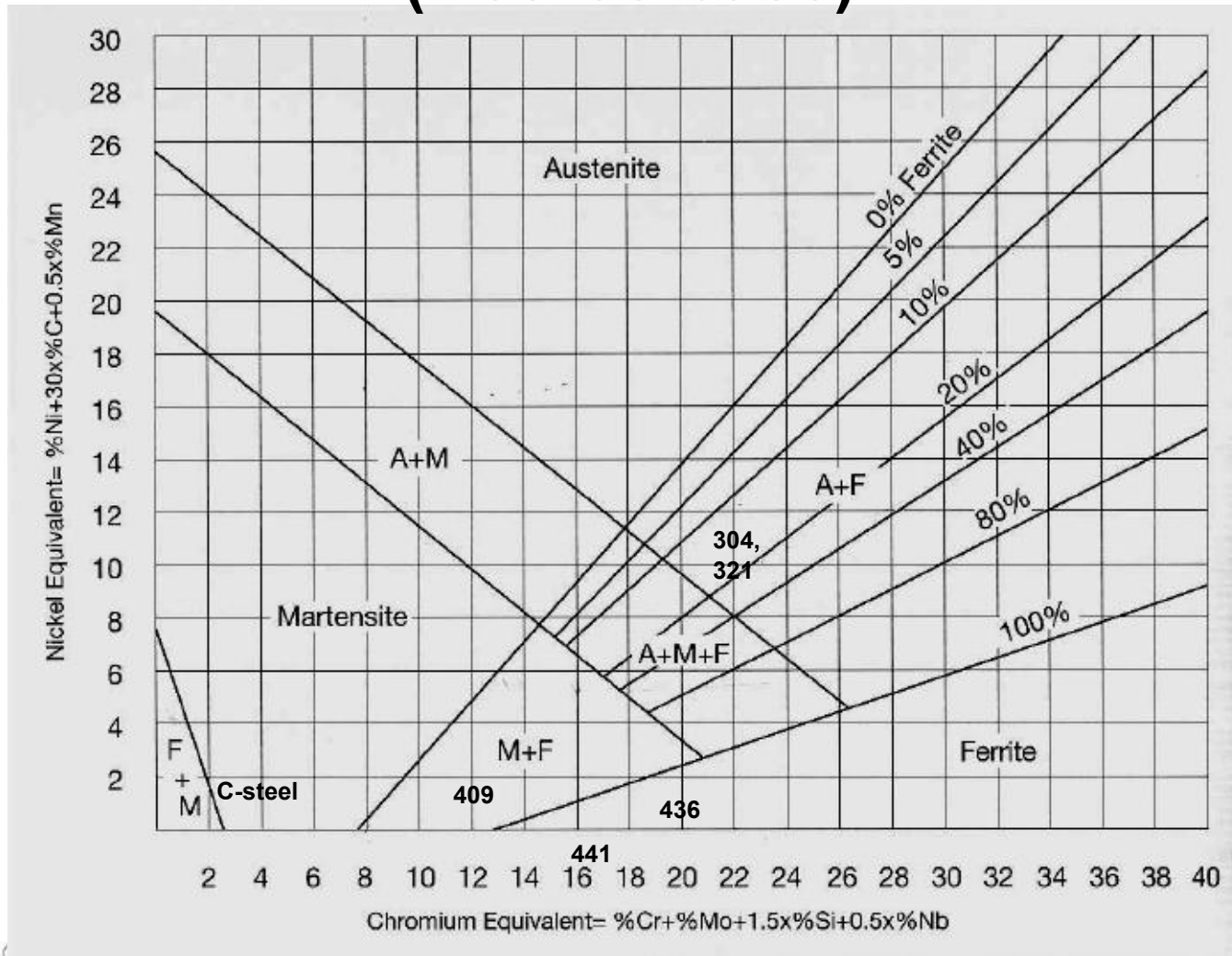


Diagrama de Schaeffler (Aceros base)



Consumibles de soldeo

Material	Norma	Composición típica (wt.%)							
		Tipo ESAB	AWS A5.9	EN 12072	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb
Hilos Ferríticos macizos									
OK 430LNb	(430LNb)	GZ 17 L Nb	17					Nb	
OK Autrod 16.81	(430Ti)	GZ 17 Ti	17				Ti		
Hilos Austeníticos macizos									
OK Autrod 16.11	ER347Si G 19 9 Nb Si		19	9				Nb	
OK Autrod 16.12	ER308LSi G 19 9 L Si		19	9					
OK Autrod 16.51	ER309LSi G 23 12 L Si		23	12					
OK Autrod 16.95	ER307	G 18 8 Mn	18	8					6Mn



Diagrama de Schaeffler (consumibles)

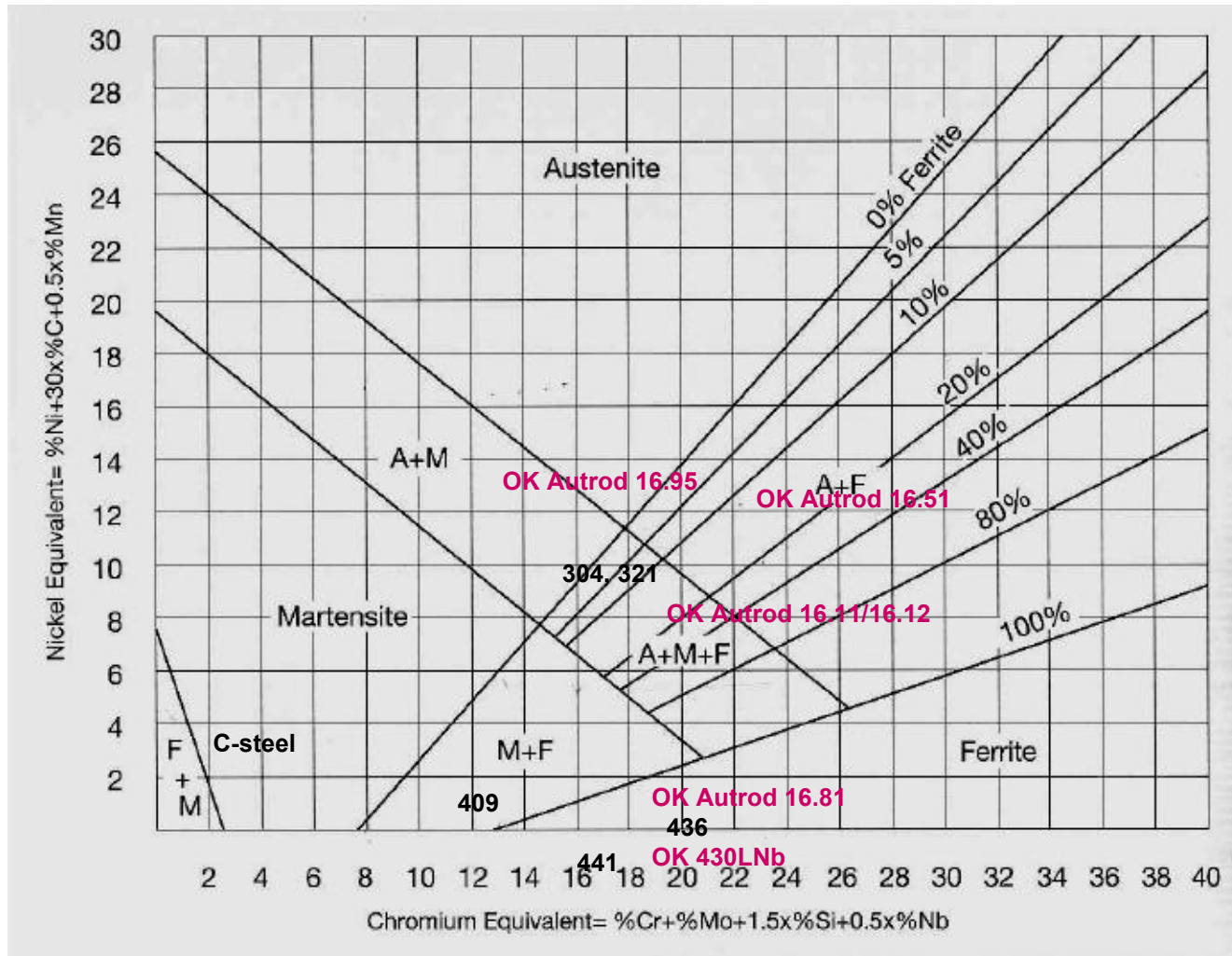


Diagrama de Schaeffler (aceros y consumibles ferríticos)

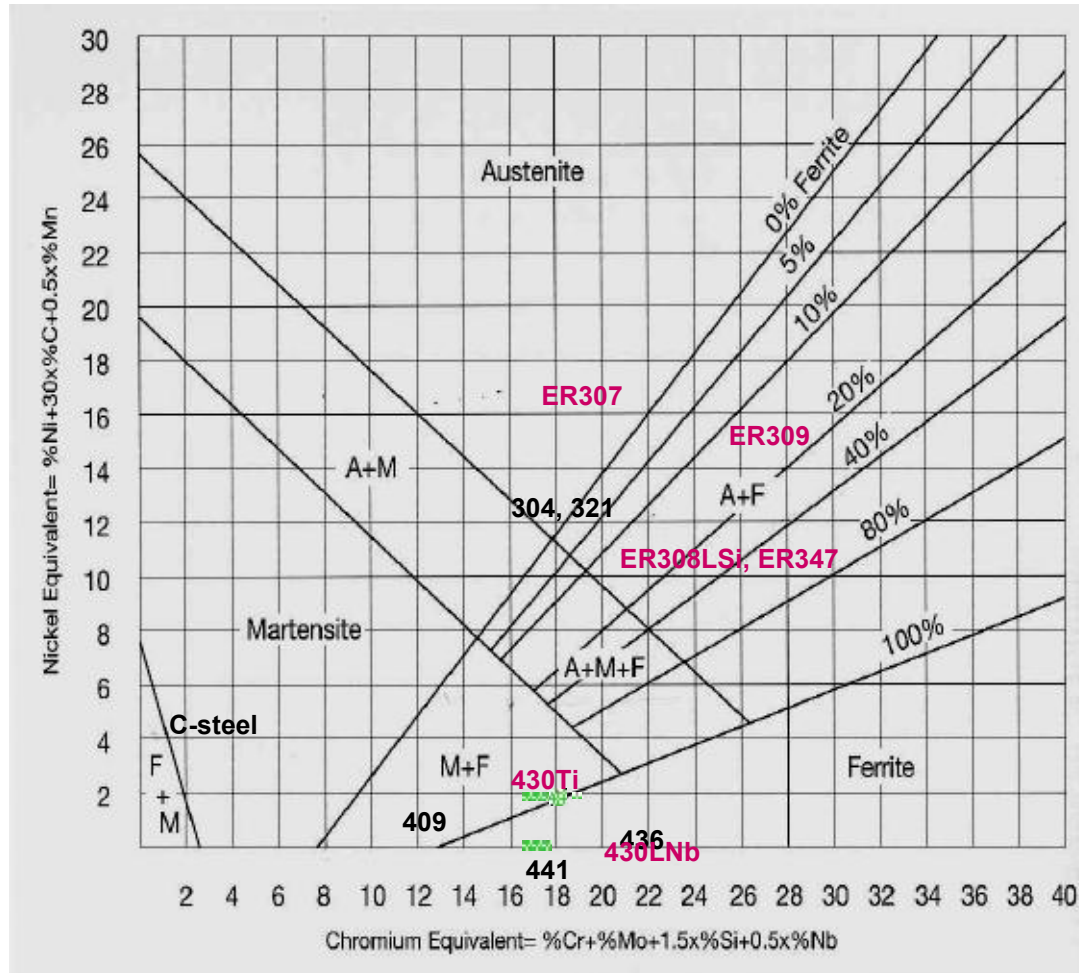


Diagrama Schaeffler

Consumibles austeníticos / Aceros ferríticos

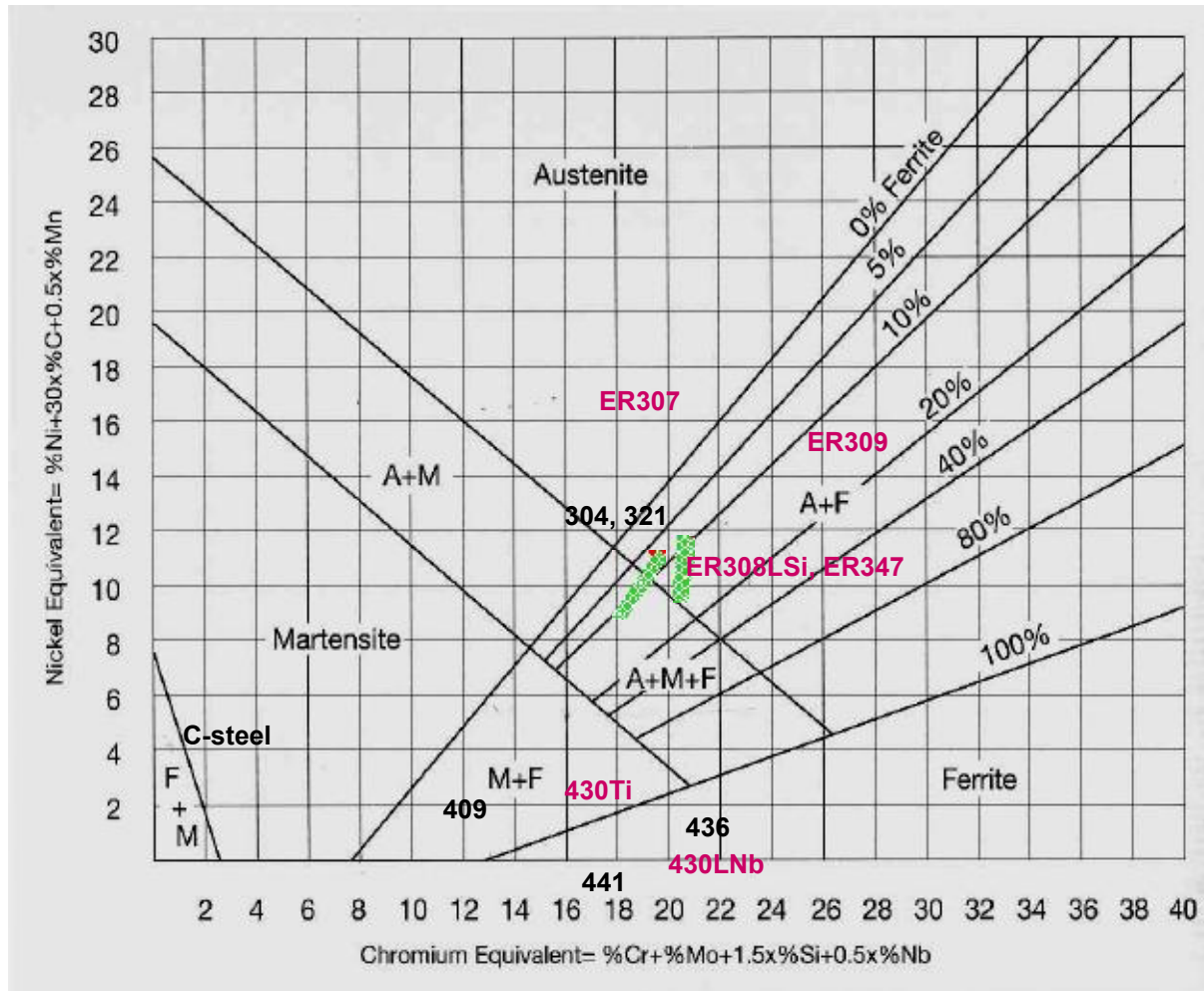


Diagrama Schaeffler

Consumibles austeníticos / Aceros ferríticos

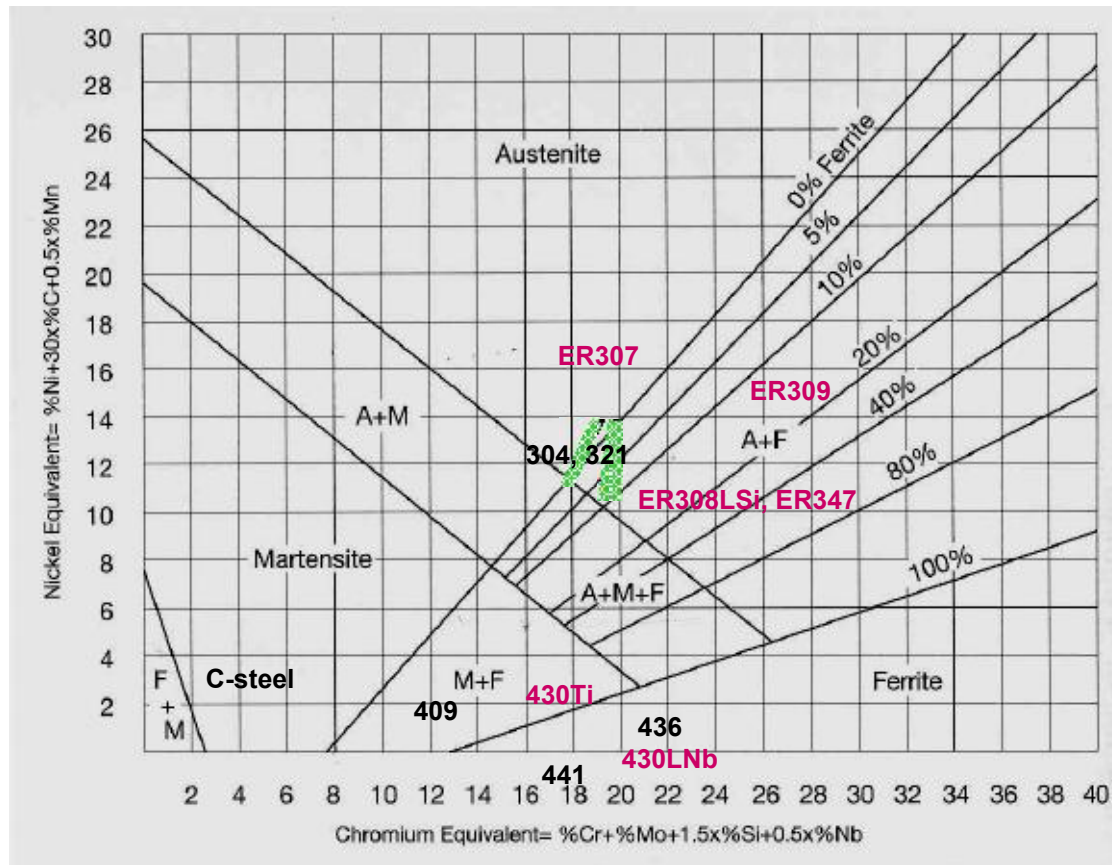
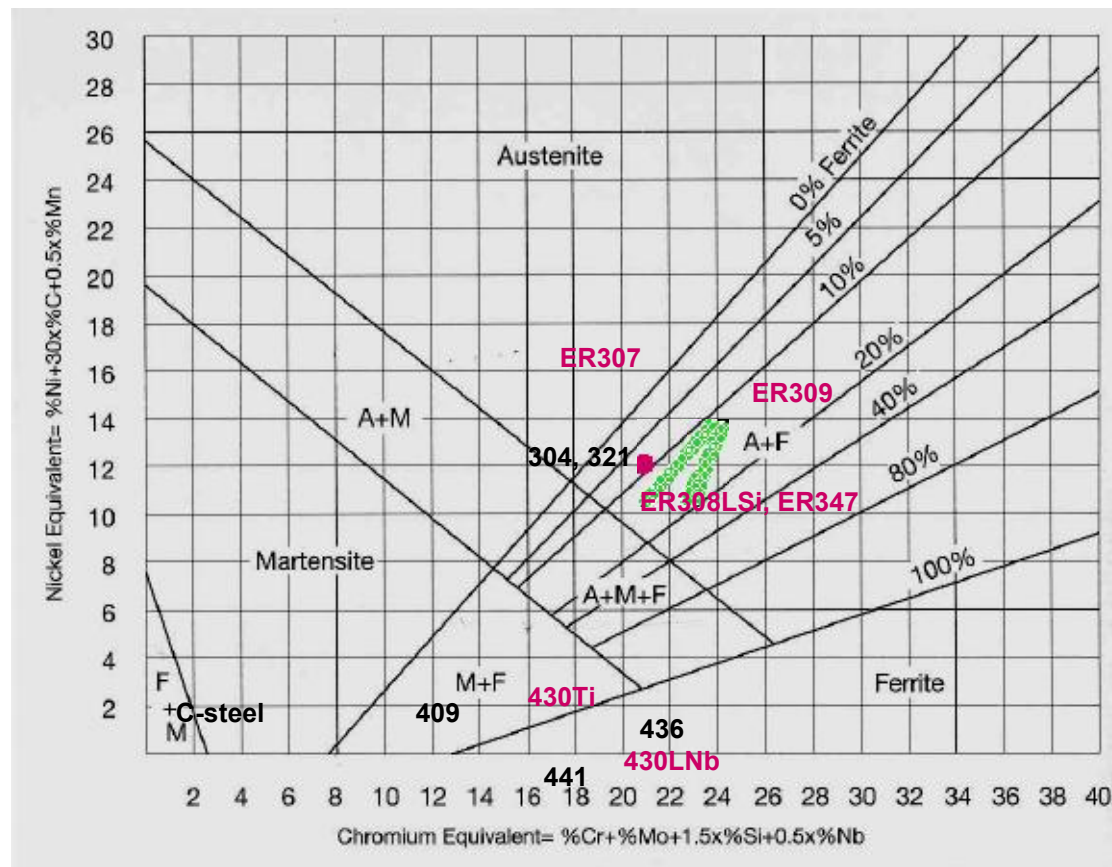


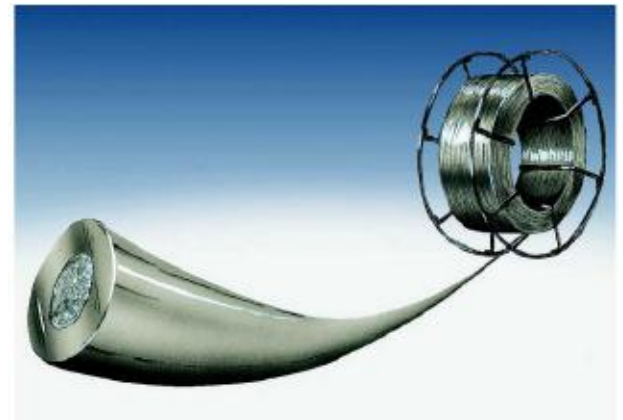
Diagrama Schaeffler

Consumibles austeníticos / Aceros ferríticos

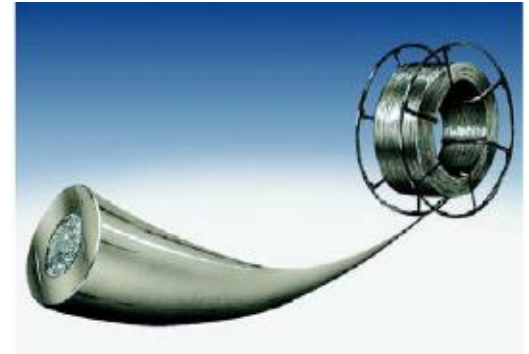


Selección de consumibles

- Los hilos austeníticos y/o ferríticos se deben seleccionar según los siguientes condicionantes:
 - Combinación de aceros a unir
 - Grado de dilución
 - Temperatura de servicio



Otros consumibles



- Hilos tubulares de relleno metálico**

Material	Norma	Composición típica (wt.%)					
		Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	Other
Tipo ESAB	AWS A5						
Hilos tubulares Ferríticos							
Arcaloy 409Ti	EC409	11.6		—	0.90	—	
Arcaloy 409Nb	EC409 Nb	11.7		—	—	0.60	
Arcaloy 436	—	17.3		1.20	0.60	—	
Arcaloy 439	—	18.0		—	0.60	—	
Arcaloy 18CrNb	—	18.5		—	0.25	0.50	



Comentarios finales

- Aplicaciones futuras
 - Mayores temperaturas
 - Materiales más delgados
 - Formas más complejas
- Consumibles
 - Austeníticos & ferríticos
 - Hilos macizos y tubulares

