
ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	
1.1. CONFORMADO EN CALIENTE V.S CONFORMADO EN TIBIO ...	1-1
1.2. CONFORMADO EN CALIENTE Y MICROALEACIÓN	1-2
1.3. CONFORMADO EN TIBIO.....	1-4
1.4. REFERENCIAS	1-7
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1. RELACIÓN ENTRE LA MICROESTRUCTURA Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS	2-1
2.1.1. RESISTENCIA MECÁNICA Y LÍMITE ELÁSTICO.....	2-2
2.1.2. MECANISMOS DE ENDURECIMIENTO.....	2-4
2.1.2.1. Endurecimiento por Solución Sólida	2-5
2.1.2.2. Tamaño de Grano	2-7
2.1.2.3. Partículas de Segunda Fase.....	2-9
2.1.2.4. Transformación Alotrópica $\gamma \rightarrow \alpha$	2-11
2.1.2.5. Endurecimiento por Deformación	2-13
2.1.3. TENACIDAD DE LOS ACEROS.....	2-15
2.1.3.1. Fractura Frágil.....	2-15
2.1.3.2. Fractura Dúctil.....	2-19
2.1.3.3. Transición Dúctil Frágil.....	2-20
2.1.4. ACEROS DE CONTENIDO MEDIO-ALTO EN CARBONO.....	2-22
2.1.5. MEJORA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.....	2-26

2.2. PRECIPITACIÓN	2-27
2.2.1. SOLUBILIDAD Y PRODUCTO DE SOLUBILIDAD EN EL SISTEMA TERNARIO <i>FE-M-X</i>	2-27
2.2.2. MECANISMOS DE PRECIPITACIÓN	2-34
2.2.2.1. <i>Precipitación en Austenita</i>	2-35
2.2.2.2. <i>Precipitación durante la descomposición de la Austenita</i>	2-36
2.2.2.3. <i>Precipitación en Ferrita</i>	2-37
2.3. ENGROSAMIENTO DE PARTICULAS (OSTWALD RIPENING)..	2-37
2.4. ANCLAJE DE JUNTAS DE GRANO MEDIANTE PARTÍCULAS..	2-41
2.5. METALURGIA FÍSICA DE LA DEFORMACIÓN EN CALIENTE .	2-47
2.5.1. <i>RESTAURACIÓN ESTÁTICA</i>	2-49
2.5.2. <i>RECRISTALIZACIÓN ESTÁTICA</i>	2-49
2.5.3. <i>INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN: RETRASO EN LA RECRISTALIZACIÓN</i>	2-53
2.6. EFECTO DEL VANADIO EN ACEROS DE CONTENIDO MEDIO/ALTO EN CARBONO	2-56
2.7. REFERENCIAS	2-58
3. MATERIAL Y TÉCNICAS EXPERIMENTALES.....	
3.1. MATERIAL	3-1
3.2. TÉCNICAS EXPERIMENTALES	3-3
3.2.1. <i>DEFORMACIÓN EN TIBIO</i>	3-4
3.2.1.1. <i>Preparación de los Ensayos de Compresión Plana</i>	3-4
3.2.1.2. <i>Compresión Plana</i>	3-6
3.2.1.2.1 <i>Descripción del método</i>	3-6
3.2.1.2.2 <i>Tratamiento de datos</i>	3-8

3.2.1.2.3 Extracción de Probetas.....	3-10
3.2.1.3. Ensayos de Relajación	3-11
3.2.1.3.1 Descripción del método	3-11
3.2.2. CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL.....	3-13
3.2.3. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO	3-14
3.2.4. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN.....	3-14
3.2.5. ENSAYOS DE TRACCIÓN.....	3-15
3.2.6. ENSAYOS CHARPY.....	3-17
3.2.7. ANÁLISIS FRACTOGRÁFICO	3-19
3.3. REFERENCIAS	3-20

4. RESULTADOS

4.1. ENSAYOS Y CARACTERIZACIÓN A TEMPERATURA DE ENSAYO	4-2
4.1.1. TAMAÑO DE GRANO INICIAL DE γ	4-2
4.1.1.1. Acero PTR.....	4-3
4.1.1.2. Acero 2N.....	4-5
4.1.1.3. Acero XC.....	4-7
4.1.2. COMPRESIÓN PLANA.....	4-10
4.1.2.1. Acero PTR.....	4-11
4.1.2.2. Acero 2N	4-13
4.1.2.3. Acero XC.....	4-14
4.1.3. ENSAYOS DE RELAJACIÓN	4-16
4.1.3.1. Descripción del método	4-16
4.1.3.2. Acero PTR.....	4-20
4.1.3.3. Acero 2N	4-23

4.1.3.4. <i>Acero XC</i>	4-27
4.2. CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL Y	
COMPORTAMIENTO MECÁNICO	4-30
4.2.1. <i>CARACTERIZACIÓN MICROESTRUCTURAL</i>	4-31
4.2.1.1. <i>Acero PTR</i>	4-31
4.2.1.2. <i>Acero 2N</i>	4-34
4.2.1.3. <i>Acero XC</i>	4-38
4.2.2. <i>ANÁLISIS DE PRECIPITADOS</i>	4-40
4.2.2.1. <i>Acero PTR</i>	4-42
4.2.2.2. <i>Acero 2N</i>	4-46
4.2.3. <i>MEDIDAS DE NANODUREZAS</i>	4-49
4.2.4. <i>ENSAYOS DE TRACCIÓN</i>	4-52
4.2.4.1. <i>Acero PTR</i>	4-52
4.2.4.2. <i>Acero 2N</i>	4-56
4.2.4.3. <i>Acero XC</i>	4-59
4.2.5. <i>ENSAYOS DE TENACIDAD CHARPY</i>	4-63
4.2.5.1. <i>Acero PTR</i>	4-63
4.2.5.2. <i>Acero 2N</i>	4-67
4.2.5.3. <i>Acero XC</i>	4-69
4.3. <i>REFERENCIAS</i>	4-72
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
5.1. <i>PRECIPITADOS DE V</i>	5-1
5.1.1. <i>DISOLUCIÓN</i>	5-2
5.1.2. <i>ENGROSAMIENTO DE PRECIPITADOS POR “OSTWALD RIPENING”</i>	5-5
5.1.3. <i>ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DE PRECIPITACIÓN Y ENGROSE</i>	5-7

5.2. TAMAÑO DE GRANO INICIAL DE AUSTENITA	5-13
5.3. CINÉTICA DE RECRISTALIZACIÓN.....	5-16
5.3.1. <i>CORRECCIÓN DEL EFECTO DE LOS ELEMENTOS EN SOLUCIÓN “SOLUTE DRAG”</i>	5-18
5.3.2. <i>EFECTO DE LOS V(C,N) EN LA CINÉTICA DE RECRISTALIZACIÓN</i>	5-27
5.4. EVOLUCION DE LA AUSTENITA HASTA LA TRANSFORMACIÓN $\gamma \rightarrow \alpha$	5-33
5.5. MICROESTRUCTURA TRAS LA TRANSFORMACIÓN	5-38
5.6. RESISTENCIA MECÁNICA	5-51
5.6.1. <i>ACEROS MICROALEADOS</i>	5-55
5.6.2. <i>ACERO XC (C-Mn)</i>	5-56
5.7. TENACIDAD.....	5-65
5.7.1. <i>ACEROS MICROALEADOS</i>	5-65
5.7.2. <i>ACERO XC (C-Mn)</i>	5-77
5.8. RESISTENCIA/TENACIDAD DE ACEROS MICROALEADOS CON V Y C-Mn.....	5-83
5.9. REFERENCIAS	5-86
6. CONCLUSIONES.....	6-1
7. FUTURAS LINEAS DE TRABAJO.....	7-1
8. PUBLICACIONES.....	8-1