

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS

**ACEROS Y OTRAS ALEACIONES
SUSCEPTIBLES
DE TRATAMIENTO TÉRMICO**

VOLUMEN 1
**Principios del Tratamiento Térmico
de los Aceros**

**Por Manuel Antonio Martínez Baena
y José María Palacios Repáraz**

Índice general

Presentación	7
Prólogo	9
PARTE 1. INTRODUCCIÓN A LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS . .	17
I. Conceptos fundamentales	19
Introducción	19
Estados alotrópicos del hierro y puntos críticos	19
Carburos de hierro. Cementita	22
Diagrama hierro-carbono	23
Diagrama de transformación isotérmica de la austenita. Diagramas TTT . . .	30
Diagrama de transformación en enfriamiento continuo. Diagramas TEC . . .	38
Templabilidad	39
Ensayo de templabilidad Jominy	42
Bandas de templabilidad	44
PARTE 2. TRATAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES	49
II. Tratamientos térmicos básicos de los aceros	51
Introducción	51
Ciclos de tratamiento térmico	51
Calentamiento	51
Tiempo a la temperatura de tratamiento	53
Enfriamiento	53
Tratamientos térmicos básicos más utilizados	53
Normalizado	56
Recocidos	57

Recocido de regeneración	58
Recocido globular	59
Recocido subcríticos	61
Temple	64
Calentamiento	65
Mantenimiento a temperatura de austenización	65
Enfriamiento	66
Factores que influyen en la práctica del temple	66
Etapas del vapor	73
Etapas de ebullición	73
Etapas de convección	74
Clases de temple	76
Revenido	80
Factores que influyen en el revenido	81
Fragilidad de revenido	83
Revenido de la martensita	88
Dureza secundaria	90
Bonificado.	91
III. Tratamientos isotérmicos de los aceros	93
Introducción	93
Austempering. Temple bainítico	95
Martempering. Temple diferido martensítico	98
Recocido isotérmico	100
Patenting. Patentado	100
Tratamiento subcero	102
Tratamiento criogénico	104
PARTE 3. TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	105
IV. Cementación	113
Introducción	113
Mecanismos de la cementación	114
Factores que intervienen en la cementación	116
Composición química del acero	117
Potencial de carbono	117
Temperatura de cementación	118
Tiempo de cementación. Formación de capa	118
Clasificación de los procesos de cementación	123
Cementación sólida. Cementación en caja	123

Cementación gaseosa	125
Cementación líquida	129
Mecanizado y tratamientos térmicos de las piezas cementadas	133
Otras formas de cementación: (1) Cementación a baja presión; (2) Cementación iónica; (3) Cementación a alta temperatura	138
V. Nitruración	143
Introducción	143
Principios generales comunes a los diferentes procesos de nitruración	144
Capa de combinación o capa blanca	145
Zona de difusión	148
Nitruración gaseosa	151
Nitruración líquida o nitruración en sales	153
Aumento de volumen	156
Otras formas de nitruración	157
Nitruración iónica	158
Sulfocarbonitruración	160
Nitrocarburation	164
Oxinitrocarburation	169
Recubrimientos superficiales mediante deposición de capas duras	172
VI. Carbonitruración	173
Introducción	173
Características del proceso de carbonitruración	177
Atmósferas carbonitrurantes empleadas	177
Temperatura de carbonitruración	178
Características y naturaleza de las capas carbonitruradas	178
Tratamientos térmicos utilizados	180
Durezas superficiales alcanzadas	180
Ciclos tipo de carbonitruración	182
Ventajas e inconvenientes de la carbonitruración con respecto a la cementación	182
Austenita retenida en la superficie de las piezas carbonitruradas	183
Aceros que normalmente se utilizan en la fabricación de piezas que después tengan que sufrir el tratamiento de carbonitruración	185
VII. Temples superficiales	187
Introducción	187
Características de la capa superficial endurecida	188
Temple a la llama. Flameado	190

Temple por inducción	193
Temple superficial por rayos láser	198
Calidad de los aceros para temple superficial	200
Consideraciones finales	203
Bibliografía	205

Este libro es el resultado de una serie de charlas impartidas al personal técnico y mandos de taller de un numeroso grupo de empresas metalúrgicas, particularmente, del sector auxiliar del automóvil. Otras han sido impartidas, también, a alumnos de escuelas de ingeniería y de formación profesional.

El propósito que nos ha guiado es el de contribuir a despertar un mayor interés por los temas que presentamos, permitiendo así la adquisición de unos conocimientos básicos y una visión de conjunto, clara y sencilla, necesarios para los que han de utilizar o han de tratar los aceros y aleaciones; no olvidándonos de aquéllos que sin participar en los procesos industriales están interesados, de una forma general, en el conocimiento de los materiales metálicos y de su tratamiento térmico.

No pretendemos haber sido originales al recoger y redactar los temas propuestos. Hemos aprovechado información procedente de las obras más importantes ya existentes; y, fundamentalmente, aportamos nuestra experiencia personal adquirida y acumulada durante largos años en la docencia y de una dilatada vida de trabajo en la industria metalúrgica en sus distintos sectores: aeronáutica –*motores*–, automoción, máquinas herramienta, tratamientos térmicos y, en especial, en el de aceros finos de construcción mecánica y de ingeniería. Por tanto, la única justificación de este libro radica en los temas particulares que trata, su ordenación y la manera en que se exponen.

Iniciamos, pues, estas publicaciones con el volumen I:

“PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS ACEROS”.

***Manuel A. Martínez Baena
José M^o Palacios Repáraz***

