



انتشارات دانشگاه شیراز

۵۴۲

عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها

www.ketab.ir

گردآوری و تدوین

دکتر کمال جانقربان

دکتر الهام کتوئی‌زاده

بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز

سرشناسه	:	جانقربان، کمال
عنوان و نام پدیدآور	:	عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها/ گردآوری و تدوین کمال جانقربان، الهام کتونی‌زاده.
مشخصات نشر	:	شیراز: دانشگاه شیراز، مرکز نشر، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	:	م، ۳۳۵ ص: جدول، نمودار.
فروست	:	انتشارات دانشگاه شیراز: ۵۴۲.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۴۶۲-۵۲۲-۸
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	پشت جلد به انگلیسی:
Kamal Janghorban, Elham Katouezadeh. Heat Treatment of Steels and Cast Irons		
یادداشت	:	واژه نامه.
یادداشت	:	کتابنامه: ص: ۳۰۷-۳۱۱.
یادداشت	:	نماید.
موضوع	:	فولاد -- عملیات حرارتی
موضوع	:	Steel -- Heat treatment
موضوع	:	چدن -- عملیات حرارتی
موضوع	:	Cast-iron -- Heat treatment
شناسه افزوده	:	کتونی‌زاده، الهام، ۱۳۶۹-
شناسه افزوده	:	دانشگاه شیراز، مرکز نشر
رده بندی کنگره	:	TN۷۵۱
رده بندی دیویی	:	۶۷۲/۳۶
شماره کتابشناسی ملی	:	۶۲۴۷۵۸۶

عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها

دکتر کمال جانقربان و دکتر الهام کتونی‌زاده

صفحه‌آرا: زینب دهقانی

طراح جلد: مریم جانقربان

چاپ اول: ۱۳۹۹

قیمت: ۵۰۰۰ تومان

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاه شیراز محفوظ است

شیراز، میدان ارم، کوی دانشگاه شیراز - کد پستی ۸۵۱۱۵ - ۷۱۹۴۶ صندوق پستی ۱۱۶۱

تلفن و تلفکس: ۷۱۳۶۲۷۳۰۵۰



پیش‌گفتار

سپاس و ستایش خداوند بلند مرتبه را که به لطف و عنایت بی‌کران او توفیق تالیف و تدوین کتاب «عملیات حرارتی فولادها و چدن‌ها» حاصل آمد. عملیات حرارتی آلیاژهای فلزی به طیف وسیعی از فرایندهای حرارتی، شامل گرم‌کردن و سردکردن در محیط‌های خاص اطلاق می‌شود، که در نتیجه آن، فلز و یا آلیاژ مورد نظر (ضمن حفظ حالت جامد خود) به خواص مطلوبی دست می‌یابد. کنترل زمان در کلیه مراحل عملیات حرارتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هر چند روش‌های زیادی برای عملیات حرارتی آلیاژهای آهنی و غیرآهنی وجود دارد، قابلیت سخت‌گردانی به‌وسیله عملیات حرارتی به چند آلیاژ خاص محدود می‌گردد. مهم‌ترین و متداول‌ترین عملیات حرارتی، سخت‌گردانی فولادها است که به شکل میسوطی مورد تحقیق و استفاده قرار گرفته است.

گرچه منابع خارجی متعددی در زمینه عملیات حرارتی وجود دارند، اما آثار چاپ شده به زبان فارسی محدود می‌باشند و مطالب و روش‌های نوین را شامل نمی‌شوند. با توجه به تجربه مؤلفین و تدریس درس عملیات حرارتی آلیاژهای فلزی به مدت بیش از ۳۰ سال در دانشگاه‌ها، تصمیم به تدوین اثری در این زمینه گرفته شد که بتواند مورد استفاده دانشجویان و صنعت‌گران قرار گیرد.

این کتاب دارای ۱۰ فصل می‌باشد که در ۸ فصل اول عملیات حرارتی مربوط به فولادها و در فصل ۹ و ۱۰ عملیات حرارتی چدن‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل اول کتاب ابتدا مقدمه‌ای از ساختار و فازهای مختلف ارائه شده است و سپس ساختارهای بلوری موجود در آلیاژهای آهن-کربن معرفی شده‌اند. در فصل دوم انواع فولادها و دسته‌بندی‌های مختلف آن‌ها بیان شده است. در ادامه فرایندهای عملیات حرارتی شامل آنیل، کرووی کردن، تنش‌گیری، آنیل فرایندی، نرمالیزه و سخت‌گردانی در فصل سوم مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در حین فرایندهای عملیات حرارتی دگرگونی‌های مختلفی مشاهده می‌شوند که در فصل چهارم نمودارهای بررسی این دگرگونی‌ها و روابط مربوطه ارائه شده‌اند. به منظور دستیابی به ساختار مارتنزیتی کمیت سختی‌پذیری معرفی می‌شود که تاثیر پارامترهای مختلف بر این کمیت و روش تعیین آن از موضوعات مورد بحث در فصل پنجم این کتاب می‌باشد. جهت حذف تنش‌های پسماند فرایند تمپرکردن صورت می‌پذیرد که در فصل ششم استحاله‌های فازی حین تمپر معرفی شده‌اند. در بسیاری از قطعات صنعتی که نیازمند مقاومت سایشی بالا هستند، سخت‌گردانی سطحی انجام می‌شود. در فصل هفتم انواع فرایندهای سخت‌گردانی سطحی شامل کربوریزه، سیانوره، نیترووره، بورونیزه، شعله‌ای و القایی ارائه شده‌اند. وجود تنش‌های پسماند که موجب پیچش، ترک خوردگی و یا شکست ناگهانی قطعه در حین کار می‌شود، یکی از مهم‌ترین و جدی‌ترین مشکلات عملیات حرارتی می‌باشد که فصل هشتم کتاب به این موضوع اختصاص داده شده است. در فصل نهم کتاب، پس از معرفی چدن‌ها، انواع چدن‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها ارائه شده‌اند. چدن‌ها از نظر ترکیب شیمیایی و ساختار بسیار متنوع می‌باشند که سبب دستیابی به خواص مکانیکی مطلوب با هزینه مناسب می‌گردند. عملیات حرارتی چدن‌ها

مستلزم بررسی دقیق اثرات و نتایج حاصل از فرایندهای حرارتی مختلف بر روی ساختار و خواص چدن‌ها می‌باشد که در فصل دهم مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

در پایان از همکاران گرامی، دانشجویان عزیز و خوانندگان محترم استدعا داریم که با رهنمودهای ارزشمند خود ما را در جهت رفع نقایص احتمالی یاری نمایند.

دکتر کمال جانقربان

دکتر الهام کتوئی‌زاده

www.ketab.ir

فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان
۱	فصل اول: ساختار و فازها
۱	مقدمه
۱	۱-۱- نمودار فازی تعادلی آهن-کربن
۵	۲-۱- ساختارهای بلوری آهن
۷	۳-۱- تأثیر کربن بر نمودار فازی
۹	۴-۱- ساختارهای بلوری در آلیاژهای آهن-کربن
۱۳	۵-۱- دماهای بحرانی
۱۵	نمونه سؤالات فصل اول
۱۷	فصل دوم: انواع فولادها
۱۷	مقدمه
۱۷	۱-۲- انواع فولاد بر اساس کاربرد
۱۸	۲-۲- انواع فولاد بر اساس ترکیب شیمیایی
۱۸	۱-۲-۲- عناصر آلیاژی در فولادها
۲۱	۲-۲-۲- نقش عناصر آلیاژی در فولادها
۲۷	۳-۲- فولادهای کم آلیاژ
۳۷	۱-۳-۲- فولادهای کم آلیاژ با استحکام بالا (HSLA)
۳۸	۲-۳-۲- فولادهای کم آلیاژ عملیات حرارتی پذیر (HTLA)
۳۹	۴-۲- فولادهای پر آلیاژ
۳۹	۱-۴-۲- فولادهای ضد زنگ
۴۶	۲-۴-۲- فولادهای پر استحکام (مارایج)
۴۸	۳-۴-۲- فولادهای ابزار
۵۱	نمونه سؤالات فصل دوم
۵۳	فصل سوم: فرایندهای عملیات حرارتی
۵۳	مقدمه
۵۵	۱-۳- آنیل کردن
۵۵	۱-۱-۳- آنیل فولاد هیپریوتکتوئید
۵۸	۲-۱-۳- آنیل فولاد یوتکتوئید
۵۹	۳-۱-۳- آنیل فولاد هیپریوتکتوئید
۶۴	۲-۳- کروئ کردن

۶۶	۳-۳- آنیل تنش گیری
۶۶	۴-۳- آنیل فرایندی
۶۸	۵-۳- نرمالیزه کردن
۷۲	۶-۳- آنیل بین بحرانی
۷۲	۷-۳- سخت گردانی
۸۰	۳-۷-۱- مورفولوژی مارتنزیت
۸۵	۳-۷-۲- بررسی مکانیزم تشکیل فاز مارتنزیت
۸۸	۳-۸- سخت گردانی فولادهای مارایج
۹۰	۳-۹- همگن سازی فاز آستنیت
۹۲	نمونه سؤالات فصل سوم

فصل چهارم: دگرگونی های فازی حین عملیات حرارتی

۹۵	مقدمه
۹۵	۴-۱- نمودارهای تغییر حالت همدم (I-T)
۹۶	۴-۱-۱- استفاده از دیلاتومتر (طول سنج)
۹۸	۴-۱-۲- استفاده از متالوگرافی
۱۰۰	۴-۱-۳- اندازه گیری مقاومت الکتریکی
۱۰۱	۴-۱-۴- روش محاسباتی
۱۰۶	۴-۲- بررسی مکانیزم های تشکیل فازهای پرلیت و بینیت
۱۰۸	۴-۳- آستمپر کردن
۱۱۴	۴-۴- نمودارهای تبرید پیوسته (C-T)
۱۱۷	۴-۵- تغییر حالت متالورژیکی فولاد به هنگام تبرید پیوسته
۱۲۱	۴-۶- بررسی موقعیت نمودارهای I-T
۱۲۸	نمونه سؤالات فصل چهارم

فصل پنجم: سختی و سختی پذیری

۱۳۱	مقدمه
۱۳۱	۵-۱- عوامل مؤثر در نرخ تبرید حقیقی
۱۳۳	۵-۱-۱- ضریب نفوذ حرارتی قطعه
۱۳۳	۵-۱-۲- نوع محیط تبریدکننده
۱۳۵	۵-۱-۳- دمای محیط تبریدکننده
۱۳۹	۵-۱-۴- شرایط سطح قطعه
۱۴۱	۵-۱-۵- اندازه و جرم قطعه

۱۴۸	۲-۵- کمیت سختی پذیری
۱۴۹	۵-۲-۱- قطر بحرانی و قطر ایده آل
۱۵۱	۵-۲-۲- تاثیر تغییرات ترکیب شیمیایی بر سختی پذیری فولادها
۱۵۳	۵-۲-۳- آزمون سختی پذیری جومینی
۱۶۱	۵-۲-۴- استفاده عملی از اطلاعات مربوط به سختی پذیری
۱۶۸	نمونه سؤالات فصل پنجم
۱۷۱	فصل ششم: تمپر کردن
۱۷۱	مقدمه
۱۷۱	۶-۱- تمپر کردن
۱۷۸	۶-۲- استحاله های فازي حين تمپر کردن
۱۸۶	۶-۳- مقایسه فرایندهای آستمر و کوئنچ-تمپر
۱۹۱	۶-۴- فولادهای کربنی سخت شونده
۱۹۳	۶-۵- فولادهای ضد زنگ سخت شونده
۱۹۸	نمونه سؤالات فصل ششم
۱۹۹	فصل هفتم: سخت گردانی سطحی
۱۹۹	مقدمه
۲۰۰	۷-۱- کربوریزه کردن
۲۰۶	۷-۱-۱- کربوریزه در محیط جامد
۲۰۷	۷-۱-۲- کربوریزه در محیط گازی
۲۰۸	۷-۱-۳- کربوریزه در محیط مایع
۲۰۹	۷-۱-۴- عملیات حرارتی بعد از کربوریزه کردن
۲۱۱	۷-۲- کربونیترووره و سیانوره کردن
۲۱۶	۷-۳- نیترووره کردن
۲۱۷	۷-۳-۱- نیترووره در محیط گازی
۲۲۱	۷-۳-۲- نیترووره پلاسمایی
۲۲۵	۷-۴- بورونیزه کردن
۲۳۰	۷-۵- سخت گردانی شعله ای
۲۳۱	۷-۶- سخت گردانی القایی
۲۳۷	نمونه سؤالات فصل هفتم

۲۳۹	فصل هشتم: تنش‌های پسماند در عملیات حرارتی
۲۳۹	مقدمه
۲۳۹	۸-۱- تنش‌های حرارتی حاصل از اختلاف دما
۲۴۳	۸-۲- تنش‌های استحاله‌ای حاصل از دگرگونی فازی
۲۴۳	۸-۲-۱- تنش‌های استحاله‌ای در فولاد با سختی‌پذیری بالا
۲۴۶	۸-۲-۲- تنش‌های استحاله‌ای در فولاد با سختی‌پذیری پایین
۲۴۸	۸-۳- تنش‌های حاصل ضمن گرم شدن
۲۴۹	۸-۴- فرایند حرارتی مارتمپر یا مارکونچ
۲۵۰	۸-۵- فرایند حرارتی مارتمپر اصلاح شده
۲۵۱	۸-۶- اثر اندازه دانه آستنیت بر تنش‌های پسماند
۲۵۳	نمونه سؤالات فصل هشتم
۲۵۵	فصل نهم: معرفی چدن‌ها
۲۵۵	مقدمه
۲۵۵	۹-۱- معرفی چدن‌ها
۲۵۸	۹-۲- طبقه‌بندی چدن‌ها
۲۶۰	۹-۲-۱- چدن سفید
۲۶۲	۹-۲-۲- چدن‌های مایل با گرافیت اسفنجی شکل
۲۶۵	۹-۲-۳- چدن‌های خاکستری با گرافیت ورقه‌ای یا لایه‌ای
۲۶۸	۹-۲-۴- چدن‌های داکتیل با گرافیت کروی
۲۷۳	۹-۲-۵- چدن‌های با گرافیت فشرده یا کرمی شکل
۲۷۴	۹-۲-۶- چدن‌های آلیاژی
۲۷۸	۹-۳- انواع ساختارهای زمینه چدن
۲۷۹	۹-۴- خواص چدن‌ها
۲۸۴	نمونه سؤالات فصل نهم
۲۸۵	فصل دهم: عملیات حرارتی چدن‌ها
۲۸۵	مقدمه
۲۸۵	۱۰-۱- عملیات حرارتی چدن‌ها
۲۸۷	۱۰-۲- آنیل کردن
۲۸۸	۱۰-۲-۱- آنیل در دمای بالا (مایلبل کردن)
۲۹۳	۱۰-۲-۲- آنیل در دمای متوسط (آنیل کامل)
۲۹۳	۱۰-۲-۳- آنیل در دمای پایین (فریتی کردن)

شماره صفحه	عنوان
۲۹۳	۱۰-۳- تنش گیری
۲۹۵	۱۰-۴- نرمالیزه کردن
۲۹۶	۱۰-۵- سخت گردانی
۲۹۷	۱۰-۶- تمپیر کردن
۲۹۷	۱۰-۷- آستمپر کردن
۲۹۸	۱۰-۷-۱- چدن های داکتیل آستمپر شده (ADI)
۳۰۴	۱۰-۸- مارتمپر کردن
۳۰۴	۱۰-۹- سخت گردانی سطحی
۳۰۵	نمونه سؤالات فصل دهم
۳۰۷	منابع و مأخذ
۳۱۳	لغت نامه
۳۲۹	نمایه

www.ketab.ir