

عملیات حرارتی فولادها

ترجمه

فرزاد سلیمانی

www.ketab.ir

انتشارات درخت بلورین

زمستان - ۱۴۰۰

فصل ۱: عملیات حرارتی فولاد

فهرست

صفحه

۶.۱ اصول عملیات حرارتی	۳۱۸
۶.۱.۱ انتقال حرارت	۳۱۸
۶.۱.۲ غیوب شبکه	۳۲۶
۶.۱.۳ کاربرد نمودارهای TTT (IT) و CCT	۳۲۹
۶.۱.۳.۱ نمودار استحاله همدم	۳۲۹
۶.۱.۳.۲ نمودار استحاله سرد کردن پیوسته	۳۳۱
۶.۱.۳.۳ فرآیندهای عملیات حرارتی که برای آنها از نمودار IT یا CCT استفاده می شود	۳۳۵
۶.۱.۳.۴ استفاده از نمودار CCT برای پیش بینی متشکله های ساختاری و سختی با کوئچ قطعه کار واقعی	۳۳۷
۶.۱.۳.۵ موارد و محدودیتهای خاص در استفاده از نمودارهای CCT	۳۴۲
۶.۱.۴ اکسیداسیون	۳۴۵
۶.۱.۴.۱ پوسته ای شدن فولاد	۳۴۷
۶.۱.۵ کربن زدایی	۳۴۸
۶.۱.۵.۱ اثر عناصر آلیاژی روی کربن زدایی	۳۵۲
۶.۱.۵.۲ تعاریف و اندازه گیری کربن زدایی	۳۵۳
۶.۱.۶ تنشهای پسماند، تغییرات ابعادی و اعوجاج	۳۵۶
۶.۱.۶.۱ تنشهای حرارتی در مورد رفتار تغییرشکل الاستیک خطی ایده آل	۳۵۹
۶.۱.۶.۲ تنشهای ناشی از استحاله	۳۶۱
۶.۱.۶.۳ تنشهای پسماند در زمان کوئچ استوانه با رفتار تغییرشکل الاستیک-پلاستیک واقعی	۳۶۳
۶.۱.۶.۴ تغییرات ابعادی و اعوجاج در طی سخت کاری و تمپر	۳۷۰
۶.۲ فرآیندهای آنیل	۳۷۶
۶.۲.۱ آنیل تنش زدایی	۳۷۶
۶.۲.۲ نرماله کردن	۳۸۱
۶.۲.۳ آنیل دما ثابت	۳۸۶

۳۹۲	۶.۲.۴ آنیل نرم (آنیل کروی کردن)
۳۹۷	۶.۲.۵ آنیل تبلور مجدد
۳۹۹	۶.۲.۵.۱ بازیابی دانه
۳۹۹	۶.۲.۵.۲ چند وجهی شدن
۴۰۰	۶.۲.۵.۳ تبلور مجدد و رشد دانه
۴۰۳	۶.۳ سخت کاری با تشکیل مارتنزیت
۴۰۳	۶.۳.۱ آستنیت کردن
۴۰۳	۶.۳.۱.۱ جنبه های متالورژیکی آستنیت کردن
۴۱۳	۶.۳.۱.۲ جنبه های تکنولوژیکی آستنیت کردن
۴۲۳	۶.۳.۲ اندازه گیری شدت کوئنچ و ارزیابی براساس دانسیته شار حرارتی
۴۳۳	۶.۳.۳ آستنیت باقیمانده و عملیات تبرید
۴۳۹	۶.۳.۳.۱ استحاله تبدیل آستنیت باقیمانده
۴۴۰	۶.۴ سخت کاری و تمپر فولادهای ساختمانی
۴۴۰	۶.۴.۱ خواص مکانیکی مورد نیاز
۴۴۷	۶.۴.۲ تکنولوژی فرآیند سخت کاری و تمپر
۴۵۳	۶.۴.۳ تعیین پارامترهای فرآیند به کمک کامپیوتر
۴۵۸	۶.۵ آستمپر کردن

فصل ۷: عملیات حرارتی تحت اتمسفرهای گازی

صفحه	فهرست
۴۶۸	۷.۱ مقدمه
۴۶۹	۷.۲ اصول و کلیات
۴۷۵	۷.۳ کربوراسیون
۴۷۵	۷.۳.۱ مقدمه
۴۷۶	۷.۳.۲ کربوراسیون و دکربوراسیون با گازها
۴۷۶	۷.۳.۲.۱ تعادل گازی
۴۸۰	۷.۳.۲.۲ سینتیک کربوراسیون
۴۸۲	۷.۳.۲.۳ کنترل کربوراسیون

۴۸۵	.....	۷.۳.۲.۴ کربونیتريده کردن
۴۸۶	.....	۷.۳.۳ سختی پذیری و ریزساختارها
۴۹۵	.....	۷.۴ واکنشها با هیدروژن و با اکسیژن
۵۰۰	.....	۷.۵ نیتريده کردن و کربونیتريده کردن
۵۰۰	.....	۷.۵.۱ مقدمه
۵۰۲	.....	۷.۵.۲ اطلاعات ساختاری و ریزساختارها
۵۰۲	.....	۷.۵.۲.۱ اطلاعات ساختاری
۵۰۵	.....	۷.۵.۲.۲ ریزساختارهای آهن نیتريده شده
۵۰۷	.....	۷.۵.۲.۳ ریزساختارهای فولادهای نیتريده و نیتروکربوره شده
۵۱۱	.....	۷.۵.۲.۴ ویژگی های ریزساختاری
۵۱۳	.....	۷.۵.۳ فرآیندهای نیتريده کردن و نیتروکربوره کردن
۵۱۳	.....	۷.۵.۳.۱ نیتريده کردن
۵۱۵	.....	۷.۵.۳.۲ نیتروکربوره کردن
۵۱۶	.....	۷.۵.۳.۳ اثرات فرآیند روی نتایج نیتريده کردن و نیتروکربوره کردن
۵۱۸	.....	۷.۶ خواص اجزای کربوره و نیتريده یا نیتروکربوره شده

فصل ۸: تکنیک های نیتريده کردن، و روشها و تکنیک

های نیتروکربوره کردن فریتی و نیتروکربوره کردن

آستینیتی

صفحه	فهرست
۵۳۲	 ۸.۱ مقدمه
۵۳۴	 ۸.۲ تکنولوژی فرآیند
۵۳۸	 ۸.۳ ترکیب شیمیایی پوسته
۵۴۲	 ۸.۴ ترکیب شیمیایی پوسته تشکیل شده
۵۴۳	 ۸.۴.۱ فاز اپسیلون
۵۴۳	 ۸.۴.۲ فاز گاما پرایم

۵۴۴	۸.۴.۳ لایه نفوذی
۵۴۴	۸.۵ فرآیند دو مرحله ای نیتريده کردن (Floe)
۵۴۵	۸.۶ نیتريده کردن حمام نمک
۵۴۶	۸.۶.۱ ایمنی در کاربرد حمام های نمک مذاب برای نیتريده کردن
۵۴۷	۸.۶.۲ نگهداری از حمام نمک نیتريده کننده
۵۴۸	۸.۶.۲.۱ روال نگهداری روزانه
۵۴۸	۸.۶.۲.۲ روال نگهداری هفته ای
۵۴۹	۸.۷ نیتريده کردن فشاری
۵۵۰	۸.۸ نیتريده کردن بستر سیال
۵۵۰	۸.۹ روش رقیق سازی نیتريده کردن
۵۵۲	۸.۱۰ نیتريده کردن پلاسما
۵۵۲	۸.۵.۱ تولید پلاسما
۵۵۶	۸.۱۱ نیتريده کردن بعد از اکسیداسیون (Post-oxy)
۵۵۸	۸.۱۲ مشخصات تخلیه تابش (Glow)
۵۵۹	۸.۱۲.۱ منطقه تخلیه تاون سند (Townsend)
۵۵۹	۸.۱۲.۲ منطقه هاله (Corona)
۵۵۹	۸.۱۲.۳ منطقه تخلیه تابش غیرطبیعی
۵۵۹	۸.۱۲.۴ منطقه تخلیه تابش طبیعی
۵۶۰	۸.۱۲.۵ منطقه تخلیه تابش
۵۶۰	۸.۱۲.۶ منطقه تخلیه قوس
۵۶۱	۸.۱۳ کنترل فرآیند نیتريده کردن پلاسما
۵۶۳	۸.۱۳.۱ کنترل جریان گاز فرآیند
۵۶۵	۸.۱۴ فرآیند دو مرحله ای (Floe) نیتريده کردن گازی
۵۶۶	۸.۱۵ نیتريده کردن حمام نمک
۵۶۷	۸.۱۶ روش رقیق سازی نیتريده کردن یا نیتريده کردن دقیق
۵۶۸	۸.۱۶.۱ کنترل نیتريده کردن دقیق
۵۶۹	۸.۱۷ تجهیزات کوره برای نیتريده کردن
۵۷۰	۸.۱۷.۱ حمام های نمک

۵۷۱	 ۸.۱۸ نیتزیده کردن پلاسما
۵۷۲	 ۸.۱۸.۱ تولید پلاسما
۵۷۳	 ۸.۱۸.۲ مشخصات تخلیه تابش
۵۷۴	 ۸.۱۸.۳ مشخصات کنترل پلاسما
۵۷۵	 ۸.۱۸.۴ تکنولوژی تجهیزات
۵۷۶	 ۸.۱۸.۵ تکنولوژی دیواره سرد
۵۷۷	 ۸.۱۸.۶ منبع تغذیه
۵۷۸	 ۸.۱۸.۷ اندازه گیری دمای فرآیند
۵۷۹	 ۸.۱۸.۸ کنترل جریان گازهای فرآیند
۵۷۹	 ۸.۱۸.۹ جریان DC پالسی، دیواره داغ
۵۸۱	 ۸.۱۸.۱۰ تولید نیروی پلاسما
۵۸۱	 ۸.۱۸.۱۱ کنترل دمای فرآیند
۵۸۲	 ۸.۱۸.۱۲ کنترل دما
۵۸۳	 ۸.۱۸.۱۳ کنترل فرآیند
۵۸۳	 ۸.۱۸.۱۴ سرمایه اصلی گذاری کم، مهارتهای عملیاتی بالا
۵۸۳	 ۸.۱۸.۱۵ سرمایه گذاری اصلی متوسط، مهارتهای ابزار متوسط
۵۸۳	 ۸.۱۸.۱۶ سرمایه گذاری اصلی بالا، مهارتهای عملیاتی کم
۵۸۴	 ۸.۱۸.۱۷ ملاحظات متالورژیکی و مزایا
۵۸۶	 ۸.۱۸.۱۸ ساختار متالورژیکی پوسته نیتزیده شده یونی
۵۹۰	 ۸.۱۸.۱۹ نتایج متالورژیکی
۵۹۱	 ۸.۱۸.۲۰ انتخاب فولاد
۵۹۲	 ۸.۱۸.۲۱ شرایط قبل از نیتزیده کردن
۵۹۶	 ۸.۱۸.۲۲ آماده سازی سطح
۵۹۷	 ۸.۱۸.۲۳ سیکلهای نیتزیده کردن
۵۹۸	 ۸.۱۸.۲۴ اعوجاج و رشد
۶۰۰	 ۸.۱۹ مقدمه (نیتروکربوره کردن فریتی)
۶۰۱	 ۸.۲۰ تشکیل پوسته
۶۰۲	 ۸.۲۱ پیش تمیزکاری

۸.۲۲	روشهای نیترو کربوره کردن فریتی	۶۰۲
۸.۲۲.۱	نیترو کربوره کردن فریتی در حمام نمک	۶۰۲
۸.۲۲.۲	نیترو کربوره کردن فریتی گازی	۶۰۳
۸.۲۲.۲.۱	ایمنی	۶۰۴
۸.۲۲.۳	نیتروکربوره کردن فریتی با کمک پلاسما	۶۰۵
۸.۲۲.۳.۱	کاربردها	۶۰۵
۸.۲۲.۳.۲	انتخاب فولاد	۶۰۶
۸.۲۲.۴	تکنیکهای فرایند	۶۰۶
۸.۲۲.۵	عمق پوسته	۶۰۷
۸.۲۲.۵.۱	پوسته تاجه عمقی می تواند رشد کند؟	۶۰۷
۸.۲۳	اکسی کربونیتزیده کردن فریتی	۶۰۹

فصل 4: کوئنچ و تکنولوژی کوئنچ کردن

صفحه	عنوان
۴.۱	مقدمه
۴.۲	رفتار استحاله متالورژیکی در طی کوئنچ
۴.۲.۱	تأثیر سرعت سرد کردن
۴.۲.۲	تأثیر غلظت کربن
۴.۲.۳	تأثیر عناصر آلیاژی
۴.۲.۴	تأثیر تنش ها
۴.۳	فرایندهای کوئنچ
۴.۴	سینماتیک ترشوندگی
۴.۵	تعیین مشخصات سرد کردن
۴.۵.۱	بدست آوردن منحنی های سرد کردن با ترموکوپلها
۴.۵.۲	اندازه گیری سینماتیک ترشوندگی
۴.۵.۲.۱	اندازه گیری میزان رسانایی
۴.۵.۲.۲	اندازه گیری دما
۴.۶	کوئنچ به عنوان یک مسئله انتقال حرارت

۶۳۷	 ۴.۶.۱ انتقال حرارت در جامد
۶۳۹	 ۴.۶.۲ انتقال حرارت در کل سطح جسم
۶۴۵	 ۴.۷ متغیرهای فرآیندی تأثیرگذار روی رفتار سرد کردن و انتقال حرارت
۶۴۵	 ۴.۷.۱ کوئنچ غوطه وری
۶۴۵	 ۴.۷.۱.۱ دمای حمام
۶۴۶	 ۴.۷.۱.۲ اثر تلاطم
۶۴۷	 ۴.۷.۱.۳ اثر انتخاب ماده کوئنچ
۶۴۸	 ۴.۷.۱.۴ اثرات زبری و اکسیداسیون سطح
۶۵۰	 ۴.۷.۱.۵ اثر اندازه سطح مقطع روی سرد کردن
۶۵۱	 ۴.۷.۱.۶ اثرات هندسه لبه سرد شونده
۶۵۱	 ۴.۷.۱.۷ اثرات ترکیب فولاد
۶۵۳	 ۴.۷.۲ کوئنچ پاششی
۶۵۷	 ۴.۷.۳ کوئنچ گازی
۶۶۲	 ۴.۷.۴ کوئنچ شدید
۶۶۹	 ۴.۸ روشهای پیش بینی خواص
۶۷۱	 ۴.۸.۱ محدودیتهای ذاتی در پیش بینی سختی
۶۷۲	 ۴.۸.۲ مقادیر H گراسمن
۶۷۶	 ۴.۸.۳ روش QTA
۶۷۹	 ۴.۸.۴ ارتباط بین سختی و سینماتیک ترشوندگی
۶۸۱	 ۴.۸.۵ محاسبه پروفیل سختی بر مبنای کامپیوتر
۶۸۴	 لیست علائم

فصل ۵: اعوجاج قطعات عملیات حرارتی شده

صفحه	فهرست
۶۹۲	 ۵.۱ مقدمه
۶۹۳	 ۵.۲ مکانیزم های اعوجاج اصلی
۶۹۳	 ۵.۲.۱ رفع تنش های پسماند
۶۹۴	 ۵.۲.۲ حرکت ماده ناشی از شیب های دمایی در طی گرم و سرد کردن

۶۹۵	۵.۲.۳ تغییرات حجمی در طی استحاله های فازی
۶۹۶	۵.۳ تنش های پسماند
۶۹۶	۵.۳.۱ تنش پسماند در قطعات
۶۹۷	۵.۳.۲ تنش های پسماند قبل از عملیات حرارتی
۶۹۷	۵.۳.۳ عملیات حرارتی بعد از فرآیند کارسختی
۶۹۹	۵.۴ اعوجاج در طی ساخت
	۵.۴.۱ فاکتورهای ساخت و طراحی قبل از عملیات حرارتی که روی اعوجاج اثر می گذارند
۶۹۹	۵.۴.۱.۱ خواص ماده
۷۰۰	۵.۴.۱.۲ یکنواختی ماده
۷۰۰	۵.۴.۱.۳ توزیع سیستم تنش پسماند
۷۰۱	۵.۴.۱.۴ هندسه قطعه
۷۰۱	۵.۴.۲ اعوجاج در طی گرم کردن قطعه
۷۰۱	۵.۴.۲.۱ تغییر شکل ناشی از رفع تنش پسماند
۷۰۱	۵.۴.۲.۲ تغییر شکل ناشی از تنش های حرارتی
۷۰۲	۵.۴.۲.۳ تغییر حجم ناشی از تغییر فاز در گرم کردن
۷۰۲	۵.۴.۳ اعوجاج در طی فرآیندهای دما بالا
۷۰۳	۵.۴.۳.۱ انبساط حجمی در طی نفوذ پوسته ای
۷۰۴	۵.۴.۳.۲ اعوجاج ایجاد شده با خزش فلز
۷۰۴	۵.۴.۴ اعوجاج در طی فرآیند کوئنچ
۷۰۵	۵.۴.۴.۱ اثر مشخصات سرد کنندگی روی تنش پسماند و اعوجاج از کوئنچ
۷۱۳	۵.۴.۴.۲ تأثیر شرایط سطح روی قطعات
۷۱۵	۵.۴.۴.۳ کاهش اعوجاج کوئنچ
۷۱۷	۵.۴.۴.۴ یکنواختی کوئنچ
۷۲۰	۵.۴.۴.۵ روش های کوئنچ
۷۲۰	۵.۵ اعوجاج در طی فرآیند بعد از کوئنچ
۷۲۰	۵.۵.۱ صاف نمودن
۷۲۰	۵.۵.۲ تمپر کردن

۷۲۳	۵.۵.۳ پایدارسازی با تمپر کردن و عملیات زیر صفر
۷۲۳	۵.۵.۴ حذف فلز بعد از عملیات حرارتی
۷۲۴	۵.۶ اندازه گیری تنش های پسماند
۷۲۴	۵.۶.۱ روش پراش اشعه X
۷۲۶	۵.۶.۲ روش های سوراخکاری حفره
۷۲۷	۵.۶.۳ روش های خمش و پیچش
۷۲۷	۵.۶.۴ دیگر روش های اندازه گیری تنش پسماند
۷۲۷	۵.۷ آزمایش هایی برای گرایش به اعوجاج و ترک خوردگی
۷۲۸	۵.۷.۱ آزمایش حلقه C ناوی و دیسک شکاف دار
۷۲۸	۵.۷.۲ نمونه های استوانه ای
۷۲۹	۵.۷.۳ آزمایش میله پله دار
۷۲۹	۵.۷.۴ آزمایش میله استوانه ای دارای شیار کلید
۷۲۹	۵.۷.۵ دیسک با یک حفره با موقعیت گریز از مرکز
۷۳۰	۵.۷.۶ لوله های پره ای
۷۳۱	۵.۸ پیش بینی اعوجاج و تنش های پسماند
۷۳۳	۵.۸.۱ معادلات حاکم
۷۳۳	۵.۸.۱.۱ قانون مخلوط
۷۳۳	۵.۸.۱.۲ معادلات هدایت حرارت و معادله نفوذ
۷۳۴	۵.۸.۱.۳ معادله ساختاری
۷۳۵	۵.۸.۱.۴ سینتیک فرآیند کوئنچ
۷۳۵	۵.۸.۱.۵ پلاستیسیته استحاله
۷۳۶	۵.۸.۲ الگوریتم زوجی در شبیه سازی با آنالیز المان محدود
۷۳۷	۵.۸.۳ مثالی از نتایج شبیه سازی
۷۳۷	۵.۸.۳.۱ پیش بینی تاب برداشتن میله های فولادی دارای شیار کلید
۷۳۷	۵.۸.۳.۲ پیش بینی اعوجاج در طی فرآیند کوئنچ کربوره کردن حلقه فولادی Cr-Mo
۷۳۸	۵.۹ خلاصه
۷۴۰	مراجع