

مواد حافظه دار شکی

ویراستار:

کتابخانه تسو کا

کتابخانه تسو کا

ترجمه:

دکتر جعفر خلیل علافی

مهندس آریا میر سپاسی

دکتر بهنام امین احمدی

مواد حافظه دار شکلی / ویراستاران (کا. اوتسوکا، سی. ام. وایمن)؛ مترجمین: جعفر خلیل علافی،

TA

آریا میرسپاسی و بهنام امین احمدی. - تبریز: دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۹۳.

۴۸۷/۵۴۸

م، ۴۰۸ص: جدول، نمودار. - (انتشارات دانشگاه صنعتی سهند؛ ۹۰)

/م۸

ISBN: 9789646219762

۱۳۹۳

Shape memory materials, 1998.

عنوان اصلی:

کتابنامه در آخر هر فصل.

۱. آلیاژهای حافظه دار. الف. اوتسوکا، کازوهیرو، ۱۹۳۷-م، Otsuka, Kazuhiro.

ب. وایمن، کلارنس ماروین، ۱۹۳۰-م، Wayman, Clarence Marvin. ج. خلیل علافی،

جعفر، ۱۳۴۴-، مترجم. د. میرسپاسی، آریا، ۱۳۵۸-، مترجم. ه. امین احمدی، بهنام، ۱۳۶۳، مترجم.

ر. دانشگاه صنعتی سهند. ز. فروست.

شماره کتابشناسی ملی ۳۷۰۱۰۷۲

این کتاب ترجمه ای است از:



Shape Memory Materials

Edited by K. Otsuka and C.M. Wayman

Cambridge University Press

دانشگاه صنعتی سهند

نام کتاب: مواد حافظه دار شکلی

ویراستاران: ک. اوتسوکا - س. م. وایمن

ترجمه: دکتر جعفر خلیل علافی - مهندس آریا میرسپاسی - دکتر بهنام امین احمدی

ویراستار: دکتر بیت اله اقبالی

زیر نظر: معاونت پژوهشی و فناوری

تبریز: چاپ اول ۱۳۹۴

تیراژ: ۱۰۰۰

تعداد صفحه: ۴۲۶ صفحه وزیری

لیتوگرافی: چاردیز

چاپ: اعظم

شابک: ۹۷۸۹۶۴۶۲۱۹۷۶۲

ISBN: 9789646219762

قیمت: ۲۲۰۰۰ تومان

تبریز - شهر جدید سهند - دانشگاه صنعتی سهند - انتشارات دانشگاه صنعتی سهند تلفن: ۰۴۱۳۳۴۵۹۳۱۶



پیشگفتار ماسر

توسعه روزافزون دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور اهمیت انتشار کتب و سایر منابع علمی به زبان فارسی را برای کسانی که به امر پژوهش، تدریس یا تحصیل در سطح آموزش عالی اشتغال دارند، مبرهن می سازد از طرفی کمبود کتب علمی به زبان فارسی از سالها پیش در سطح دانشگاهها احساس و با گسترش مستمر دانشگاهها و افزایش تعداد دانشجویان این کمبود ملموس تر می شود. دانشگاه صنعتی سهند برای ایفای بخشی از رسالت خود و جبران جزیی از این نقیصه و ارتقاء کیفی و کمی سطح علمی دانشجویان عزیز در صدد است یک سری کتابهای علمی را به صورت تألیف یا ترجمه چاپ و منتشر کند و در اختیار دانش پژوهان قرار دهد. باشد که این خدمت ناقابل گامی در جهت رفع قسمتی از نیازهای علمی کشور عزیز اسلامی ایران و مورد قبول درگاه حق تعالی قرار گیرد. در خاتمه امید است با دریافت پیشنهادها، نقطه نظرها و انتقادهای کلیه خوانندگان و صاحب نظران محترم، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند در خدمت اعتلای فرهنگ اسلامی و استقلال سازندگی کشور مؤید به تاییدات خداوندی باشد.

با آرزوی توفیق الهی
دانشگاه صنعتی سهند

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
اسامی نویسندگان.....	۵
پیشگفتار.....	ز
مقدمه‌ی مترجمین.....	ک
فصل ۱ - مقدمه.....	۱
۱-۱- معرفی خاصیت حافظه‌داری و مفهوم تغییر حالت مارتنزیتی در این آلیاژها.....	۲
۱-۲- بررسی کریستالوگرافی استحاله‌ی مارتنزیتی.....	۷
۱-۳- جنبه‌های ترمودینامیکی تغییر حالت مارتنزیتی.....	۳۰
فصل ۲ - مکانیزم خاصیت حافظه‌داری و رفتار سوپرالاستیسیته.....	۳۹
۲-۱- تغییر حالت مارتنزیتی متأثر از تنش و رفتار سوپرالاستیسیته.....	۴۰
۲-۲- اثر حافظه‌داری.....	۵۲
۲-۳- رفتار لاستیکی.....	۶۳

فصل ۳ - آلیاژهای حافظه‌دار Ti-Ni.....	۶۹
۳-۱- ساختار و تغییر حالت‌ها.....	۷۰
۳-۲- رفتار مکانیکی آلیاژهای Ti-Ni.....	۸۲
۳-۳- آلیاژهای سه‌تایی.....	۱۰۵
۳-۴- خود انطباقی در مارتنزیت‌ها.....	۱۱۴
۳-۵- پدیده‌ی حافظه‌داری همه‌جهته (حافظه‌داری دوطرفه).....	۱۱۹
۳-۶- تأثیر تابش روی رفتار حافظه‌داری شکلی.....	۱۲۳
۳-۷- لایه‌های نازک Ti-Ni تهیه‌شده به روش کندوپاش مگنترونی.....	۱۲۴
۳-۸- سمه‌ی تهیه‌شده به روش پاشش مذاب از آلیاژ Ti-Ni.....	۱۳۲
فصل ۴ - آلیاژهای حافظه‌دار پایه مس.....	۱۳۹
۴-۱- نمودارهای فاز از آلیاژهای حافظه‌دار پایه مس متداول.....	۱۴۰
۴-۲- رفتار مکانیکی.....	۱۴۵
۴-۳- تأثیرات پیرسازی بر آلیاژهای حافظه‌دار.....	۱۵۱
۴-۴- اثرات چرخه‌ی حرارتی.....	۱۵۷
۴-۵- توسعه‌ی آلیاژهای حافظه‌دار.....	۱۶۱
فصل ۵ - آلیاژهای آهنی حافظه‌دار.....	۱۶۹
۵-۱- مورفولوژی و ریزساختار مارتنزیت آهنی.....	۱۶۹
۵-۲- آلیاژهای آهنی با اثر حافظه‌داری.....	۱۷۱
۵-۳- خاصیت حافظه‌داری ناشی از مارتنزیت صفحه‌ای نازک α'	۱۷۵
۵-۴- خاصیت حافظه‌داری ناشی از مارتنزیت ϵ در آلیاژهای Fe-Mn-Si.....	۱۸۳
فصل ۶ - روش‌های ساخت آلیاژهای حافظه‌دار.....	۱۹۳
۶-۱- ساخت آلیاژهای پایه Ti-Ni.....	۱۹۵
۶-۲- ساخت آلیاژهای پایه Cu-Zn-Al.....	۲۰۶
۶-۳- متالورژی پودر و روش‌های متفرقه.....	۲۰۹
فصل ۷ - ویژگی‌های آلیاژهای حافظه‌دار.....	۲۱۵
۷-۱- خلاصه‌ای از ویژگی‌های عملکردی.....	۲۱۷

۷-۲	تعریف ترمودینامیکی کلی از رفتار حافظه‌داری	۲۲۰
۷-۳	رفتار حافظه‌داری دو طرفه	۲۳۱
۷-۴	بازیابی تحت شرایط مقید- تولید تنش‌های بازیابی	۲۳۵
۷-۵	ظرفیت میرایی عالی آلیاژهای حافظه‌داری شکلی	۲۴۰
۷-۶	اثرات اعمال چرخه، خستگی و تخریب آلیاژهای حافظه‌دار	۲۴۴
۷-۷	مقادیر ویژگی‌ها	۲۵۲
۲۶۷	فصل ۸ - سرامیک‌های حافظه‌دار	
۸-۱	روند نه‌سعه‌ی محرک‌های بنیادی جدید	۲۶۷
۸-۲	سرامیک‌های حافظه‌دار	۲۶۹
۸-۳	آماده‌سازی نه‌سعه‌ی آزمایش‌ها	۲۷۵
۸-۴	ویژگی‌های بنیادی تغییر حالت فازی تحت تأثیر میدان الکتریکی	۲۷۶
۸-۵	مقایسه با آلیاژهای حافظه‌دار	۲۸۷
۸-۶	کاربردهای سرامیک‌های حافظه‌دار	۲۸۸
۸-۷	نتیجه‌گیری	۲۹۱
۲۹۳	فصل ۹ - پلیمرهای حافظه‌دار	
۹-۱	خاصیت حافظه‌داری مواد پلیمری	۲۹۳
۹-۲	خاصیت حافظه‌داری شکلی حساس به حرارت	۲۹۸
۹-۳	خاصیت حافظه‌داری شکلی حساس به نور	۳۰۷
۹-۴	خاصیت حافظه‌داری شکلی حساس به مواد شیمیایی	۳۱۳
۳۱۷	فصل ۱۰ - کاربردهای کلی آلیاژهای حافظه‌دار و مواد هوشمند	
۱۰-۱	مقدمه	۳۱۷
۱۰-۲	مروری بر تاریخچه‌ی کاربرد آلیاژهای حافظه‌دار	۳۱۹
۱۰-۳	اتصالات حافظه‌دار	۳۲۰
۱۰-۴	اتصال‌دهنده‌های الکتریکی	۳۲۷
۱۰-۵	کاربردهای بسته‌ها	۳۳۱
۱۰-۶	تاریخچه‌ی استفاده از خاصیت سوپرالاستیسیته	۳۳۴
۱۰-۷	معیارهای انتخاب برای کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار	۳۳۷

۱۰۰۸ - مواد هوشمند	۳۳۹
فصل ۱۱ - طراحی محرک‌هایی از آلیاژهای حافظه‌دار و کاربرد آنها	۳۴۵
۱۱-۱- ویژگی محرک‌های آلیاژ حافظه‌دار	۳۴۶
۱۱-۲- طراحی قطرها از آلیاژ حافظه‌دار	۳۵۰
۱۱-۳- طراحی محرک‌های دو طرفه	۳۵۷
۱۱-۴- کاربردهای محرک‌ها از آلیاژ حافظه‌دار	۳۶۴
فصل ۱۲ - کاربردهای پزشکی و دندانپزشکی آلیاژهای حافظه‌دار	۳۸۱
۱۲-۱- مقدمه	۳۸۱
۱۲-۲- مثال‌هایی از کاربردها	۳۸۲
۱۲-۳- مقاومت خوردگی	۳۹۴
۱۲-۴- آزمایش شستشو	۳۹۵
۱۲-۵- زیست سازگاری	۳۹۸
فهرست راهنما	۴۰۳

www.ketabpaz.com

پیشگفتار

آلیاژهای حافظه‌دار موادی شگفت‌انگیز هستند که ترکیب خواص حافظه‌داری و سوپراالاستیسیته، که سایر فلزها و آلیاژهای رایج فاقد آن هستند، مشخص می‌شوند. این رفتار منحصر به فرد برای اولین بار در سال ۱۹۵۱ در یک آلیاژ $\text{Au-7.5at\%Cd}$ مشاهده شد و در سال ۱۹۶۳ در پی کشف آن در آلیاژ Ti-Ni به عموم معرفی شد. پس از تحقیق و توسعه فراوان، هم‌اکنون آلیاژهای حافظه‌دار به‌طور عملی و به‌عنوان آلیاژهای کاربردی در اتصالات لوله‌ها، آنتن‌های تلفن همراه، محرک‌های گوناگون در تجهیزات الکتریکی و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، کاربرد این مواد در حسگرها و محرک‌ها سبب شده است که این مواد به‌عنوان نامزدهای مناسبی برای مواد هوشمند، توجه فراوانی را به خود جلب کنند. بر این اساس، کنفرانس‌ها و سمپوزیوم‌های بین‌المللی فراوانی در

رابطه بین موضوع در سرتاسر جهان برقرار شده‌اند که نتیجه‌ی آن چاپ مقالات متعدد در این زمینه است. علی‌رغم این واقعیت، تعداد کتاب‌های نوشته شده در رابطه با این موضوع به‌ویژه در زبان انگلیسی بسیار کم و محدود است. این موضوع تنها انگیزه برای چاپ این کتاب است. می‌آید هدف این کتاب فراهم آوردن جزئیات مختلف و جنبه‌های گوناگون برای حافظه‌دار از پایه تا کاربرد، در یک سطح متوسط است.

از آنجایی که خاصیت حافظه‌داری و سوپرلاستیسیته بر پایه‌ی دگرگونی فازی بدون نیاز مارتنزیتی بنیان نهاده شده‌اند، لذا مفهوم و خصوصیات دگرگونی، همچنین مکانیزم خاصیت حافظه‌داری و سوپرلاستیسیته در دو فصل اول تشریح شده‌اند. در ادامه به وصف آلیاژهای حافظه‌دار گوناگون با تأکید ویژه بر آلیاژهای Ti-Ni که در عمل به‌عنوان مهم‌ترین آلیاژهای استفاده‌شده شناخته شده‌اند، پرداخته می‌شود. در فصل‌های مربوط به کاربردها، قاعدی طراحی برای آلیاژهای حافظه‌دار از نقطه نظر مکانیزمی و همچنین روش‌های تولید و خصوصیات این آلیاژها موضوع‌هایی هستند که به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

یکی دیگر از ویژگی‌های منحصر به فرد این کتاب، اختصاص یافتن فصل‌هایی از آن به سرامیک‌ها و پلیمرهای حافظه‌دار است. خاصیت حافظه‌داری در سرامیک‌ها به‌واسطه‌ی تحول پارالکتریک به فروالکتریک یا آنتی‌فروالکتریک به فروالکتریک رخ می‌دهد و در مقایسه با آلیاژها، همراه با کرنش‌های حافظه‌داری کمتری است. اما با توجه با اینکه سرامیک‌ها به‌صورت الکتریکی تحریک می‌شوند، پاسخ آنها بسیار سریع‌تر از پلیمرها است. خاصیت حافظه‌داری در بعضی از پلیمرها با توجه به تحول شیشه‌ای رخ می‌دهد. هرچند پلیمرها در فاز دما بالا (حالت لاستیکی) سخت نیستند، اما نارسانای الکتریکی هستند. بنابراین هرچند اساس و ویژگی‌های آنها کمی متفاوت است، با این وجود این امر سبب می‌شود که مکمل آلیاژهای حافظه‌دار در کاربردهای واقعی باشند.

در نوشتن و ویرایش این کتاب، تمام تلاش بر این بوده است که مطالب به صورت مختصر، واضح، مفید و خصوصاً به روز ارائه شوند. امید است که این کتاب برای محققین در هر دو زمینه ی بنیادی و کاربردی، دانشجویان در دروس مقاطع تحصیلات تکمیلی رشته های علم مواد و مهندسی مکانیک و همچنین برای توسعه ی بیشتر خود موضوع، مفید واقع شود.

در پایان از مدیریت چاپ، دکتر سایمون کیلین، که بدون اشتیاق فراوان، تشویق و صبر ایشان چاپ این کتاب میسر نمی شد، صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

ک. اوتسو کا و س. م. وایمن

www.ketab.ir

پدمه ی مترجمین

کتاب مواد حافظه دار شکلی یکی از بهترین و جامدترین کتابها در زمینه ی آلیاژهای حافظه دار است که توسط دو تن از اساتید برجسته ی دیند کارشناس و براسناری شده است. این کتاب شامل ۱۲ فصل است. فصول اول و دوم مکانیزم خاصیت حافظه داری و سوپرپلاستیسیته را با تشریح تغییر حالت های مارتنزیتی ترموالایک از دیدگاه کریستالوگرافی و ترمودینامیکی بیان می کنند. آلیاژهای حافظه دار شکلی را در حالت کلی به سه گروه (۱) آلیاژهای حافظه دار نیکل-تیتانیم (۲) آلیاژهای حافظه دار پایه مس (۳) آلیاژهای حافظه دار پایه آهن تقسیم بندی می کنند. فصل سوم به آلیاژهای حافظه دار نیکل-تیتانیم که بیشترین کاربردها را دارند اختصاص پیدا کرده است. فصول چهارم و پنجم به ترتیب آلیاژهای حافظه دار پایه مس و آلیاژهای حافظه دار پایه آهن را توضیح

می‌دهند. روش‌های ساخت، خصوصیات و مشخصه‌یابی آنها در فصل‌های ششم و هفتم به تفصیل ارائه شده است. یکی از ویژگی‌های ارزنده‌ی این کتاب اختصاص دادن فصول جداگانه (هشت و نه) به معرفی، مکانیزم، خواص و کاربرد مواد سرامیکی و پلیمری حافظه‌دار است که برای محققین و اساتید رشته‌های سرامیک و پلیمر بسیار جذاب می‌باشد. فصول ده و یازده طراحی و کاربردهای عمومی این آلیاژها را در صنایع مختلف در اتصالات، محرک‌های مکانیکی، فتراها و سنسورها با ذکر مثال‌هایی به طور روشن توضیح می‌دهند. با عنایت به اینکه آلیاژهای حافظه‌دار امروزه در صنایع مهندسی پزشکی به طور گسترده‌تری استفاده می‌شوند، فصل جداگانه‌ای به کاربرد این آلیاژها در زمینه‌ی پزشکی و دندانپزشکی و همچنین مقاومت به خوردگی و زیست سازگاری آنها اختصاص داده شده است.

با توجه به اینکه حوزه‌ی مواد حافظه‌دار شکلی یک فناوری بین رشته‌ای است و این مواد جذاب در بسیاری از صنایع می‌توانند به کار گرفته شوند، لذا مطالعه این کتاب برای کلیه‌ی دانشجویان مهندسی مواد، مهندسی مکانیک، مهندسی عمران، مهندسی پلیمر، مهندسی برق، مهندسی پزشکی، علوم پایه، مهندسی پزشکی، دانش پژوهان و اساتید دانشگاه‌ها پیشنهاد می‌شود.

در اینجا لازم است از دانشجویان دکتری آقای مهندس حماد رضا اطمینان‌فر و خانم مهندس ویدا خلیلی که در زمینه آلیاژهای حافظه‌دار تحقیق می‌کنند، در ویراستاری و بازخوانی متن ترجمه شده زحمات زیادی را متحمل شده‌اند مراتب تشکر و قدردانی را ابراز نمایم. از خانم مهندس نازیلا هوراند قدیم دانشجوی دکتری و آقای مهندس مسعود خانواری دانشجوی کارشناسی ارشد هم بخاطر تنظیم و صفحه‌آرایی کتاب تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه صنعتی سهند که همکاری صمیمانه‌ای را در نشر این کتاب داشته‌اند تشکر می‌نمایم. اگرچه برای رسیدن به متنی روان و بی‌اشکال وقت زیاد و سعی مضاعف شده است اما مترجمین از احتمال وجود

اشکالات در متن مطلع می‌باشند و پیشاپیش از تذکر چنین اشکالات احتمالی تشکر می‌نمایند.

جعفر خلیل علافی - آریا میرسپاسی - بهنام امین احمدی

زمستان ۱۳۹۳

www.ketab.ir