

تیتانیوم و آلیاژهای آن

از معدن تا صنعت

استخراج، فرآوری، بازیافت، خواص و کاربرد

تألیف:

حمید خرسند

اسماعیل گنجه



شماره ۴۴۱

سرشناسه: خرسند، حمید، ۱۳۵۲ -

عنوان و نام پدیدآور: تیتانیوم و آلیاژهای آن از معدن تا صنعت استخراج، فرآوری، بازیافت، خواص و کاربرد/تألیف حمید خرسند، اسماعیل گنجه.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری: ۱۵۷ص.

شابک: 978-600-7867-55-6

وضعیت فهرست‌وسی: فیبا

یادداشت: کتابخانه

موضوع: آلیاژهای تیتانیوم

موضوع: Titanium Alloys

موضوع: تیتان

موضوع: Titanium

شناسه افزوده: گنجه، اسماعیل، ۱۳۶۵

رده بندی کنگره: ۱۳۹۶ خ۴/۱۶۶۳/۳۷۶

رده بندی دیویی: ۶۲۰/۱۸۹۳۲۲

شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۹۰۴۹۰

<http://press.kntu.ac.ir>



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: تیتانیوم و آلیاژهای آن از معدن تا صنعت استخراج، فرآوری، بازیافت، خواص و کاربرد
مؤلفین: دکتر حمید خرسند و مهندس اسماعیل گنجه

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: مهر ۱۳۹۶، تهران

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

چاپ: پایان

صحافی: گرنامی

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است)

خیابان میرداماد غربی - پلاک ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲
میدان ونک - خیابان ولی عصر (عج) - بالاتر از چهارراه میرداماد - پلاک ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات
تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): www.press.kntu.ac.ir

فصل ۱: کانه‌های تیتانیوم، فناوری‌های استخراج، فرآوری و بازیافت..... ۱

۱-۱	مقدمه..... ۲
۲-۱	معرفی تیتانیوم..... ۲
۳-۱	پیدایی و روند تولید جهانی..... ۴
۴-۱	منابع معدنی تیتانیوم..... ۶
۵-۱	موقعیت‌های تیتانیوم، ذخایر معدنی و انواع آن..... ۸
۶-۱	میزان مصرف و هزینه تولید تیتانیوم..... ۹
۷-۱	درآیندهای استخراج تیتانیوم..... ۱۰
۱-۷-۱	درآیندهای پیرومتالورژی..... ۱۲
۱-۱-۷-۱	روش‌های بدن ایلمنیت به روتیل سنتزی..... ۱۴
۲-۱-۷-۱	تولید اسید تیتانیوم توسط تتراکلرید تیتانیوم..... ۱۶
۳-۱-۷-۱	فرآیند گرین (احیاء با هیدروژن)..... ۱۹
۴-۱-۷-۱	فرآیند هانتز (احیاء با سدیم)..... ۲۵
۲-۷-۱	فرآیندهای هیدرومتالورژی..... ۲۷
۱-۲-۷-۱	فرآیند لیچینگ اسید سولفوریک..... ۲۸
۲-۲-۷-۱	فرآیند لیچینگ اسید کلریدریک..... ۳۱
۳-۲-۷-۱	فرآیند لیچینگ سوزآور..... ۳۵
۴-۲-۷-۱	احیاء و انحلال الکتروشیمیایی..... ۳۶
۸-۱	روش‌های نوین استخراجی ترمو و الکتروشیمیایی..... ۳۷
۹-۱	فرآیندهای بازیافت..... ۴۲
۱-۹-۱	بررسی ترمودینامیکی فرآیند..... ۴۵
۱۰-۱	جمع بندی..... ۴۷
۱۱-۱	مسائل فصل اول..... ۴۹

فصل ۲: خواص، ویژگی‌ها و گروه‌های آلیاژی تیتانیوم..... ۵۱

۱-۲	مقدمه..... ۵۲
۲-۲	خواص عمومی تیتانیوم..... ۵۲
۳-۲	خواص آلوتروپ‌های تیتانیوم..... ۵۵

۴-۲	گروه‌های آلیاژی تیتانیوم	۵۷.....
۱-۴-۲	پایدار کننده فاز آلفا	۵۸.....
۲-۴-۲	پایدار کننده فاز بتا	۶۱.....
۳-۴-۲	عناصر آلیاژی خنثی	۶۴.....
۵-۲	تقسیم بندی سامانه‌های آلیاژی تیتانیوم	۶۵.....
۶-۲	انواع سامانه‌های فازی تیتانیوم	۶۷.....
۱-۶-۲	تیتانیوم خالص تجاری	۶۸.....
۲-۶-۲	آلیاژهای تیتانیوم آلفا	۷۱.....
۳-۶-۲	آلیاژهای تیتانیوم نزدیک آلفا	۷۲.....
۶-۶-۲	تیتانیوم آلفا - بتا	۷۴.....
۵-۶-۲	آلیاژ تیتانیوم - ای نیمه پایدار (نزدیک بتا)	۷۸.....
۲-۶-۶	تیتانیوم	۷۸.....
۷-۲	آلیاژهای پیشرفته تیتانیوم	۸۱.....
۲-۷-۱	آلومیناید تیتانیوم	۸۱.....
۲-۷-۲	آلیاژهای نایتینول	۸۳.....
۸-۲	مقایسه گروه‌های آلیاژهای تیتانیوم	۸۴.....
۹-۲	جمع بندی	۸۷.....
۱۰-۲	مسائل فصل دوم	۹۰.....
فصل ۳: کاربردهای تیتانیوم و آلیاژهای آن در صنایع پیشرفته، راه‌های		
۱-۳	مقدمه	۹۲.....
۲-۳	صنایع هوایی و فضایی	۹۲.....
۱-۲-۳	بدنه هواپیمای پیشرفته	۹۵.....
۲-۲-۳	موتورهای توربین گازی	۹۸.....
۳-۲-۳	بالگردها	۱۰۲.....
۴-۲-۳	شاتل‌های فضایی	۱۰۳.....
۳-۳	کاربردهای غیر هوافضایی	۱۰۳.....
۱-۳-۳	پزشکی و دندانپزشکی	۱۱۰.....

۱۱۰.....	موادزیستی	۱-۱-۳-۳
۱۱۲.....	چسبندگی زیستی	۲-۱-۳-۳
۱۱۵.....	دندان پزشکی	۳-۱-۳-۳
۱۱۹.....	ساحلی و دریایی	۲-۳-۳
۱۲۱.....	صنعت خودرو	۳-۳-۳
۱۲۵.....	تجهیزات زرهی و نظامی	۴-۳-۳
۱۲۶.....	وسایل ایمنی	۵-۳-۳
۱۲۶.....	مبدل های حرارتی و کندانسورها	۶-۳-۳
۱۲۷.....	صنایع تولید قدرت، فرآوری و شیمیایی	۷-۳-۳
۱۲۸.....	ساخت مخازن و تجهیزات	۸-۳-۳
۱۲۸.....	یغنه های توربین بخار	۹-۳-۳
۱۲۸.....	مهارت	۱۰-۳-۳
۱۳۰.....	تجهیزات لوازم پزشکی	۱۱-۳-۳
۱۳۱.....	لوازم تزئینی	۱۲-۳-۳
۱۳۲.....	لوازم موسیقی	۱۳-۳-۳
۱۳۳.....	دیگر کاربردها	۱۴-۳-۳
۱۳۳.....	جمع بندی	۴-۳
۱۳۵.....	مسائل فصل سوم	۵-۳

۱۳۶..... منابع و مراجع

۱۴۰..... پیوست ها

۱۴۱..... پیوست ۱- خواص دما بالا و دما پایین تیتانیوم و آلیاژهای آن

۱۴۵..... پیوست ۲- نمودارهای دوتایی تیتانیوم با هافنیم و زیرکونیوم

۱۴۶..... پیوست ۳- مرجع معادل استانداردهای مختلف آلیاژهای تیتانیوم

تیتانیوم برای اولین بار در دههٔ اول ۱۸۰۰ میلادی در کشور انگلستان کشف شد. نام قدیمی این عنصر تیتان (Titan) به معنی «پسران قوی زمین» در اساطیر یونان است. تیتانیوم و آلیاژهای آن به عنوان یکی از عناصر راهبردی و کاربردی، جایگاه ویژه‌ای را در دنیا و به پیامد آن در ایران ایجاد کرده است. تیتانیوم به دلیل خواصی مانند نسبت استحکام به وزن بالا، مقاومت عالی به خوردگی و وزن به تقریب نصف فولادها و سوپر آلیاژهای پایه نیکل، بیشتر در ساخت قطعات هوایی، فضایی و صنایع شیمیایی استفاده می‌گردد. با این وجود، کاربرد این عنصر و آلیاژهای آن در دیگر صنایع همچون خودرو، دریایی، پزشکی، ورزشی و ... نیز گسترده شده است.

کتاب حاضر به عنوان اولین مرجع تألیفی تیتانیوم منبع مفیدی برای متخصصان و مهندسان است. کتاب، حاضر، حاصل مطالعات جامع و جمع آوری اطلاعات علمی و آزمایشگاهی طولانی مدت نویسندگان است که برای دانشجویان علاقه مند به شناخت تیتانیوم و آلیاژهای مهندسی آن می‌تواند سودمند باشد. به عنوان یک منبع علمی برای دروسی مانند آلیاژهای سبک، آلیاژهای غیر آهنی، مواد پیشرفته و ... توسط استادان محترم تدریس گردد. مطالعهٔ این کتاب برای دانشجویان و پژوهشگران رشته‌های مهندسی مانند معدن، علم مواد (متالورژی)، مکانیک، هوا - فضا و برق پیشنهاد می‌گردد. شناخت از نوانی در اصول اولیهٔ متالورژی فیزیکی، انجماد و استخراج فلزات برای درک بهتر خواننده مفید است. در این کتاب سعی شده است تا با ارائهٔ کلیهٔ اصول و مفاهیم پایه‌ای تیتانیوم و آلیاژهای آن، مصداق‌های خاص آن را توجه به نیاز کشور و صنعت و همچنین چشم انداز آینده، به طور کامل و مفصل مطرح شود.

جمع بندی پایان هر فصل، مطالب ارائه شده را به صورت اجمالی مرور می‌کند و خوانندگان با مطالعهٔ آن می‌توانند کلیات موضوع را با دید متفاوت ببینند. مسائل طبقه بندی شده در پایان هر فصل به درک مطلب و یادآوری مطالب گفته شده، دانشجویان کمک شایانی خواهد نمود. همچنین پیوسته‌هایی به منظور تکمیل اطلاعات صنعتی، فنی یا اقتصادی برای خوانندگان در پایان کتاب ارائه شده است. در تألیف این کتاب سعی شده است تا حداکثر امکان از واژه‌های فارسی استفاده شود ولی بعضی عبارات و اصطلاحات علمی انگلیسی در زنجیره لغات فارسی مصطلح شده‌اند و ترجمهٔ آن‌ها حق مطلب را ادا نمی‌کند. از خوانندگان عزیز و استادان گرامی و صاحب فن درخواست می‌گردد، پدیدآورندگان را از پیشنهادهای سازندهٔ خود بهره مند نمایند.

در پایان از استادانی همچون آقای دکتر علیرضا شکوهی و همکاریانی که ما را در نگارش، نقد و بررسی این اثر یاری رسانده‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمائیم.