

کاشتنی ها از جنس فلز زیرکونیوم در مهندسی پزشکی

لیلا کرم زاده^۱، ایمان مباشرپور^۲

^۱ کارشناسی ارشد مواد، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

^۲ نویسنده مسئول، استادیار پژوهشکده سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی، کرج، ایران

چکیده

زیرکونیوم، فلزی به رنگ سفید-طوسی و درخشان بوده که به تیتانیوم بسیار شبیه بوده و یکی از منابع تامین آن همراه بودن هنگام استخراج تیتانیوم است. زیرکونیوم بطور استثنایی در برابر زنگ زدگی مقاوم است سبکتر از فولاد بوده و سختی آن شبیه به مس می باشد. بافت انسانی به راحتی می تواند این فلز را به صورت مفاصل و بازوهای مصنوعی تحمل کند. زیرکونیوم و آلیاژهای آن بواسطه خواص مکانیکی مناسب مانند استحکام و مقاومت به خوردگی بیشتر، سمیت سلولی و حساسیت مغناطیسی کمتر، نسبت به فلزاتی چون تیتانیوم و فولاد کاندیدای مناسبی در تولید مفاصل زانو و مصارف پزشکی هستند. از آنجا که علم مواد پزشکی، برنامه های کاربردی فراوانی برای فلز زیرکونیوم پیش بینی می کند. در این مقاله به معرفی این فلز به عنوان کاشتنی و کاربردهای آن در مهندسی پزشکی اشاره شده است.

واژه های کلیدی: زیرکونیوم، مهندسی پزشکی، کاشتنی، زیست سازگاری

۱- مقدمه

نیاز انسان به بدنی سالم و بدون نقص، یقیناً مهمترین انگیزه او برای به کارگیری مواد طبیعی و مصنوعی به منظور برطرف کردن نقایص به وجود آمده در اثر حوادث و یا حتی عیوب مادرزادی می‌باشد. به این منظور و در طول قرن‌های متمادی، مواد گوناگونی آزمایش شده‌اند و نتایج به دست آمده با درجات مختلفی از موفقیت و ناکامی همراه بوده است. روش‌های ترمیمی مختلفی برای درمان بیماری یا آسیب‌های ایجاد شده در بدن که به نحو چشمگیری در جوامع امروزی رو به افزایش است مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یکی از این روش‌های ترمیمی، کاشت زیست‌مواد در بدن و در نقاط آسیب دیده می‌باشد. موارد استفاده کاشت زیست‌مواد، در جایگزین‌سازی و تعویض اندام‌هایی از بدن است که بر اثر بیماری یا آسیب کاربری خود را از دست داده‌اند؛ به این طریق جراحی یا بیماری اعضا مذکور التیام پذیرفته است (اندرسون، ۲۰۰۶).

ایمپلنت‌ها باید به شکلی ساخته شوند که بتوانند حداقل نیازهای مکانیکی و بیولوژیکی ضروری را برآورده نمایند. پایداری خواص مکانیکی و ساختاری بیولوژیکی ایمپلنت‌های کاشته شده در بدن مهمترین نکته‌ای است که همواره توجه محققان را به خود جلب کرده است. یک ایمپلنت باید از خواص مکانیکی مطلوبی برخوردار باشد. ایمپلنت باید از نظر چگالی و ویژگی‌های حجم ماده، تفاوت اندکی با بافت‌های استخوانی داشته و در برابر خوردگی مقاوم باشد (اندرسون، ۲۰۰۶، اوریوی و دیگران، ۲۰۰۹).

نکته مهم دیگری که محققین را به تحقیقات بیشتری وامی‌دارد، ایجاد سازگاری بین بافت زنده و ایمپلنت کاشته شده در بدن است. امروزه ایمپلنت‌های به کار رفته، عموماً از ترکیباتی است که یا خود به صورت بالک دارای سازگاری در بدن می‌باشند؛ مانند شیشه سرامیک‌ها، آلیاژ فلزهایی چون تیتانیوم، و یا با پوشش دهی سطحی بر روی ایمپلنت‌هایی که به شکل خام مورد استفاده نیستند مانند پوشش بر روی آلیاژهای فولاد، تیتانیوم و یا زیرکونیم به کار گرفته می‌شوند (باربک و دیگران، ۲۰۱۱).



شکل ۱: نمونه‌ای از کاشتنی‌های فلزی با جنس‌های مختلف

در تولید ایمپلنت‌ها از آلیاژهای فلزی به دلیل خواص مکانیکی مناسب، همچنین روش‌های تولید و شکل دهی آسان به عنوان بدنه اصلی ایمپلنت استفاده می‌شود؛ اما این آلیاژها از خواص سطحی مناسبی برخوردار نیستند؛ لذا باید با استفاده از روش‌های پوشش دهی خواص بیولوژیکی لازم را در آنها فراهم نمود (هنج و پولاک، ۲۰۰۲، مزاراتابکی و دیگران، ۲۰۱۰). در شکل ۱ نمونه‌هایی از کاشتنی‌های فلزی مشاهده می‌شود.

زیرکونیوم و آلیاژهای آن بواسطه خواص مکانیکی مناسب مانند استحکام و مقاومت به خوردگی بیشتر، سمیت سلولی و حساسیت مغناطیسی کمتر، نسبت به فلزاتی چون تیتانیوم و فولاد کاندیدای مناسبی در تولید مفاصل زانو و مصارف پزشکی هستند. از طرفی عدم توانایی این فلز برای ترکیب با استخوان و سرعت بخشیدن به تشکیل هیدروکسی آپاتیت از معایب آن به شمار می رود (تسوتسومی و دیگران، ۲۰۱۰، آلبرکتسون و دیگران، ۱۹۸۵).

۲- مواد کاشتنی های فلزی

فلزات در شکل ها و انواع مختلفی برای تهیه کاشتنی ها بکار می روند اغلب فلزات به کار رفته در تهیه کاشتنی ها به مقدار بسیار اندک در بدن وجود داشته اند. گاهی اوقات عناصر فلزی به شکل طبیعی در اعمال سلولی (مثل آهن) یا به شکل مصنوعی در ویتامین ب ۱۲ (مثل کبالت) حضور دارند؛ اما نمی توانند به مقدار زیاد در بدن وجود داشته باشند (تئو و دیگران، ۲۰۰۶). زیست سازگاری فلزات کاشتنی مهم ترین جنبه قابل توجه محسوب می شود؛ زیرا امکان خوردگی آنها در محیط بدن وجود دارد و نتیجه خوردگی، از دست رفتن و تضعیف کاشتنی است. محصولات خوردگی در بافت آزاد می شوند و اثرات نامطلوبی به بار می آورند. فلزات، اولین گروه مواد زیستی بوده اند که در بافت های استخوانی و دندان پزشکی به کار برده شده اند و تا به امروز نیز، کاربرد آنها ادامه داشته است. میله های پلاتینی که به منظور اتصال استخوان های شکسته در بدن قرار داده می شوند مثال آشنایی در این مورد است (تئو و دیگران، ۲۰۰۶). تیتانیوم نیز فلز مناسبی به عنوان ماده زیستی است؛ چرا که پس از کاشت در بدن در سطح تیتانیوم لایه ای رویین تشکیل می شود و این سبب خواهد شد که در شرایط زیستی بدن، غیر فعال و رویین باقی بماند (سائولازیچ و دیگران، ۲۰۱۲). آلیاژهای فولاد زنگ نزن که حاوی مولیبدن می باشند مانند فولادهای آستینیتی ۳۱۶ و L316 نیز به عنوان ماده زیستی، مورد استفاده قرار می گیرند. این فلزات دارای مقاومت به خوردگی بالایی هستند؛ البته حتی این گروه نیز پس از کاشت در بدن دچار خوردگی حفره ای و شیاری خواهد شد (تئو و دیگران، ۲۰۰۶، سائولازیچ و دیگران، ۲۰۱۲). فلزات مصرفی برای ساخت و تهیه کاشتنی ها عبارتند از:

- فولاد زنگ نزن
- آلیاژهای پایه کبالت
- تیتانیوم و الیازهای پایه تیتانیوم
- آلیاژهای نیکل-تیتانیوم
- تانتالم
- پلاتین
- زیرکونیوم و آلیاژهای آن (تئو و دیگران، ۲۰۰۶، سائولازیچ و دیگران، ۲۰۱۲، گارسیا و دیگران، ۲۰۰۴، استایگر و دیگران، ۲۰۰۶، گراندین و دیگران، ۲۰۱۲، زاردیاسکاس و دیگران، ۱۹۴۲، باسناکوا و ماساسکی، ۱۹۹۹)

۳- زیرکونیوم

زیرکونیوم، فلزی به رنگ سفید-طوسی و درخشان است که بطور استثنایی در برابر زنگ زدگی مقاوم است. زیرکونیوم سبکتر از فولاد بوده و سختی آن شبیه به مس است. این عنصر وقتی به ذرات ریز تقسیم شود، به سرعت در هوا مشتعل می شود. حالت اکسیداسیون متداول برای زیرکونیوم ۳،۲ و ۴ است. زیرکونیوم در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی شود. اصلی ترین منبع اقتصادی زیرکونیوم، معدن سیلیکات زیرکونیوم است. زیرکونیوم، فرآورده فرعی معدن کاری و فرایند تهیه شن های معادن سنگین برای معادن تیتانیوم، Ilmenite و Rutile یا معادن قلع است. همچنین زیرکونیوم در ۳۰ نوع از معادن دیگر که شامل Baddeleyite می شود، وجود دارد. این فلز با کم کردن کلرید بوسیله منیزیم در فرایند kroll تولید می شود. البته روشهای دیگری نیز برای تولید این فلز وجود دارد. زیرکونیوم با کیفیت اقتصادی و تجاری نیز، حاوی ۱ تا ۳ درصد هافنیوم است. مهمترین کاربردهای زیرکونیوم در صنعت سفال سازی به صورت جسم نسوز و ماسه ریخته گری می باشد. به عنوان سنگ

جواهر مورد استفاده در جواهرات به بازار عرضه شده و اکسید آن برای تولید کردن محرک الماس و زیرکونیای مکعبی شکل تهیه شده است. زیرکونیوم قدرت جذب پایینی در جذب نوترونها دارد که این ویژگی آن را برای استفاده از انرژی اتمی مطلوب می‌سازد (مانند عناصر فلز کاری سوختی). بیش از ۹۰٪ محصولات فلز زیرکونیوم به مصرف تجاری در تولید نیروی اتمی می‌رسد. زیرکونیوم بطور گسترده، توسط صنایع شیمیایی برای لوله‌کشی در محیط خورنده استفاده می‌شود. گرد این فلز در هوا آتش می‌گیرد و باید به آن به صورت عاملی برای آتش سوزی گسترده یا انفجار توجه کرد. زیرکونیوم و نمک های آن خیلی سمی نیستند، جذب تخمینی آن در حدود ۵۰ میکروگرم است و بخش اعظم آن بدون جذب، از طریق روده دفع می‌شود. انسان با ترکیباتی که حاوی زیرکونیوم است، کمتر روبرو می‌شود؛ با این حال این فلز زیاد سمی نیست و بافت انسانی به راحتی می‌تواند این فلز را به صورت مفاصل و بازوهای مصنوعی تحمل کند زیرکونیوم هیچ نقش بیولوژیکی شناخته شده ای ندارد و ترکیبات آن سمیت بسیار کمی دارند بدن انسان به طور متوسط تنها ۱ میلی گرم زیرکونیوم دارد و مصرف روزانه آن حدود ۳۰ میکروگرم در روز است محتوای زیرکونیوم در خون انسان در حدود ۱۰ قسمت در میلیارد است. جذب تخمینی آن در حدود ۵۰ میکروگرم است. بخش اعظم آن بدون جذب، از طریق روده دفع می‌شود (زاردیاسکاس و دیگران، ۱۹۴۲، باسناکوا و ماساسکی، ۱۹۹۹).

۴- دلایل انتخاب فلز زیرکونیوم

زیرکونیوم، فلزی به رنگ سفید-طوسی و درخشان بوده که به تیتانیوم بسیار شبیه بوده و یکی از منابع تامین آن همراه بودن هنگام استخراج تیتانیوم است. زیرکونیوم بطور استثنایی در برابر زنگ‌زدگی مقاوم است سبکتر از فولاد بوده و سختی آن شبیه به مس می‌باشد. بافت انسانی به راحتی می‌تواند این فلز را به صورت مفاصل و بازوهای مصنوعی تحمل کند (آلبرکتسون و دیگران، ۱۹۸۵، گراندین و دیگران، ۲۰۱۲، زاردیاسکاس و دیگران، ۱۹۴۲، باسناکوا و ماساسکی، ۱۹۹۹، هاناوا و تسوتسومی، ۲۰۱۱).

زیرکونیوم و آلیاژهای آن بواسطه خواص مکانیکی مناسب مانند استحکام و مقاومت به خوردگی بیشتر، سمیت سلولی و حساسیت مغناطیسی کمتر، نسبت به فلزاتی مانند تیتانیوم و فولاد کاندیدای مناسبی در تولید مفاصل زانو و مصارف پزشکی هستند. از طرفی عدم توانایی این فلز برای ترکیب با استخوان و سرعت بخشیدن به تشکیل هیدروکسی آپاتیت از معایب آن به شمار می‌رود که با پوشش دهی و عملیات مناسب آماده سازی سطح قابل حل خواهد بود (تسوتسومی و دیگران، ۲۰۱۰، هاناوا و تسوتسومی، ۲۰۱۱).

به خاطر مشخصات فوق العاده زیستی، امروزه زیرکونیوم برای ترمیم دندانها استفاده می‌شود و استفاده از آن در زمینه دندان پزشکی از سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است. آمار نشان می‌دهد که روزانه بیش از ۲۰۰۰۰ واحد روکش زیرکونیوم ساخته می‌شود. آزمایش‌هایی که در لابراتورها انجام شده نشان می‌دهد که بریج های زیرکونیومی در مقایسه با بریج های سرامیک فلزی بر پایه فلزات گرانبها مثل الماس، از لحاظ مقاومت یکسان می‌باشند. شکل ۲ نمونه ای از کاشتنی های زیرکونیومی می‌باشد.



شکل ۲: نمونه ای از کاشتنی های زیرکونیومی

در وحله اول مقاومت فوق العاده آن غیر قابل انکار است چرا که دارای مقاومت فشاری 1200 MPa الی 1000 می باشد که از لحاظ مقاومت 100 تا 300 MPa مقاومت از فلزات مورد استفاده در ساخت روکش ها می باشد. به لحاظ هم رنگ بودن با زمینه دندان و سرامیک های مورد استفاده در دندانپزشکی همخوانی خوبی به لحاظ رنگی با دندان را داراست. امکان بی نقصی ساخت بریج تا 16 واحد است لذا محدودیت ساخت تعدادی در این سیستم وجود ندارد. زمینه زیرکونیوم ترانسلسونی ندارد ویژگی عمده آن فقط همخوانی رنگی آن با سرامیک ها می باشد. شکل دهی آن در مرحله ای انجام می شود که زیرکونیوم خام می باشد لذا می توان هر شکل دلخواهی را به روی آن به مرحله اجرا گذاشت.

۵- عیوب کاشتنی های فلزی

ایمپلنت فلزی مستعد به خوردگی وسایش است و پیوند ضعیفی مابین سطح ایمپلنت واستخوان ایجاد می شود که در دراز مدت میتواند مشکلات زیادی را ایجاد نماید. مایعات بافت بدن انسان دارای آب، اکسیژن حل شده، پروتین و یون های مختلفی چون یون کلر و یون هیدروکسید است؛ بنابراین بدن انسان یا موجود زنده، محیط بسیار مستعد برای خوردگی فلزات مصنوعی نظیر کاشتنی هاست. مقاومت خوردگی ماده کاشتنی فلزی، جنبه مهمی از زیست سازگاری آن محسوب می شود. نقص آلیاژهای زیرکونیوم به عنوان کاشتنی، در عدم توانایی این فلز در ترکیب با استخوان و سرعت بخشیدن به تشکیل هیدروکسی آپاتیت دیده می شود. زیرکونیوم و آلیاژهای آن به خصوص در مناطق تحت بار، استحکام مکانیکی مناسبی دارند؛ اما به دلیل اینکه دچار سایش شده و ناتوان در برقراری پیوند با استخوان هستند مشکلاتی را در ایمپلنت ایجاد می کنند که با پوشش دهی و عملیات مناسب آماده سازی سطح قابل حل خواهد بود (گراندین و دیگران، ۲۰۱۲، زاردیاسکاس و دیگران، ۱۹۴۲، باسناکوا و ماساسکی، ۱۹۹۹، هاناوا و تسوتسومی، ۲۰۱۱)

۶- از بین بردن مشکلات کاشتنی های فلزی

همانگونه که اشاره شد ایمپلنت های فلزی اولاً دچار خوردگی می شوند و ثانیاً در برخی از کاربردها، دچار سایش (در خود ایمپلنت و یا در استخوان های مجاور) می گردند. پس برای غلبه بر این مشکلات، سعی شده که از ترکیبات دارای، مقاومت به خوردگی بالاتر استفاده شود، ثانیاً خواص سایشی سطح بهبود داده شود و ثالثاً سطح به گونه ای بازسازی شود که علاوه بر داشتن این دو خاصیت بتواند سازگاری لازم را نیز با بدن پیدا کند. لذا در مورد ایمپلنت هایی که بارهای زیاد را تحمل می کنند؛ معمولاً از آلیاژهای فلزی به عنوان ماده اصلی و از سرامیک و شیشه سرامیک های مناسب به عنوان پوشش استفاده می شود. لذا با توجه به آسیب های به وجود آمده از این تجهیزات، استفاده از پوشش های مقاوم به خوردگی و زیست سازگار بر روی سطح این آلیاژها گسترش یافته است (مانیواسکام و دیگران، ۲۰۱۰، فتحی و دوست محمدی، ۲۰۰۹، فتحی و دوست محمدی، ۲۰۰۸).

۶-۱ اهمیت سطح در کاشتنی ها

وقتی ماده ای در محیط بدن قرار می گیرد، ابتدا سطح ماده در تماس با سلول ها و مایعات درونی بدن قرار می گیرد. اولین قدم در توسعه بافت در کنار زیست مواد، چسبیدن آن به سطح است و این آغازگر مراحل بعدی رشد و توسعه سلول ها است؛ هر چه بستر سطح مناسب تر انتخاب شود، رشد بافت در اطراف آن بیشتر خواهد بود و در واقع زیست مواد در بدن راحت تر پذیرفته می شود. اهمیت سطح و خواص سطحی مواد، سبب شده است که تلاش های فراوانی برای اصلاح خواص سطحی، به منظور رسیدن به اهداف مورد نظر انجام شود. روش های اصلاح سطح زیست مواد برای افزایش زیست سازگاری به چهار دسته کلی، روش های زیستی، مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی تقسیم می شوند. گاهی نیز از ترکیب روش های گفته شده استفاده می شود (مانیواسکام و دیگران، ۲۰۱۰).

۶-۲ پوشش دهی کاشتنی ها به منظور رفع عیوب سطحی

در پوشش های بیواکتیو بیشترین تمرکز بر روی پوشش هایی است که دارای ترکیبی مشابه با هیدروکسی آپاتیت باشند. پیوند دو سویه یک ایمپلنت با بافت، بوسیله شکل گیری یک لایه هیدروکسی آپاتیت بیولوژیکی فعال بر روی سطح ایمپلنت را ترمیم بیواکتیو می گویند (مانیواسکام و دیگران، ۲۰۱۰، فتحی و دوست محمدی، ۲۰۰۹، فتحی و دوست محمدی، ۲۰۰۸).

۷- نتیجه گیری

به منظور برآورده شدن نیازهای مربوط به زیست سازگاری، موادی که به عنوان کاشت در بدن به کار می روند باید از ویژگی هایی مناسب، دست کم در تعدادی از موارد زیر، برخوردار باشند: مواد تشکیل دهنده کاشت های بدنی باید در برابر خوردگی و حل شدن در مایعات بدن مقاوم باشند و در صورت حل شدن ماده خارجی در مایعات بدن نیز محصول به دست آمده نباید سمی یا سرطان زا باشد. وقتی که یک کاشت بدنی بخشی از یک سطح اصطکاکی مانند مفصل را تشکیل می دهد باید مقاومت خوبی در برابر سایش از خود نشان دهد. اگر کاشت بدنی در داخل بدن در تماس با خون قرار گیرد، نباید باعث صدمه زدن به یاخته های خونی و ایجاد ضایعه لخته در عروق شود. هر ماده زیستی از نظر مکانیکی باید دست کم به اندازه همان بافتی که جانشین آن می شود استحکام داشته باشد. زیرکونیوم و ترکیبات آن در سال های اخیر توجه زیادی را به دلیل زمینه های جدید کاربردی به خود جلب کرده اند. مواد شیمیایی زیرکونیوم در مواد نسوز، قالب های ریخته گری، لعاب ها، صنعت شیشه، ساینده ها، سرامیک و رنگهای سرامیکی، پیزو الکتریک، خازن ها، پیرو الکتریک، الکترولیت های جامد، صنعت روغن، صنعت پارچه، عکسبرداری، پزشکی و سرامیک استفاده می شوند. زیرکونیوم و آلیاژهای آن بواسطه خواص مکانیکی مناسب مانند استحکام و مقاومت به خوردگی بیشتر، سمیت سلولی و حساسیت مغناطیسی کمتر، نسبت به فلزاتی چون تیتانیوم و فولاد کاندیدای مناسبی در تولید مفاصل زانو و مصارف پزشکی هستند.

منابع

1. Albrektsson, T., Hansson, H.A. Ivarsson, B. (1985) "interface analysis of titanium and zirconium bone implant", *Biomaterials*, 5:
2. Anderson, J.M. (2006), "The future of biomedical materials", *J Mater Sci Mater Med* 17: pp 1025–1028.
3. Barbuc, R., park, J., Joseph, B., Bronzino, D. (2011) "Integrated materials science" Springer, pp 1-600.
4. Basnakova G., and Macaskie, L.E., (1999) "Accumulation of zirconium and nickel by *Citrobacter sp*", *Chem Technol Biotechnol*.
5. Fathi, M.H., Doostmohammadi, A., (2009) "Bioactive glass nanopowder and bioglass coating for biocompatibility improvement of metallic implant", *Journal of materials processing technology*, 209: pp 1385–1391.
6. Fathi, M.H., Doostmohammadi, A. (2008) "Preparation and characterization of sol-gel bioactive glass coating for improvement of biocompatibility of human body implant", *Materials Science and Engineering A* 474: pp128–133.
7. Garcí'a, C. Cere'b, S. Dura'n., A. (2004) "Bioactive coatings prepared by sol-gel on stainless steel 316L", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 348: pp 218–224,.

8. Grandin, H. M., Berner, S. and Dard, M., (2012) "A Review of Titanium Zirconium (TiZr) Alloys for Use in Endosseous" Dental Implants.
9. Hanawa, T., Tsutsumi, Y., (2011) "Calcium phosphate formation on titanium and zirconium and its application to medical devices", Bioceramics development and applications,, Vol 1.
10. Hench, L.L., Polak, J.M., (2002) "Third-generation biomedical, materials" Science 295: pp1014-1017.
11. Manivasagam, G., Dhinasekaran, D., Rajamanickam, A., (2010) "Biomedical Implants: Corrosion and its Prevention - A Review", School of Mechanical and Building Sciences, VIT University, Vellore 632 014, Tamil Nadu, India, Recent Patents on Corrosion Science, 2, pp 40-54.
12. Mazar Atabaki, M., Jafar, R., Idris, J., (2010) "sol-gel bioactive glass coating for improvement of bioacompatible human body implant" metalurgi, 16: pp149-163.
13. Orive, G., Anitua, E., Pedraz, J.L. (2009) "Biomaterials for promoting brain protection, repair and regeneration," Nat Rev Neurosci 10: pp 682-692.
14. Saulacic, N. Bosshard, D.D. Bornstein, M.M., Berner, S. and Buser, D., (2012) "BONE Apposition to a Titanium -Zirconium Alloy Implant,as compared two other Titanium -Containing Implants",.
15. Staiger, M.P., Pietak, A.M., Huadmai., J. (2006) "Magnesium and its alloys as orthopedicbiomaterials: a review" Biomaterials 27: pp1728-1734.
16. Teoh, S.H., Thomas, V., Dean, D.R., Vohra, Y.K. (2006) "Engineering materials for biomedical applications. World Scientific, Singapore Nanostructured biomaterials for regenerative medicine. Curr Nanosci 2: pp 155-177,.
17. Tsutsumi, Y. Nishimura, D. Doi, H. Nomura, N. Hanawa, T. (2010) "Cathodic alkaline treatment of zirconium to give the ability to form calcium phosphate", Acta Biomaterials, 6: pp 4161-4166.
18. Zardiackas, L.D. Kraay, M.J., Howard Freese, L., editors, (1942) "Titanium, Niobium, Zirconium, and Tantalum for Medical and Surgical Applications", ASTM Stock Number, West Conshohocken, PA.

Implants made of zirconium alloy in Biomedical Engineering

L. Karamzadeh¹, I. Mobasherpour²

1. Graduate materials, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

2. Assistant Professor, Ceramics Department, Materials and Energy Research center, Karaj, Iran

Abstract

Zirconium metal and shining white-gray that was very similar to titanium and one of the sources when it comes to the extraction of titanium. Zirconium is exceptionally corrosion-resistant lighter than steel and its hardness is similar to copper. Human tissues can easily tolerate this metal as artificial joints and limbs. Zirconium and its alloys due to good mechanical properties such as strength and corrosion resistance, cytotoxicity and magnetic sensitivity less than metals such as titanium and steel are a good candidate for knee and medical purposes. Materials science, medical applications foresees plenty of zirconium alloys. This paper introduces the metal as mentioned implants and applications in biomedical engineering.

Keywords: Zirconium; biomedical engineering; implants; biocompatibility
