



دانشگاه صنعتی تبریز انجمن علمی دانشجویی
معاونت فرهنگی و اجتماعی مهندسی مواد و متالورژی

متالورژی

زمستان ۱۴۰۳ (شماره دوم - دوره جدید)

نشریه علمی-دانشجویی

دانشکده مهندسی مواد

دانشگاه صنعتی تبریز

مروری بر زیست مواد؛ طبقه‌بندی، کاربردها و معرفی گرایش

گفتگو با دکتر جعفر خلیل علافی

آزمون‌های ارزیابی رفتار زیستی زیست‌مواد





متالورژی

شماره دوم | دوره جدید | زمستان ۱۴۰۳

فهرست مطالب

مروری بر زیست مواد؛

طبقه‌بندی، کاربردها و معرفی گرایش

۶

تازه‌های زیست‌مواد

۱۵

گفتگو با جناب آقای دکتر جعفر خلیل‌علافی؛

استاد دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی تبریز

۲۱

معرفی کتاب‌های مرجع زیست‌مواد

۳۱

کاربردهای مواد هوشمند در علم پزشکی

۳۵

آزمون‌های ارزیابی رفتار زیستی زیست‌مواد

۴۱

گفت‌وگو با

مهندس مسعود محجل امامی

۴۸

کاربردهای هوش مصنوعی در علم زیست‌مواد

۵۴

شوخی علمی

۶۳

صاحب امتیاز

انجمن علمی مهندسی مواد دانشگاه صنعتی تبریز

هیئت تحریریه

دکتر مهدیه سلطانی‌پور،

مهندس میلاد بدر، مهندس

سعیده معصومی، مهندس

مهدی اسماعیلی، محمد

مهدی عزیزی، مهدیه نقی‌زاد،

زهرا جباری، امیرمحمد

دبیری اقدم، محمدحسین

خسروی، فاطمه مصطفوی،

حمیدرضا محمدی، رضا

خلیل‌پور.

استاد مشاور

دکتر رضا توانگر

مدیر مسئول

محمد مهدی عزیزی

سردبیر

مهندس میلاد بدر

مدیر اجرایی

مهندس میلاد بدر

ویراستاران

دکتر مهدیه سلطانی‌پور،

مهندس میلاد بدر، مهندس

سعیده معصومی

طراح و صفحه‌آرا

مهندس فاطمه شالچی‌زاده



@Sut_Materials



@Tut_Materials

با ما در ارتباط باشید.

سخن مدیر مسئول

به نام خدا



علم، همواره چراغ هدایت تمدن‌ها و زیربنای اقتدار ملت‌ها بوده است. در میان شاخه‌های گوناگون دانش، متالورژی و علم مواد جایگاهی ممتاز دارند؛ چرا که بنیان بسیاری از فناوری‌های نوین و صنایع پیشرفته بر آنها استوار است و پیشرفت در این عرصه به‌طور مستقیم با توسعه صنعتی و علمی کشورها گره خورده است.

در این میان، بیومواد به‌عنوان شاخه‌ای نوین و میان‌رشته‌ای، اهمیت روزافزونی یافته است. پیوند دانش مواد با علوم زیستی، زمینه‌ساز نوآوری‌هایی در مهندسی بافت، ساخت ایمپلنت‌ها، بیوسرامیک‌ها و فناوری‌های پزشکی شده و افق‌های تازه‌ای پیش روی پژوهشگران گشوده است. این حوزه پرشتاب و راهبردی، فرصتی ارزشمند برای جوانان پژوهشگر به شمار می‌رود تا با خلاقیت و انگیزه خود، نقش‌آفرین پیشرفت‌های علمی و صنعتی کشور باشند.

نشریه متالورژی نیز با چنین نگاهی، رسالت خود را در نشر دستاوردهای علمی، تقویت ارتباط میان پژوهشگران و صنعتگران، و گسترش مرزهای دانش دنبال می‌کند. توجه ویژه به حوزه بیومواد و ارائه مطالب علمی و کاربردی در این زمینه، بخشی از این رسالت است. امید است این تلاش صادقانه،

با احترام

محمد مهدی عزیزی

مدیر مسئول نشریه متالورژی



میاسای از آموختن یک زمان
همیشه یکی دانشی پیش دار
ز دانش میفکن دل اندر گمان
ورا چون روان و تن خویش دار
فزون است از آن دانش اندر جهان
که بشنود گوش آشکار و نهان

جهان علم، همواره در حال پوست‌اندازی است؛ گاه در سکوتی اندیشناک و گاه در هیاهوی اکتشافات شگرف. در این میان، بایومواد همچون پلی میان زیست‌پزشکی و مهندسی، نقش کلیدی در بازآفرینی امید برای درمان‌های نوین و ارتقای کیفیت زندگی بشر ایفا می‌کند.

بایومواد، دیگر تنها مفهومی دانشگاهی یا واژه‌ای در کتاب‌های درسی نیست؛ بلکه زبان مشترک دانشمندان، پزشکان و مهندسانی است که در پی پاسخی نو برای دردهای کهنه‌اند. از بافت‌های مهندسی‌شده تا ایمپلنت‌های هوشمند، از داربست‌های زیستی گرفته تا نانوحامل‌های دارویی، هر کشف و هر مقاله گامی است در راه ساختن آینده‌ای سالم‌تر، ایمن‌تر و انسانی‌تر.

این نشریه با هدف ایجاد بستری علمی، پویا و تعاملی، تلاش دارد صدای پژوهشگران و نوآوران این عرصه را بازتاب دهد؛ صدایی که از دل آزمایشگاه‌ها، پژوهشکده‌ها و بالین بیماران برخاسته و رو به فردایی روشن دارد. در این شماره، مقالاتی با عناوین «معرفی بایومواد»، «آزمون‌های زیستی برای بررسی رفتار زیستی بایومواد»، «معرفی کتاب‌های مرجع و معتبر بایومواد» و نیز «مصاحبه‌ای اختصاصی با یکی از اساتید برجسته کشور در این حوزه جناب آقای دکتر علافی» گنجانده شده که امید است مورد توجه پژوهشگران و دانشجویان گرامی قرار گیرد.

در پایان، بر خود وظیفه می‌دانیم که مراتب سپاس و قدردانی خود را از جناب آقای دکتر توانگر، استاد گران‌قدر و مشاور انجمن علمی مهندسی مواد، به پاس حمایت‌ها، راهنمایی‌های دلسوزانه و همراهی بی‌دریغ ایشان ابراز نماییم. همچنین، از تمامی عزیزانی که در نگارش، گردآوری و آماده‌سازی این شماره ما را صمیمانه یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم

با احترام

میلاد بدر

سردبیر نشریه متالورژی



مروری بر زیست مواد؛ طبقه‌بندی، کاربردها و معرفی گرایش

مهندس سعیده معصومی، مهدیه نقی‌زاد

۱- مقدمه

بافت‌ها و اندام‌های انسان، به دلایل متعددی مانند نقص ژنتیکی، افزایش سن، بیماری و انواع ضربه و تصادفات، در انجام عملکرد خود به مشکل برمی‌خورند. برخی از این شرایط با استفاده از داروها و روش‌های درمانی، کنترل می‌شوند. با این حال، بسیاری از آسیب‌ها را نمی‌توان با بهره‌گیری از روش‌های ساده درمان کرد. یکی از روش‌های مهم در بازیابی عملکرد بافت‌های آسیب دیده، جایگزینی بافت با مواد مناسب است. همه این مواد که عملکرد مربوط به مواد زنده را در هنگام جایگزینی انجام می‌دهند، به‌عنوان «زیست‌مواد»^۱ شناخته می‌شوند. این اصطلاح، برای ماده‌ای تعریف می‌شود که با اندام‌های داخلی بدن انسان در تماس است و می‌تواند عملکرد ایده‌آل خود را، بدون ایجاد هیچ گونه واکنش سمی انجام دهد. این مهم‌ترین جنبه‌ای است که یک ماده زیستی را از هر ماده دیگری متمایز می‌کند. برخی از زیست‌مواد برای افزایش عملکرد یا جایگزینی کامل اندام‌ها و قسمت‌های آسیب‌دیده یا فرسوده استفاده می‌شوند که از این مواد می‌توان به دریچه‌های قلب، ایمپلنت‌های دندان، گرافت‌های عروقی^۲، لنزها، رباط‌های داخل چشمی و تاندون‌ها اشاره کرد.

۲- طبقه‌بندی زیست‌مواد

زیست‌مواد بر اساس جنبه‌های مختلفی طبقه‌بندی می‌شوند که در جدول ۱ ارائه شده است.

باتوجه به گستردگی زیرشاخه‌های ارائه شده، اکثر محققین بر این باورند که زیست‌مواد می‌تواند در دو دسته ترکیب شیمیایی و تعامل با بافت‌های زنده خلاصه شود. به همین دلیل، در ادامه، به بررسی زیست‌مواد از این دو نقطه‌نظر پرداخته می‌شود.

جدول ۱- طبقه‌بندی زیست‌مواد.

ردیف	اساس طبقه‌بندی	جزئیات
۱	ترکیب شیمیایی	سرامیکی، پلیمری، فلزی، و کامپوزیتی
۲	ماهیت وقوع یا منشأ	مواد طبیعی، نیمه مصنوعی، مصنوعی، ترکیبی
۳	ابعاد	نانو، میکرو و ماکرو
۴	تعامل با بافت های زنده بدن	قابل جذب/غیرقابل جذب، زیست فعال، و خنثی
۵	خاصیت زیست تخریب پذیری	زیست تخریب پذیر، زیست پایدار
۶	ساختار	متخلخل، غیرمتخلخل
۷	کاربرد	تشخیصی، درمانی، ترمیمی و پیشگیرانه
۸	محل استفاده	درون بدنی، برون بدنی
۹	مدت زمان تماس با بافت بدن	محدود، طولانی و یا دائمی

۱-۲- ترکیب شیمیایی

بسته به ماهیت پیوند شیمیایی، زیست‌مواد را می‌توان به سه گروه کلی فلزات، سرامیک‌ها، پلیمرها و کامپوزیت‌ها طبقه‌بندی کرد. ساختار زیست‌مواد بر اساس ماهیت پیوندشان (کووالانسی، یونی یا فلزی) متفاوت است، لذا خواص متفاوتی داشته و در نتیجه کاربردهای متفاوتی در بدن دارند

- فلزات

فلزات، جزء شناخته شده ترین زیست‌مواد هستند و در مدت طولانی، اهمیت بالینی زیادی در زمینه پزشکی پیدا کرده‌اند. این مواد در مقایسه با سرامیک‌ها و پلیمرها، دارای استحکام، مقاومت در برابر شکست، و کشسانی بهتری هستند. به همین دلیل، فلزات به

عنوان ایمپلنت کاربردهای مختلفی در سراسر بدن دارند. برای مثال، فلزات رسانای الکتریکی مانند پلاتین، به عنوان الکترود در ضربان سازهای قلبی و دفیبریلاتورهای^۳ قابل کاشت مؤثر بوده‌اند. با این حال، اکثر ایمپلنت‌های فلزی در کاربردهای ارتوپدی برای ترمیم شکستگی‌ها یا جایگزینی مفاصل معیوب استفاده می‌شوند. معیارهای اصلی در انتخاب فلزات برای کاربردهای زیست پزشکی، زیست‌سازگاری عالی، خواص مکانیکی مناسب، مقاومت در برابر خوردگی خوب و هزینه کم است. از متداول‌ترین فلزات و آلیاژهایی که در کاربردهای زیست پزشکی استفاده می‌شوند، می‌توان به فولاد زنگ‌نزن، تیتانیوم و آلیاژهای آن، آلیاژهای پایه کبالت، و آلیاژهای پایه منیزیم اشاره کرد.



شکل ۱- بکارگیری فلزات به عنوان ایمپلنت در نقاط مختلف بدن.

-سرامیک

هستند. شکنندگی سرامیک‌ها به عدم بکارگیری این گروه در کاربردهای تحمل بار منجر می‌شود. با این حال، علیرغم خواص کششی ضعیف، خواص منحصر به فردی دارند که باعث بکارگیری این گروه در دنیای پزشکی شده است. زیست‌سازگاری عالی، مقاومت بالا در برابر خوردگی، رفتار سایشی مناسب، استحکام کافی، و سفتی بسیار بالا از ویژگی‌های برجسته‌ی سرامیک‌ها می‌باشد.

دسته دوم مواد مورد استفاده به عنوان زیست‌مواد که به آن‌ها می‌پردازیم، سرامیک‌ها هستند. سرامیک‌ها، مواد جامد غیرآلی متشکل از عناصر فلزی و غیرفلزی هستند که عمدتاً توسط پیوندهای یونی به یکدیگر متصل می‌شوند. پیوندهای سرامیک‌ها بسیار محکم هستند، اما شکست آن‌ها بسیار فاجعه‌بار است. به عبارت دیگر، سرامیک‌ها مستحکم، اما بسیار شکننده

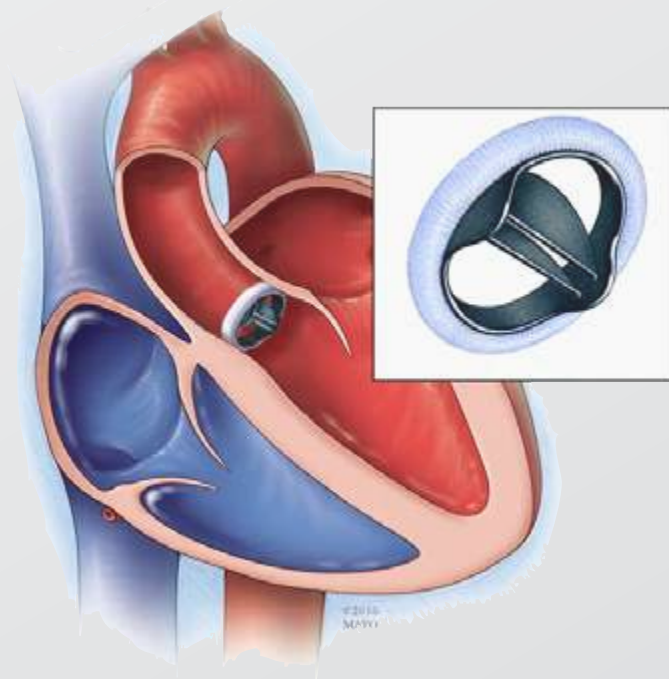


- یلیمرها

طبقه‌بندی کرد. سیستم‌های پلیمری مصنوعی شامل اکریلیک^۵، پلی آمید^۶، پلی استر^۷، پلی اتیلن^۸، پلی سیلوکسان^۹، و . . . می‌باشد. اما نقطه ضعف اصلی این پلیمرهای مصنوعی، عدم سازگاری عمومی زیستی در اکثر موارد است و از این رو کاربرد آن‌ها اغلب با واکنش‌های التهابی همراه است. این مشکل با استفاده از پلیمرهای طبیعی قابل رفع است. به عنوان مثال، پلیمرهای طبیعی مانند کیتوسان^{۱۰}، کاراگینان^{۱۱}، و آلژینات^{۱۲} در کاربردهای زیست پزشکی مانند بازسازی بافت و سیستم‌های دارورسانی استفاده می‌شوند.

- کامپوزیت‌ها

کامپوزیت‌ها، دسته‌ای از مواد مهندسی هستند که حاوی دو یا چند ماده تشکیل‌دهنده با خواص فیزیکی و یا شیمیایی متمایز بوده و خواص بسیار برتری نسبت به مواد سازنده دارند. مزیت اصلی زیست‌مواد کامپوزیتی، در بهبود بسیاری از خواص نامطلوب است. فلزات یا مواد سرامیکی از معایبی مانند زیست‌سازگاری پایین، نرخ خوردگی بالا، شکنندگی، و استحکام شکست پایین رنج می‌برند، که این کاستی‌ها را می‌توان با استفاده از مواد کامپوزیتی بهبود داد.



شکل ۳- نمونه‌ای از دریچه پلیمری کاشته شده در قلب.

۲-۲- تعامل با بافت‌های زنده

دومین دسته‌بندی مهم که در تقسیم‌بندی زیست‌مواد بسیار حائز اهمیت است، تعامل این مواد با بافت‌های اطراف است. این ویژگی در بسیاری از ایمپلنت‌ها نقش اساسی دارد، که در ادامه به بررسی این ویژگی پرداخته می‌شود.

- مواد قابل جذب

موادی که پس از کاشت در بدن انسان تجزیه شده و توسط بافت‌های بدن انسان جذب می‌شوند، به عنوان مواد قابل جذب شناخته می‌شوند. این دسته از مواد، تحت تجزیه آهسته قرار می‌گیرند و جرم خود را به شکل میکرو یا نانو در محیط بدن آزاد می‌کنند و در نهایت وارد مایعات موجود در بدن ما می‌شوند. این مواد در زمان مقرر به طور کامل در مایع بدن حل می‌شوند.

4. Fixtures of extracorporeal oxygenators
5. Acrylic
6. Polyamide
7. Polyester
8. Polyethylene

9. Polysiloxane
10. Chitosan
11. Carrageenan
12. Alginate



شکل ۴- نمایی از ایمپلنت دندانی ساخته شده از کامپوزیت.

۲- مواد غیرقابل جذب

زیست‌موادی که پس از کاشت در بدن انسان تجزیه نشده و نیازمند جراحی ثانویه برای خارج کردن از بدن باشند، به عنوان مواد غیرقابل جذب شناخته می‌شوند.

۳- خواص مطلوب زیست‌مواد

همانطور که قبلاً بحث شد، هدف

نهایی زیست‌مواد در پزشکی، درمان، بهبود، و یا جایگزینی با اندام‌ها (مانند استخوان، ماهیچه، پوست) است. چنین اهدافی را می‌توان با ادغام خواص مواد، ماهیت سیستم، شکل اندام، و مشخصات فیزیولوژیکی انجام داد. از مهمترین ویژگی‌هایی که یک ماده زیستی باید داشته باشد، می‌توان به زیست‌سازگاری، خواص مکانیکی مطلوب، غیرسمی بودن، و عدم واکنش با جسم‌های خارجی اشاره کرد.

۴- معرفی گرایش زیست‌مواد (بایومواد)

در این رشته دانشگاهی، رشته مهندسی مواد و اصول آن با قوانین زیستی ترکیب شده و درنهایت، زیست‌مواد برای کمک به انسان‌ها و بهبود زندگی در اختیار پزشکان قرار می‌گیرد. ساخت موادی که با بدن انسان سازگار بوده، بتواند بافت‌های آسیب دیده را ترمیم کرده، اعضای از دست رفته داخلی و خارجی را طراحی، و بسازد، در این علم جای می‌گیرد. رشته‌ی زیست‌مواد در داروسازی نیز کاربرد داشته، به طوری که می‌تواند اثربخشی دارو در بدن بیمار را افزایش دهد. مهندس‌های زیست‌مواد در ساخت حسگرهای زیستی برای تشخیص مواد خاص در بدن انسان نقش مهمی دارند؛ به عنوان مثال ساخت دستگاه‌های کنترل قند خون و حسگرهای سنجش فعالیت مغزی بخشی از این دستگاه‌ها هستند.

مهندسی زیست‌مواد، در محدوده مهندسی مواد و سیستم‌های زنده است. به بیان دیگر، یک

مهندس پزشکی با گرایش بایومواد، مهندس موادی است که حوزه کاری او، انسان و فعالیت‌های زیستی اوست. متخصصان بایومواد وظیفه طراحی و ساخت مواد مناسب برای استفاده در بدن انسان را دارند. ایمپلنت‌های ساخته شده باید برای بیماران کاملاً بی‌خطر باشند و این به معنی عدم وجود خواص سرطان‌زایی و مسمومیت است. مواد به کار گرفته شده در ساخت ایمپلنت همچنین باید از نظر ساختاری کاملاً سالم و از نظر شیمیایی پایدار و بی‌اثر باشند تا بتوانند طول عمر مفید خود را داشته باشند. برخی از مواد بیولوژیکی از سلول‌های زنده برای جذب و سازگاری بهتر با بدن استفاده می‌کنند. بایومواد، به مطالعه مواد طبیعی یا طراحی‌شده در آزمایشگاه می‌پردازد که در دستگاه‌های پزشکی یا به عنوان کاشتنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۴-۱ سر فصل‌های گرایش بيو مواد

برنامه درسی آورده شده در ذیل براساس آخرین تغییرات کمیسیون شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی جلسه مورخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۴ می‌باشد.

جدول ۲- دروس تخصصی گرایش بایومواد.

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	زیست سازگاری	۳
۲	پلیمرها در مهندسی پزشکی	۳
۳	سرامیک‌ها در مهندسی	۳
۴	فلزات در مهندسی پزشکی	۳
۵	روش‌های آنالیز سطح	۳
۶	سمینار و روش تحقیق	۲
۷	پروژه	۶
۸	رساله	۲۴

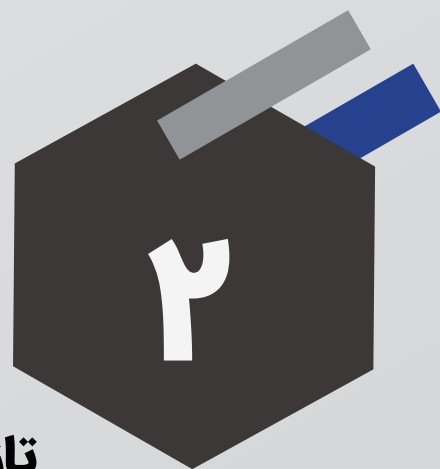
جدول ۳- دانشگاه‌های پذیرنده گرایش بایومواد.

ردیف	نام دانشگاه
۱	دانشگاه اصفهان
۲	دانشگاه تربیت مدرس
۳	دانشگاه تهران
۴	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۵	دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
۶	دانشگاه علم و صنعت
۷	دانشگاه میبد
۸	پژوهشگاه مواد و انرژی
۹	دانشگاه سمنان
۱۰	دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

منابع

1. Suhag, D. , Kaushik, S. & Taxak, V. B. Fundamentals of Biomaterials. in Handbook of Biomaterials for Medical Applications, Volume 1: Fundamentals 25-54 (Springer, 2024).
2. Farag, M. M. Recent trends on biomaterials for tissue regeneration applications. J. Mater. Sci. 58, 527-558 (2023).
3. Abraham, A. M. & Venkatesan, S. A review on application of biomaterials for medical and dental implants. Proc. Inst. Mech. Eng. Part L J. Mater. Des. Appl. 237, 249-273 (2023).
4. Ijaola, A. O. et al. Polymeric biomaterials for wound healing applications: A comprehensive review. J. Biomater. Sci. Polym. Ed. 33, 1998-2050 (2022).
5. Biswal, T. , BadJena, S. K. & Pradhan, D. Sustainable biomaterials and their applications: A short review. Mater. Today Proc. 30, 274-282 (2020).





تازه‌های زیست‌مواد

زهرا جباری، امیرمحمد دبیری اقدم

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های شگرفی در دستیابی به راه‌حل‌های نوآورانه برای مسائل مختلف محیطی و صنعتی در حوزه زیست‌مواد به‌وجود آمده است. به کمک فناوری‌های جدید، دانشمندان و مهندسان در حال تلاش هستند تا راهکارهایی را به منظور افزایش اثرات مثبت زیست‌مواد بر روند و کیفیت زندگی انسان‌ها ارائه دهند. در ادامه به بررسی تازه‌ترین پیشرفت‌ها در این زمینه پرداخته خواهد شد.

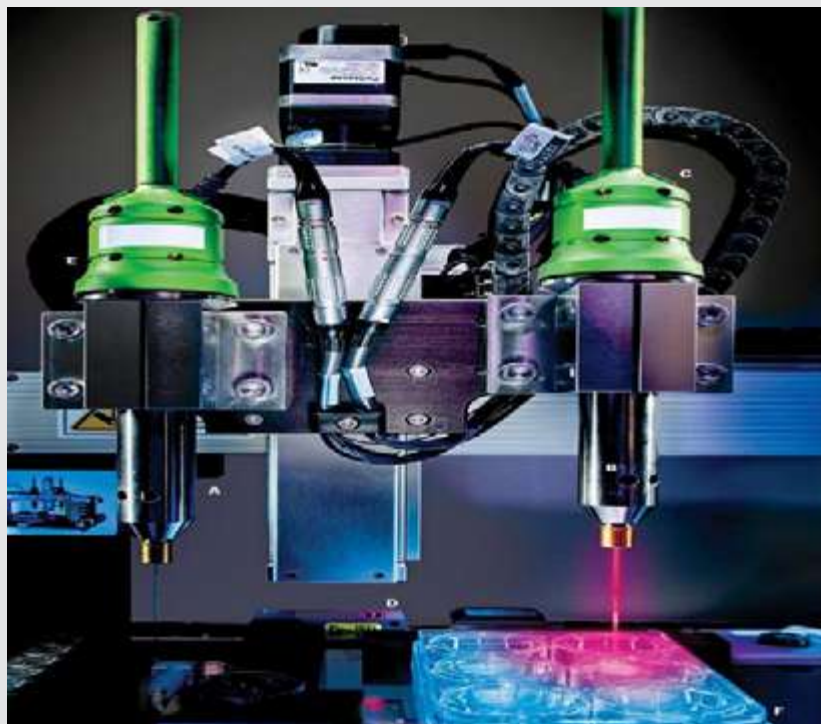
۲- چاپ زیستی سه بعدی

چاپ زیستی^۱ سه بعدی، فناوری نوظهوری است که توسعه و پیشرفت‌هایی در فرآیندهای ساخت مواد مهندسی، بافت، و ترمیمی پزشکی را به ارمغان آورده است. پیشرفت‌های یاد شده، نیازمند داربست و مدل‌های سلولی، با هندسه دقیق و ساختار داخلی از پیش طراحی شده هستند که تنها با تکنولوژی چاپ سه بعدی زیستی قابل حصول است. یکی از مهم‌ترین دلایل اهمیت چاپ زیستی آن است که این روش می‌تواند ساختارهای بافت ماندی را ایجاد کند که اکثراً شبیه به بافت‌ها و اعضای واقعی بدن انسان هستند، که باعث کاهش وابستگی به آزمایش برروی حیوانات می‌شود. در مقایسه با روش‌های قدیمی، ساخت افزایشی این امکان را می‌دهد تا برای چاپ سه بعدی اشکال پیچیده، ماده و زمان کمتری مصرف شود.

یکی از جدیدترین کاربردهای این فناوری، در درمان ضایعات طناب نخاعی مشاهده شده است. آسیب طناب نخاعی، یک بیماری مرتبط با سیستم عصبی مرکزی است که منجر به اختلال در عملکردهای حسی و حرکتی بدن انسان می‌شود. در حال حاضر، درمان این آسیب‌ها صرفاً با فیزیوتراپی، کاردرمانی، و جراحی انجام می‌شود. با این حال، روش‌های درمانی امروزی نمی‌توانند به طور کامل و مؤثر رشته‌های عصبی آسیب دیده را بازسازی کنند. به همین دلیل اخیراً چاپ زیستی سه بعدی به‌منظور ساخت مدل‌های زیستی بسیار تخصصی مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه کاربرد این فناوری در مراحل اولیه است، اما برای پیوند

1. Bioprinting

برخی از بافت‌ها از جمله پوست چندلایه، عروق، بافت قلب، و استخوان، با موفقیت به کار رفته است. در نهایت می‌توان ادعا کرد که با همکاری‌های گسترده میان درجات مختلف جذب استفاده می‌شد که وظیفه اصلی آن‌ها خشک نگه‌داشتن زخم از طریق از بین بردن ترشحات و جلوگیری از ورود باکتری‌های مضر به داخل



شکل ۱- نمونه‌ای از یک سیستم چاپ زیستی سه بعدی.

رشته‌ای و استفاده از مواد و روش‌های بهینه در فناوری چاپ زیستی سه بعدی، ساخت داربست‌های غنی شده با سلول‌های زیستی فعال با نقش بالینی مفید، ساخت مدل‌های طناب نخاعی، و تبدیل تحقیقات بنیادی به کارآزمایی‌های بالینی اثربخش دور از انتظار نخواهد بود.

۳- پانسمان‌های ترمیمی

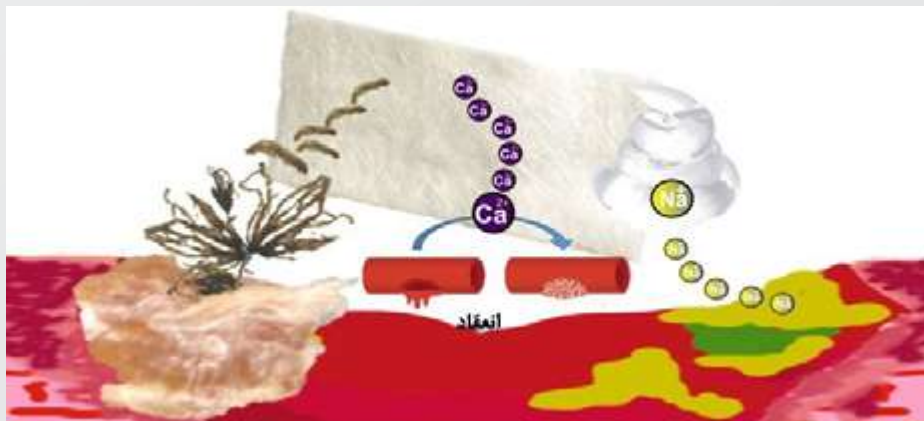
در گذشته برای ترمیم زخم، از باندهای طبیعی یا مصنوعی، پنبه، و گازهایی با

زخم بود. اکنون پانسمان‌های مختلفی مانند پانسمان‌های فیلم شفاف، هیدروژل‌ها، آلژینات‌ها، و کیتوسان‌ها به بازار معرفی شده‌اند. در طی سال‌های اخیر، تنوع زیاد جلبک‌ها منجر به تولید ترکیبات متنوع بیوشیمیایی شده است. پلی‌ساکاریدهای ذخیره‌سازی در جلبک‌ها، منابع فوق‌العاده‌ای برای کشف دارو هستند و پرکاربردترین آن‌ها در درمان زخم، از جلبک‌های دریایی (ماکروفیت‌ها)^(۲) استخراج می‌شوند. در کنار

خاصیت زیست‌فعالی، توانایی جذب و دارویی دیگر (داروها، فاکتورهای رشد، مقادیر زیادی آب، نمک، و محلول‌های فیزیولوژیکی، باعث شده است تا از جلبک‌ها در فرآیند بهبود زخم استفاده شود. زخم پای دیابتی که یکی از عوارض شایع دیابت به شمار می‌رود، به‌عنوان علت اصلی قطع عضو شناخته می‌شود و دلیلی برای قطع عضو بیش از دو سوم اندام تحتانی است. در صورت عدم انجام مراقبت‌های لازم، زخم پای دیابتی می‌تواند منجر به عفونت، گانگرن^۳، و حتی مرگ شود. پانسمان ایده‌آل علاوه بر ایجاد محیط مرطوب، باید زخم را از عفونت‌های ثانویه محافظت کرده، ترشحات زخم را جذب، و بازسازی بافت را ارتقا دهد. علاوه بر این، محصولات پانسمان ممکن است حاوی مواد درمانی درجا، یکی از دسته‌های مهم مواد پلیمری

۴- هیدروژل‌ها در دارورسانی

سامانه‌های جدید دارورسانی چشمی برای دستیابی به سطح درمانی بلندمدت طراحی شده‌اند. در مقایسه با روش‌های جراحی، استفاده از هیدروژل‌ها عوارض مرتبط با روش‌های جراحی تهاجمی را کاهش می‌دهد. هیدروژل‌های ژل‌شونده درجا، یکی از دسته‌های مهم مواد پلیمری



شکل ۲- توضیح شماتیک عملکرد فیبرهای جلبک دریایی در انعقاد زخم.

1. Macrophyt
2. Gangrene



شکل ۳- نمای شماتیک پانسمان رشته‌ای

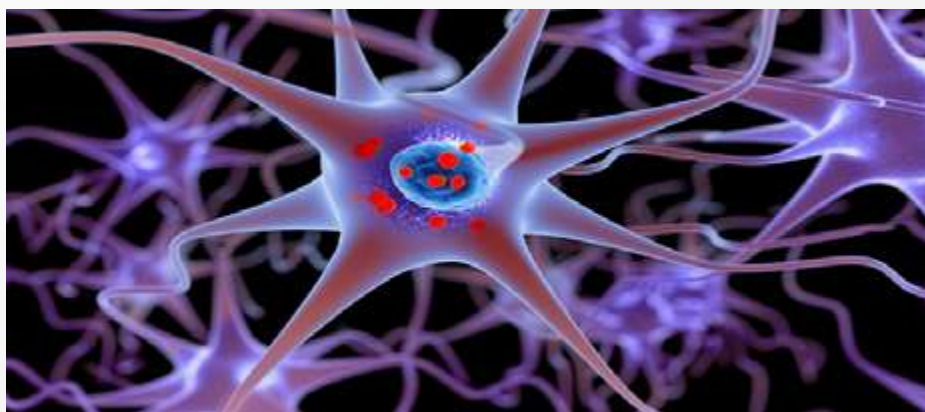
ترکیبی کلسیم آلزینات و نقره.

کوچک به عنوان نشانه‌ای از پیشرفت بیماری، تشخیص را آسان کرده و راه‌حلهایی برای مداخله زودهنگام در تخریب عصبی ارائه می‌دهد. در عین حال، ممکن است شناسایی و هدف‌گیری پروتئین‌های متابولیکی اصلی، مدیریت بهتری برای شرایط بیماری را فراهم کند. در مطالعات متعددی، این زیست‌نشانگرها برای اندازه‌گیری شدت آسیب مغزی، شناسایی بیماران در معرض خطر بیشتر، و شناسایی پیامدهای نامطلوب پس از آسیب، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. واسطه‌های التهابی و سایر نشانگرهای سلولی می‌توانند به طور بالقوه زیست‌نشانگرهای التهاب عصبی را که به نوبه خود برای روشن کردن مکانیسم‌ها استفاده می‌شوند، فعال کنند؛ اما بسیاری از محققان در زمینه علوم اعصاب با کمک

برای دارورسانی به چشم هستند. این مواد این قابلیت را دارند که در بافت‌های چشمی تحت انتقال فاز قرار گرفته و از حالت مایع به ژل تبدیل شوند؛ بنابراین می‌توانند ماندگاری داروها را طولانی‌تر کرده و زیست‌دسترس‌پذیری آن‌ها را در بافت‌ها بهبود بخشند. پلیمرهای طبیعی رایج برای تهیه هیدروژل‌ها شامل کیتوسان، نشاسته، فیبرین، کلاژن، ژلاتین، هیالورونیک اسید، و دکستران هستند. اخیراً به منظور درک عمیق‌تر، هیدروژل‌های ژل‌شونده درجا به عنوان گزینه جدید درمان چشمی توسعه یافته‌اند.

۵- زیست‌نشانگرهای متابولیکی

زیست‌مواد، انقلابی در درمان بیماری‌های عصبی در زمینه بازسازی بافت عصبی، دارورسانی، و تاثیر آن بر بافت هدف ایجاد کرده‌اند. همچنین در پشتیبانی از سلول، با فراهم آوردن داربست‌های سلولی و ایجاد امکان رشد و بازسازی سلولی موفق عمل کرده‌اند. با این حال، فرآیند شناسایی زیست‌نشانگرها، به عنوان یک ابزار تشخیصی و پیش‌بینی‌کننده برای درمان اختلالات عصبی در کودکان و بزرگسالان چالش برانگیز است. با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، شناسایی مولکول‌های



زیست‌نشانگرها، راه‌های درمانی حاصل از التهاب را پیدا می‌کنند تا برای غلبه بر این چالش‌ها مفید باشند.

شکل ۴- نشانگرهای زیستی که در تشخیص بیماری‌های پیش‌رونده

عصبی نقش به سزایی دارند.

۶- نتیجه‌گیری

زیست‌مواد نه تنها توانایی جایگزینی و بهبود بافت‌های آسیب‌دیده را دارند، بلکه می‌توانند با محیط زیستی بدن تعامل، و پاسخ درمانی دلخواه را ایجاد کنند. بعلاوه، نوآوری‌های مبتنی بر فناوری‌ها و ترکیبات بیوپلیمری راه‌های جدیدی برای ارتقاء سلامت انسان و درمان بیماری‌های مزمن فراهم کرده است. اما همچنان چالش‌هایی همچون شناسایی زیست‌نشانگرها، هزینه‌های تولید، و مسائل اخلاقی نیازمند تحقیق و توسعه بیشتر هستند.

منابع

1. Soltannejad, N. et al. Comparison of the effect of Biopolymer complex dressing ALGIPAD (chitosan, calcium alginate, and cellulosic fibers) with alginate dressing in the management of diabetic wounds. Iran. J. Nurs. Res. 18, (2024).
2. Thapliyal, A. , Shweta & Maurya, S. K. Novel Metabolic Biomarkers and Therapeutic Strategies in Neurodegenerative Diseases. in Altered Metabolism: A Major Contributor of Comorbidities in Neurodegenerative Diseases 365–416 (Springer, 2024).
- ۳- آرش عبدالملکی، لیلا تقی‌زاده مؤمن، «کاربرد فناوری چاپ زیستی سه بعدی در درمان ضایعات طناب نخاعی»، فصلنامه علوم اعصاب شفای خاتم، مرکز تحقیقات علوم اعصاب شفا، بیمارستان خاتم الانبیاء تهران، دوره ۱۱، شماره ۴، ۱۴۰۲، ۷۹-۹۳.
- ۴- بهاره نوروزی، محمدجباری، «مروری بر خواص پلیمرهای جلبک‌ها در درمان و پانسمان زخم‌های پوستی»، فصلنامه پوست و زیبایی، دوره ۱۵، ۱۴۰۳.
- ۵- گلناز شجری، حمید عرفان نیا، «مروری بر هیدروژل‌های درجا ژل‌شونده بر پایه پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر در دارورسانی مؤثر چشمی»، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، دوره ۳۶، ۱۴۰۲.



**گفتگو با جناب آقای دکتر جعفر خلیل علافی؛
استاد دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی تبریز**

دی ماه ۱۴۰۳ - مهندس میلاد بدر



در راستای موضوع نشریه شماره هفدهم متالورژی که مواد زیستی است، به سراغ یکی از اساتید برجسته این حوزه رفتیم. جناب آقای دکتر جعفر خلیل‌علافی که بیش از ۳۰ سال سابقه‌ی تدریس در دانشگاه‌ها از جمله دانشگاه صنعتی سهند، بیش از ۲۰ سال پژوهش در حوزه‌ی مواد هوشمند و بیش از ۱۰ سال پژوهش در حوزه‌ی مواد زیستی را دارد. ایشان برای این گفتگو ترجیح می‌داد که به سراغ اساتید جوان دانشکده مهندسی مواد برویم اما رسالت نشریه و فرصت پدید آمده ایجاب می‌کرد تا از تجربیات پژوهشی و علمی گرانقدر ایشان بهره‌مند شویم. در ادامه شما را به مطالعه‌ی این گفتگوی گرم و جذاب دعوت می‌نماییم.

۱- سلام و عرض ادب خدمت جناب آقای دکتر علافی، خیلی ممنون بابت اینکه وقت خود را در اختیار نشریه‌ی متالورژی قرار دادید. لطفا جهت آشنایی بیشتر مخاطبان، خودتان را معرفی نمایید.

به نام خدا، سلام عرض می‌کنم خدمت شما و ممنونم از اینکه بنده را برای این گفتگو انتخاب کردید. من متولد یک مرداد ۱۳۴۴ در شهر ارومیه هستم. دوره‌ی دبیرستان را در دبیرستان فردوسی ارومیه گذراندم و دیپلم ریاضی فیزیک را در سال ۱۳۶۲ اخذ نمودم. در آن سال‌ها به دلیل انقلاب فرهنگی چند سالی برگزاری کنکور متوقف شده بود. در سال ۱۳۶۱ اولین کنکور سراسری برگزار شد که در مهر ماه ۱۳۶۲ قبول‌شدگان وارد دانشگاه شدند. در دومین کنکور در سال ۱۳۶۲ شرکت نمودم که قبول‌شدگان همگی در بهمن ۱۳۶۲ شروع به تحصیل در دانشگاه‌ها نمودند. من هم از دانشگاه صنعتی اصفهان در رشته‌ی تولید آهن و فولاد (متالورژی استخراجی) قبول شدم. البته کنکور در آن سال‌ها به صورت (تستی-تشریحی) برگزار می‌شد. نکته‌ی بعدی اینکه انتخاب رشته در همان جلسه‌ی کنکور انجام می‌شد و فرصتی برای انجام مشاوره نداشتیم. بعد از ۲ ترم، تغییر گرایش داده و در گرایش ریخته‌گری که علاقه‌ی بیشتری داشتم، به ادامه تحصیل پرداختم. در دوره‌ی کارشناسی بنده از نظر تعداد واحد پاس کرده و معدل جزو ۳ دانشجوی برتر ورودی بودم و توانستم در بهمن ۱۳۶۶ این دوره را با گذراندن ۱۵۳ واحد درسی به سرانجام برسانم.

بلافاصله بعد از اتمام دوره‌ی کارشناسی، خدمت نظام وظیفه خود را در صنایع خود کفایی تبریز شروع کردم. به دلیل شرایط جنگی که در آن دوران وجود داشت، اکثر صنایع در خدمت جبهه‌های جنگ بودند و من نیز در صنایع خود کفایی کمک و همراهی می‌کردم. در سال ۱۳۶۷ اولین دوره‌ی کنکور سراسری کارشناسی ارشد برگزار شد که در کل کشور ظرفیت پذیرش در رشته‌ی مهندسی مواد فقط ۲۵ نفر بود. تقریباً ۴ ماه بعد از شروع خدمت نظام وظیفه، نتایج کنکور کارشناسی ارشد منتشر شد که من در دانشگاه علم و صنعت ایران و در گرایش شناسایی و انتخاب مواد فلزی قبول شدم و این مقطع را از بهمن ۱۳۶۷ شروع کردم.

در تاریخ ۷ مهر سال ۱۳۷۱ در دانشگاه صنعتی سهند فعالیت خود را شروع کردم. مهر سال ۱۳۷۷ برای دوره دکترا از کشور آلمان و از دانشگاه روهر بوخوم پذیرش دریافت کردم و در عرض سه ماه به صورت شبانه‌روزی مشغول یادگیری زبان آلمانی شدم. در دی ماه ۱۳۷۷ دوره دکتری را شروع و بعد از اتمام مقطع دکتری، دوره‌ی پس‌ادکترای خود را در سال ۱۳۸۱ در دیپارتمان زمین‌شناسی و مینرالوژی در همان دانشگاه به

مدت دو سال گذراندم. در این دوره به طور تخصصی در زمینه‌ی کریستالوگرافی، آنالیز کمی و نرم‌افزارهای مرتبط با آن کار کردم. بعد از بازگشت به ایران، از سال ۱۳۸۳ تاکنون در دانشگاه صنعتی سهند مشغول به تدریس هستم.

۲- در دوران دانشجویی، علاوه بر تحصیل، مشغول

به کار هم بودید؟

در دانشگاه صنعتی اصفهان در حین تحصیل در دوره‌ی کارشناسی، مشغول کار دانشجویی (اصلاح تکالیف دانشجویان) بودم. در دوره‌ی کارشناسی ارشد در دانشگاه علم و صنعت در اداره پژوهش دانشگاه نیز کار دانشجویی انجام دادم. همچنین در مرکز تحقیقات راه‌آهن نیز چند ماهی کار کرده‌ام. اما مهم‌ترین فعالیت بنده در حین تحصیل، بعد از گذشت دو سال از دوره ارشد شروع شد. در آن دوره به‌دلیل بیماری صعب‌العلاج پدر، با مشکلات فراوانی روبه‌رو شدم و در کارخانه‌ی لوله و ماشین‌سازی ایران مشغول به کار شدم. در واقع در این دوره، از صبح تا ظهر در دانشگاه کارهای پایان‌نامه خود را انجام می‌دادم و از ظهر تا ۱۱ شب در کارخانه مشغول به کار بودم.

۳- شروع فعالیت شما در دانشگاه صنعتی

سهند به چه صورت بود؟

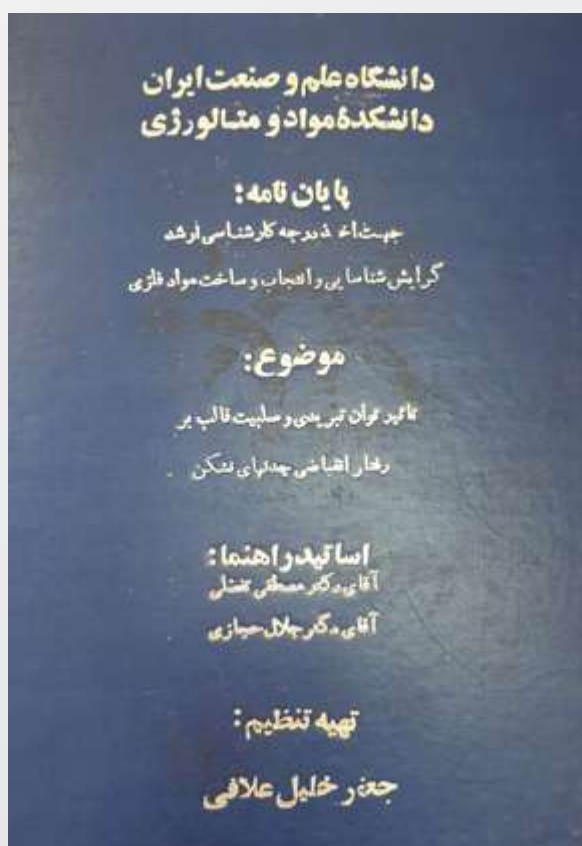
همان‌طور که اشاره شد، در تاریخ ۷ مهر سال ۱۳۷۱ در دانشگاه صنعتی سهند فعالیت خود را شروع کردم. در آن مقطع زمانی فقط آقایان دکتر دخانچی، دکتر پروینی، مهندس علیپور و مهندس آهنی در گروه مهندسی مواد بودند که بنده هم به آن‌ها ملحق شدم. در آن زمان، دروس زیادی را تدریس کرده‌ام. بعد از گذشت چند سال، اساتید دیگری همچون آقای مهندس خرازیکار، آقای مهندس برانی و آقای دکتر یزدانی که آن موقع مهندس بودند و در حال اعزام به مقطع دکتری بودند به گروه مهندسی مواد اضافه شدند.

۴- از دوران تحصیل در هر سه مقطع، کدام یک

از اساتید در ذهن شما ماندگار شده است؟

خوشبختانه همه‌ی اساتید بنده در دانشگاه صنعتی اصفهان و علم و صنعت، اساتید بنام و بزرگی بودند که من واقعا درس‌های بسیار زیادی را زیر نظر آن‌ها یاد گرفتم. اگر بخواهم فقط به یک مورد اشاره کنم، آقای دکتر مارقوسیان هستند که افتخار حضور در کلاس ایشان را در درس تغییر حالت‌های فازی در دوره کارشناسی ارشد داشتم. امتحان این

درس با رحلت پدر مرحومم مصادف شد که نتوانستم شرکت کنم و استاد عزیزم یک هفته بعد از من امتحان گرفتند. همچنین موضوع رساله‌ی ارشد بنده تولید چدن‌های نشکن بدون استفاده از تغذیه با راهنمایی آقای دکتر تفضلی و آقای دکتر حجازی (از چهره‌های ماندگار) بود. هر دوی این اساتید گرامی، جزو شخصیت‌های به‌نام و برجسته‌ی مهندسی مواد مخصوصا گرایش ریخته‌گری هستند که من از وجود آن‌ها نهایت استفاده را بردم و افتخار شاگردی آن‌ها را داشته و دارم. ✓



تصویر جلد پایان‌نامه‌ی مقطع کارشناسی ارشد

آقای دکتر علافی.

۵- بعد از اتمام دوران دانشجویی، در چه زمینه‌هایی و با چه شرکت‌هایی همکاری کردید؟

از سال ۷۱ تا ۷۷ علاوه بر تدریس در دانشگاه صنعتی سهند، در صنعت نیز مشغول به کار بودم. در شرکت گسترش و توسعه صنعت آذربایجان، و در مرکز آموزشگاه تراکتورسازی تبریز قسمت کارگاه ریخته‌گری بعنوان مشاور فنی همکاری می‌نمودم. از سال ۱۳۸۴ نیز در دانشگاه تبریز در گروه مهندسی مواد و صنایع تدریس می‌کردم. همچنین در شرکت پمپ و توربین (پتکو) از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ مشاور فنی بودم.

۶- به نظر شما چه گرایش‌هایی در مهندسی مواد، فرصت‌های شغلی و آینده شغلی بهتری دارند؟

از نظر بنده در بین گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی مواد، تمام گرایش‌ها مهم و بازارکار خوبی دارند به شرط آن‌که دانشجو در طی دوره‌ی تحصیل فقط به دنبال مدرک نباشد و واقعاً مهارت و علم و دانش کافی در گرایش مربوط به خود کسب کند. اما من به شخصه گرایش شناسایی و انتخاب مواد فلزی را نسبت به بقیه بیشتر ترجیح می‌دهم. به خاطر آن‌که در این گرایش اصول اولیه و پایه‌ای مهندسی و شناسایی مواد تدریس می‌شود و با یادگیری آن‌ها می‌توان در سایر حوزه‌ها هم فعالیت نمود.

Lebenslauf	
Personliche Daten:	Jafar Khalil Allafi geboren am 23.5.1969 in Garmeh, Iran (Stammort: Garmeh, Iran) Familienname: verheiratet die Khat
Schulbildung: 1971-1983	Grundschule und Gymnasium Abschluß: Abitur
Studium: 1983-1989	Institut für Werkstoffe, Institute University of Technology, Tehran, Iran Studienarbeit: Einfluß von Legierungselementen auf die mechanischen Eigenschaften von Kupfergraphit (untempered ductile iron) Abschluß: Bachelor of Science, (Metallurgy Engineering)
1989-1992	Institut für Werkstoffe, Institute University of Science & Technology, Tehran, Iran Diplomarbeit: Einfluß der Kältegeschwindigkeit bei Kältelegen und Eigenschaften der Sandform auf die Schmelzverhalten von Gießblech aus Kupfergraphit (GGG) Abschluß: Master of Science (Engl., Ing., Werkstofftechnik)
Erstellung: 1992	bei der Maschinenbau-Firma Taktel, Iran
Erstellung: 1990-1991	Produktionsingenieur im Rotorwerk Iran, Tehran
1992-1998	Doktor an der National University of Technology-Tehran, Iran Übersetzung des Buches "Thermodynamics of Materials" von David V. Ragone, Teil I in die persische Sprache
1998-2008	Stammungsingenieur bei "Azerbaijan Industry Transition, Co." Taktel, Iran (Leistungsfähigkeitsentwicklung)
1997-1999	Stammungsingenieur bei "Educational Group of Iran Traction Manufacturing Organisation"
seit Jan. 2009	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffe der Ruhr-Universität Bochum



سمت راست صفحه روی جلد رساله‌ی دکتری- وسط رزومه‌ی آقای دکتر علافی قبل از دفاع دکتری در صفحه آخر رساله‌ی ایشان- سمت چپ گواهی جایزه نوآوری تیسن کروب آلمان.

۷- به عنوان یک فرد عادی شاید این سوال مطرح شود که اساسا بایومواد از دیدگاه یک مهندس مواد و از دیدگاه یک مهندس پزشکی چه تفاوت‌هایی با هم دارد؟

مهندسان پزشکی بیشتر از بعد زیستی به بررسی و پژوهش مواد زیستی می‌پردازند اما مهندسان مواد از بعد مواد، روش‌های تولید، خواص، ریزساختار و رفتار آن‌ها در محیط‌های زیستی را بررسی می‌کنند. در این رابطه کتاب زیست‌مواد فلزی و پوشش‌های زیستی را برای علاقمندان این حوزه که توسط خانم دکتر سلطانه‌لی‌پور و من تالیف شده است، توصیه می‌نمایم.

۸- به نظر شما در بین گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی مواد، جای خالی گرایش بایومواد احساس نمی‌شود؟

قطعاً جای خالی گرایش بایومواد احساس می‌شود و بهتر است که این گرایش در دانشگاه ما هم ایجاد شود. بایومواد یک رشته‌ی بین رشته‌ای است که واقعا پژوهش در آن لذت بخش است چرا که می‌توان عملکرد مواد مختلف را در محیط‌های زیستی مورد تحقیق و بررسی قرار داد و واکنش سلول‌های مختلف را در تماس با مواد مختلف مورد ارزیابی قرار داد.

به نظر من گرایش‌ها از نظر علمی کاملا به‌طور زنجیروار درهم تنیده و به هم وابسته هستند و هیچ گرایشی مستقل از گرایش دیگر نیست.

۹- همانطور که اشاره شد در چند سال اخیر، عمده‌ی پایان‌نامه‌های کارشناسی‌ارشد و دکتری تحت راهنمایی جنابعالی در حوزه بایومواد بوده است، در این زمینه چه تحقیقاتی تاکنون انجام شده و چه تحقیقاتی در حال انجام است؟

تاکنون بیش از ۸۵ دانشجوی کارشناسی ارشد پایان‌نامه، و ۱۲ دانشجوی دکتری رساله‌ی خود را تحت راهنمایی اینجانب به اتمام رسانده‌اند. که بیشتر آن‌ها در حوزه آلیاژهای حافظه‌دار و مواد زیستی بوده است. اولین دانشجوی دکترای بنده آقای دکتر وحید عباسی چپانه بود که موضوع رساله‌ی ایشان در حوزه‌ی بالک آلیاژ حافظه‌دار NiTi تعریف شد که ایشان به‌دلیل کمبود امکانات زحمات زیادی متحمل شدند. به‌دلیل اینکه بیشتر کاربردهای آلیاژهای حافظه‌دار NiTi در حوزه مهندسی پزشکی است، تحقیقات ما به سمت مهندسی پزشکی سوق پیدا کرد. از بین دانش‌آموخته‌های دکتری، برخی از آن‌ها به عنوان عضو هیئت علمی در دانشگاه‌های کشور مشغول به کار شدند که زمینه تحقیقاتی آن‌ها نیز مواد زیستی است. خانم دکتر نازیلا هوراند

قدیم بعنوان پژوهشگر پسادکتری تحت راهنمایی اینجانب در زمینه بایومواد فعالیت نمودند. در حال حاضر ۴ نفر دانشجوی دکتری به صورت مشترک با بنده و آقایان دکتر مهدوی و دکتر مزممل کار می کنند. یک پژوهشگر پسادکتری خانم دکتر مهدیه سلطانی پور نیز در زمینه پوشش های زیستی به تحقیق و پژوهش مشغول است.

۱۰- جنابعالی به زمینه تحقیقاتی آلیاژهای هوشمند شناخته شده اید، نقطه آغازین فعالیت پژوهشی شما در این زمینه چه بود؟ و در طول این ۲۰ سال علاقه شما در چه مواردی (تولید، کاربردهای زیستی و ...) از این آلیاژها بیشتر شده است؟

نقطه آغازین علاقه بنده به آلیاژهای حافظه دار، آقای مهندس برانی، همکار بنده در دانشگاه صنعتی سهند، بودند. پایان نامه ی کارشناسی ایشان در مورد آلیاژهای حافظه دار پایه مس بود که اولین بار از ایشان، مطالبی را در مورد این آلیاژها یاد گرفتم. در مصاحبه دکتری بنده با پروفسور اگلر در آلمان برای اخذ پذیرش، ایشان در رابطه با این آلیاژها از من سوال کردند و با توجه به شناخت قبلی من از این آلیاژها و رفتار آنها به سوالات به خوبی جواب دادم و موضوع رساله دکتری نیز در رابطه با آلیاژهای حافظه دار

تعریف شد. در ادامه و رفته رفته علاقه ی بنده به این مواد بیشتر شد تا جایی که همچنان از مطالعه و پژوهش در این زمینه لذت می برم.

۱۱- به نظر شما، دانشجویان در دوران تحصیل، چه نرم افزارها و چه مهارت های جانبی را باید یاد بگیرند؟

در دنیای کنونی برای دستیابی به موفقیت و رسیدن به درجات عالی علمی، باید به کامپیوتر و زبان خارجی در کنار رشته تخصصی خود تسلط کامل داشت. اگر هر یک از اینها به خوبی فراگرفته نشود مسلماً با مشکلات و چالش هایی همراه خواهد بود. مسلماً هر چه با نرم افزارهای تخصصی و غیرتخصصی آشنایی بیشتری داشته باشند موفقیت آنها هم دو چندان خواهد شد. همچنین امروزه فراگرفتن هوش مصنوعی و استفاده از برنامه های مرتبط مانند چت جی پی تی بسیار توصیه می شود.

۱۲- با توجه به شرایط فعلی کشور، بسیاری از دانشجویان به فکر ترک کشور هستند، نظر شما در این مورد چیست؟

درست است که با توجه به شرایط جامعه بیشتر هموطنان به خصوص دانشجویان ما در حال ترک وطن هستند اما این را باید فراموش نکنیم که ما ایرانی هستیم و هر جا

آن‌ها یاد گرفتیم. نظم و انضباط در محیط کار و زندگی مهم‌ترین مشخصه آلمانی‌ها است که بر هر کسی تاثیر می‌گذارد. صداقت و راستگویی و اعتماد به یکدیگر و احترام متقابل و جدیت در کار از خصایص دیگری است که در همکاران و دوستان مشاهده نمودم. برای موفقیت در آنجا علاوه بر رعایت کردن همه آن‌ها بایستی زبان آلمانی را هم به نحو احسن یاد گرفت تا بتوان با آن‌ها ارتباط برقرار کرد.

برای رساله دکتری خود در سال ۲۰۰۲ جایزه بهترین رساله دکتری و نوآوری را در اینستیتو مواد از کارخانه تیسن کروب دریافت نمودم. همچنین یکی از نکات جالب دوره دکتری در

که علم و تخصصی را یاد گرفتیم باید به وطن خود برگشته و به میهن خود خدمت کنیم. از هیچ تلاشی در جهت سربلندی ایران عزیزمان دریغ نکنیم. پژوهشگران چینی و هندی به کشورهای مختلف از جمله آمریکا سفر می‌کنند اما در نهایت ثروت، علم و تخصص خود را به کشور خود برمی‌گردانند. اما متأسفانه ما در حال از دست دادن مغزها، سرمایه‌های مادی و متخصص‌های خود هستیم که بسیار ناراحت‌کننده و تأسف‌بار است.

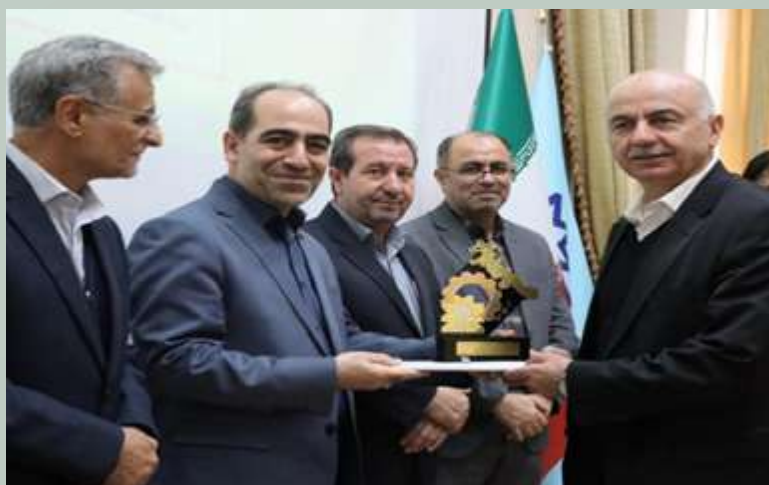
۱۳- تجربه‌ی شما از تحصیل و زندگی در کشور

آلمان چیست؟

خوشبختانه تجربیات و خاطرات خیلی خوبی از زندگی در آلمان دارم و موارد خیلی زیادی از



انتخاب آقای دکتر علافی به عنوان پژوهشگر ایرانی پیر استناد ۲ درصد برتر در بازه ۱ سال اخیر، پژوهشگر برگزیده دانشگاه معرفی شده به جشنواره کشوری و سرآمد پژوهشی دانشکده مهندسی مواد - ۱۹ آذر ۱۴۰۳



مراسم تجلیل از پژوهشگران و فناوران برتر دانشگاه صنعتی سهند - ۱۳ آذر ۱۴۰۲

کشور آلمان، چاپ رساله دکتری در یکی از انتشارات است. درواقع بعد از اتمام این دوره، بایستی رساله دکتری طی قراردادی با یکی از انتشارات، به تعداد مشخصی چاپ شود و تعدادی از آن‌ها در دانشکده و بین دوستان توزیع شود. این رساله‌ها را می‌توان در هر زمان از همان انتشاراتی با پرداخت هزینه تهیه نمود.

۱۴- چه توصیه‌ای را برای استفاده درست از وقت و مدیریت زمان در دوران دانشجویی دارید؟

به نظرم همیشه باید منظم باشیم. نظم و انضباط برای دانشجویان و حتی بعد از دوره‌ی تحصیل از واجبات است. در هرکاری اگر شما نظم داشته باشید خواهید دید که چقدر از کار و زندگی خود لذت می‌برید. بعد از آن، مسئله‌ی بسیار مهم مدیریت زمان است که باید کارهای خود را اولویت‌بندی کنید. به این صورت که وقتی در دوره‌ی دانشجویی هستید اولویت اول شما یادگیری دروس است اما می‌توانید در کنار آن مهارت‌هایی را نیز دنبال کنید. به طور مثال ورزش، یادگیری زبان خارجی، هنر، موسیقی و . . . از نظر بنده یکی از اصلی‌ترین مشکلات نسل جوان

کنونی این است که در زندگی خود نظم کافی ندارند. به طور مثال با دیر خوابیدن دچار کم‌خوابی می‌شوند که در نتیجه‌ی آن تمرکز کافی در کلاس درس ندارند و بر یادگیری آن‌ها تاثیر مخرب و منفی می‌گذارد.

۱۵- باتوجه به اینکه جنابعالی در چهار سال اخیر، براساس داده‌های پایگاه استنادی اسکوپوس با استناد به تعداد مقالات، ارجاعات و تولیدات علمی محققان توسط پایگاه مؤسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام (ISC)، در فهرست دو درصد برتر دانشمندان جهان قرار گرفته و به عنوان پژوهشگر برگزیده دانشگاه به جشنواره کشوری معرفی شده‌اید، چه عاملی را رمز موفقیت خود می‌دانید؟

همانطوری که قبلاً گفتم انضباط کاری و تلاش و جدیت در کار مهمترین عوامل موفقیت هستند. در کنار این‌ها اگر موفقیتی باشد فقط نقش بنده نبوده و تک تک دانشجویان تحصیلات تکمیلی بنده و همکاران عزیزم نقش بسزایی در آن دارند. هر یک از دانشجویان با پشتکار و تلاش بدون وقفه خود باعث حصول چنین موفقیت‌هایی شده‌اند. بنده واقعا مدیون تلاش، کوشش و زحمات همکاران خود و دانشجویان عزیز هستم. در اینجا لازم می‌دانم

از تک تک آن‌ها تشکر و قدردانی نمایم.

۱۶- در نهایت برای دانشجویان در هر سه مقطع کارشناسی، ارشد و دکتری چه توصیه‌هایی دارید؟

مهمترین توصیه‌ی بنده این است که هیچ‌وقت ناامید نشوند و تلاش و جدیت در کار داشته باشند. امید به آینده سبب انگیزه و پویایی آن‌ها خواهد بود. دانشجویان عزیز مطالعه و آموزش را سرلوحه زندگی خود قرار دهند. مطالعه نه فقط در دوره‌ی جوانی و تحصیل بلکه برای تمام مقطع زندگی بسیار حائز اهمیت است. هر چه میزان آگاهی و سواد بالاتر باشد به همان میزان زندگی راحت‌تر و برای جامعه‌ی خود مفید خواهد بود. عمر خود را به بطلالت نگذرانند و از زمان خود بیشترین بهره را ببرند.

۱۷- سخن آخر؟

تلاش کنیم با مجهز شدن به علم و دانش و حرکت در مرزهای دانش و تکنولوژی روز دنیا همراه با وفاق و همدلی، ایرانی آباد و آزاد داشته باشیم و مملکت عزیزمان را صیانت کنیم و در تعالی آن کوشا باشیم. هرچه سواد و آگاهی بیشتر باشد، نیروی متخصص بیشتر باشد، به همان میزان کشور و مملکت به خوبی پیشرفت خواهد کرد. در نتیجه توصیه‌ی مهم بنده به جوانان این است که فقط برای دریافت مدرک تحصیلی، وارد دانشگاه نشوند. یکی از معضلات جامعه امروزی ما مدارک بی‌ارزش و پوشالی است که تعدادی بدون زحمت زیاد اخذ نموده‌اند و در بسیاری از امور در راس کارها موجب ضرر و خسارت‌های زیادی به مملکت عزیزمان شده‌اند. دست مهربان خدای بزرگ یار و یاورتان باشد. بدرود.



معرفی کتاب‌های مرجع زیست‌مواد

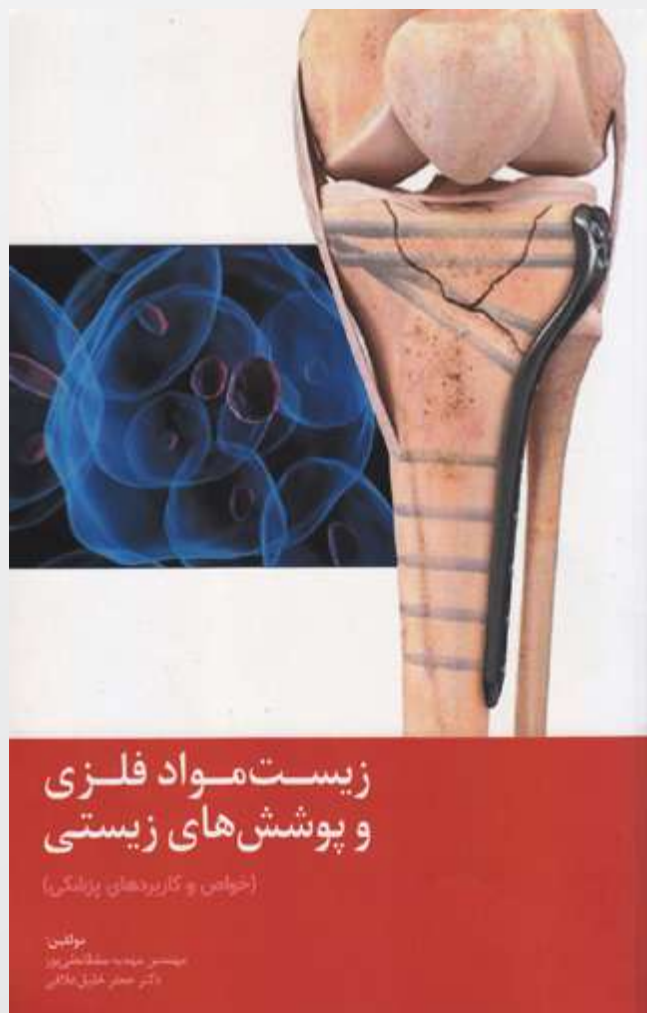
مهندس مهدی اسماعیلی، محمدحسین خسروی



۱- زیست‌مواد فلزی و پوشش‌های زیستی

مؤلفین: مهدیه سلطانعلی‌پور، جعفر خلیل‌علافی

تألیف: سال ۱۳۹۸



مواد فلزی برای جایگزینی اجزای ساختاری بدن انسان به‌کار می‌روند، زیرا از نظر استحکام کششی، استحکام خستگی، و چقرمگی، بر پلیمرها و سرامیک‌ها ارجحیت دارند. زیست‌مواد فلزی در ابزارهای پزشکی، اتصالات مصنوعی استخوان، ایمپلنت‌های دندانی، قلب مصنوعی، صفحات استخوانی، استنت‌ها، و سیم‌ها به‌کار می‌روند. از آنجایی‌که برهمکنش زیست‌مواد با سلول‌ها و بافت‌ها در سطح مشترک ایمپلنت-بافت صورت می‌گیرد، لذا این برهمکنش، یک پدیده‌ی سطحی است. بنابراین خواص سطحی زیست‌ماده نقش بسزایی در تعیین رفتار زیستی و پاسخ زیست‌ماده به محیط فیزیولوژیکی بدن ایفا می‌کند. در خاتمه، مطالعه این کتاب برای کلیه محققین، متخصصین، مهندسين، پزشکان، اساتید، و دانشجویان مهندسی و پزشکی که در حوزه زیست‌مواد و واکنش‌های احتمالی بین آن‌ها و بافت‌های زنده تحقیق و یا تحصیل می‌نمایند، توصیه می‌شود.

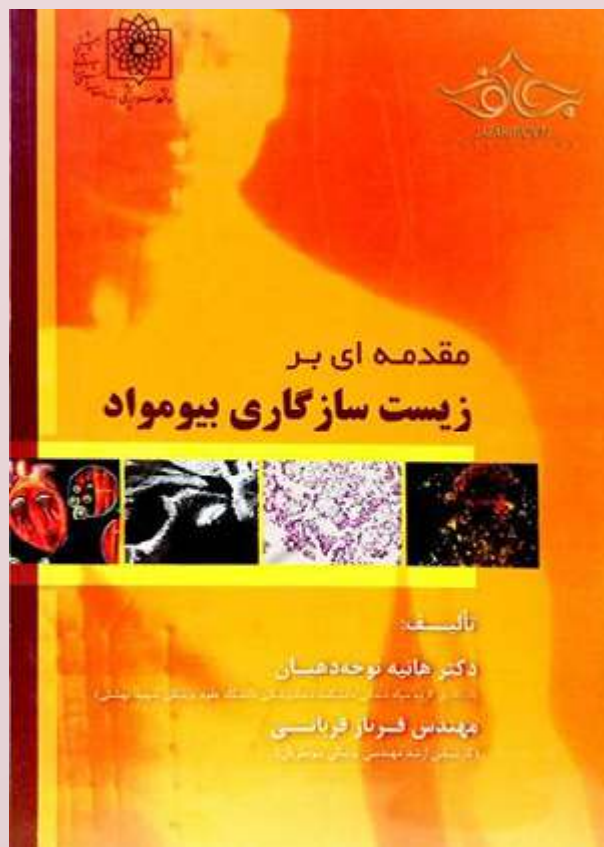
زیست‌مواد به‌عنوان موادی تعریف می‌شوند که در تماس مستقیم با سلول‌ها، بافت‌ها، یا مایعات بدن قرار دارند. امروزه نیاز شدید به زیست‌مواد مهندسی با رفتار مکانیکی، مقاومت به خوردگی و رفتار زیستی مناسب برای افزایش چسبندگی سلولی، رشد سلولی، و تشکیل بافت احساس می‌شود. در این میان

۲- کتاب مقدمه‌ای بر زیست‌سازگاری بیومواد

مؤلفین: هانیه نوجه‌دهیان، فرناز قربانی

تألیف: سال ۱۳۹۴

کتاب حاضر مجموعه‌ای از مباحث مختلف زیست‌سازگاری مواد و برهمکنش زیست مواد با سلول، بافت، و خون می‌باشد. سعی بر آن بوده که مطالب ضمن سادگی، دربرگیرنده موضوعات مهمی از جمله انواع زیست‌مواد، استانداردها، آزمون‌های زیست‌سازگاری مواد، مکانیزم‌های چسبندگی و خون‌سازگاری، اصلاح سطح، التهاب و ترمیم زخم، عملکرد سیستم ایمنی، و سترون‌سازی باشد.



۳- کتاب مقدمه‌ای بر برهمکنش بافت و بیومتریال

مؤلفین: دیوید ای. پائلو، رنا بیزیوس

مترجمین: شاهین بنکدار، محمد رفیعی‌نیا

تألیف: سال ۱۳۹۷

برهمکنش بافت و مایعات بدن با زیست‌مواد یا وسایل پزشکی، مبحث بسیار مهمی برای محققان به شمار می‌رود. بسیاری از کاشتنی‌های مورد استفاده در بازسازی اندام‌های آسیب‌دیده بدن، مانند جایگزین‌های مفصل و کاشتنی‌های دندانی، برای داشتن عملکرد مطلوب باید با بافت اطراف محل کاشت هماهنگ شده، محصولات شیمیایی مضر آزاد نکنند، و موجب تغییرات مکانیکی یا الکتریکی در محل نشوند.



۶- Introduction to Biomaterials

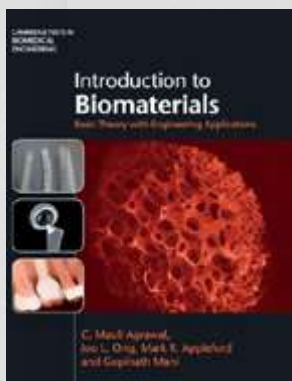
مؤلفین: C. Mauli Agrawal, Joo L. Ong

Mark R.

Appleford,

Gopinath Mani

تألیف: سال ۲۰۱۳



این کتاب، آشنایی کاملی با دنیای زیست‌مواد را برای دانش‌آموزان ارائه می‌کند.

همچنین، خواص اساسی فلزات، پلیمرها، سرامیک‌ها، و زیست‌مواد طبیعی را به همراه مزایا و معایب آن‌ها، پیرامون کاربردهای زیست‌پزشکی بیان می‌کند. در این کتاب، نگرانی‌های بالینی مانند اصلاح سطح، فعل و انفعالات سلول-زیست‌مواد، سیستم‌های تحویل دارو، و مهندسی بافت به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است و به دانش‌آموزان بینش عملی نسبت به چالش‌های دنیای واقعی مرتبط با مهندسی زیست‌مواد ارائه می‌دهد.

۵- Advances in Metallic Biomaterials

مؤلفین: Mitsuo Niinomi, Takayuki

Narushima

تألیف: سال

۲۰۱۵

این کتاب

به بررسی



پیشرفت‌های مهم در استفاده از زیست‌مواد فلزی برای بازسازی بافت‌های سخت و عروق خونی می‌پردازد. همچنین آخرین پیشرفت‌ها در زیست‌مواد فلزی مانند فولادهای زنگ‌نزن، آلیاژهای کبالت-کروم، تیتانیم و آلیاژهای آن، زیرکونیم، تانتالم، و آلیاژهای پایه نیوبیم را پوشش می‌دهد. علاوه‌بر این، آخرین یافته‌ها در مورد مشکلات خوردگی، سمیت سلولی، و حساسیت ناشی از زیست‌مواد فلزی معرفی شده است. این کتاب یک منبع مرجع ارزشمند برای محققان، دانشجویان فارغ التحصیل، و پزشکان شاغل در زمینه مواد جراحی، دندانپزشکی، و مکانیک است.

۴- بیومتریال‌ها، اصول و کاربردها

مؤلفین: جون بی پارک، جوزف برانزیتو

مترجمین: محمد رفیعی‌نیا، شاهین بنکدار

تألیف: سال ۱۳۹۸



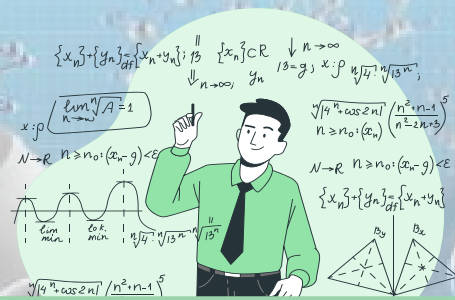
در حال حاضر، مواد مورد استفاده در بدن را می‌توان به فلزات، پلیمرها، سرامیک‌ها، و مواد مرکب دسته‌بندی کرد. کاربرد زیست‌مواد متأثر از واکنش ماده و بدن بوده و باید اساساً زیست‌سازگار باشند. به عبارت دیگر، اثر محیط بدن بر ماده و اثر ماده بر بدن که نقش تعیین‌کننده‌ای در به کارگیری زیست‌مواد دارد، باید در نظر گرفته شوند. این کتاب می‌تواند به نحوه انتخاب مواد در این کاربردها کمک کند.



کاربردهای هوش مصنوعی در علم زیست‌مواد

زهرا جباری، فاطمه مصطفوی

۱- مقدمه



در سال‌های اخیر، نقش هوش مصنوعی (AI) در علم و مهندسی مواد با پیشرفت این فناوری، اهمیت بالایی پیدا کرده است. هوش مصنوعی به محققان کمک می‌کند تا خواص فیزیکی و شیمیایی مواد را بهتر درک کنند. همچنین، با توانایی‌های خود در تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده، با ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر الگوریتم‌های پیشرفته، ابزار قدرتمندی برای بهینه‌سازی و طراحی فرآیندهای زیست‌مواد به حساب می‌آید. از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی در زیست‌مواد، می‌توان به پیش‌بینی ویژگی‌های موردنیاز، بهینه‌سازی شرایط، طراحی مولکولی مواد جدید، و گسترش مواد هوشمند اشاره کرد. تمامی این رویکردها منجر به تسریع دستیابی به نتایج و صرفه‌جویی در زمان می‌شود.



۲- اهمیت و روش کار هوش مصنوعی

برخی از مواد مانند نانوذرات، از نظر شیمیایی بسیار فعال هستند و به سرعت با محیط پیرامون خود وارد واکنش می‌شوند، که ارزیابی پتانسیل سمیت آن‌ها یک نیاز اولیه برای توسعه ایمن‌تر نانوداروها است. هوش مصنوعی به دستیابی به حداقل اطلاعات مورد نیاز برای ارتباط بین ویژگی‌های نانومواد و میزان سمیت آن‌ها کمک می‌کند. همچنین با پتانسیل بالای خود، ساختار سه‌بعدی پروتئین‌هایی را که کشف آن‌ها زمان‌بر است، نشان می‌دهد. در این بین، دانشمندان با تحلیل داده‌های ساختاری متوجه می‌شوند که پروتئین‌ها با چه مولکول‌های دیگری در سلول برهم‌کنش دارند و چه داروهای جدیدی تولید می‌شود.



۳- معایب و مزایای هوش مصنوعی

هوش مصنوعی با انجام بخش عمده کارها به صورت خودکار، انسان‌ها را وابسته به استفاده از این فناوری می‌کند. از آنجایی که امروزه کارها در حال جایگزینی با ماشین‌ها هستند، تداخل انسانی کمتر شده و ممکن است باعث ایجاد مشکل قابل توجهی در برخی استانداردها یا ارائه خروجی‌های نامربوط شود. از طرفی دیگر، هوش مصنوعی با بهینه‌سازی روش‌های ساخت، تعیین ترکیبات، پیش‌بینی ویژگی‌های مواد مختلف، اصلاح شرایط رشد سلولی، جایگزینی مدل‌های حیوانی، و بهبود فرآیندهای تولید زیست‌مواد نقش سودمندی ایفا می‌کند. علاوه، استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، خطاها و تاخیرهای پرهزینه تحقیقات را به حداقل می‌رساند. به کمک کلان داده‌ها و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مجموعه داده‌های بزرگ‌تری را استخراج می‌کند تا برای شناسایی الگوهای کمی و توسعه مدل‌های پیش‌بینی مرتبط با زیست‌سازگاری، استفاده شوند. با این حال، این سیستم‌ها باید به طور مداوم براساس یافته‌های جدید و بازخورد نهادهای نظارتی اصلاح شوند.



استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی توسط هوش مصنوعی برای کنترل رشد سلول‌ها با به کارگیری شبکه‌های عصبی، می‌تواند نقاط زمانی بهتری را پیشنهاد دهد. الگوریتم‌های تکاملی نیز برای بهینه‌سازی پارامترهای مختلف محیط کشت سلول‌ها به صورت خودکار، بهترین شرایط را برای آن‌ها تعیین می‌کنند. سایر زیست‌مواد طراحی شده چون در تعامل با سیستم‌های زنده هستند، باید از نظر زیست‌سازگاری ارزیابی شوند. بنابراین، ایجاد یک تعریف بر پایه هوش مصنوعی برای استخراج خودکار داده‌ها و اثربخشی ایمنی مسئله مهمی است. شناسایی عناصر کلیدی و عیب‌ها محققان را قادر می‌سازد تا تعریفی یکپارچه و قابل اجرا را انتخاب کنند که با روش‌های داده‌کاوی سازگار باشد. الگوریتم این سازوکار می‌تواند با تجزیه و تحلیل داده‌های زیستی، طراحی سیستم‌های در حال تعامل با مواد زیستی را انجام دهد.

۴- کاربردهای هوش مصنوعی در پزشکی

هوش مصنوعی کارکردهای بسیار زیادی در حوزه‌های پزشکی و سلامت دارد که در نمودار درختی زیر، به بخشی از آن‌ها اشاره شده است



کاربردهای هوش مصنوعی

پیش‌بینی نتایج

بیماری
ریوی

جراحی
پلاستیک

با ترجمه تصویر به تصویر به کمک یک مدل واحد، کیفیت برتر تصاویر چهره نمایان می‌شود و به بیماران کمک می‌کند تغییرات مورد نظر را قبل از جراحی پیش‌بینی کنند. علاوه‌براین، با بررسی تاریخچه بالینی و سیتی-اسکن به پیش‌بینی پیشرفت بیماری ریوی و پیش‌آگاهی کمک می‌کند.

مدیریت و کنترل

دیابت

افراد مبتلا به دیابت با بهره‌گیری از پیشنهادات ارائه‌شده از طریق تجزیه و تحلیل داده‌ها، بهبود قابل توجهی در کنترل قند خون خود تجربه می‌کنند. عدم اطلاع دقیق و کامل از سوابق بیماری افراد یکی از دلایل مهمی است که می‌تواند منجر به خطاهای پرهزینه و مرگ‌آور شود.

توصیه‌گر درمانی

ChatGPT

این برنامه راه‌حلی موثر برای افزایش کیفیت پزشکی شخصی، تسریع پاسخگویی به سوالات بیماران و دسترسی به خدمات بهداشتی در حوزه سلامت است. هرچه قدر تعداد کاربردهای AI در پزشکی بیشتر شود؛ اثربخشی راه‌حل‌های مبتنی بر آن نیز بیشتر خواهد شد.

تشخیص بیماری‌ها

سرطان

آلزایمر

قبل از دیرشدن، به کمک الگوریتمی عمیق می‌توانند تغییرات مولکولی را از تصاویر ام‌آرآی استنباط کنند؛ سپس با درنظر گرفتن میزان تاثیرپذیری آن بافت امکان تشخیص با دقت بالا را برای پزشکان فراهم می‌سازند.



۵- نتیجه‌گیری

امروزه، این فناوری پیشرفته و بسیار مهم در حال رشد و توسعه است. AI می‌تواند سرعت و غنی‌سازی هر مرحله از کشف مواد جدید با خواص بهینه شده را ممکن کند. همچنین با موقعیتی که دارد، استخراج اطلاعات معنادار را از حجم وسیعی از داده‌ها میسر می‌سازد و به محققان کمک می‌کند همبستگی‌ها و الگوهای پیچیده را در خواص، ساختارها، و ترکیبات مواد کشف کنند. این قابلیت، نقش‌های متفاوتی از بهینه‌سازی شرایط کشت سلولی تا پیش‌بینی بیماری‌ها را ایجاد می‌کند. بنابراین، رویکردهای مبتنی بر هوش مصنوعی در حال متحول کردن شناخت از مواد، خدمات درمان، و سلامتی هستند.



منابع

1. Goswami, L. , Deka, M. K. & Roy, M. Artificial intelligence in material engineering: A review on applications of artificial intelligence in material engineering. Adv. Eng. Mater. 25, 2300104 (2023).
2. Singh, A. V. et al. Artificial intelligence and machine learning empower advanced biomedical material design to toxicity prediction. Adv. Intell. Syst. 2, 2000084 (2020).
3. Mateu-Sanz, M. et al. Redefining biomaterial biocompatibility: challenges for artificial intelligence and text mining. Trends Biotechnol. 42, 402–417 (2024).
4. Bhbosale, S. , Pujari, V. & Multani, Z. Advantages and disadvantages of artificial intellegence. Aayushi Int. Interdiscip. Res. J. 77, 227–230 (2020).
- ۵- منیره السادات فخرایی، بهزاد خداپناه، «پیش‌نمایش چهره قبل از عمل جراحی پلاستیک با الگوریتم‌های هوش مصنوعی»، نشریه پژوهش‌های نوین در شهر هوشمند، موسسه آموزش عالی آپادانا شیراز، دوره ۱، ۱۴۰۱، ۷۷-۷۱
- ۶- فاطمه بهادر، اعظم صباحی، «بررسی نقش هوش مصنوعی در مدیریت بیماری دیابت در ایران: مرور نظام مند»، مجله پی‌اورد سلامت، دوره ۱۶، شماره ۶، ۱۴۰۱.
- ۷- هدا دشتی پور، «پیشرفت‌های اخیر(نانو) در حسگرهای زیستی: کاربرد هوش مصنوعی»، نشریه زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۳، ۱۴۰۲، ۷۲-۵۵.
- ۸- محمدامین شایگان، زهرا مولودی، «تشخیص بیماری آلزایمر از روی تصاویر MRI با استفاده از هوش مصنوعی»، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، دوره ۳، ۱۴۰۰، ۱۴۷-۱۳۵.
- ۹- ندا بیرگانی، مهسا رهنمازاده، «کاربرد هوش مصنوعی در علم پزشکی»، پنجمین همایش ملی فناوری‌های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر و مکانیک ایران»، تهران، شهریور ۱۴۰۱.
- ۱۰- لیلی مصلی‌نژاد، «چت جی پی تی (Chat GPT) در پزشکی و سلامت: نگاهی جامع به تکنولوژی نوظهور به عنوان شمشیر دولبه؛ آموزش در مراقبت و اخلاق در به کارگیری»، فصلنامه آموزش و اخلاق در پرستاری، دانشگاه علوم پزشکی جهرم، ۱۲، ۱۴۰۲.



آزمون‌های ارزیابی رفتار زیستی زیست‌مواد

دکتر مهدیه سلطانعلی‌پور، مهندس میلاد بدر

۱- مقدمه

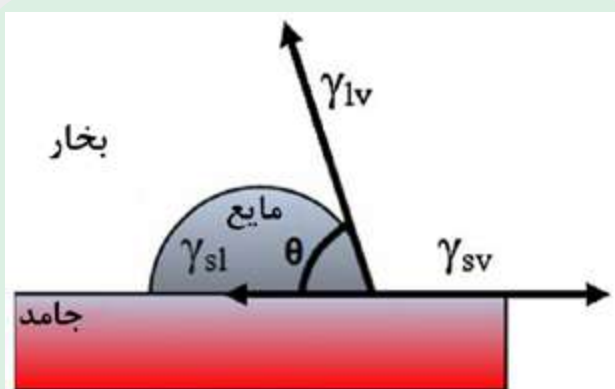
کاشتنی‌ها کاربردهای زیادی در علوم پزشکی دارند، به طوری که سطح این کاشتنی‌ها تأثیر زیادی بر برهمکنش با بافت بدن دارند. انجام آزمایش‌های زیستی برای تجهیزات پزشکی که با بدن بیمار در تماس هستند، ضروری است. با انجام این آزمون‌ها، رفتار زیستی سطح این کاشتنی‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. براساس نتایج همین آزمون‌ها می‌توان رفتار زیستی کاشتنی‌ها را به سه دسته زیست‌خنثی^۱، زیست‌فعال^۲ و زیست‌سازگار^۳ تقسیم‌بندی کرد. تولیدکنندگان کاشتنی‌های پزشکی متناسب با کاربرد آن‌ها نوع آزمایش‌های لازم را تعیین می‌کنند. ارزیابی‌های زیستی تجهیزات پزشکی با استفاده از آزمون‌های برون‌تنی^۴ در محیط آزمایشگاهی و آزمون‌های درون‌تنی^۵ بر روی مدل‌های حیوانی مورد بررسی قرار می‌گیرد که در این مقاله به معرفی برخی از آزمون‌های آزمایشگاهی برون‌تنی پرداخته می‌شود.

۲- آزمون‌های بررسی رفتار زیستی زیست‌مواد

۲-۱- اندازه‌گیری زاویه‌ی ترشوندگی و انرژی سطحی

وقتی یک کاشتنی در درون بدن کاشت می‌شود، در میان رویدادهای مختلفی که رخ می‌دهد، اولین و مهم‌ترین رخداد، ترشدن سطح کاشتنی توسط مایعات فیزیولوژیکی^۶ است. این پدیده جذب پروتئین‌ها را کنترل می‌کند؛ بنابراین ترشوندگی، معیار مهمی است که زیست‌سازگاری کاشتنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ترکیب شیمیایی، توپوگرافی ریزساختاری و بار سطحی سه عامل مهمی هستند که ترشوندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. زاویه‌ی تماس مایع با سطح جامد (θ)، زاویه‌ی

ترشوندگی^۷ نام دارد، این زاویه در شکل ۱ نشان داده شده است. قبل از اندازه‌گیری زاویه‌ی ترشوندگی، لازم است نمونه‌ها استریل شوند. برای اطمینان از دقت اندازه‌گیری لازم است قبل از اندازه‌گیری زاویه‌ی تماس، زمان کافی برای تثبیت شکل قطره در نظر گرفته شود.



شکل ۱- توصیف زاویه‌ی تماسی تشکیل شده در فصل مشترک جامد/مایع و مایع/بخار.

1. Bioinert
2. Bioactive
3. Biocompatibility
4. In vitro

5. In vivo
6. Physiological fluid
7. Contact angle



شکل ۲- نمونه‌ای از یک دستگاه زاویه‌سنج ترشوندگی به روش قطره‌ی ساکن.

۲-۲- پلاسمای جفت شده‌ی القایی-طیف‌سنجی جرمی (ICP-MS)

طیف‌سنجی جرمی یک روش تحلیلی است که برای تشخیص عنصرهای شیمیایی استفاده می‌شود. این روش به خصوص برای شناسایی عناصر در غلظت‌های کم ($^{\text{ppq}}$) کارایی دارد. در این آزمون، مساحتی مساوی با 1 cm^2 از سطح نمونه‌ها در تماس با 10 ml از محلول معین قرار گرفته می‌شود. می‌توان برای انجام این آنالیز و تعیین میزان یون‌های سمی آزاد شده از سطح زیست ماده، از محلول کشت استفاده کرد و یا اینکه نمونه به مدت معین در محلول معین قرار داده شده و آنالیز انجام شود.

۲-۳- بررسی رشد آپاتیت در محلول SBF

برای بررسی رفتار زیست‌فعالی، نمونه‌های مدنظر

اندازه‌گیری زاویه‌ی ترشوندگی به پنج روش مختلف زیر صورت می‌گیرد [۱].



در میان روش‌های فوق، روش قطره ساکن رایج‌ترین شیوه‌ی اندازه‌گیری ترشوندگی متوسط سطح است. در این روش، با استفاده از دستگاه زاویه‌سنج ترشوندگی، قطره‌ای از مایع خالص شده (حجم مشخص و ثابت) بر سطح جامد چکانده می‌شود و زاویه‌ی ترشوندگی (θ) اندازه‌گیری می‌شود. شکل ۲ نیز نمونه‌ای از یک دستگاه زاویه‌سنج به روش قطره‌ی ساکن را نشان می‌دهد.

اگر زاویه‌ی ترشوندگی بیشتر از 90° درجه باشد (شکل ۳-الف)، سطح آب‌گریز است و اگر این زاویه کمتر از 90° درجه باشد (شکل ۳-ب) سطح آبدوست است.

به صورت قائم در داخل محلول آویزان و غوطه‌ور شود (شکل ۴). به منظور پایداری غلظت محلول و میزان pH، محلول هر ۴۸ ساعت، یک بار باید تعویض شود. نمونه‌ها بعد از اتمام زمان غوطه‌وری، به آرامی با آب مقطر شستشو شده و در دسیکاتور بدون اعمال حرارت، خشک می‌شوند. در ادامه برای بررسی رشد آپاتیت در سطح، بعد از اعمال لایه‌ی نازک طلا بر سطح نمونه‌ها، آنالیز FESEM و EDS انجام خواهد پذیرفت.

۴-۲- انجام آزمون سمیت با سلول‌ها

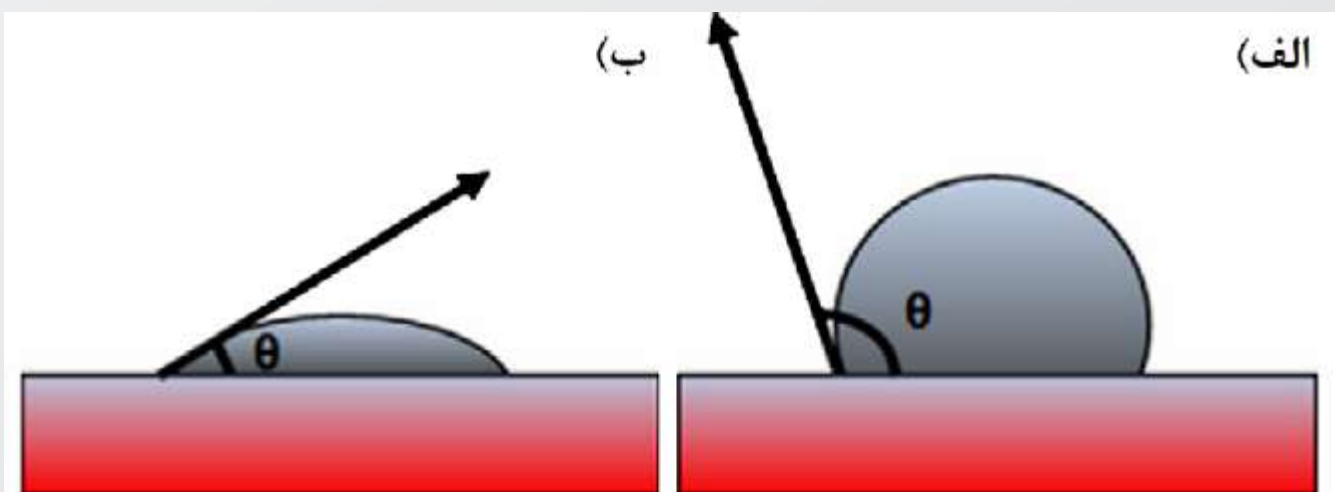
یکی از روش‌های بررسی اثر سمیت سلولی بر رشد و تکثیر سلولی، روش رنگ‌سنجی MTT است. نام این روش از ماده‌ای با فرمول مولکولی $C_{18}H_{16}BrN_5S$ و نام علمی آن "برگرفته شده است. این ماده، پودری شکل، غیرسمی و به شدت به

SBF^۹ به مدت معین تا ۳۰ روز باید در دمای °C ۳۷/۵± و pH=۷/۴ غوطه‌ور شده و قابلیت رشد آپاتیت بر روی سطح آن‌ها بررسی شود. محلول SBF مطابق روش KoKubo و همکارش تهیه می‌شود. ترکیب شیمیایی محلول SBF در جدول ۱ ارائه شده است.

حجم مورد نیاز از محلول SBF برای غوطه‌ورسازی از رابطه‌ی ارائه شده توسط Kokubo و همکارش یعنی معادله‌ی ۱ محاسبه می‌شود

$$V = S/10 \quad (1)$$

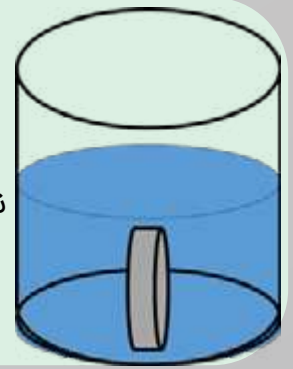
که در آن V، حجم محلول SBF بر حسب ml و S سطح ظاهری نمونه بر حسب mm^2 است. برای سطح متخلخل، حجم محلول SBF برای غوطه‌وری، باید بیشتر از مقدار محاسبه شده باشد. برای جلوگیری از رسوب آپاتیت در سطح، کل نمونه باید



شکل ۳- طرحواره‌ی (الف) سطوح آب‌گریز و (ب) سطوح آب‌دوست.

8. ppq: parts per quadrillion

9. SBF: Simulated Body Fluid



شکل ۴- نحوه غوطه‌وری
نمونه در محلول SBF و بررسی
رشد آپاتیت در سطح نمونه.

کاشتنی‌ها، تشکیل کولنی‌های باکتری روی سطوح کاشتنی است که ممکن است به دردهای موضعی شدید و حتی مرگ منجر شود. تجمع باکتری‌ها در سطح کاشتنی، می‌تواند پلی‌ساکاریدهای سلولی زیادی^{۱۵} را تولید کرده و زیست‌لایه را تشکیل دهد. این زیست‌لایه^{۱۶} در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها بسیار مقاوم بوده و به عفونت‌های مزمن مرتبط با مواد زیستی^{۱۷} (BAI) منجر می‌شود. عفونت مرتبط با مواد زیستی یکی از مشکلات جدی است که عملکرد طولانی مدت کاشتنی را تحت تاثیر قرار داده و اغلب به برداشتن کاشتنی و تجدید جراحی منجر می‌شود. این عفونت‌ها بعد از جراحی، سهم عمده‌ای را در بهبودی با تأخیر در بیماران دارد و به افزایش هزینه‌های درمان و حتی مرگ منتهی می‌شود؛ بنابراین داشتن خاصیت ضد میکروبی برای جلوگیری از چسبیدن باکتری‌ها بر روی سطح کاشتنی‌ها و ابزارهای جراحی الزامی است.

باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس^{۱۸} و اشیشیا کلی^{۱۹} به ترتیب، به‌عنوان نماینده‌ای از باکتری‌های گرم مثبت^{۲۰} و گرم منفی^{۲۱} برای مطالعات برون‌تنی آنتی‌باکتری انتخاب می‌شوند، این دو باکتری از میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و بحرانی هستند که به ایجاد عفونت‌های ناشی از زیست‌مواد

نور حساس است. در صورت استفاده، با محلول PBS^{۱۳} ترکیب شده و رنگ آن زرد می‌شود. این محلول وارد میتوکندری سلول می‌شود و توسط آنزیم سوکسینات دهیدروژناز^{۱۳} به رسوبات فرمازون^{۱۴} ارغوانی احیا می‌شود. از آنجایی که فرایند احیای فرمازون فقط در سلول‌های زنده رخ می‌دهد، می‌توان مقدار عددی چگالی اندازه‌گیری شده را به تعداد سلول‌های زنده ارتباط داد و میزان زنده ماندن سلول‌ها را اندازه‌گیری کرد. در روش MTT، چگالی نوری فرمازون تولید شده توسط سلول‌های اندوتلیال زنده محاسبه می‌شود. نرخ تکثیر سلولی یا درصد زنده ماندن سلولی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$\text{Cell viability (\%)} = \frac{\text{Experimental value}}{\text{Negative control}} \times 100 \quad (2)$$

با توجه به استاندارد ۱۰۹۹۳-۵ UNE-EN درصد بقای سلولی باید از ۸۰٪ تجاوز کند تا از عدم سمیت نمونه‌ها اطمینان حاصل گردد.

۲-۵- انجام آزمون آنتی‌باکتریال

عارضه‌ی چالش‌برانگیز بعد از عمل جراحی در

جدول ۱- ترکیب شیمیایی محلول شبیه سازی شده ی SBF.

ردیف	ماده	مقدار
۱	NaCl	۸/۰۳۵
۲	NaHCO ₃	۰/۳۵۵
۳	KCl	۰/۲۲۵
۴	3H ₂ O .K ₂ HPO ₄	۰/۲۳۱
۵	6H ₂ O .MgCl ₂	۰/۳۱۱
۶	0M-HCl .1	۳۹ ml
۷	CaCl ₂	۰/۲۹۲
۸	Na ₂ SO ₄	۰/۰۷۲
۹	Tris	۶/۱۱۸
۱۰	0M-HCl .1	۰-۵ ml

پزشکی منجر می‌شوند. یکی از روش‌های آزمون آنتی‌باکتریال، روش شمارش تعداد سلول زنده با تماس مستقیم است. قبل از انجام این آزمون، نمونه‌ها به مدت ۲۰ min در اتانول غوطه‌ور شده و به مدت یک شبانه روز تحت امواج فرابنفش قرار می‌گیرند تا در شرایط استریزه خشک شوند. پس از انتخاب باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC ۲۵۹۲۳) و اشیریشیا کلی (ATCC ۲۵۹۲۲)، به مدت ۲۴ h در اتمسفر حاوی ۵٪ کربن دی‌اکسید و در دمای ۳۷ °C و در محیط کشت TSA^{۲۲}، کشت داده می‌شوند. سپس سوسپانسیونی از باکتری‌ها تهیه می‌شود. ۱۰۰۰ µl از سوسپانسیون باکتری روی سطح نمونه ریخته می‌شود، به طوری که سطح نمونه را کامل بپوشاند. از باکتری‌های در تماس با نمونه در زمان‌های معین، نمونه‌برداری به میزان ۱۰۰ µl انجام می‌شود. این میزان از باکتری روی سطح پلیت پخش شده و در انکوباتور در دمای ۳۷ °C به مدت ۲۴ h قرار می‌گیرد. پس از گذشت این ۲۴ h، کولنی‌های تشکیل شده تصویربرداری شده و به روش صفحه‌ی پخش شمارش می‌شوند.

10. Desiccator
11. 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2 and 5-diphenyl tetrazolium bromide
12. PBS: Phosphate-Buffered Saline
13. Succinate dehydrogenase
14. Fermazone
15. Extracellular polysaccharide
16. Biofilm

17. BAI: Biomaterial Associated Infection
18. Staphylococcus aureus
19. Escherichia coli
۲۱. باکتری‌های گرم مثبت شامل گروهی از باکتری‌هاست که در برابر رنگ‌آمیزی گرم واکنش مثبتی دارند؛ به رنگ آبی تیره یا بنفش دیده می‌شوند.
۲۲. باکتری‌های گرم منفی در هنگام رنگ‌آمیزی گرم به رنگ صورتی یا قرمز دیده می‌شوند.
22. TSA: Trypticase Soy Agar

منابع

- 1- M. Geetha, A. K. Singh, R. Asokamani, and A. K. Gogia, "Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants - A review," *Prog. Mater. Sci.*, vol. 54, no. 3, pp. 397–425, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2008.06.004>.
- 2- S. R. Paital and N. B. Dahotre, "Calcium phosphate coatings for bio-implant applications: Materials, performance factors, and methodologies," *Mater. Sci. Eng. R*, vol. 66, pp. 1–70, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2009.05.001>.
- ۳- م. ساطانعلی‌پور، ج. خلیل‌علافی، زیست مواد فلزی و پوشش های زیستی (خواص و کاربردهای پزشکی)، چاپ اول، انتشارات فروزش، تبریز، ۱۳۹۸
- 4- N. Horandghadim, J. Khalil-Allafi, M. Urgan, Effect of Ta2O5 content on the osseointegration and cytotoxicity behaviors in hydroxyapatite-Ta2O5 coatings applied by EPD on superelastic NiTi alloys, *Mater. Sci. Eng. C*. 102 (2019) 683–695. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.05.005>.
- 5- T. Kokubo, H. Takadama, How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity ?, *Biomaterials*. 27 (2006) 2907–2915. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.01.017>.
- 6- H. Moreira, A. Costa-Barbosa, S. M. Marques, P. Sampaio, S. Carvalho, Evaluation of cell activation promoted by tantalum and tantalum oxide coatings deposited by reactive DC magnetron sputtering, *Surf. Coatings Technol.* 330 (2017) 260–269. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.10.019>.
- 7- H. Zhu, X. Ji, H. Guan, L. Zhao, L. Zhao, C. Liu, C. Cai, Tantalum nanoparticles reinforced polyetheretherketone shows enhanced bone formation, *Mater. Sci. Eng. C*. 101 (2019) 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.03.091>.
- 8- C. Park, S. Kim, H. E. Kim, T. S. Jang, Mechanically stable tantalum coating on a nano-roughened NiTi stent for enhanced radiopacity and biocompatibility, *Surf. Coatings Technol.* 305 (2016) 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.08.014>.
- 9- M. Sarraf, A. Dabbagh, B. Abdul Razak, B. Nasiri-Tabrizi, H. R. M. Hosseini, S. Saber-Samandari, N. H. Abu Kasim, L. K. Yean, N. L. Sukiman, Silver oxide nanoparticles-decorated tantala nanotubes for enhanced antibacterial activity and osseointegration of Ti6Al4V, *Mater. Des.* 154 (2018) 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.05.025>.
- 10- J. Wu, K. Ueda, T. Narushima, Fabrication of Ag and Ta co-doped amorphous calcium phosphate coating films by radiofrequency magnetron sputtering and their antibacterial activity, *Mater. Sci. Eng. C*. 109 (2020).
- 11- S. Wu, X. Shen, M. Chen, K. H. R. Yie, Z. Zhou, M. A. Al-Baadani, K. Fang, A. M. Al-Bishari, Z. Deng, J. Liu, L. Yao, Multifunctional TaCu-nanotubes coated titanium for enhanced bacteriostatic, angiogenic and osteogenic properties, *Mater. Sci. Eng. C*. 120 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111777>.
- 12- R. Alias, M. Rizwan, R. Mahmoodian, K. M. Vellasamy, Physico-chemical and antimicrobial properties of Ag/Ta2O5 nanocomposite coatings, *Ceram. Int.* 47 (2021) 24139–24148.
- 13- X. Song, M. Zhao, D. Li, Controllable Ag/Ta ratios of co-implanted TiN films on titanium alloys for osteogenic enhancement and antibacterial responses, *Surf. Coatings Technol.* 436 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.127777>.



گفت‌وگو با مهندس مسعود محجل امامی

مهندس مهدی اسماعیلی، محمد مهدی عزیزی، حمیدرضا محمدی

۱- رزومه فرد

بنده مسعود محجل امامی هستم، ۲۷ سال داشته و متولد شهر تبریز هستم. تحصیلات ابتدایی تا مقطع دبیرستان را در شهر تبریز گذرانده اما با توجه به شغل خانوادگی، در دوره کارشناسی رشته نساجی را انتخاب کردم. رشته صنایع نساجی را در شهر اراک گذرانده و فعالیت کاری خود را در زمینه نساجی آغاز کردم.

۲- شروع کار حرفه‌ای

به دلیل شغل خانوادگی، از ۱۶ سالگی به عرصه نساجی وارد شدم، اما با توجه به شرایط حاکم بر بازار و موقعیت صنعت نساجی، زمینه شغلی خود را به حوزه فولاد تغییر دادم. در سال ۱۳۸۵ با تاسیس شرکت فولاد مهر به فعالیت‌های کاری خود ادامه دادم. با در نظر گرفتن شرایط موجود در طول سنوات گذشته، مکان اصلی شرکت یعنی شرکت اصلی فولاد مهر در سهند واقع شده و شرکت‌های دیگری در حوزه‌های تولیدی و بازرگانی به گروه اضافه شدند که امروزه در شرکت صنایع ریخته‌گری سهند آذرین، به عنوان تولیدکننده انواع قطعات چدنی و ریخته‌گری فولادی در خدمت شما هستیم.

۳- نقشه راه برای به دست آوردن هدف و انتخاب

برای پاسخ دقیق در این زمینه، ابتدا به این نکته اشاره دارم که اهداف و چهارچوب‌های فکری هر فرد ناشی از محیط و شرایطی است که فرد در طی سال‌های گذشته و دوران رشد خود در آن قرار می‌گیرد.

خوشبختانه یا متأسفانه بنده در خانواده فعال در حوزه کسب و کار و کارآفرینی رشد پیدا کرده و بزرگ شده‌ام. به همین دلیل ایجاد اشتغال تاثیرگذار در جامعه برای تولید محصول، چهارچوب اصلی فکری بنده بوده و همچنان است. حتی در سنین کودکی، آرزوی من قرار گرفتن در محیط‌های کاری بود. در سنین کودکی من، بحث‌های شغلی





و کسب و کار در خانواده معمولاً مربوط به کسب و کارهای کوچک و در مقیاس ریز و استانی بودند، اما آرزوی من کمک به کسب و کار و گره‌گشایی بوده و همیشه دوست داشتم که تا حدی تاثیرگذار باشم که حتی همکاران و دوستان فعال در کسب و کار در مورد کوچک‌ترین مسائل مانند مکان اشیا هم با بنده تماس بگیرند. با چنین چهارچوب‌های فکری رشد کرده و به این سن رسیده‌ام.

خدا را شاکرم که در ادامه با شرایط پیش آمده و با کمک همکاران توانستیم در مجموعه‌های خود یک اشتغال‌زایی مناسب و پایداری ایجاد کنیم. در مجموعه‌های ما سعی بر این است که بر روی یک سری محصولات و مقاطع و مواردی پیش برویم که عرصه را برای دیگران تنگ نکرده و یک کار جدید خارج از مقیاس استانی و کشوری و یا کاری با مزیت‌های

صادراتی باشد.

تا به امروز هدف اصلی، پیشروی در این حوزه بوده و میزان پیشرفت و ارتقا و موفقیت در این زمینه را باید از افراد ناظر بیرونی جویا شد. خرسندیم که با سعی و تلاش خود و با کمک همکاران و جوانان در طی ۱۷-۱۸ سال توانستیم در این محیط پیچیده و پرآشوب کسب و کار خود را حفظ کرده و پایدار باشیم و شرکت خود را اینگونه شکل داده و در این زمینه کاری انجام دهیم.

۴- در مسیر، چه افراد و سازمان‌هایی کمکتان کردند؟
در این خصوص بهتر است از افراد و سازمان‌هایی که در برابر پیشرفت مانع تراشی می‌کنند نیز صحبت کنیم. براساس سبک و سیاق کشور و جامعه ما، حتی اگر این مانع تراشی‌ها در ظاهر هم نباشد، در پشت پرده از تمام جهات انجام می‌شود. چنین مانع تراشی‌هایی از طرف

مجموعه‌ها و ادارات دولتی تا همکاران، دوستان و آشنایان نیز صورت می‌گیرد. این مانع تراشی‌ها مطمئناً تاثیرگذار خواهد بود ولی سعی ما براین است که میزان تاثیرگذاری آن‌ها را کمتر کرده و به عبارتی تاثیرپذیری خود را کمتر کنیم.

تقریباً ۵-۶ سال قبل با استادی به نام آقای خدادادی آشنا شدم. ایشان به من آموخت که باید انتظارات خود را مدیریت کنیم و زمانی که صاحب کسب و کار شده و یا یک جوان با فکر و ایده راه‌اندازی کسب و کار، باید در فکر و چهارچوب خود از کسی انتظاری نداشته باشد. درغیراین صورت، همیشه آزار و

اذیت دیده و مشکل و چالش خواهد داشت. با از بین بردن انتظار از دیگران در خود و پذیرش این نکته که در هر زمینه‌ای تنها خودمان هستیم، سعی می‌کنیم که بر روی پاهای خود ایستاده

و کار خود را به تنهایی انجام دهیم. امروزه جوانان ما انتظارات خیلی زیادی از هر طرف دارند مانند انتظار از خانواده، انتظار از حکومت و دولت، انتظار از دانشگاه، انتظار از شرکت و در نهایت باید این انتظارات را از بین برد و متکی بر خود بود. به نظر بنده، در رابطه با این سوال، در این سالیان سعی داشته‌ام که از کسی انتظاری نداشته باشم. در گذشته بنده هم انتظاراتی داشتم و خیلی دوران سختی برای من بود، ولی از روزی که این انتظارات را در خود حذف کردم، توانستم کار خود را راحت‌تر و بی‌دردسرتر انجام دهم.

۵- مشکلات مسیر رشد و راهکار

حل این مشکلات چه بودند؟

به دلیل رشته تحصیلی شما، بنده بیشتر بر شرکت صنایع ریخته‌گری سهند آذرین متمرکز شده و توضیحاتی را در این زمینه





خدمت شما ارائه می‌دهم که شاید در این مسیر کمک حال شما باشد.

شرکت صنایع ریخته‌گری سهند آذرین با سابقه ۲۴ سال فعالیت، تقریباً ۵ سال قبل به گروه ما اضافه شد. ۵ سال قبل این شرکت با اشتغال ۶۰ نفر و تولید سالیانه ۱۰۰۰ تن یک شرکت در

آستانه ورشکستگی بود. بعد از ۵ سال با اشتغال ۳۰۰ نفر و تولید سالیانه ۲۰ هزار تن هدف گذاری ۴۰ درصدی صادرات در حال خدمت‌رسانی است. از همکاران گذشته هیچ کس از شرکت نرفته است، به غیر از افرادی که بازنشسته شده‌اند. یعنی تیم فعال و کاری گذشته همچنان در شرکت حضور داشته و تعدادی نیروی کار جدید به منظور کمک به سازمان اضافه شده‌اند. این تفکر در جمع کارکنان ایجاد شد که به کمک هم می‌توانیم سازمان را پیش

بریم. به عبارت دیگر، شرکتی که در طول سال ۱۰۰۰ تن تولید نداشت، اکنون با همان امکانات و با همان تفکرات و شرایط در طول ماه ۲۰۰۰ تن تولید دارد. باید توجه کرد که امکانات اضافه شده‌است ولی شرایط و تیم همان شرایط و تیم کاری قبلی است.

۶- در دانشگاه‌های علمی-صنعتی

که علی‌رغم نامشان ارتباطی با صنعت ندارند، دانشجویان چگونه این ارتباط را ایجاد کنند؟ به نظر بنده این چهارچوب فکری است که مسیر رشد را تعیین می‌کند و یک مثال با ارزش می‌تواند سهند آذرین باشد. به طور کلی، ریخته‌گری در حوزه متالورژی بسیار تاثیرگذار است. دوستان و همکارانی که ۱۵ یا ۲۰ سال در این سازمان متالورژ بوده و به عنوان مدیر در یک واحد فعالیت داشتند و دارای پایین‌ترین حقوق و مزایا

بودند، اکنون به پست‌های بالاتری رسیده و حقوق و مزایای سایر همکاران را تعیین می‌کنند. به عبارت دیگر، پایین‌ترین دریافتی برخی از پرسنل در زمان حاضر برابر با حقوقی است که سال‌های گذشته مدیران دریافت می‌کردند. همان چهارچوب فکری و رفع موانع ذهنی توانسته آن‌ها را به این مقام برساند و خود آن‌ها نیز به این باور رسیده‌اند. پس به نظر بنده، با اصلاح چهارچوب فکری و اعتقاد به تیم و همکاری و کار تیمی خیلی از مسائل خود به خود حل خواهد شد.

۷- مشکلات صنعتی ایران چیست؟

باید قبول داشته باشیم که در یک کشور جهان سومی زندگی می‌کنیم. برخی از فیلم‌های تبلیغاتی و تیزرها در چهارچوب و مقیاس کشورهای

توسعه یافته است. یعنی الگوبرداری از آن‌ها در کشورمان امکان‌پذیر نیست و نمی‌توان بر آن‌ها تکیه کرده و از آن‌ها برای مسیر توسعه خود و کشور کمک و راهنمایی گرفت. مثلاً در آمریکا یک دانشجو با ارائه یک ایده و تز و مناسب بودن آن، می‌تواند وارد بازار سرمایه شده و تا میلیاردها دلار جذب سرمایه بکند. اما در کشور ما حتی برای شرکت‌های بزرگ جذب سرمایه از بازار سرمایه امکان‌پذیر نیست و در نتیجه این امکان برای دانشجو هم مهیا نیست. شاید در کشور ما چهارچوب نیاز به بومی‌سازی و تغییرات داشته و باید مقیاس‌های خاصی پیاده‌سازی شوند تا بتوانیم در این بستر رشد کنیم. چنین شرایط و بستری در کشورهای توسعه یافته موجود است ولی فعلاً در کشور ما امکان‌پذیر نیست.





کاربردهای مواد هوشمند در علم پزشکی

دکتر مهدیه سلطانعلی‌پور، مهندس میلاد بدر، زهرا جباری

۱- مقدمه

مواد هوشمند، موادی هستند که نسبت به محیط و شرایط اطراف خود واکنش نشان می‌دهند. این مواد به دلیل خواص استثنایی که دارند، به طور فزاینده‌ای در کاربردهای نظامی، صنعتی، مهندسی و پزشکی استفاده می‌شوند. در مقاله حاضر نیز نخست به معرفی دو نوع از مواد هوشمند یعنی مواد ترموکرومیک^۱ و آلیاژهای حافظه‌دار پرداخته شده و سپس از بین کاربردهای مختلف آن‌ها، به چند کاربرد مهم این مواد در علم پزشکی اشاره می‌شود.

۲- معرفی مواد هوشمند

مواد هوشمند به موادی گفته می‌شوند که منجر به سازگاری جسم با محیط پیرامون خود می‌شوند. این مواد دارای توانایی ایجاد تغییر شکل، اندازه، سختی، فرکانس و سایر مشخصات مکانیکی، در پاسخ به تغییرات دما، فشار و میدان‌های الکترومغناطیسی هستند. تاکنون چند نوع ماده محرک هوشمند شناخته شده و به طور عمده استفاده می‌شود که مواد حافظه‌دار شکلی (SMA)^۲، سرامیک‌های پیزوالکتریک^۳، مواد الکترواستاتیک و مواد مغناطیسی سخت از این قبیل هستند. آلیاژهای با حافظه‌داری شکلی به عنوان گروهی از مواد هوشمند شناخته می‌شوند که با تنظیم رفتار خود نسبت به تغییرات محیط،



شکل ۱- پارچه ترموکرومیک چسبیده به پوست دست با دماهای مختلف: (الف) دما در شرایط نرمال و (ب) دما در شرایط تب.

ادامه به کاربردهای پزشکی برخی از مواد هوشمند از جمله مواد ترموکروم و آلیاژهای حافظه‌دار NiTi پرداخته می‌شود.

۳- کاربرد پارچه‌های هوشمند ترموکرومیک برای تشخیص تب

نظارت به موقع تغییرات دمای پوست با پارچه‌های ترموکرومیک هوشمند که به عنوان حسگر عمل می‌کنند، در تشخیص زودهنگام بیماری‌های تب‌دار مانند کرونا، بسیار حیاتی است. پارچه‌های ترموکرومیک، پارچه‌های نوآورانه‌ای هستند که با استفاده از رنگ‌های ترموکرومیک مانند رنگ‌مایه‌ها و رنگدانه‌ها در محصولات پارچه‌ای، تغییر رنگ را در برابر محرک‌های دما نشان می‌دهند. این رنگدانه‌ها بیشتر بر پایه بی‌رنگ‌ها (محلول در آب) و دارای ویژگی تغییر رنگ حساس به حرارت هستند. رنگدانه‌های ترموکرومیک محلول، پایین‌تر از دمای ذوب حلال، پوشش رنگی به خود می‌گیرند اما بالاتر از این دما بی‌رنگ هستند. هنگامی که دمای رنگدانه‌های ترموکرومیک افزایش می‌یابد، حلال موجود در میکروکپسول‌های رنگدانه ذوب می‌شود و به فاز مایع تبدیل می‌شود.

محیط اطراف خود را شناخته و به آن واکنش نشان می‌دهند. اثر حافظه‌داری از ویژگی‌های منحصر به فرد برخی از آلیاژها است که در آن‌ها تغییر حالت مارتنزیتی انجام می‌گیرد. خاصیت حافظه‌داری برای اولین بار توسط ریڈ^۴، در آلیاژ Au-Cd مشاهده شد. بعدها بوهلر^۵ و همکارانش با کشف این خاصیت در آلیاژهای Ni-Ti آن را منتشر کردند. در طی این مدت و در سال‌های بعد بسیاری از آلیاژهای دیگر از قبیل Cu-Al-Ni و In-Ti، Cu-Zn نیز ساخته شدند که دارای خاصیت حافظه‌داری بودند. در بین آلیاژهای آهنی، برخی از آن‌ها مانند Fe-Pd، Fe-Pt، Fe-Ni-Co و Fe-Mn-Si و Ti دارای اثر حافظه‌داری هستند.

یکی از جالب‌ترین انواع مواد هوشمند، موادی با قابلیت تغییر رنگ در واکنش نسبت به محرک‌های خارجی است که در این میان ترموکرومیک‌ها از اهمیت و توجه زیادی برخوردار هستند. توجه به توسعه مواد ترموکروم در چند سال اخیر به دلیل کاربردهای گسترده آن‌ها در ابزارها و وسایل هوشمند افزایش یافته است. این مواد تنها با تغییر دما، قادر به تغییر رنگ به صورت برگشت‌پذیر یا غیربرگشت‌پذیر هستند. در

1. Thermochromic
2. SMA: Shape Memory Alloy
3. Piezoelectric ceramics

4. Chang and Read
5. Buehler

میکروکپسول‌های موجود در رنگدانه‌ها می‌توانند به عنوان شاخص دمای پوست مورد استفاده قرار گیرند زیرا بی‌رنگ هستند و ساختار شیمیایی را تغییر می‌دهند.

پوشش‌های پارچه‌ای هوشمندی که می‌توانند به محرک‌های خارجی مانند دما پاسخ دهند، بیشتر به کمک روش‌هایی مانند پوشش‌دهی پارچه تولید می‌شوند. فرآیند سل-ژل^۶ که یکی از روش‌های پوشش‌دهی است، روش پیشگامی است که خواص الیاف پارچه‌ای را به‌طور همگن تغییر می‌دهد. همچنین، این روش، در مقالات و متون علمی به عنوان یک شیوه کم‌هزینه شناخته شده است که از طریق آن می‌توان پارچه ترموکرومیک را به راحتی و به سرعت تهیه کرد. برای تهیه پارچه‌های ترموکرومیک با واکنش ترموکرومیک بسیار سریع، قلع کلرید پنتاهیدرات^۷ و ترکیب حاوی رنگدانه ترموکرومیک روی سطح پارچه پراکنده می‌شود تا به عنوان یک حسگر در شناسایی افراد مبتلا به تب عمل کند. دمای تغییر فاز ناشی از خواص حرارتی پوشش‌های ترموکرومیک، مهم‌ترین عامل مؤثر بر استفاده کاربردی و روزانه این پارچه است. شکل ۱ نیز تکه‌ای از پارچه ترموکرومیک را نشان می‌دهد که به پوست پشت دست در شرایط دمایی مختلف چسبانده شده است. همان‌طور که در شکل ۱-الف و ب به ترتیب مشاهده می‌شود، این تکه پارچه در شرایط عادی (دمای پوست برابر با $35/9^{\circ}\text{C}$) به رنگ قرمز است که با تغییر شرایط و ایجاد تب (دمای پوست برابر با $38/2^{\circ}\text{C}$) به رنگ سفید در می‌آید.

۴- کاربردهای زیست پزشکی آلیاژهای حافظه‌دار NiTi

اولین کاربرد NiTi در زمینه‌های زیست پزشکی به سال ۱۹۷۵ برمی‌گردد که دکتر آندریسن^۸ از دانشگاه آیووا اولین کاشت یک قطعه ارتودنسی را با بهره‌گیری از خاصیت سوپرالاستیک این آلیاژ انجام داد. سیم‌های ارتودنسی در دمای حفره باکال^۹ در فاز آستنیتی هستند و سال‌هاست که با موفقیت در روند ارتودنسی ثابت با چند براکت^{۱۰} استفاده می‌شوند. پس از قرار دادن سیم در براکت‌ها (مطابق شکل ۲)، از خاصیت سوپرالاستیک برای ایجاد نیروی ثابت برای حرکات پهن‌دندانی استفاده می‌شود.



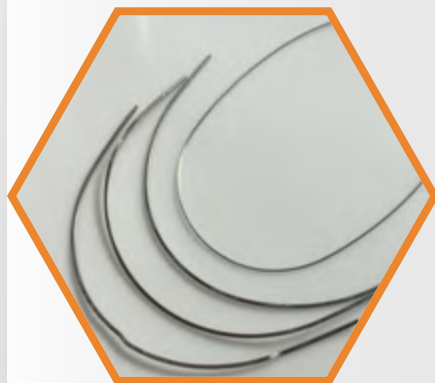
شکل ۲- سیم‌های ارتودنسی قرار گرفته در داخل براکت‌های موجود بر روی دندان.

اثر حافظه‌داری، برای سیم‌هایی که در فاز مارتنزیتی قرار دارند به منظور قرارگیری در حفره باکال به کار می‌روند. این سیم‌ها در حین

قرار گرفتن در براکت‌ها تغییر شکل می‌دهند، آن‌ها سعی می‌کنند هنگامی که بیمار غذا یا نوشیدنی گرم می‌خورد، شکل دست نخورده اصلی خود را بازیابی کنند. از آنجایی که از بازیابی جلوگیری می‌شود، سیم‌ها در طول دوره‌ای که دما بالاتر از حد نرمال است، نیروهای سبکی را بر دندان‌ها وارد می‌کنند.

۱-۴- کاربردهای دندان پزشکی آلیاژهای حافظه‌دار NiTi

خواص آلیاژهای حافظه‌دار با موفقیت در کاربردهای مختلف دندان پزشکی پیاده‌سازی شده‌است. در یک ماده‌ی الاستیک خطی مانند فولاد زنگ‌نزن، به ازای افزایش کرنش به مقدار کم، تنش به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. لذا، بر روی دندان برای مقدار کمی حرکت



شکل ۳- نمونه‌ای از سیم‌های کمانی ارتودنسی از جنس آلیاژ NiTi

اصلاحی، نیروهای زیادی وارد می‌شود. مزیت سیم‌های کمانی شکل سوپرالاستیک، توانایی عملکرد آن‌ها در پلاتو سوپرالاستیسیته است؛ به طوری که طی آن ماده نسبت به افزایش کرنش به مقدار زیاد، تغییر تنش به مقداری نزدیک به صفر را دارد. در نتیجه آن‌ها نیروی تقریباً ثابت و متوسطی برای حرکت فعال دندان‌ها در مدت زمان طولانی‌تری نسبت به فولاد زنگ‌نزن فراهم می‌کنند. به علاوه، ترکیب شیمیایی و فراوری مواد را می‌توان به منظور تولید سطوح مختلف نیروی بهینه‌ی

مهندسی در نظر گرفت. نمونه‌ای از سیم‌های کمانی ارتودنسی در شکل ۳ نشان داده شده است.

یکی دیگر از کاربردهای اساسی دندان پزشکی برای آلیاژهای حافظه‌دار، استفاده از دریل‌های NiTi در جراحی کانال ریشه و سوراخ کردن دقیق داخل دندان است (شکل ۴). مزیت این دریل‌های نایتینول این است که می‌توانند به زوایای نسبتاً بزرگ خم شده و کرنش‌های بزرگ ایجاد کنند، اما همچنان در برابر تنش‌های سیکلی بالا مقاومت می‌کنند.



شکل ۴- دریل‌های NiTi که در دندان پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۴- کاربردهای قلبی-عروقی آلیاژهای حافظه‌دار NiTi

یکی از ابزارهای اولیه قلبی-عروقی، فیلتر سایمون^{۱۱} است. این قطعه برای فیلتر کردن لخته‌های خون

8. Dr. Andreasen

10. Multibracket

9. Buccal cavity

11. Simon filter

آمبولی شده نسبتاً بزرگ در سیاهرگ‌ها در نظر گرفته شده است؛ زیرا خون از قسمت پایینی بدن به قلب برمی‌گردد. لخته‌ها توسط پایه‌های فیلتر به دام می‌افتند. سپس با گذشت زمان در خون حل می‌شوند. این لخته‌ها در بیماران بستری شده رایج هستند و اگر به قلب یا ریه‌ها برسند، خطرناک می‌شوند. دستگاه از حالت منبسط شده‌ی اولیه خود تغییر شکل داده و در داخل یک کاتتر^{۱۳} محدود می‌شود. خود قطعه درحالی که در حالت مارتنزیتی است درون کاتتر قرار می‌گیرد. با کاشت فیلتر و مستقر شدن آن در رگ‌های خونی، جایی که دمای

محیط از دمای $As^{۱۳}$

ماده بیشتر است،

کاتتر آزاد می‌شود،

قطعه توسط

خون اطراف گرم

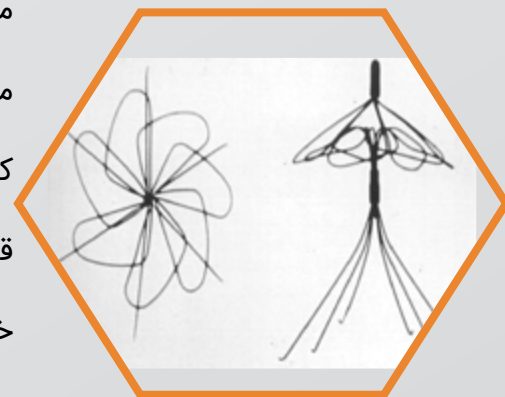
می‌شود و خواص

فعال فیلتر باعث

می‌شود که فیلتر

منبسط شده و

شکل اصلی خود را بازیابد (شکل ۵). یکی دیگر از ویژگی‌های مهم مواد فوق ارتجاعی این است که تنش‌های تخلیه ثابتی را در کرنش‌های بزرگ نشان می‌دهند؛ پس نیروی اعمال شده توسط دما



شکل ۵- فیلتر سایمون ساخته شده از آلیاژ NiTi و تصویر سمت چپ نمای فوقانی این فیلتر را نشان می‌دهد.

تعیین می‌گردد. از آنجایی که دمای بدن به‌طور قابل ملاحظه‌ای ثابت است، می‌توان قطعه‌ای را طراحی کرد که تنش ثابتی روی اشکال اعمال کند. یکی دیگر از کاربردهای قلبی-عروقی آلیاژهای حافظه‌دار، دستگاه انسداد سپتوم دهلیزی^{۱۴} است. این دستگاه برای آب‌بندی سوراخ دهلیزی استفاده می‌شود. روش سنتی که برای رفع این مشکل به کار گرفته می‌شد، بسیار تهاجمی و خطرناک است. دستگاه انسداد سپتوم دهلیزی جایگزین مناسبی برای چنین جراحی است. این دستگاه از خاصیت حافظه‌داری آلیاژهای حافظه‌دار بهره می‌برد. دستگاه انسداد سپتوم دهلیزی از دو نیمه‌ی چتری تشکیل شده است که می‌توانند در مرکز به هم پیچ شوند. در ابتدا این نیمه‌ها تا و محدود شده و وارد قلب می‌شوند. این دو نیمه در دو طرف سوراخ مستقر شده و با استفاده از یک پیچ به هم متصل می‌شوند. در نهایت پیکربندی "ساندویچ" حاصل، یک وصله را تشکیل می‌دهد که سوراخ را مهر و موم می‌کند.

یکی از رایج‌ترین کاربردهای قلبی عروقی NiTi، استنت خود منبسط^{۱۵} شونده است؛ مانند سایر استنت‌های معمولی از این وسیله برای پشتیبانی از مسیرهای لوله‌ای در بدن مانند رگ‌های خونی استفاده می‌شود. به‌طور مرسوم، استنت‌ها از



شکل ۶- استنت خود منبسط شونده ساخته شده از آلیاژ نایتینول.

لوله برش داده شده و سپس به قطر مناسب تنظیم می‌شوند. پس از محدود شدن، استنت NiTi در بدن قرار می‌گیرد. سپس در شریان آزاد می‌شود، جایی که به قطر بزرگ‌تر اصلی خود منبسط شده و به آرامی روی دیواره‌ها به بیرون فشار می‌آورد. علاوه بر این، این قطعه می‌تواند با هر مسیر مستطیلی در مقایسه با استنت‌های فولادی بالنی که به شکل دایره‌ای متمایل هستند، سازگار شود. شکل ۶ تصویری از استنت خود منبسط شونده ساخته شده از آلیاژ نایتینول را نشان می‌دهد.

۳-۴- کاربردهای ارتوپدی آلیاژهای حافظه‌دار NiTi

قطعات توسعه یافته برای کاربردهای ارتوپدی به‌منظور تقویت استخوان‌های آسیب دیده، ضعیف یا شکسته استفاده می‌شوند. یکی از این قطعات، فاصله‌انداز مهره‌های نخاعی^{۱۴} (شکل ۷) است که

فولاد زنگ نزن ساخته می‌شوند. مفهوم سازگاری فیزیولوژیکی در استنت‌ها نقش مهمی دارد. رگ‌ها عموماً پریپیچ و خم هستند و از سوی دیگر بال‌های جراحی پلاستیک رگ‌های خونی، سخت و ناسازگار هستند. بنابراین استنت‌های فولاد زنگ نزن همیشه در جایی مستقر می‌شوند که رگ را مجبور می‌کنند صاف باشد. از طرف دیگر، استنت‌های نایتینول بسیار سازگارتر هستند و خود را به دیواره عروق منحرف می‌کنند تا تنش خمشی به حداقل برسد. استنت‌های فولاد زنگ‌نزن به اندازه دیواره‌ی سرخرگ، توسط یک بالن منبسط می‌شوند. زمانی که بالن خالی می‌شود، استنت فولادی تحت باربرداری الاستیک قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن باربرداری، برای رسیدن به یک قطر خاص، لازم است استنت بیش از حد باز شود تا عملکرد مناسب را نشان دهد. این فرایند تورم بیش از حد می‌تواند

به رگ‌ها آسیب برساند و باعث ایجاد شرایطی شود که در آن، رگ‌های خونی به دلیل ضعیف



شکل ۷- نمونه‌ای از یک فاصله‌انداز مهره‌های نخاعی.

12. Catheter

13. Austenite start temperature

14. Atrial septal occlusion device

15. Self-expanding stent

برای تقویت موضعی مهره‌ها و جلوگیری از حرکت آن‌ها در طول روند بهبودی به‌کار می‌رود. این قطعه در حالی که انعطاف‌پذیری را فراهم می‌کند، نیروی ثابتی را بر روی مفصل وارد می‌کند.

آلیاژهای حافظه‌دار متخلخل می‌توانند به شکل‌های مختلف به عنوان کاشتنی‌های استخوان مصنوعی استفاده شوند. ماهیت متخلخل این ماده، بافت استخوانی موجود را قادر می‌سازد تا به سمت داخل حرکت کرده و استحکام پیوند و رشد استخوانی را افزایش دهد. به‌علاوه، خواص ایمپلنت (مانند سفتی و تخلخل) را می‌توان طوری مهندسی کرد که با استخوان مطابقت داشته باشد. گرمای ذوب برای تشکیل ترکیب NiTi از نیکل و تیتانیم یک روش موثر برای تولید اسفنج نایتینول با چگالی ۴۰ تا ۹۰ درصد است. این اسفنج با خاصیت حافظه‌داری فوق‌العاده ماندگار، مدول الاستیسیته را کاهش می‌دهد و رشد استخوان را تسریع می‌کند.

در یک کاربرد جداگانه، آلیاژهای حافظه‌دار به استخوان‌های شکسته بسته می‌شوند تا روند بهبودی را تسهیل کنند. این قطعات شامل منگنه‌های ارتوپدی^{۱۷} و صفحات حافظه‌دار هستند. به عنوان مثال، منگنه در یک پیکربندی باز در مفصل شکسته نصب شده و توسط یک منبع گرمایش خارجی (دمای بدن) در اثر خاصیت حافظه‌داری به

شکل اولیه خود بازمی‌گردد؛ در نتیجه نیروی فشاری در سطح مشترک استخوان‌های جدا شده ایجاد می‌کند. هنگامی که گچ را نمی‌توان روی سطح شکستگی مانند نواحی صورت و بینی اعمال کرد، از صفحات حافظه‌دار استفاده می‌کنند. این صفحه که تغییر شکل داده، نصب می‌شود و از طریق گرمایش خارجی فعال شده و با اعمال نیرو، اتصالات شکسته‌شده را در کنارهم نگه می‌دارد.

۴-۴- کاربردهای ابزار جراحی آلیاژهای حافظه‌دار NiTi

پیشرفت‌های پزشکی به افزایش استفاده از جراحی با حداقل تهاجم منجر شده است. برخی از فناوری‌های توانمندی که جراحی با حداقل تهاجم^{۱۸} را پیش می‌برند، شامل ابزارهایی هستند که می‌توانند از طریق منافذ کوچک وارد شده و سپس به اندازه دلخواه برای عملکرد خاص گسترش یابند. خواص سوپرالاستیک و اثر حافظه‌داری آلیاژهای حافظه‌دار امکان گزینه‌های طراحی خلاقانه‌تری را در مقایسه با مواد معمولی فراهم می‌کند. یکی از این قطعات، سبد آلیاژ حافظه‌دار^{۱۹} است که برای برداشتن سنگ‌ها (مطابق شکل ۸) در مجرای صفراوی استفاده می‌شود. سایر ابزارهایی که از رفتار حافظه‌داری استفاده می‌شود شامل ابزارهای جراحی با گیره، قیچی و انبر است که در روش‌های لاپاراسکوپی^{۲۰} استفاده می‌شود. همچنین سیم‌های

راهنمای سوپرالاستیک
به خاطر مقاومت در برابر پیچ خوردگی^{۱۹} و انعطاف پذیری عالی به طور گسترده در جراحی مورد استفاده قرار می گیرند.

استخوان های مصنوعی و صفحات بسط استخوانی و در نهایت ابزارهای جراحی اشاره شد. می توان انتظار داشت که در سال های آینده، استفاده از آلیاژهای حافظه دار به خصوص آلیاژ نایتینول در پزشکی به دلایل مختلف از جمله قابلیت های پردازش راحت (آبکاری، ماشین کاری لیزری و . . .) افزایش یابد. به علاوه، عبور اشعه از زیست ماده همچنان یک معضل برای بسیاری از دستگاه ها است، لذا عملیات سطحی و ایجاد سطح رادی اُپسیتی به منظور افزایش قابلیت دید توسط پرتو ایکس ضروری است. در نهایت این احتمال وجود دارد که قطعات پزشکی آینده از پوشش های مختلفی برای بهبود قابلیت دید در MRI و زیست سازگاری به کار گرفته شوند.



شکل ۸- سبد آلیاژ حافظه دار که برای برداشتن سنگ کلیه استفاده می شود.

۵- نتیجه گیری

در مقاله حاضر به معرفی برخی از مواد هوشمند با کاربردهای مختلف در علم پزشکی، پرداخته شد. از بین کاربردهای مهم مواد هوشمند به پارچه های ترموکرومیک برای شناسایی تب، سیم های ارتودنسی، فیلتر سایمون و استنت خود منبسط شونده، ساخت

منابع

- ۱- م. بلندرفتار، ح. ر. مشیدی، م. ربیعی، ع. سلوک، مروری بر کاربرد آلیاژهای هوشمند در تجهیزات قلبی و عروقی، اولین کنفرانس رویکردهای نوین مهندسی پزشکی در حوزه بیماری های قلب و عروق، ایران، تهران، ۱۳۹۳
- ۲- ک. اوتسوکا، س. م. وایمن، مواد حافظه دار شکلی، ترجمه ج. خلیل علافی، آ. میرسپاسی، ب. امین احمدی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ۱۳۹۴.
- ۳- ش. روحانی، ز. بهارمی نیا، مروری بر مواد هوشمند ترموکروم و کاربردهای آن، نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ، ۱۳۹۲.
- 4- L. Civan, S. Kurana, Preparation and characterization of intelligent thermochromic fabric coatings for the detection of fever diseases, J. Materials Chemistry and Physics, 2023.
- 5- H. S. Jeon, J. H. Kim, M. B. G. Jun, Y. H. Jeong, Fabrication of thermochromic membrane and its characteristics for fever detection, J. Materials, 2021.
- 6- L. Petrini, F. Miglia vacca, Biomedical Applications of Shape Memory Alloys, J. Metall. 2011, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2011/501483>.
- 7- D. C. Lagoudas, Shape Memory Alloys: modeling and engineering applications, 1 Edition, Springer Science & Business Media, New York, 2008. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-47685-8>.
- 8- T. Duerig, A. Pelton, D. Stöckel, An overview of nitinol medical applications, Mater. Sci. Eng. A. 273-275 (1999) 149-160. [https://doi.org/10.1016/s0921-5093\(99\)00294-4](https://doi.org/10.1016/s0921-5093(99)00294-4).

16. Spinal Vertebra Spacer
17. Staples
18. MIS: Minimally Invasive Surgery

19. SMA basket
20. Laparoscopy
21. Kink resistance



شوخى علمى

امير محمد دبيري اقدم، محمد حسين خسروي، زهرا جباري، رضا خليل پور

۱- مقدمه

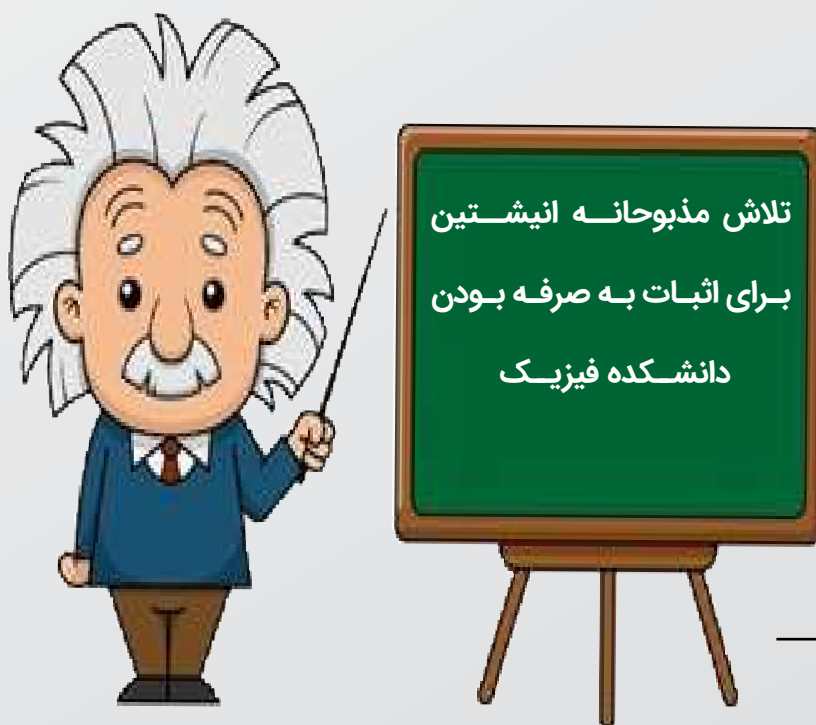
«طنز در مملکت ما یک مقاومت ملی است و همیشه حافظ ایران بوده است.»^۱ طنز، نوعی ژرفکاو و غایت‌اندیشی است و بر نوعی دگرگونی و استحالهی درونی، دلالت می‌کند. این نوشتار صرفاً در جهت افزایش انرژی و آنتروپی و شاید کاشتن نهال لبخند در باغچه نگاه شما عزیزان است. باشد که رستگار شوید...



۲- گرونی

ریاست محترم دانشگاه صنعتی آکسفورد
با غم و اندوه به لیست قیمت
تجهیزات گروه فیزیک نگاه می‌کند:
- چرا فیزیک این همه خرج

دارن؟ اون روز رفته بودم دانشکده ریاضی؛ اصلاً لیست نداشتن، فقط سه تا چیز لازم داشتن: کاغذ، مداد به علاوه پاک‌کن. ایشان در ادامه با حسرت خاصی تأکید نمودند:
- هنوز دانشکده ادبیات خیلی کم هزینه‌تره. اونجا حتی نیازی به پاک‌کن هم نیست.



۱. دکتر حسابی

۳- ایمپلنت‌های دندان



۴- قلب شارژی

گلبول قرمز: سلام دادا چخبر؟ شنیدم از بیکاری دراومدی، مهمون اومده. . .

گلبول سفید: تیکه میندازی؟ آخه کله قرمز تورو چه به این حرفا، اکسیژنت رو جابجا کن. . .

گلبول قرمز: چرا میزنی؟ ما داریم اینجا زحمت میکشیم. اعصاب نداریا!!!

گلبول سفید: آخه میدونی چیشده. . . ؟

گلبول قرمز: آره میدونم، خودم روزی چند کیلومتر تو این بدن میدوعم!

گلبول سفید: عع پس در جریانی، بگو منم بدونم، حیفا جا تنگه. . . وگرنه منم میومدم. . .

گلبول قرمز: میگن فیبر نوری جدید وصل کردن. دعا میکنم یاهست بگیره. . .

گلبول سفید: چی داری میگی؟! تو باز زیاد از حد پلاکت مصرف کردی، بیا پایین سرمون درد گرفت!!

گلبول قرمز: آخه این طرف جدیداً، دو شاخش رو کرده تو قلب، قلب هم ماشالا بیشتر از قبل داره تلمبه میزنه. . . خلاصه زیر کار داغون شدیم. . . این دو سه بسته پلاکت هم تفریحی میزنم والا، وگرنه بچه پاکی ام!

گلبول سفید: خب. . . پاشو بریم لب خروجی. . . گذر عمر رو ببینیم!

گلبول قرمز: ول کن بچه های بالا خبر دادن دیشب شام لوبیا بوده، قراره امروز از نواحی مرزی شمال، طوفان سهمگین همراه با بارش تگرگ به سمت خروجی نزدیک بشه!!!

گلبول سفید: اوه اوه. . . پس نه جای رفته و نه جای نشستن!!!

گلبول قرمز: پس پاشو بریم سمت قلب ببینیم وضعیت پمپاژش چطوره!



گلبول ورودی قلب: آهای بچه ها کجا؟ زیر ۱۸ سال ممنوعه. . .

گلبول قرمز: مگه وزیر نیروی برقی که محدودیت میزاری؟

گلبول سفید: دادا ما چرا اومدیم این قلب ناز میکنه؟

گلبول ورودی قلب: والا مثل اینکه باتری دست دوم بوده، از مغازه بیژن قالپاق گرفتن، خوب کار نمیکنه!

گلبول سفید: یعنی چی که خوب کار نمیکنه؟ نمیریم یوقت؟!

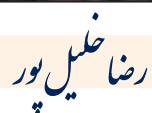
گلبول ورودی قلب: نه بابا!!، این بشر با برنامه، باطری نو رو نگه داشته واسه روزای تعطیل. . .

گلبول سفید: حاجی میبینم آخر هفته ها زیاد در جریانم، پس داستان این بود. . .

گلبول قرمز: داداش ناموسا بزار بریم تو، دو پیک اکسیژن بزنیم برگردیم دستی باهم حساب میکنیم. . .



(شماره دوم - دوره جدید)





برگزار کننده:



بیست و دومین نمایشگاه بین المللی متالورژی

ایران متافو

The 22th INTERNATIONAL EXHIBITION OF
IRAN METAFO

STEEL EXP • NOFER EXP • THERM EXP • MIN EXP

فولاد - صنایع معدنی - فلزات غیر آهنی (مس، آلومینیوم، روی، ...)
ریخته گری - لوله و پروفیل - قالب سازی - ماشین کاری - آهنگری
نسوزها - فروآلیاژها - کوره های صنعتی و عملیات حرارتی

۲۹ آبان - ۲ آذر ۱۴۰۴

محل دائمی نمایشگاههای بین المللی تهران

Tehran International Permanent Fairground 20 - 23 Nov, 2025



تلفن: ۰۲۱ ۸۸۲۰ ۳۰۲۰

www.iranmetafo.com sales@iranmetafo.com





Student Magazine

Metallurgy

No. 2, Winter 2025

Materials Engineering
Tabriz University

Scientific Association
of Technology



@Tut_Materials



@Sut_Materials