



سال دوم
شماره ششم
زمستان ۱۳۷۹



فصلنامه تخصصی انجمن علمی دانشجویان بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز

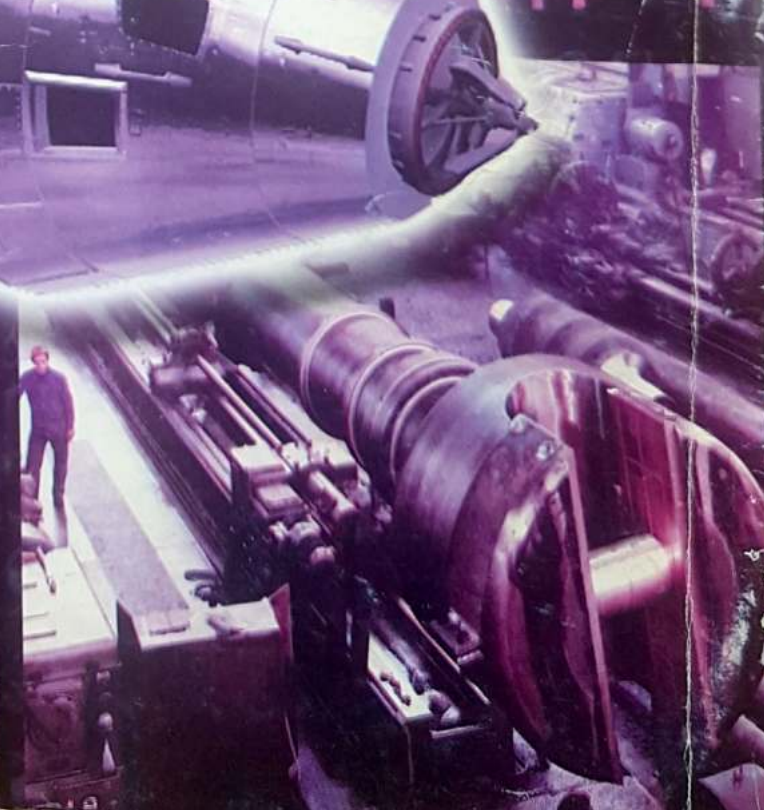
کاربردهای آلیاژهای تیتانیوم

برلیوم

آلیاژسازی مکانیکی

فیبر نوری (Fiber optic)

تریبولوژی چیست؟





از چراغ دانش آن کس که پند دهد و خود پیروی کند پند گیر.

علی (ع)

فلا

فصلنامه تخصصی انجمن علمی دانشمویان
 بخش مهندسی مواد - دانشگاه شیراز
 سال دوم - شماره ششم - زمستان ۹۳
 فصلنامه - ... لاریان

آنچه در نشریات...

حرف اول سخنی با خواننده
مقاله تریبولوژی چیست؟
 کاربرد آلیاژهای تیتانیوم
 FIBER OPTICS
 آلیاژهای بریلیم - آلومینیم
 آلیاژسازی مکانیکی
 بلورهای مایع و کاربرد آن
فراخوان فلز، نشریه شما!

صاحب امتیاز:
 انجمن علمی دانشمویان بخش مهندسی مواد
 دانشگاه شیراز

مدیر مسؤول:
 دکتر سیرهوس موادپور

کمیته شورای سردبیری:
 بهروز نصیمی، شهرام امینی

مدیر امور فنی:
 آرش یزدانی

صفحه آرایی:
 امین مصفری

گرافیک کامپیوتری جلد:
 سعید ملک سعیدی

ایستوگرافی:
 شیراز اسکندر

چاپ جلد:
 مرکز نشر دانشگاه شیراز

چاپ متن:
 اداره فوق برنامه دانشگاه شیراز

تیراژ:
 ۳۰۰ نسخه

نشانی:
 شیراز - دانشکده مهندسی شماره ۱ -
 دفتر انجمن علمی بخش مهندسی مواد -
 فصلنامه تخصصی فلا

پست الکترونیکی:
felez@hyperemail.com

< فلز نشریه‌ای است که به نشر آثار، مقالات و آراء در زمینه‌های علمی مرتبط با مهندسی مواد می‌پردازد.

< عقاید و نظریات چاپ شده در نشریه، لزوماً دیدگاه فلز نیست.

< فلز در رد، قبول، انتخاب عنوان، اصلاح، ویرایش و کوتاه کردن مطالب آزاد است.

< مسؤولیت صحت مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان و مترجمان مقالات خواهد بود.

< آنچه با قلم به فلز هدیه کنید، بازپس فرستاده نمی‌شود.

< استفاده از کلیه مطالب فلز، با ذکر مأخذ مجاز است.



سخنی با خواننده

نشریه‌ای که اکنون پیش رو دارید حاصل تجربه ۵ شماره انتشار فلز است. اکنون فلز به عنوان یک نشریه علمی - تخصصی هدف ارتقاء معلومات دانشجویان را دنبال می‌کند.

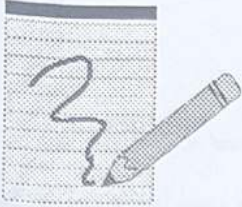
ولی هنوز راهی بس طولانی در پیش رو دارد و این راه هموار نخواهد شد مگر با همکاری شما دوستان علم. پس ما را از پیشنهادات و انتقادات خود بهره‌مند سازید.

آرش یزدانی

مدیر امور فنی نشریه فلز



سال دوم / شماره ششم / فروردین ۱۳۷۹



TRIBOLOGY

تریبولوژی چیست؟

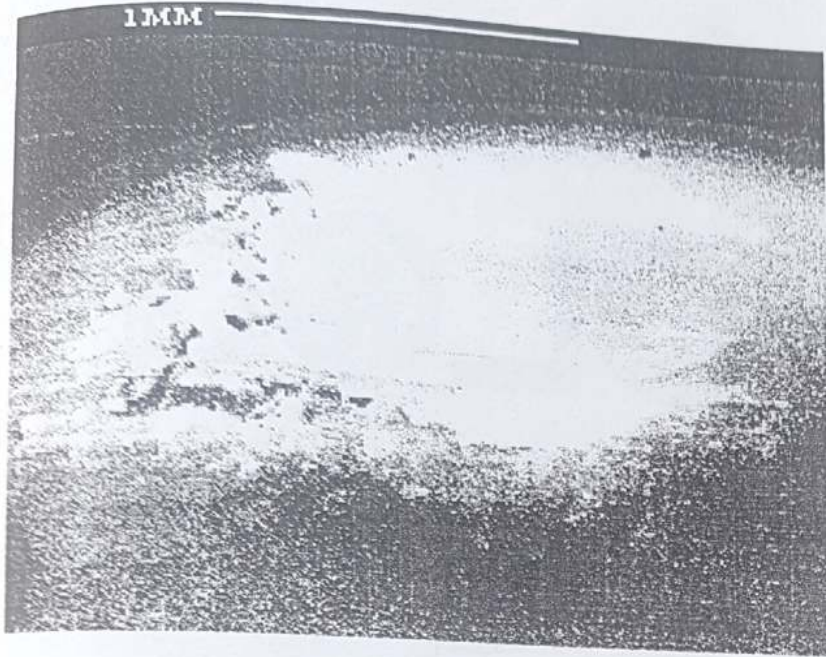
مقدمه

گاهی اوقات با واژه‌هایی روبرو می‌شویم که غریب و ناآشنا به نظر می‌رسند و معمولاً برای یافتن معنای آن، تلاشی جدی انجام نمی‌دهیم. تریبولوژی یکی از همین واژه‌هاست، که اگر برای اولین بار با آن برخورد کنیم، قطعاً نمی‌توانیم حدس بزنیم که به کدام شاخه از علوم مرتبط است: پزشکی، جانورشناسی، جغرافی، ریاضی یا ... در این مقاله سعی خواهد شد تریبولوژی و پدیده‌های وابسته به آن به صورت بسیار فشرده معرفی شوند و دریچه‌ای رو به این دانش گسترده گشوده شود.

حرکت، سنگ بنای تمدن

اگر حرکت وجود نداشته باشد بسیاری از سیستم‌های مهندسی از کار می‌افتند. همانطور که می‌دانید جابه‌جایی یک جسم با زمان، تعریف حرکت است.

در مقیاسی بزرگتر، اگر بخواهیم بدانیم اجسام چگونه حرکت می‌کنند و چه نیروهایی سبب حرکت اجسام می‌شود باید از دینامیک کمک بگیریم. در اطراف ما فرآیندهای بیشماری وجود دارند که به حرکت و رفتار دینامیکی جامدات، مایعات و گازها وابسته‌اند. به عنوان مثال جریان داشتن خون در رگها، حرکت یک دوچرخه، بالارفتن آسانسور و ... حاصل فعالیت سیستمهای بیولوژیکی و مکانیکی هستند. علاوه بر اینها، برخی پدیده‌های غیرمکانیکی که در مبحث الکترونیک یا اپتیک قرار می‌گیرند نیز بر پایه حرکت ذراتی بسیار کوچک مانند الکترونها، یونها و کوانتوم استوار شده‌اند. معمولاً هر جا حرکتی وجود داشته باشد، مقاومت در برابر حرکت یا اصطکاک هم وجود دارد. پدیده اصطکاک به دلیل برهم‌کنشهای فیزیکی بین اجسامی که نسبت به هم حرکت می‌کنند، به وجود می‌آید. اگر یکی از اجسام متحرک، جامد



باشد تأثیر اصطکاک به صورت سایش ظاهر می‌شود که معمولاً به صورت تخریب سطحی جسم جامد خود را نشان می‌دهد.

معمولاً هرگاه صحبت از اصطکاک می‌شود ما فوراً دو جسم جامد در تماس با یکدیگر را تصور می‌کنیم اما حرکت نسبی بین جامد و مایع (کشتی‌ها، لوله‌های آب) یا بین جامد و گاز (هوایماها، توربین‌های گازی) نیز باعث به وجود آمدن اصطکاک می‌گردد.

از کجا آغاز گردید؟

با پیشرفت‌های صنعتی پس از جنگ جهانی دوم، نیاز به استفاده از سرعت‌های بالاتر و نیروها و درجه حرارت‌های بیشتر، بیش از پیش احساس می‌شد. این مسأله به همراه روش‌های نوین تولید و نیز ساخت مواد مهندسی جدید باعث شد تا اصطکاک، سایش و روانکاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شوند. اهمیت موضوع باعث گردید تا عده‌ای از متخصصین و صاحب‌نظران در سال ۱۹۶۶ در کشور انگلستان دور هم جمع شوند و جنبه‌های مختلف این پدیده‌ها را مورد بررسی قرار دهند. این متخصصین پس از پایان کار خود در گزارشی که منتشر نمودند توصیه کردند که باید مطالعات مربوط به اصطکاک، سایش و روانکاری سامان یابد و

تمام مثال‌های زیر در این حیطه جای می‌گیرند. بلبرینگ، چرخ‌دنده‌ها، میل‌لنگ، سیلندر، پیستون، ماشین‌کاری، شکل‌دهی فلزات، پولیش کردن، سوراخ‌کاری، جوشکاری اصطکاک، روشن کردن یک کبریت، حرکت مفصلها در بدن انسان و هزاران پدیده دیگر. اگر چه واژه تریبولوژی نسبتاً جدید است اما مطالعه اصطکاک، سایش و روانکاری سابقه‌ای بسیار طولانی دارد و در این زمینه‌ها بیشترین کارهای علمی و عملی بر روی پدیده اصطکاک صورت گرفته است زیرا که اصطکاک از دیرباز تأثیر خود را در زندگی روزمره نشان داده است.

جایگاهی مستقل در علوم مهندسی پیدا کند. آنها پس از مشورت با دست‌اندرکاران لغت‌نامه آکسفورد، واژه تریبولوژی را برای این گستره جدید پیشنهاد نمودند.

چرا تریبولوژی؟

تریبولوژی از واژه یونانی **تریبو** (Tribo) به معنای لغزش دو جسم روی یکدیگر مشتق شده است و تمام فرآیندهای اصطکاک بین دو جسم که با هم در تماس هستند و نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند را شامل می‌شود.

تریبولوژی را به این صورت هم می‌توان تعریف کرد: مطالعه اصطکاک، سایش و روانکاری. فرآیندهای مرتبط با تریبولوژی شامل تمام پدیده‌هایی هستند که در آنها یک جسم روی جسم دیگر می‌لغزد یا حرکت می‌کند. از این جنبه

اصطکاک همراه قدیمی بشر

جالب است بدانید حتی انسان‌های اولیه هم به اصطکاک از دو جنبه

علاقه‌مند بوده‌اند؛ اول استفاده از حرارت ناشی از اصطکاک برای روشن کردن آتش و دوم غلبه بر اصطکاک در حمل و نقل اجسام. اختراع چرخ یکی از مهم‌ترین تحولات زندگی بشر بود و او را قادر ساخت تا کار لازم برای غلبه بر اصطکاک را کاهش دهد. به نظر می‌رسد که انسان از ۹۰۰۰ سال پیش ارابه را به خدمت گرفته باشد. تحقیقات پیشین ما در مورد اصطکاک همچنان ادامه یافت تا به اختراع لاستیک انجامید. شاید برایتان جالب باشد که بدانید ایرانیان نخستین قومی بودند که از چیزی شبیه لاستیک روی چرخ ارابه‌های خود استفاده می‌کردند و شما می‌توانید این ابتکار را در سنگ‌نگاره‌های تخت جمشید مشاهده کنید.

دو قانون تجربی در مورد اصطکاک وجود دارد: در اولین قانون تصریح می‌شود که اصطکاک مستقل از شکل هندسی یا سطح تماس دو جسم است و دومین قانون بیان می‌کند که نیروی اصطکاک متناسب با نیروی عمودی بین دو جسم است. این دو قانون نخستین بار توسط لئوناردو داوینچی در حدود سال ۱۵۰۰ میلادی به صورت فرمول بیان شد. ما با گذشت زمان به بوته فراموشی سپرده شدند تا اینکه یک مهندس فرانسوی به نام آمونتونسز (Amontons) در سال ۱۶۹۹ این قوانین

را دوباره کشف کرد. نیوتن، گالیله و کلمب از جمله دانشمندانی هستند که بررسی‌های زیادی در مورد اصطکاک انجام داده‌اند. تئوری نوین اصطکاک بر مبنای تحقیقات بودن (Bowden) و تابور (Tabor) بنا شده است. این دو پژوهشگر در سال ۱۹۶۴ پیشنهاد کردند که اصطکاک نیروی لازم برای غلبه بر اتصالات مولکولی بین دو جسم است. آنها از تئوری خود برای توجیه پدیده‌های مرتبط با اصطکاک بهره جستند. که از آن جمله می‌توان به ثابت بودن ضریب اصطکاک و مستقل بودن اصطکاک از اندازه یا سطح تماس اشاره نمود. امروزه دوگانه بودن اصطکاک به عنوان یک تئوری عمومی مورد پذیرش قرار گرفته است؛ یعنی اصطکاک را دارای یک رفتار دوگانه مولکولی- مکانیکی می‌دانند. البته تحقیقات در این زمینه هنوز هم ادامه دارد.

سایش:
همه دانشمندان باید متحد شوند!

اگر چه مفهوم سایش به راحتی قابل درک است اما تعریف آن مشکل است. یک تعریف سایش از دید تریبولوژی کاهش مداوم ماده از سطح جسمی است که نسبت به جسم دیگر دارای حرکت نسبی می‌باشد. یکی از اولین مطالعات جامع در مورد سایش توسط داوینچی

انجام شد. در دست نوشته‌ای که در سال ۱۹۶۷ در اسپانیا پیدا شد، لئوناردو داوینچی بررسی‌های خود را در مورد سایش شرح داده است. او دریافت که سایش با اضافه کردن بار (Load) افزایش می‌یابد. وی برای به حداقل رساندن سایش، یک یاتاقان طراحی کرد و جنس آن را از آلیاژ ۳۰ درصد مس و ۷۰ درصد قلع انتخاب نمود.

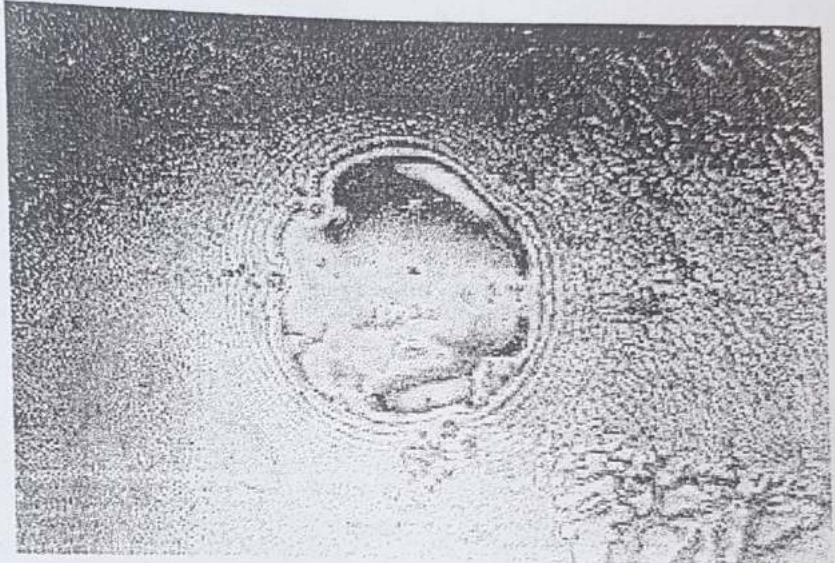
دوران جدید بررسی‌های سایش مربوط به دهه ۳۰ میلادی است. در این سالها محققان دریافتند که فلزات ممکن است در طول فرآیند سایش، اکسید شوند و بدین خاطر به روی تأثیر اتمسفر محیط بر روی سایش فلزات به عنوان پارامتر مهمی تأکید کردند. زیبل (Siebel) در سال ۱۹۳۸ به این نکته اشاره کرد که کارهای تحقیقی زیادی توسط فیزیکدانها، شیمی‌دانها، متالورژیست‌ها و طراحان و تئوریسین‌های الاستیسته و پلاستیسته می‌بایست انجام شود، که یک پیشرفت واقعی در زمینه مطالعه سایش حاصل شود. تحقیقات دانشمندان ادامه یافت تا اینکه آرچارد (Archard) قوانین تجربی سایش را به این صورت بیان کرد. حجم سایش با بار و مسافت لغزش نسبت مستقیم و با سختی فلز نرم‌تر از میان دو فلزی که در تماسند، نسبت عکس دارد. پژوهشها در مورد سایش هنوز هم ادامه دارد و علاوه بر

فرآیند، دمای انجام فرآیند و سایر ویژگیها انجام می گیرد. تحقیقات باستان شناسی نشان می دهد که استفاده از روانساز، پیشینه ای ۵۰۰۰ ساله در مصر، آشور و ایران دارد. امروزه دگرگونیهای

فلزات، سرامیکها، پلیمرها و کامپوزیتها را در برمی گیرد.

روانکاری سابقه ای ۵۰۰۰ ساله:
روانکاری فرآیندی است که در آن

اعلام شده است که با استفاده از دانش تریبولوژی سالانه حدود ۱۶ میلیارد دلار صرفه جویی در انرژی فقط در ایالات متحده آمریکا قابل دسترسی خواهد بود. بد نیست بدانید که پس از معرفی تریبولوژی در سال ۱۹۶۶ در فاصله ۱۱ سال حدود ۵۵۰۰۰ مقاله در نشریات مختلف پیرامون تریبولوژی به چاپ رسید. طبق آمار موجود، در سالهای اخیر به طور متوسط هر سال ۸۰۰۰ مقاله در این زمینه به چاپ رسیده است. در کشور ما هم چندین سال است که به تریبولوژی توجه جدی شده است و انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران هدایت پژوهشها و تحقیقات راهبردی در این زمینه را بر عهده دارد. چهارمین سمینار این انجمن در اردیبهشت ماه ۱۳۸۰ در اصفهان برگزار خواهد شد که یکی از زمینه های موضوعی این سمینار به تریبولوژی و روشهای کنترل سایش اختصاص یافته است.



بسیاری در روانسازها بوجود آمده است و روانکاری جایگاه برجسته ای در میان علوم به خود اختصاص داده است.

با استفاده از یک روانساز جامد، مایع یا گاز، اصطکاک و (یا) سایش بین سطوحی که نسبت به هم به طور نسبی در حال حرکتند، کاهش می یابد. از آنجا که اصطکاک و سایش الزاماً با یکدیگر وجود ندارند از واژه و (یا) استفاده گردیده است. روانساز ماده ای است که برای کاهش اصطکاک یا سایش یا هر دو، بین سطوح متحرک در حال تماس بکار می رود. انتخاب روانساز مناسب برای هر ماده با در نظر گرفتن نوع

تریبولوژی چقدر اهمیت دارد؟

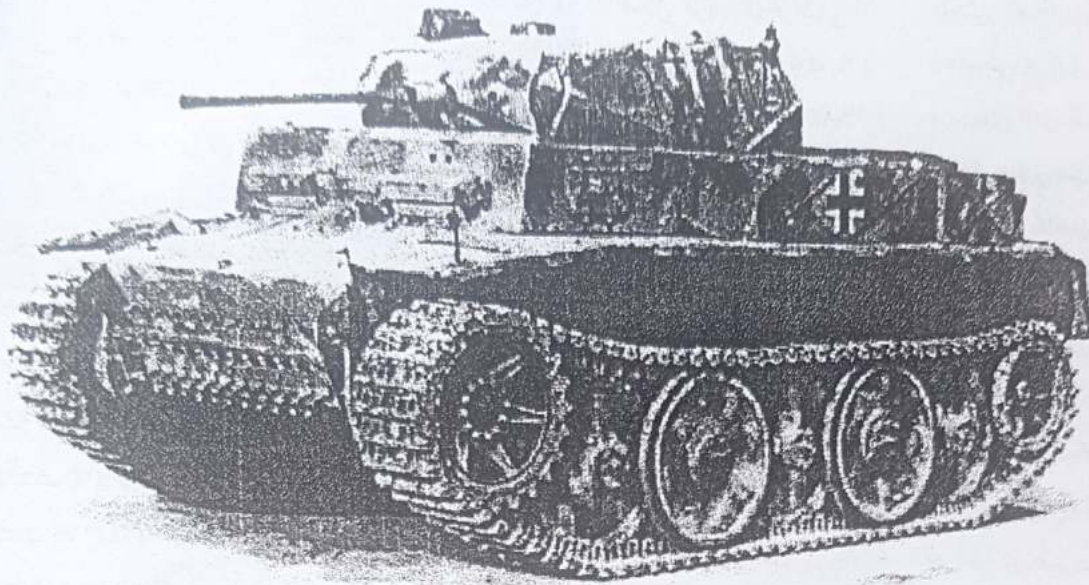
برگردیم به بحث اصلی خودمان یعنی تریبولوژی. با به کارگیری درست تریبولوژی ما شاهد کاهش قابل توجهی در هزینه های نگهداری و تعویض قطعات خواهیم بود. همچنین با کاستن از اصطکاک، عمر مفید ابزار و دستگاهها افزایش خواهد یافت. به عنوان مثال

امید می رود این مقاله در معرفی هرچند کوتاه تریبولوژی و اهمیت آن موفق بوده باشد و شما را با یکی از زمینه هایی که می توانید در مورد آن به بررسی و مطالعه بپردازید، آشنا کرده باشد.

References



1. H. Czichos, "Tribology, a system approach", Elsevier Scientific publishing Company, 1978
2. M.B.Bever, "Encyclopedia of Materials Science and Engineering", Pergamon press, Vol. 7, pp. 5145-5157, 1986
3. J.A.Schey, "Tribology in Metal Working", American Society of Metal, 1983



کاربرد

آلیاژهای تیتانیوم

مقدمه:

تیتانیوم حدود دویست سال است که به عنوان یک عنصر شناخته می‌شود ولی تنها در طی چهل سال گذشته از اهمیتی ویژه برخوردار شده است. در طی این مدت تولید تجاری تیتانیوم و آلیاژهای آن در ایالات متحده از کمتر از هزار تن به بیش از ۳۲ هزار تن در سال افزایش یافته است.

تیتانیوم فلزی است سفید رنگ که مراکز اصلی تولید کانیهای آن کشورهای آمریکا، کانادا، برزیل، نروژ، هند و استرالیا می‌باشند. صرف نظر از عناصر گازی و کربن، تیتانیوم به عنوان هشتمین عنصر از لحاظ فراوانی شناخته می‌شود و از

نظر فراوانی استفاده، تیتانیوم بعد از فلزاتی مانند آهن، آلومینیوم و منیزیم قرار دارد.

در طول دهه گذشته تمرکز بر روی آلیاژهای تیتانیوم از هوافضا به کاربردهای صنعتی تغییر پیدا کرده است. صنعت تیتانیوم به بازار صنایع هوایی بسیار وابسته بوده است و این بخش از صنعت قسمت عمده‌ای از مصرف این فلز را تأمین می‌کرده ولی این فلز به علت کم بودن هزینه‌های نگهداری در دراز مدت، با وجود قیمت خرید بالا، مورد توجه دیگر بخشهای صنعت نیز قرار گرفته است.

خواص:

تیتانیوم به شکل پودر در دمای اتاق پایداری است اما در حدود ۱۲۰ درجه سانتیگراد شروع به اکسید شدن می‌کند، اما فلز به هم پیوسته می‌تواند تا دمای حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد گرم شود بدون این که اکسیداسیون مشکل ساز گردد.

چگالی تیتانیوم در حدود ۵۵ درصد فولاد بوده و در برابر خوردگی، به خصوص در برابر اسیدهای سرد رقیق، ترکیبات کلریدی، کلر و آب دریا، از خود مقاومت بالایی نشان می‌دهد. مقاومت به خوردگی تیتانیوم به لایه اکسیدی محافظت‌کننده پایداری بستگی دارد که

آلیاژهای تیتانیوم:

تیتانیوم به دو شکل کریستالوگرافی یافت می‌شود. در دمای اتاق تیتانیوم α با ساختار HCP وجود دارد و در ۸۸۳ درجه سانتیگراد ساختار فوق به BCC تغییر می‌کند و به آن تیتانیوم β می‌گویند. دستکاری در ساختار فوق در ضمن تولید آلیاژ و اعمال فرآیندهای ترمومکانیکی مبنایی برای گسترش آلیاژهای تیتانیوم و خواص آنها بوده است.

این دو فاز همچنین راهی مناسب برای طبقه‌بندی محصولات تیتانیومی می‌باشند. بر اساس فازهای موجود آلیاژهای تیتانیوم به سه گروه آلیاژهای α ، β ، $\alpha + \beta$ تقسیم می‌شوند. آلیاژهای α شامل عناصری نظیر Al و Sn هستند. این عناصر پایدارکننده فاز α به دو صورت ممانعت از صورت گرفتن استحاله فازی در دمای مربوطه و یا با افزایش دمای دگرگونی، باعث ثبات فاز α می‌شوند. آلیاژهای α معمولاً نسبت به آلیاژهای β دارای مقاومت به خزش بالاتری می‌باشند و برای استفاده در دماهای بالا مناسب هستند. از مشخصه‌های آلیاژهای α می‌توان به استحکام، toughness و قابلیت جوشکاری مناسب آن اشاره کرد اما قابلیت شکل‌پذیری آن از β کمتر است. برخلاف آلیاژهای β ، نمی‌توان به وسیله عملیات حرارتی استحکام آلیاژهای α را زیاد کرد و تنها می‌توان به وسیله فرآیندهای annealing و یا تبلور مجدد

برروی آن ایجاد می‌شود و فلز را جهت تولید وسایل در فرآیندهای شیمیایی و یا اندامهای مصنوعی سودمند می‌سازد. تیتانیوم می‌تواند نسبت بالای استحکام به وزن خود را در دماهایی که آلیاژهای سبک شروع به fail می‌کنند و یا نسبت فوق برای آنها شروع به کاهش می‌کند، حفظ نماید. به نظر می‌رسد که تیتانیوم می‌تواند در بسیاری از کاربردهای کنونی در هواپیماهای سریع‌السیر جایگزین فولاد شود. این فلز همچنین به‌طور گسترده‌ای در وسایل آتش‌بازی و تیوبهای خلأ بکار برده می‌شود.

تولید:

عمده تولید تجاری تیتانیوم بر اساس روش تولید KROLL می‌باشد. در این روش، اکسید تیتانیوم و کربن با یکدیگر در حضور جریان کلر در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد حرارت می‌بینند. بخار روغنی حاصل به وسیله پودر مس تقطیر می‌شود تا تراکلرید تیتانیوم در حضور منیزیم و کلرید منیزیم با استفاده از روش تقطیر در خلأ احیا شود. روش‌های دیگر تولید فلز عبارتند از: احیای دی‌اکسید تیتانیوم به وسیله منیزیم و کلسیم، جداسازی گرمایی ترایدید تیتانیوم، تجزیه تراکلرید تیتانیوم به وسیله هیدروژن و الکترولیز ترکیبات کلریدی فلز بدست آمده به وسیله هر یک از روش‌های فوق در کوره قوس الکتریکی ذوب شده و با سرد شدن در حضور آب فلز پیوسته حاصل می‌شود.

تنشهای باقیمانده بر اثر سردکاری را کاهش داد. آلیاژهای $\beta + \alpha$ دارای ترکیب مخلوطی از β و α هستند به نحوی که در دمای اتاق در صد β بین ۱۰ تا ۵۰ درصد متغیر است. رایج‌ترین آلیاژهای $\beta + \alpha$ ، آلیاژ Ti-6Al-4V می‌باشد. اگر چه این آلیاژ به خصوص در شرایط anneal نیز به سختی شکل می‌پذیرد. اما آلیاژهای $\alpha + \beta$ معمولاً قابلیت شکل‌پذیری خوبی دارند. خواص مکانیکی این آلیاژها به علت وجود فاز β در آنها در طی عملیات حرارتی قابل کنترل است.

آلیاژهای β حاوی عناصری مانند V، Mo، Nb می‌باشند که باعث کاهش دمای استحاله α به β می‌شوند و باعث گسترده‌تر شدن منطقه β می‌شوند. آلیاژهای این گروه دارای قابلیت چکش‌خواری و سختی‌پذیری مناسبی بوده و در برابر عملیات حرارتی به خوبی پاسخ می‌دهند.

امروزه تحقیقات بسیار کمی در صنایع بر روی آلیاژهای جدید صورت می‌گیرد و تکیه بیشتر بر روی یافتن فرآیندهای تولیدی است که شکل‌های جدیدی از محصولات را با هزینه کمتر عرضه می‌کنند. هدف، گسترش بازار کنونی غیر صنایع هوافضا و یافتن بازارهای جدید است.

جنگ افزارهای بالیستیک: کاربرد تیتانیوم در زمینه جنگ‌افزارهای بالیستیک در چند سال گذشته رشد محسوسی از خود نشان داده و پتانسیل



A forged and machined Ti-6Al-4V

Ti-6Al-4V شدند.

سایر توسعه‌های این بازار عمدتاً بر روی آلومینایدهای تیتانیوم گاما و آلیاژهای ارتورمبیک که خواص تقویت شده‌ای مانند مقاومت در برابر خزش و استحکام در دمای بالا دارند، متمرکز شده است.

گسترش قاب‌های هوایی: توسعه آخرین فرامهای هوایی مانند بوئینگ ۷۷۷ و یا مک دانل داگلاس C7 عاملی جهت گسترش کاربرد تیتانیوم بوده است. به عنوان مثال Timetal 10-2-3 که در دنده اصلی فرود ۷۷۷ استفاده شده است و نمایانگر گسترده‌ترین استفاده از تیتانیوم در صنایع هوایی غرب است. آلیاژهای ناپایدار Timetal 15-3 در لوله‌های کنترل محیطی، گلوله‌های جنگی، فنر درها و گیره‌های کوچک فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Timetal 215 در طول دهه گذشته گسترش یافته و به سرعت به علت مقاومت بالا در برابر خوردگی و اکسیداسیون حاصل از تجزیه حرارتی محصولات سیالات روغنی، مورد استفاده قرار گرفته است. از این آلیاژ در

Timetal, Timetal614
Timetal15/3 و 62S مورد توجه قرار گرفته‌اند. انتخاب آلیاژ در زمینه فوق به وسیله احتیاجات حفاظتی و ایمنی جلیقه‌ها، طراحی آنها و مواد مورد نیاز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

موتور توربین‌های گازی: استفاده از تیتانیوم در توربین‌های گازی تا حد قابل توجهی گسترش یافته است. در قسمت‌های موتوری که در دمای پایین کار می‌کنند استفاده مداوم از کامپوزیت‌های غیر فلزی جای خود را به آلیاژهای نیکل داد. چون آلیاژهای نیکل در برابر خزش، استحکام در دماهای بالا و مقاومت در برابر اکسیداسیون در زمان‌های طولانی از خود توانایی‌های مناسبی را ارائه کرده‌اند. با گذشت زمان آلیاژهای دما بالا مانند Timetal 834 موفق شدند جای آلیاژهای نیکل را در بازار فوق به خود اختصاص دهند. گسترش فرآیندها و بوجود آمدن محصولات ارزانتری مانند Timetal 614 به شکل نوار باعث شد که عملاً هیچ ماده غیر فلزی جایگزین تیتانیوم در پره‌های موتورها نشود. سایر پیشرفت‌های اخیر بیشتر به صورت جایگزینی بوده است، به عنوان مثال آلیاژهای با استحکام بالاتر مانند Timetal 6246 و یا آلیاژهای سبک مانند Timetal 550 جایگزین

خوبی را برای آینده فراهم آورده است. دو پهنه اساسی در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفته است: یکی وسایل نقلیه زرهی و دیگری جنگ‌افزارهای فردی (عمدتاً وسایل حفاظتی ضروری). اولین کاربرد در این زمینه ساخت ائتافک قرماتدهی در زره‌پوش جنگی A2 براولی بود، سایر وسایل نقلیه‌ای که از تیتانیوم در آنها استفاده شد عبارت بودند از: A3 براولی، خمپاره‌انداز سبک‌وزن و تانک M1 که در آن یک برجک کامل از تیتانیوم ساخته شده بود. تمام کاربردهای اولیه بالا برای مواردی مانند کاهش وزن، توانایی حمل و نقل هوایی، ایمنی مضاعف و یا سرویس‌دهی بهتر مورد استفاده قرار می‌گرفتند. کاربرد تیتانیوم در عرصه حمل‌ونقل هوایی نیز رشد فزاینده‌ای داشته است، به طوری که عرشه پرواز جنگنده فرانسوی Charles De Gaulle از تیتانیوم ساخته شده است.

بازار فوق غالباً با آلیاژ Ti-6Al-4V تغذیه می‌شود، با این حال احتمال گسترش کاربردها، تولیدکنندگان را بر آن داشته است که در کم‌کردن هزینه‌ها و یا بهینه کردن استفاده جنگ‌افزاری از تیتانیوم تلاش کنند. این تلاشها بر روی آلیاژ Timetal 62S با ترکیب Ti-6Al-0.2Si-1.8Fe متمرکز شده است. این آلیاژ از لحاظ جنگ‌افزاری مزیت‌هایی بر Ti-6Al-4V داشته و از قیمت ارزانتری برخوردار است. در جنگ‌افزارهای فردی آلیاژهای

آلیاژ قابل رقابت در دو زمینه سرویس دهی و هزینه می باشد.

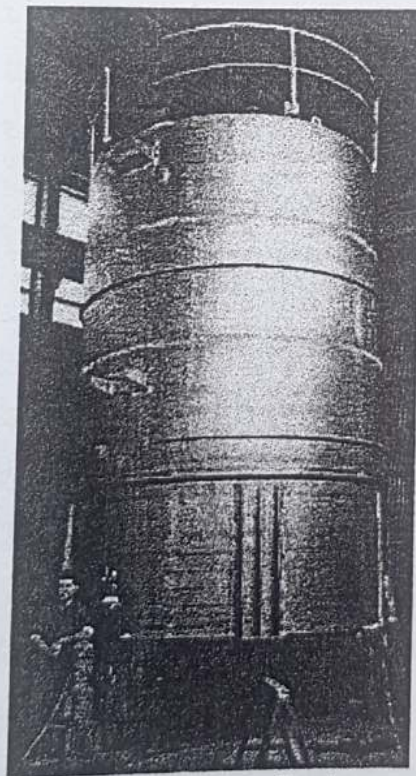
علاوه بر کاربردهای فوق آلیاژهای تیتانیوم در بازار صنایع ورزشی به طور فزاینده ای مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد تیتانیوم - تنگستن ($W_2Ti_2C_6$) جهت بهبود استحکام، سختی، Ductility و نیز اندازه دانه به بعضی از فلزات مانند آلومینیوم، مس، منیزیم و نیکل اضافه می شود. Ti به شکل Ferro Titanium جهت دی اکسید کردن و نیز عاری کردن فولادها از نیتروژن مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول خواص تیتانیوم:

Atomic No.:	22
Atomic Mass (gr/mol):	47.9
Crystal Structure	
(at room temperature):	hcp
(at 833 °C above):	bcc
Lattice parameter (A°)	
hcp:	a=2.96 c=4.69
bcc:	a=3.31
Density (gr/cm ³):	4.5
Melting point (°C):	1660
Boiling point (°C):	3287
Elastic Modulus (Pa):	107×10^9
Ultimate Tension (psi):	80×10^3
Yield Tension (psi):	65×10^3
Reduction Of Area:	32%
Thermal Conductivity	
(w/cm ² c):	0.021

فلز در قسمتهایی مانند اتاکنهای گرمایشی است. به عنوان مثال همکاری سه شرکت بزرگ اتومبیل سازی آمریکا ایجاد نمونه های آزمایشی از تیتانیوم جهت استفاده در این گونه قسمت ها شده است.

قیمت پایین نوعی از آلیاژ نیمه پایدار β باعث گسترش استفاده از آن در فلزهای اتومبیلها شده است Timetal طراحی شده LCB آلیاژی است که طرفداران زیادی در بازار پیدا کرده



Titanium Storage Tank
UBD Volume 5, Number 1

است، در مقایسه با آلیاژهای موجود این

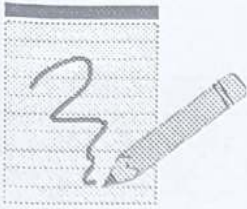
نازل موتور PW 4168 و قسمت های مختلف بوئینگ ۷۷۷ استفاده شده است. لوله های زمین گرمایی و ساحلی (Geothermal And Offshore Tubulars): مقاومت به خوردگی بالای تیتانیوم مدت زمان طولانی است که آن را به عنوان یک ماده اصلی برای این گونه کاربردها به خصوص زمانی که محیط های اسیدی و سولفوروی وجود دارند مطرح ساخته است. این بازار رشد آرامی را نشان داده ولی وجود چاه های عمیق دریایی که سکوی های شناور را نیز شامل می شود، تمایل به استفاده از تیتانیوم را افزایش داده است. این سکوها به خواصی از تیتانیوم مانند کم بودن چگالی آن (چون سکوها باید وزن یک بالابر را تحمل کنند) و پایین بودن مدول کششی (چون بالابرها باید حرکت سکوها را تحمل کنند) نیاز مبرمی دارند.

صنایع اتومبیل: از لحاظ تاریخی استفاده از تیتانیوم در صنایع اتومبیل سازی جهت به دست آوردن موتورهای سبک وزن جهت سرویس دهی بهتر و قیمت پایین تر می باشد. اخیراً با وجود ادامه روند استفاده از این فلز و آلیاژهای آن در موتور اتومبیل های مسابقه ای، موردی که ارزش مهندسی پیدا کرده استفاده از این

References:

1. Paul Allen, Titanium Alloy Development, "Advanced Materials & processes", 1096, pp 35-37
2. C.R. Tottle, "An Encyclopedia of Metallurgy and Materials", The Metal Society, Macdonal and Evans, 19763. "ASM Handbook", 10th ed., vol. 2, pp 586-591





FIBER OPTICS

مقدمه:

در جامعه مدرن ما هر روز حجم وسیعی از اطلاعات منتشر می‌شود. موقعی که وسایل ارتباط جمعی جدید در دسترس باشد، انتظار می‌رود، این حجم رشد بیشتری یابد. برای تأمین نیاز انتقال اطلاعات حجیم و متنوع، با هزینه‌ای کم، نیاز به تأسیس یک شبکه اطلاعات باصرفه که به طور صحیح مورد بهره‌برداری قرار گیرد می‌باشد. اجزا

چنین شبکه‌هایی ضرورتاً تلفیقی از تکنولوژی‌های ارتباطات ماهواره‌ای، کامپیوتر و ارتباطات فیبرنوری خواهد بود.

یک کابل فیبر نوری به طول حدود 40 Km را برای اتصال دستگاه‌های تلویزیونی ۱۶۰ خانواده به یک ایستگاه پخش خبر مورد استفاده قرار می‌دهند. بر خلاف سیستم تلویزیونی مرسوم که اطلاعات به طور یک جهته از ایستگاه پخش خبر به منازل فرستاده

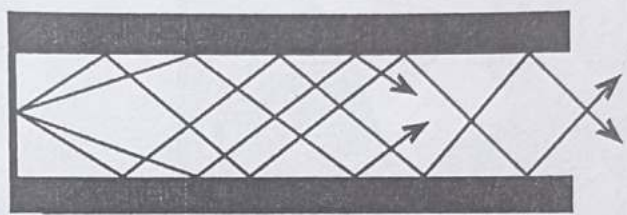
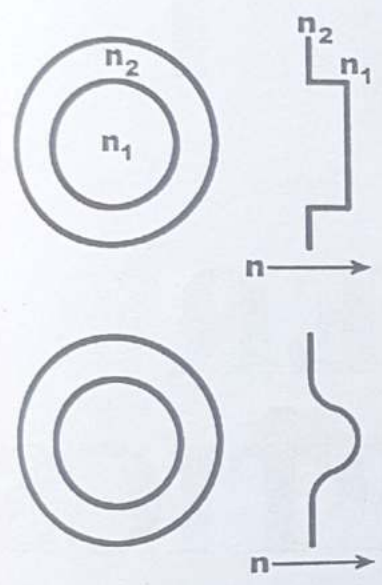
می‌شود در ارتباط مذکور، مشترکین که به آن پیوسته‌اند می‌توانند اطلاعاتی به ایستگاه اصلی باز پس فرستند و اطلاعات تصویری مبادله کنند.

فیبر نوری یکی از راه‌های کابل‌کشی شبکه است و قابل اطمینان‌ترین وسیله موجود است. ارتباط بین دستگاه‌های فیبر توسط کمیته استانداردهای ملی آمریکا (ANSI) به ثبت رسیده است. اساس کار این کابل‌ها بر ویژگیها و خواص

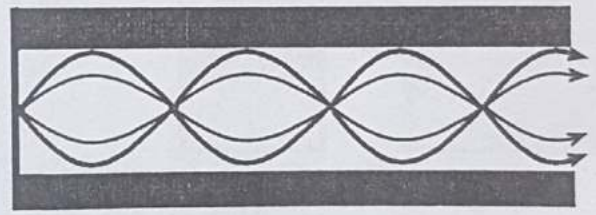
- ۴- فیبرهای نوری کوچک، سبک و انعطاف پذیر هستند.
- ۵- فیبرهای نوری از سیلیکا درست می‌شوند که این ماده در طبیعت بی فراوانی یافت می‌شود.
- مقایسه بین انواع کابلها: برای

خروجی دارای ضریب شکستی است که بواسطه آن نور نمی‌تواند از هسته درونی خارج شود. در آخر همه این قسمتها داخل یک پوشش پلاستیکی قرار می‌گیرند.

فوتون استوار است. فوتونها ویژگیهای انتقالی را از طریق نور انجام می‌دهند (به جای الکتریسته). بنابراین فوتونها نسبت به تداخل امواج الکترومغناطیسی مصنوعیت کامل دارند و از نظر فرکانس تقریباً



Step Index



Graded Index

مشاهده میزان توانایی فیبر نوری و مقایسه آن با انواع دیگر کابل به جدول صفحه بعد توجه کنید. به طور کلی می‌توان معایب و مزایای فیبرنوری را به شرح زیر عنوان کرد:

ویژگیهای فیبرنوری:

- ۱- نور محبوس در فیبر نوری بدون جذب انتقال می‌یابد یعنی فیبرهای نوری در امر انتقال دارای درجه تضعیف پایینی هستند.
- ۲- از یک رشته فیبرنوری که ضخامت معادل یک موی سر دارد بیش از ده هزار کانال مخابراتی عبور می‌کند.
- ۳- فیبر نوری از شیشه که یک ماده دی‌الکتریک است ساخته شده و به همین جهت در مقابل تداخل امواج الکترومغناطیسی مصون است.

نزدیک به اشعه γ هستند. تکنولوژی فیبرنوری خیلی ساده است، هر فیبر شامل یک رسانای نوری در هسته، از جنس یک شیشه است. این رسانا عملاً دو قسمت دارد. یک هسته استوانه‌ای شیشه‌ای داخلی و یک شیشه روکش هم مرکز با شیشه اولی. این شیشه حکم منعکس کننده نور موجود در هسته را دارد و به عنوان نگهدارنده یک سیگنال نوری در حین حرکت در طول شبکه عمل می‌کند. تمام این قضایا به این خاطر اتفاق می‌افتد که پوشش شیشه‌ای

مزایا:

- ۱- فیبرنوری سبک، نازک و انعطاف پذیر است.
- ۲- میزان جذب آن بسیار پایین است در نتیجه میرایی امواج در آن بسیار کم است.

ویژگیها	کابل فیبر نوری	کابلهای هم محور	کابلهای زوج به هم تابیده
قیمت	بالا	متوسط	پایین
نصب	پیچیده	ساده	ساده
ظرفیت	2 Gb/S	500 Mb/S	155 Mb/S
میرایی	60 Km	1 Km	100 m
مقاومت در تداخل مغناطیسی	عالی	متوسط	بد

انواع معمولی کابل های غیر نوری عبارتند از:

۱- هسته 8.3 میکرونی با پوشش 125 میکرونی و تکمد.

۲- هسته 62.5 میکرونی با پوشش 125 میکرونی و تکمد.

۳- هسته 50 میکرونی با پوشش 125 میکرونی و تکمد.

۴- هسته 100 میکرونی با پوشش 140 میکرونی و تکمد.

در یکی از انواع فیبر نوری لایه خارجی از جنس سیلیس ذوب شده و خالص (SiO₂) و هسته از جنس شیشه که در آن ژرمانیم نفوذ داده شده است (Doping) این چنین فیبری می تواند به دو صورت شاخص پله ای (Step Index) و شاخص مدرج (Graded Index) وجود داشته باشد.

ابعاد قسمتهای مختلف را در فیبر نوری در انواع فیبرها در شکل صفحه بعد می بینید.

(Data Communication) استفاده

می شود

۳- Computers

۴- Military (کاربردهای نظامی)

۵- سیستمهای اندازه گیری دما بدون تماس

۶- نمایش جریان و ولتاژ در

High Power Station.

۷- کنترل فرآیندهای صنعتی

۸- اندازه گیری های خطرناک میدانهای الکترومغناطیسی.

انواع فیبرها:

فیبر نوری می تواند به صورتهای تکمد (Single Mode) و چندمد (Multi Mode) وجود داشته باشد.

فیبرهای چندمدی امکان عبور چندین سیگنال نوری را در خود می دهند در حالی که فیبرهای تکمدی دارای ظرفیت بیشتر و قیمت بیشتری نسبت به فیبرهای چندمدی هستند انواع مختلفی از فیبرها بر اساس هسته شیشه ای و روکش پلاستیکی وجود دارند برخی از

۳- تداخل امواج مغناطیسی در آن کم است بنابراین از یک رشته، می توان چندین سیگنال همزمان عبور داد.

معایب:

۱- قیمت بالای آن در تولید، نصب و بهره برداری.

۲- یک پدیده جدید است که تکنولوژی آن در همه دنیا جا نیافتده است.

۳- هنوز امکان استاندارد کردن آن وجود ندارد.

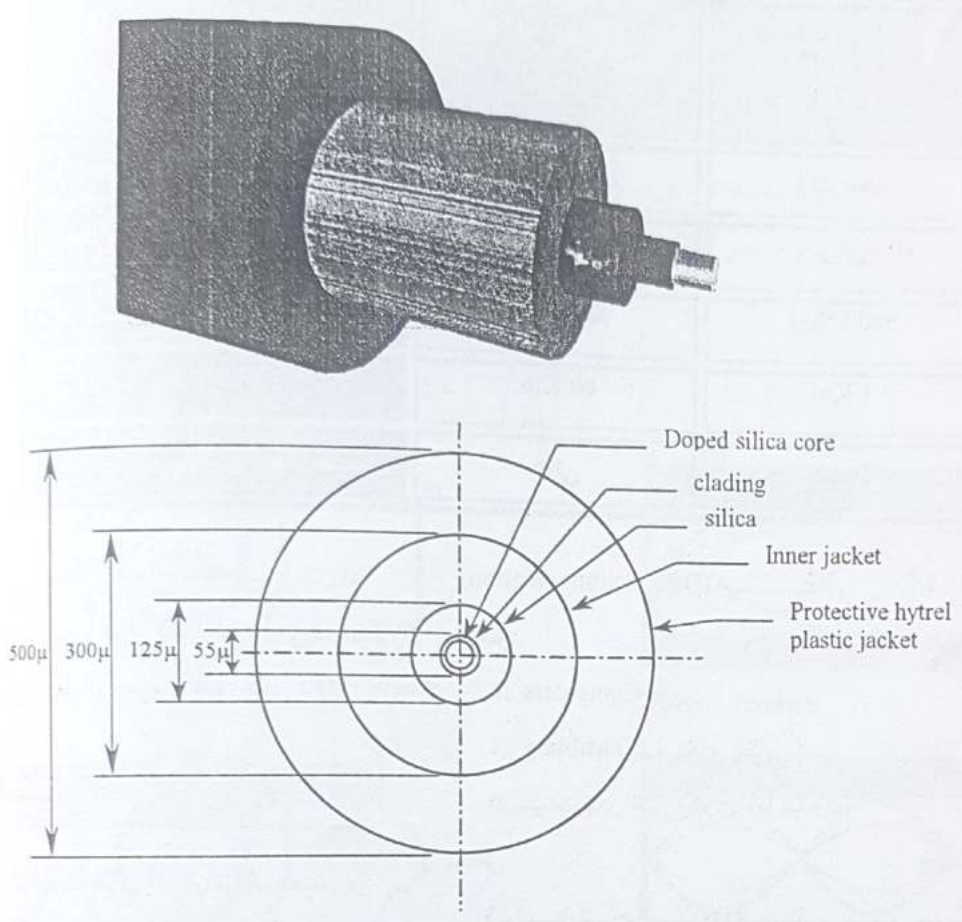
۴- محدودیتهایی نظیر:

Light Launching,
Reflection noise,
Backward Scattering

کاربردها:

۱- Cable Television: فیبر نوری در انتقال سیگنالهای ویدئویی استفاده می شود.

۲- Power Station: فیبر نوری در تلفن ها و ارتباطات داده ای



شکل (۱)

چندمد (با قطر 25 μ m) بزرگتر از فیبرهای چندمد (با قطر 5 μ m) هستند. فیبرهای تکمد برای انتقال پرتوهای Coherent لیزر استفاده می‌شود. برای انتقال حجم بسیار زیادی از اطلاعات در مسافت‌های طولانی از تعداد زیادی فیبرنوری که در یک کلاف قرار دارند استفاده می‌شود. به منظور افزایش قدرت مکانیکی، این کلاف را در جلد مناسبی قرار می‌دهند. با توجه به اتلاف فیبرها، در امتداد مسیر متناوباً از ایستگاه‌های تکرارکننده (Repeater Station) استفاده می‌کنند. پس در یک سیستم

فیبرنوری به چندین آشکار سازنوری (PhotoDetector) و منبع لیزر یا LED نیاز داریم.

موادی که در تولید فیبرهای مختلف استفاده می‌شوند:

- ۱- سیلیکای خالص (SiO_2): که ماده اصلی در تولید فیبرها محسوب می‌شود.
- ۲- سیلیکای حاوی اکسید تیتانیم: برای افزایش Refractive Index
- ۳- سیلیکای حاوی اکسید آلومینیوم: برای مواردی که Refractive Index زیاد احتیاج است حدود 0.3% تا 10% اکسید

از نوع تکمد برای انتقال طولانی استفاده می‌شود. همچنین به علت هسته خیلی نازک قیمت زیادی هم دارد. انتقال نور به فیبرنوری: برای انتقال نور به درون فیبرها از لیزر و LED می‌توان استفاده کرد.

در لیزر، نور اساساً یک تک فرکانس است و امکان استفاده از پهنای باند بسیار وسیعی از اطلاعات را به ما می‌دهد. LED ساختار چند لایه‌ای از GaAs و AlGaAs دارد. فیبر تکمد نیاز به ابزارهای نوری لیزری خیلی دقیقتری دارند در حالی که فیبرهای چندمد با منابع نوری LED ارزانتری ارائه

می‌گردند. این مورد قیمت کابل‌های تکمد را نسبتاً به چندمد افزایش می‌دهد.

برای انتقال اطلاعات دیجیتال، LED ها به خوبی لیزرها نیستند ولی آنها را می‌توان به راحتی با سیگنال‌های آنالوگ مدوله کرد. LEDها چشمه نور ناهماهنگی می‌باشند. چون فوتونها به صورت اتفاقی در تمام جهات گسیل می‌شوند نه به صورت هم فاز با یکدیگر، بنابراین برای انتقال سیگنال‌های تولید شده توسط LED با چندین مد سروکار داریم، فیبرهای

- (د) انواع دیگر شیشه حاوی فسفر مثل GeP_2O_7
- (ه) شیشه اکسید تلوریوم
- (و) انواع دیگر شیشه

روش تولید:

برای تولید فیبر ابتدا یک Preform تهیه می‌کنند و سپس با عمل Drawing این Preform را به شکل نهایی در می‌آورند. روش‌های تهیه Preform عبارتند از:

1- Starting from molten glass

که در آن شیشه را مذاب می‌کنند و در قسمت‌های مختلف به آن Dopant اضافه می‌کنند و لایه‌های مختلف فیبر را می‌سازند.

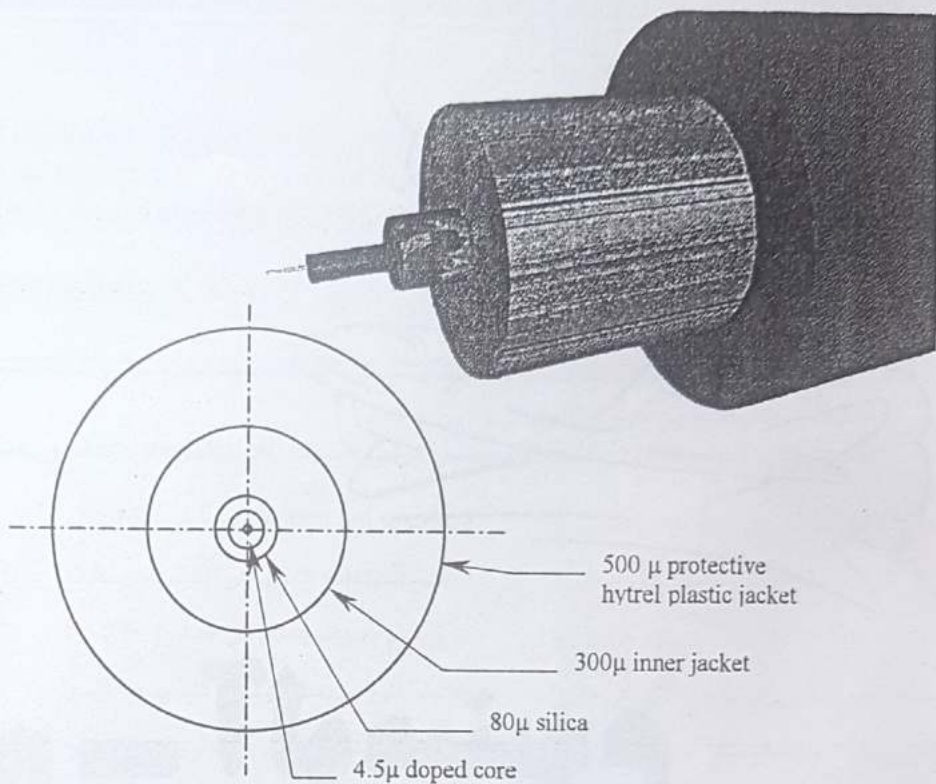
2- Inside Vapor Deposition

3- Plasma Chemical Vapor Deposition

4- Vapor Oxide Deposition

5- Outside Vapor Deposition

فیبر را با یکی از این روش‌ها در ابعاد بزرگتر تولید می‌کنند و با Drawing ابعاد فیبر را به ابعاد مورد نظر می‌رسانند ضمن اینکه لایه‌های مختلف ایجاد شده در Preform در فیبر نهایی نیز وجود دارند.



شکل (۲)

۶- سیلیکای حاوی ترکیبات نیتروژن.

۷- سیلیکای حاوی موادی نظیر P_2O_5, F, B_2O_3, GeO_2

۸- شیشه‌های اکسیدی (Oxide Glasses) که حاوی سیلیکا نیستند مانند:

- (الف) اکسید آلومینیوم و فسفر
- (ب) شیشه اکسید ژرمانیم بدون فسفر
- (ج) شیشه‌های حاوی B_2O_3

آلومینیوم یا اکسید زیرکونیوم اضافه می‌شود.

۴- سیلیکای حاوی اکسید فلزات قلیایی: اگر منظور ایجاد تغییرات زیاد در ضریب شکست با غلظت کم Dopant باشد حداکثر تا 5% اکسید لیتیم اضافه می‌گردد.

۵- سیلیکای حاوی اکسید سریم (Cerium): برای بهتر شدن خواص حین drawing فیبر اضافه می‌شود.

References:



1. "Fiber Optics", Edward A. Jacy
2. "Optical Fibers", Geister, Beaven & Boatruche
3. "Solid state electronic devices", Ben O. Streetman



صادق معینی فر
دانشجوی کارشناسی مواد - متالورژی صنعتی - ۷۶



آلیاژهای

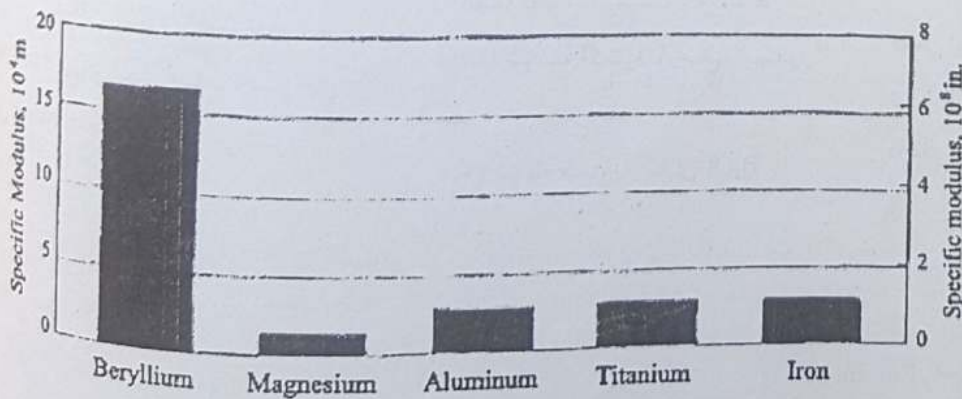
بریلیم - آلومینیوم

شده می‌توانیم از بریلیم در کاربردهایی که دقت بالا و پایداری ابعادی بالایی مورد نیاز است استفاده کنیم. برای مثال این کاربردها عبارتند از: ساختمان هواپیماها و فضاپیماها، ساختارهایی که تغییر در اثر وزن در آنها بحرانی است،

کامل بریلیم بیان شده‌است. همچنین می‌توانیم فلزات نیکل، نقره، طلا و آلومینیوم را بر روی آن پوشش داده، سطح را آندیزه و کروماته کنیم، در این حالت مقاومت به خوردگی مناسبی را خواهیم داشت. با توجه به خواص بیان

بریلیم فلزی است با ساختار کریستالوگرافی hcp با $a=0.2286\text{nm}$ و $c/a=(1-1.56)$ ، $c=0.3584\text{nm}$ در این فلز لغزش در امتداد صفحه قاعده و با بردار برگرز $b=1/3\langle 1120 \rangle$ انجام می‌شود. دلایل استفاده از بریلیم عبارتند

از: وزن کم، stiffness مناسب و خواص مکانیکی با حد الاستیک قابل توجه. این فلز دارای مدول الاستیک بالا ($44 \times 10^6 \text{Psi}$ یا 303.4Gpa) و دانسیته کم (1.85g/cm^3 یا 0.0671lb/in^3) است. در شکل ۱ بین این فلز و فلزات دیگر یک مقایسه انجام شده، که قابل توجه می‌باشد. در جدول ۱ مشخصات و خواص



شکل ۱. بررسی خواص بریلیم نسبت به فلزات دیگر. در محور عمودی specific modulus که نسبت E/ρ است را داریم.

Property	Amount
Elastic modulus, Gpa (10^4 Psi)	303 (44)
Density, g/cm^3 (lb/in^3)	1.8477 (0.067)
Thermal conductivity, $W/m \cdot K$ ($Btu/h \cdot ft \cdot ^\circ F$)	210 (121)
Coefficient of thermal expansion, $10^{-6}/^\circ C$ ($10^{-6}/^\circ F$)	11.5 (6.4)
Specific heat at room temperature, $kJ/kg \cdot ^\circ K$ ($Btu/lb \cdot ^\circ F$)	2.17 (0.52)
Melting point, $^\circ C$ ($^\circ F$)	1283 (2341)
Mass absorption coefficient (CuK-alpha), cm^2/g	1.007
Specific modulus, m ($in.$)*	16.7×10^6 (6.56×10^8)

جدول ۱. خواص فیزیکی عنصر بریلیم

*ضریب ویژه (specific modulus, in.) از نسبت ضریب الاستیک (elastic modulus, Psi) و دانسیته ($density, lb/in^3$) حاصل می‌شود.

اکسید تعیین کننده خواص مکانیکی و فیزیکی خواهد بود. بنابراین کنترل آن در حین تولید بسیار مهم می‌باشد و باید کنترل دقیق را انجام دهیم. همچنین ایجاد خواص anisotropy در قطعه نیز مهم است و در تولید به روش متالورژی

پودر باید مورد توجه قرار گیرد تا باعث ایجاد عیب و اشکال در قطعه تولیدی نگردد. در حال حاضر به بررسی یک دسته از آلیاژهای بریلیم می‌پردازیم. این آلیاژها (بریلیم - آلومینیوم) یکی از اصلی ترین آلیاژهای بریلیم بوده و کاربرد

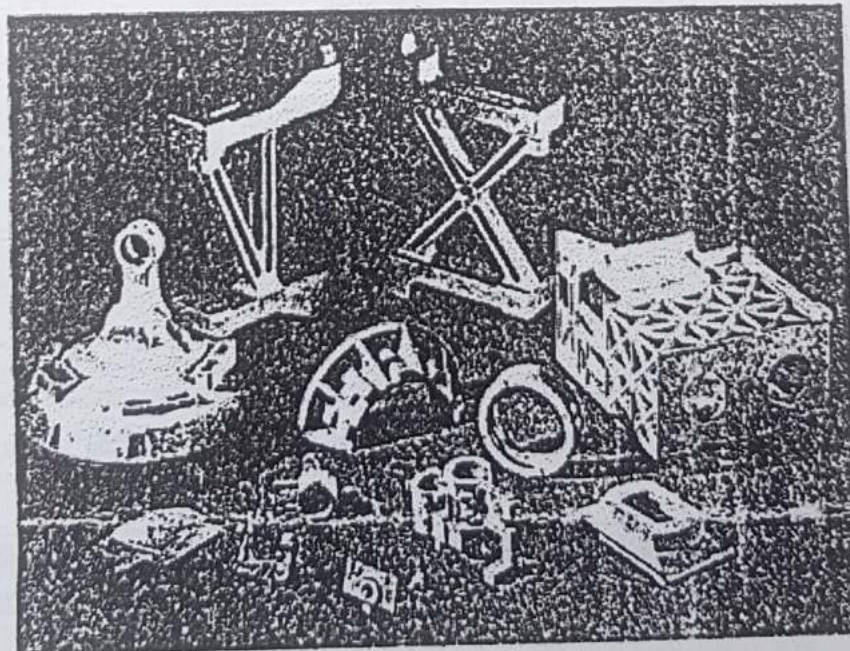
گسترده‌ای مخصوصاً در صنایع هوایی دارد. پیش از پرداختن به مشخصات و خواص این آلیاژ باید به این نکته توجه

vacuum hot pressing و یا فرآیندهای دیگر استفاده کنیم. در این حالت می‌توانیم به دانسیته‌ای در حدود 99.5% حالت تئوری دست پیدا کنیم. با این حال تولید به روش متالورژی پودر عیوبی را نیز خواهد داشت. که به عنوان

وسایل دقیق نوری و صنایع هسته‌ای. دو روش اصلی برای تولید قطعات وجود دارد که عبارتند از: متالورژی پودر و ریخته‌گری. متالورژی پودر یکی از اولین روش‌های استفاده شده برای تولید قطعات بریلیمی است. دلیل استفاده از

این روش این است که ریخته‌گری بریلیم دارای porosity و عیوب بالا است. البته امروزه با پیشرفت‌های حاصل شده در زمینه ریخته‌گری دقیق و تولید آلیاژهای مناسب و جدید این مشکلات برطرف شده است.

در تولید به روش متالورژی پودر می‌توانیم اندازه دانه‌ها را کاهش داده و



شکل ۲. قطعات تولید شده از آلیاژ Beralcast به روش ریخته‌گری دقیق

مثال می‌توانیم به دو عیب اشاره کنیم. در صورت استفاده از پودرهای ریز افزایش میزان اکسید را خواهیم داشت و این

اندازه‌ای در حدود $1-10 \mu m$ را داشته باشیم برای تولید به روش متالورژی پودر می‌توانیم از تکنیک‌های pressing & sintering, hot isostatic

Element	Beralcast 363	Beralcast 191
Beryllium	Balance	Balance
Aluminum	27.5 - 34.5	27.5 - 34.5
Silver	2.65 - 3.35	1.65 - 2.35
Cobalt	0.65 - 1.35	N/A
Germanium	0.55 - 0.95	N/A
Silicon	N/A	1.65 - 2.35

جدول ۳.

ترکیب
شیمیایی
دو آلیاژ
Beralcast 191
و Beralcast 363

این آلیاژ به صورت ریخته‌گری دقیق نشان داده شده است.

مقایسه تولید به روش ریخته‌گری دقیق و تولید به صورت متالورژی پودر:

در جدول ۲ کلیه خواص ایجاد شده در این دو روش با یکدیگر مقایسه شده است. آنچه که مورد توجه است دانسته پایین تر در روش تولید به صورت ریخته‌گری و همچنین stiffness بالاتر در تولید به این روش است که خواص مناسبی را ایجاد خواهد کرد.

ترکیب و خواص آلیاژهای بریلیم و آلومینیوم:

ترکیب این آلیاژها معمولاً در حدود 65% وزنی بریلیم و حدود 31% آلومینیوم است. همچنین

حداکثر کاهش وزن واقعی برسیم، در این حالت استحکام و stiffness بالایی را خواهیم داشت.

در بعضی از حالت‌ها با تولید به روش ریخته‌گری دقیق می‌توانیم تا 50% وزن را کاهش دهیم. امروزه با استفاده از روش ریخته‌گری می‌توانیم قطعاتی با جداریه نازک را به دقت در روش ریخته‌گری دقیق برای کاربردهایی مانند فضاپیماها و صنایع هوایی تولید کنیم. در حال حاضر از این روش برای ساخت قطعات هواپیمای F-22 و هلیکوپتر تهاجمی RAH-66 استفاده می‌شود. در این مطلب به بررسی ترکیبات آلیاژی و خواص آنها، روش‌های ریخته‌گری و تولید و تأثیر عناصر آلیاژی مختلف بر روی خواص این آلیاژها می‌پردازیم. (در شکل ۲ مجموعه‌ای از قطعات تولیدی از

کنیم که دلیل اصلی استفاده از بریلیم و آلیاژهای آن استحکام بالا و مدول الاستیک بالاست که با توجه به شکل ۲ متوجه قابلیت این فلز و مزیت‌های آن نسبت به دیگر مواد و مخصوصاً فلزات دیگر می‌شویم. آلیاژهای آلومینیوم - بریلیم، دارای بیش از 60% وزنی بریلیم هستند. وقتی تولید با استفاده از روشهای متداول متالورژی پودر انجام شود، این آلیاژها گران خواهند بود و دارای محدودیت‌های کاربرد می‌باشند. برای کاهش هزینه‌های ساخت قطعات از آلیاژ بریلیم - آلومینیوم امروزه روش تولید به صورت ریخته‌گری دقیق (Investment Casting) پیشرفت و توسعه داده می‌شود. در ساخت و طراحی قطعات به صورت ریخته‌گری در آلیاژ بریلیم - آلومینیوم می‌توانیم به

Property	Beralcast 363	Beralcast 191
Density, maximum, g/cm ³ @ 25°C (lb/in ³ @ 77°F)	2.19 (0.079)	2.19 (0.079)
Modulus of elasticity in tension, GPa @ 25°C (Msi @ 77°F)	206.8 (30.0)	206.8 (30.0)
Ultimate tensile strength, MPa @ 25°C (Ksi @ 77°F)	289.6 (42.0)	196.5 (28.5)
Yield strength, MPa @ 25°C (Ksi @ 77°F)	213.6 (31.0)	37.9 (20.0)
Elongation, 2.54 cm. 1 in. gage, All orientations @ 25°C (77°F)	4.0	2.0
Thermal conductivity, W/m-K @ 25°C (BTU/lb-ft-°F @ 77°F)	108 (62.4)	190 (109.8)

جدول ۴. خواص دو آلیاژ Beralcast 191 و Beralcast 363

این حالت هر دو فلز بریلیم و آلومینیوم با اغلب نسوزهای استفاده شده در کوره و قالب واکنش می‌دهند. علاوه بر این مشکلات آلیاژهای بریلیم - آلومینیوم دارای محدوده گسترده انجماد در فرآیندهای ریخته‌گری بوده، دامنه انجماد این آلیاژ تقریباً 550°C است که می‌تواند باعث ایجاد مشکل در سیستم تغذیه و در نتیجه ایجاد Shrinkage و Porosity گردد. کم بودن حلالیت بین آلومینیوم و بریلیم باعث ایجاد Segregation و ساختار درشت و غیر یکنواخت می‌شود. در این حالت آلیاژ ریخته‌گری شده دارای استحکام و Ductility کم و سطحی سست و نامناسب خواهد بود. برای بهبود کیفیت تولید به صورت ریخته‌گری و بهبود خواص مکانیکی

Al می‌باشد. lockalloy تولید شده دارای وزن سبک، استحکام بالا و مدول الاستیک در حد فولاد است lockalloy از پودرهای آلیاژی تولید می‌شود و همچنین به صورت تولیدات wrought موجود است. به علت پیچیده بودن فرآیند و پایین بودن استحکام تسلیم ذاتی آلیاژ lockalloy و قیمت بالا و مشکلات تولید استفاده از آنها تا قبل از دهه ۷۰ به کاربردهای خاصی محدود گردید و بعد از آن استفاده از آنها برای کاربردهای صنعتی میسر گردید. بعد از آن بود که تولید قطعات مختلف از آلیاژ بریلیم - آلومینیوم به صورت ریخته‌گری آغاز شد. البته در تولید به صورت ریخته‌گری مشکلات بسیاری به علت خواص ذاتی این آلیاژ وجود دارد. به

عناصری مانند نقره، سیلیسیم، ژرمانیم و کبالت به آلیاژ اضافه می‌شود. ترکیب ایجاد شده دارای مدول الاستیک بالا و دانسیته کم به علت وجود بریلیم و ductility بالا در اثر حضور آلومینیوم است. آلیاژهای ریخته‌گری شده می‌توانند بر اساس نوع ترکیب مورد توجه قرار بگیرند.

فاز بریلیم به عنوان یک فاز تقویت کننده و با استحکام بالا و ductile و آلومینیوم به عنوان فاز زمینه و با استحکام پایین خواهد بود. آلیاژ ایجاد شده دارای وزنی کمتر از آلومینیوم، ductility بیشتر از بریلیم خالص و دو یا سه برابر stiffness آن از کامپوزیت‌های زمینه

Beralcast vs. cast aluminum	Beralcast vs. P/M beryllium
22% lower density with nearly equivalent strength	Three times greater ductility than hot pressed beryllium.
Three times greater stiffness (modulus of elasticity).	Castable for complex and precision net shape components.
Four times better damping coefficient for stability and jitter reduction.	Weldable for jointing and defect repair.
40% lower coefficient of thermal expansion (CTE).	Lower cost fabrication with less material loss vs. parts
	Machined from hot pressed block.

جدول ۲. مقایسه خواص قطعه تولید شده از روش ریخته‌گری دقیق با آلومینیوم ریخته‌گری شده و بریلیم حاصل از روش متالورژی پودر

ترکیبات آلیاژی جدید و استاندارد تکنولوژی ریخته‌گری دقیق برای تولید ساختارهای ویژه آلیاژهای بریلیم - آلومینیوم بهبود یافت. در نتیجه این پیشرفت دو آلیاژ جدید به نام Beralcast 191 و Beralcast 363 توسعه داده شد. ترکیب این دو آلیاژ در جدول ۳ و خواص آنها در جدول ۴ آورده شده

عنوان مثال محدودیت زیاد حلالیت در فاز جامد بین بریلیم و آلومینیوم باعث ایجاد عیب segregation در هنگام انجماد می‌گردد. به علاوه بریلیم عنصر بسیار فعالی است و با بدنه قالب واکنش‌های شدیدی را انجام می‌دهد. به علت دمای ذوب بالای بریلیم (1283°C) نیاز به دمای ریخته‌گری بالا داریم و در

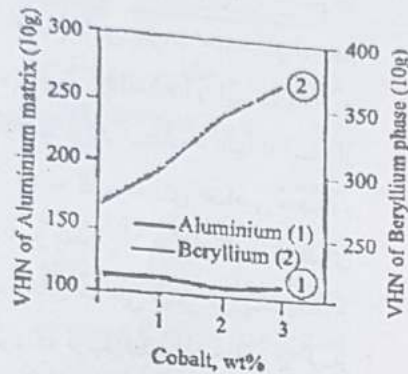
فلزی آلومینیوم و یا فلزات آلومینیوم و منیزیم بالاتر است. در حدود چهل سال است که آلیاژهای بریلیم و آلومینیوم توسعه یافته و توسعه آن از مرکز تحقیقاتی NASA برای تولید مواد ductile با پایه بریلیم آغاز و گسترش یافته است. اولین آلیاژ صنعتی دارای ترکیب Be 62% و 38%

نشان داده شده است. زمینه آلومینیوم اساساً با افزایش میزان کبالت تغییرات نکرده و استحکام آن زیاد تغییر نخواهد کرد.

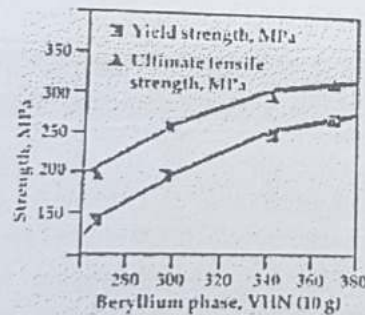
Beralcast 191 آلیاژی است که برای بهبود خواص حرارتی همراه با استحکام و ductility مناسب استفاده می‌شود. هدایت حرارتی این آلیاژ در حدود ۷۵٪ بیشتر از آلیاژ Beralcast 363 است. استحکام این آلیاژ در حدود ۲/۳ آلیاژ Beralcast 363 است. استحکام این آلیاژ توسط فاز اولیه برلیوم فراهم شده و ductility نیز ناشی از زمینه آلومینیومی است که توسط سیلیسیم و نقره استحکام داده شده است. سیلیسیم همچنین سیالیت را بهبود می‌بخشد Beralcast 191 قابلیت عملیات پیرسختی را داراست. این عملیات بعد از ریخته‌گری برای بهبود خواص مکانیکی انجام می‌شود.

ساختار آلیاژهای Beralcast به صورت یکنواخت و با دانه‌های ریز است. زمانی که ریخته‌گری با استفاده از این دو آلیاژ انجام می‌شود، می‌توانیم شکل‌های پیچیده را بدون Segregation و Porosity داشته باشیم. Beralcast 363 ساختار ریخته‌گری مطلوب‌تری دارد و برای ساختن قطعات بزرگ و پیچیده ترجیح داده می‌شود. ساختار آن در شکل ۵ نشان داده شده که مناطق تیره برلیوم و زمینه روشن آلومینیوم است. در شکل ۶ که بزرگنمایی

Segregate می‌شود. در تست کشش نشان داده شد که هم yield و هم UTS افزایش می‌یابد. و همچنین نشان داده شد که بیشترین ductility با حدود ۲٪ کبالت بدست می‌آید. البته اگر چه تا



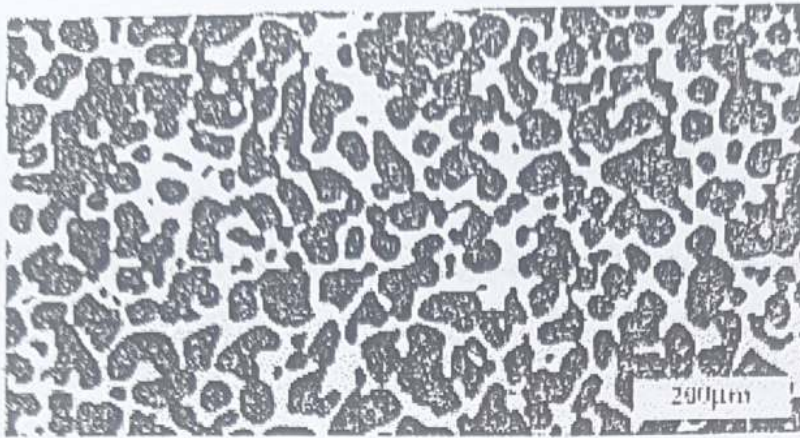
شکل ۳. تغییرات سختی بر حسب درصد وزنی کبالت برای آلیاژ $65\text{Be}-(37.25-y)\text{Al}-3\text{Ag}-0.75\text{Ge}-y\text{Cu}$



شکل ۴. رابطه بین استحکام ماده مرکب و سختی فاز تقویت‌کننده برلیومی. این نمودار ترکیبی است از داده‌های چهار ترکیب شیمیایی متفاوت

حدود ۳٪ کبالت ductility کم می‌شود اما به استحکام اضافه می‌گردد. تغییرات سختی بر حسب میزان کبالت اضافه شده به آلیاژ در شکل ۳ نشان داده شده است. نمودار تغییرات yield, UTS به صورت مستقیم با افزایش استحکام فاز برلیوم افزایش می‌یابد. این نمودار در شکل ۴

است. ساختار ریخته‌گری آنها به صورت همگن و دارای دانه‌های ریز است. ترکیب و فرآیند طراحی شده برای آنها دارای کمترین تأثیرات Segregation و Porosity و کمبود استحکام است. بنابراین از آنها می‌توانیم برای تولید قطعات پیچیده در روش ریخته‌گری استفاده کنیم، در حالی که خواص مکانیکی مناسب، سطح خوب و دقت ابعادی بالایی را خواهیم داشت. Beralcast 363 اولین آلیاژ از این خانواده است که برای بهبود قابلیت ریخته‌گری، ایجاد یکنواختی و ساختار equaxed بهبود استحکام و ductility با استفاده از تولید به روش ریخته‌گری طراحی گردید. اضافه کردن عناصر ژرمانیم، کبالت و نقره باعث ایجاد ساختاری با خواص سودمند می‌گردد، این عناصر باعث بهبود استحکام، ductility و بهبود قابلیت ریخته‌گری می‌گردند. نقره می‌تواند باعث افزایش استحکام با ایجاد فاز Precipitation strengthening گردد. که این فاز در زمینه آلومینیوم ایجاد می‌شود. ژرمانیم باعث افزایش سیالیت و در نتیجه بهبود قابلیت ریخته‌گری می‌شود. ژرمانیم همچنین استحکام و ductility را بهبود می‌دهد. کبالت قدرت استحکام‌دهی فاز برلیوم را توسعه داده که این خاصیت نکته مهم در این آلیاژ است. با مطالعه تأثیر کبالت در یک آلیاژ مشخص مشاهده شد که تمام کبالت اضافه شده به این آلیاژ به طرف فاز برلیوم



شکل ۵. ریزساختار آلیاز Beralcast 363



شکل ۶. پراکندگی رسوبات نقره در آلیاز Beralcast 363 با زمینه آلومینیومی

بیشتری را دارد توزیع فاز سخت کننده نقره در زمینه آلومینیوم نشان داده شده است.

روش ریخته‌گری:

این آلیاژها در کوره vacuum induction ذوب شده و در قالب سرامیکی پوسته‌ای پیش گرم شده ریخته‌گری شده می‌شوند. ذوب در خلأ لازم نمی‌باشد اما بهتر است، زیرا ایجاد اکسید و حل شدن گازها در مذاب جلوگیری می‌گردد. مراحل ریخته‌گری با وارد کردن مناسب مواد به داخل کوره همراه با عناصر آلیاژی آغاز می‌شود. مواد وارد شده در داخل بوتله قرار گرفته و محفظه کوره تخلیه می‌شود. در این حالت توان الکتریکی به کوره اعمال شده و مواد ذوب می‌گردد. مواد حرارت داده شده و تکان می‌خورند تا ذوب به صورت کامل انجام و همگن گردد. محفظه قالب هم تخلیه شده و پوسته آن برای کمک به پر شدن مناسب آن پیش گرم می‌شود. وقتی که مذاب و قالب برای ریخته‌گری آماده شدند، مجرای ورود مذاب به قالب باز می‌شود و قالب پر می‌گردد. بعد از ریخته‌گری قطعات در دمای اتاق سرد می‌شود. پوسته

جوشکاری انجام می‌شود. عملیات نهایی بر روی قطعه شامل عملیات حرارتی، hot isostatic pressing و یا عملیات سطحی مانند آندیزه کردن، پوششهای تبدیلی و یا پوشش دادن است.

قالب بعد از سرد شدن قطعه جدا شده و همچنین راهگاهها و تغذیه نیز از قطعه جدا می‌شود. بعد از انجام این مراحل سطح قطعه توسط جت آب و یا grit blasting تمیز می‌شود. در حالتی که لازم باشد بر روی قطعه عملیات ماشینکاری، استحکام‌دهی و یا رفع عیب توسط

References:



1. C.R. Tottle, "An Encyclopedia of Metallurgy and Materials", The Metal Society, Macdonal and Evans, 1976
2. "ASM Handbook", 10th ed., vol. 2, pp 586-591

مقدمه:

آلیاژسازی مکانیکی (MA)، روشی است ساده برای تولید کامپوزیت پودرهای فلزی با ساختار کنترل شده. این فرآیند بدین جهت بی نظیر است که کل فرآیند در حالت جامد اتفاق می افتد و محدودیت‌هایی که از طریق دیگرام‌های فازی تعادلی در مورد حلالیت عناصر دیکته می شود، در اینجا چندان حائز اهمیت نیست [1].

از آنجا که تهیه آلیاژ بسیاری از فلزات به روشهای مرسوم مانند ریخته‌گری، اکستروژن، نورد، و ... مقدور نبوده و یا دست کم اقتصادی نبوده، برای مثال در سوپر آلیاژها، به خاطر اختلاف دانسیته* زیاد بین عناصر تشکیل دهنده آن، در هنگام آلیاژسازی از طریق ریخته‌گری امکان جدایش (Segregation) وجود خواهد داشت. و یا در ترکیب دو ماده شکننده و نرم، به

نحوی که ماده شکننده بتواند به صورت ریز و پراکنده در فاز نرم پخش شود، به روشهای معمولی مشکل و بعضی اوقات ناممکن است. یکی از راههای مناسب برای دستیابی به این گونه آلیاژها، استفاده از روش M.A می باشد [2]. از جمله تواناییهای این روش می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- بوجود آوردن پراکندگی ظریف (Fine Dispersion) از ذرات فاز ثانویه.
- ۲- گسترش حد حلالیت جامد.
- ۳- بهسازی اندازه دانه تا حد نانومتر.
- ۴- گسترش فازهای آمورف.
- ۵- بوجود آوردن واکنشهای شیمیایی در دماهای پایین [2].

برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ بنجامین (Benjamin) و همکارانش در مرکز بین المللی نیکل (INCO)، برای ترکیب مزایای رسوب سختی (Precipitation Hardening) و استحکام دهی از طریق پخش ذرات اکسیدی



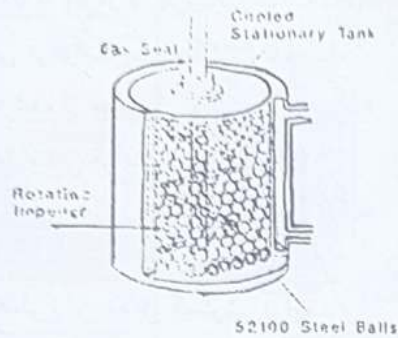
(Oxide Dispersion Strengthening) برای سوپر آلیاژهای پایه نیکل و آهن از روش M.A استفاده کردند که در واقع شروعی بود بر گسترش فرآیند [3] M.A در سال ۱۹۸۱ آسیاب کردن مکانیکی ترکیبات بین فلزی (Yttrium Cobalt) باعث بوجود آمدن فاز آمورف گردید. همچنین در سال ۱۹۸۳ آسیاب کردن مکانیکی مخلوط پودرهای (Nickel-Niobium) انجام پذیرفت. همچنین در ادامه استفاده از فرآیند M.A مخلوط پودرهای (نرم - نرم)، (نرم - سخت)، (سخت - سخت) به طور موفقیت آمیزی با هم آسیاب گردیدند [4]

مکانیزم آلیاژسازی مکانیکی در طول انرژی بالای آسیاب کاری، ذرات پودر به طور متناوب پهن شده، شکسته شده و دوباره به هم جوش می خورند، هر جا که دو گلوله با هم تصادف می کنند، مقداری از پودر در هر برخورد، به طور تقریبی ۱۰۰۰ ذره پودر با متوسط وزن ۰.۲ گرم به دام می افتند. نیروی ضربه، ذرات پودر را دچار تغییر شکل پلاستیکی کرده و سطوح جدیدی را بوجود می آورد. این کار موجب جوش خوردن ذرات پودر به هم می گردد [5]. شکل ۱ انواع آسیابهای مورد استفاده در فرآیند M.A را به طور شماتیک نشان می دهد. این آسیابها شامل آسیاب گلوله ای عمودی (Vertical ball mill)

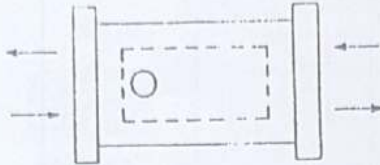
آلیاژسازی

مکانیکی

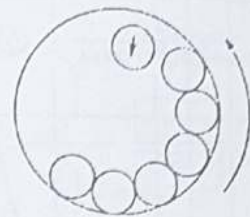
(Mechanical Alloying)



(a) ATTRITOR



(b) VIBRATORY MILL



(c) HORIZONTAL BALL MILL

شکل ۱. تصویر شماتیک آسیاب‌های گلوله‌ای مرسوم.

زمان تغییر می‌کند. در طول فاصله زمانی از چندین دقیقه تا یک ساعت، معمولاً فاصله لایه‌ها کم شده و اندازه ذرات در حد نانومتر بهسازی می‌شود شکل ۲ [6]. پس از رسیدن به زمانی مشخص و برقراری تعادل بین جوش سرد (با به هم چسبیدن ذرات باعث افزایش متوسط اندازه ذرات می‌شود) و شکست (با شکسته شدن ذرات بزرگتر باعث کاهش متوسط اندازه ذرات می‌شود)، حالت تعادل (Steady-State) برقرار می‌شود. در این مرحله با توجه به اینکه نرخ درشت شدن ذرات با نرخ کوچک شدن ذرات تقریباً یکسان است (تعادل بین جوش سرد و شکست)، محدوده باریکی از توزیع اندازه ذرات حاصل می‌شود. از مشخصات دیگر این مرحله می‌توان به ماگزیمم مقدار سختی (حد اشباع سختی) ذرات پودر اشاره نمود [6-1].

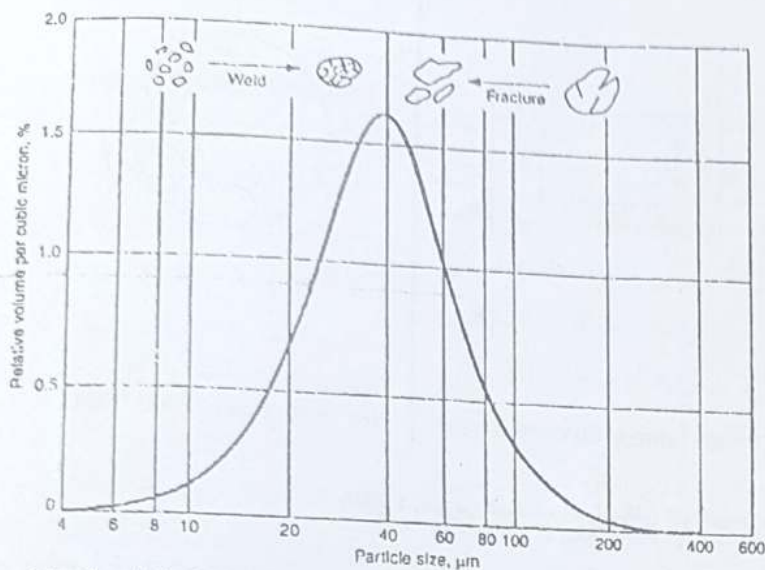
شکل ۳ به طور شماتیک مسیر فرآیند M.A. را نشان می‌دهد. مواد خام، نوع آسیاب بکار گرفته شده، فرآیند

پودر شده و در حین آسیاب‌کاری مانع جوش خوردن آنها می‌شوند، همچنین باعث کم شدن تنش سطحی مواد جامد نیز می‌گردند. از آنجا که انرژی لازم برای آسیاب‌کاری برابر با تولید سطوح جدید، با کم شدن تنش سطحی می‌توان با زمان‌های کمتری از آسیاب‌کاری به توزیع ظریفی از پودرها رسید [6,5].

در ادامه آسیاب‌کاری و ادامه تغییر شکل ذرات پودر، ذرات دچار کارسختی شده و توسط انواع مکانیزم‌های شکست، شکسته می‌شوند. در این مرحله تمایل به شکست بر جوش خوردن سرد برتری دارد. با ادامه آسیاب‌کاری و اعمال نیروهای ضربه ناشی از گلوله‌های آسیاب، ساختار ذرات بهبود پیدا می‌کند اما اندازه ذرات تقریباً یکسان باقی می‌ماند. متعاقباً فاصله لایه‌های داخلی کاهش یافته و تعداد لایه‌ها در هر ذره افزایش می‌یابد. نرخ بهسازی ساختار داخلی (اندازه ذرات، فاصله لایه‌ها و...) به طور لگاریتمی با

که توانایی آسیاب کردن حجم متوسطی از مواد در زمانهای نسبتاً متوسط را دارد، آسیاب ارتعاشی (Vibratory Mill) توانایی آسیاب کردن مقادیر کم پودر در زمان‌های کوتاه (کمتر از یک ساعت) را دارد و آسیاب گلوله‌ای افقی (Horizontal Ball Mill) که توانایی آسیاب کردن حجم زیادی از پودر، در زمانهای نسبتاً طولانی (چندین ساعت تا چندین روز) را دارد می‌باشند [6].

در مراحل اولیه آسیاب‌کاری، به خصوص هر جا که فاز نرمی حضور داشته باشد، تمایل ذرات به جوش خوردن در حالت سرد و تشکیل ذرات بزرگتر زیاد است. به همین خاطر و برای جلوگیری از جوش اضافی ذرات پودر از موادی به‌عنوان کنترل‌کننده فرآیند (Control Agent) استفاده می‌گردد. این مواد شامل ترکیباتی از قبیل: اسید استتاریک $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH})$ ، هگزان $(\text{C}_6\text{H}_{14})$ ، متانول، اتانول، استون و... می‌باشند. این مواد جذب سطح ذرات



شکل ۲. نمودار محدوده توزیع اندازه ذرات در حالت تعادل (steady state) که به واسطه تمایل ذرات کوچکتر به جوش خوردن و همچنین ذرات بزرگتر به شکستن، محدوده باریکی از توزیع اندازه ذرات حاصل خواهد شد.

گرفته است. در این میان کوشش‌های زیادی انجام پذیرفت که می‌توان به تشکیل مس خالص در فرآیند آسیاب‌کاری اکسید مس و کلیم در دمای اتاق اشاره نمود. همچنین تشکیل مستقیم فلز از اکسیدها و کلریدها با استفاده از آسیاب‌کاری در دمای محیط بطور وسیعی برای تولید بعضی از فلزات نظیر Zn, Ti, Zr, Ta, Gd, Er, Sm, V, W و بعضی از بین‌فلزهایی نظیر $SmCo_5$ انجام پذیرفت. اکثر این واکنشها به صورت واکنشهای جابجایی می‌باشند.



که در آن اکسید فلزی (MO) به وسیله یک عامل احیاکننده (R) به فلز M احیا می‌شود. همچنین کلریدهای فلزی به طریق مشابه به فلز احیا می‌گردند.

روش محلول جامد تشکیل گردید. همچنین در سیستمهای Cu-Co, Cu-Fe و AISb-InSb توسط روش M.A. در تمامی محدوده ترکیب شیمیایی، محلول جامد بوجود آمد که با استفاده از روش انجماد سریع امکان دستیابی به این امر غیر ممکن می‌نمود. همچنین در سیستم Al-Ti، تشکیل فاز آمورف توسط روش M.A. گزارش شد که این امر با استفاده از روش انجماد سریع ناممکن می‌باشد. [7]

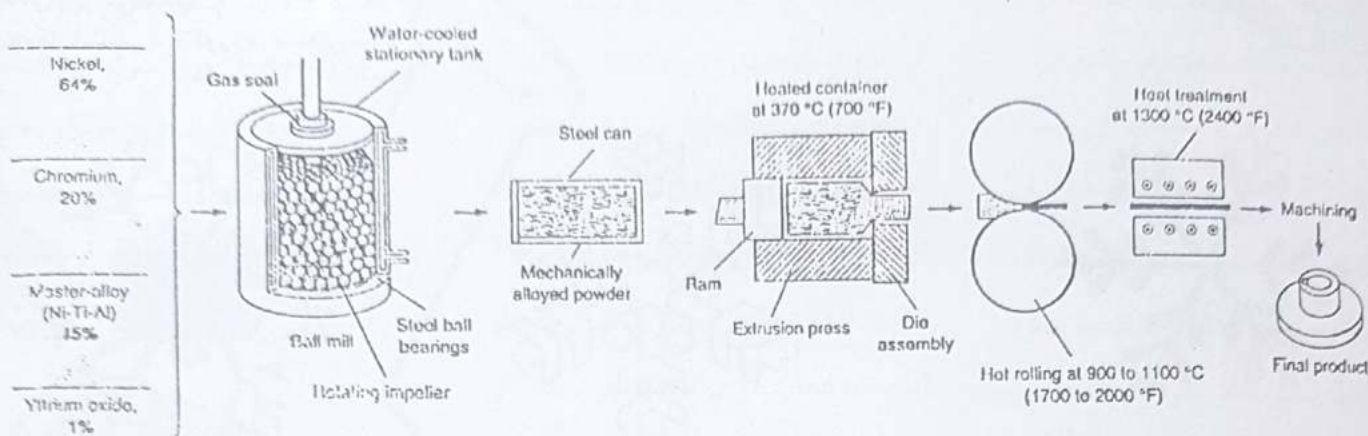
از دیگر خواص جالب و قابل توجه این فرآیند ایجاد واکنش‌های شیمیایی از نوع جابجایی در دماهای بسیار پایین می‌باشد (عمدتاً در دمای محیط)، بالغ بر ۳۰ سال است، که تأمین انرژی فعال‌سازی واکنشهای شیمیایی از طریق انرژی‌های مکانیکی مورد توجه قرار

شکل‌دادن به پودر و جزئیات عملیات حرارتی می‌تواند بر حسب نتیجه خواسته شده از محصول نهایی متفاوت باشد، اما اساس فرآیند ثابت است [6].

کاربرد:

از اصلی‌ترین دلایل گسترش فرآیند M.A. تولید مواد ODS (Oxide Dispersion strengthening) بود که در آن ذرات ریز Y_2O_3 یا ThO_2 به طور همسان و ظریفی در سوپرآلیاژهای پایه نیکل و آهن پراکنده گردیدند [6-1]. با ادامه مطالعات بر روی این فرآیند، نشان داده شد که می‌توان فازهای شبه پایدار نظیر محلول جامد فوق اشباع، فازهای میانی (شبه کریستالی) و آلیاژهای آمورف را از این طریق تهیه نمود. این فازهای شبه پایدار دارای ترکیب خواص جالبی از خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و مغناطیسی می‌باشند و بدین خاطر مورد توجه بسیاری از صنایع می‌باشند. [6]

از زمانی که تولید فازهای شبه پایدار توسط روش M.A. شناخته شد، کوشش‌هایی در جهت مقایسه این روش با روش انجماد سریع (rapid solidification) که یکی از روشهای غیر تعادلی است انجام پذیرفت. در هر دوی این روشها، فازهای شبه پایدار تشکیل می‌گردند. مثلاً در مورد سیستم Ag-Cu، در تمامی محدوده ترکیب شیمیایی توسط هر دو



شکل ۳. تصویر شماتیک مراحل فرآیند ساخت محصول از پودر به وسیله آلیاژسازی مکانیکی

دارای مزیت‌هایی می‌باشد، که در این میان می‌توان نخست، توانایی احیای تعداد زیادی از اکسیدها و هالیدهای فلزی در دمای اتاق اشاره نمود و دوم اینکه اگر به طور همزمان تعداد زیادی از ترکیبات احیا شوند، این امکان وجود خواهد داشت، که بدون اینکه خواسته باشیم ابتدا اکسید فلزی را به فلز خالص تبدیل کرده و سپس آلیاژسازی کنیم، بتوانیم مستقیماً آلیاژسازی را انجام دهیم. بنابراین می‌توان تعدادی از فرآیندهای در دمای بالا را به یک تک‌فرآیند در دمای اتاق تبدیل کرد، که منجر به کاهش چشمگیری در هزینه خواهد شد. [7]

طریق لایه‌ها احتیاج باشد را فراهم می‌سازد. علاوه بر این دانسیته بالای عیوب در طول فرآیند M.A. فرآیند نفوذ را تسریع می‌کند، که متعاقب آن امکان انجام واکنش در دمای محیط را تسریع می‌کند. حتی اگر واکنش در دمای اتاق نیز اتفاق نیفتد، ذرات پودری که به‌سازی شده‌اند می‌توانند باعث کاهش فاصله نفوذی گردیده و این مسأله حداقل می‌تواند باعث کاهش قابل توجهی در دمای انجام پذیری واکنش گردد. [7]

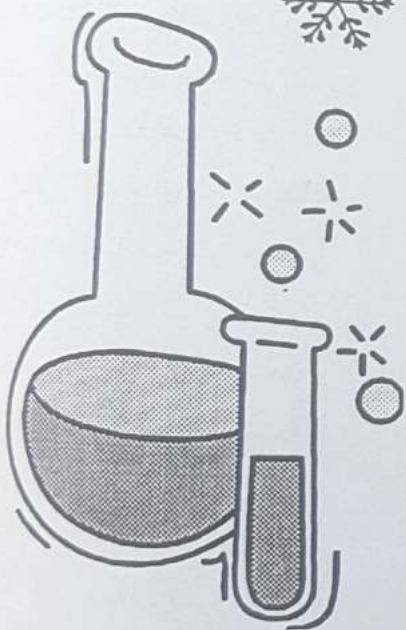
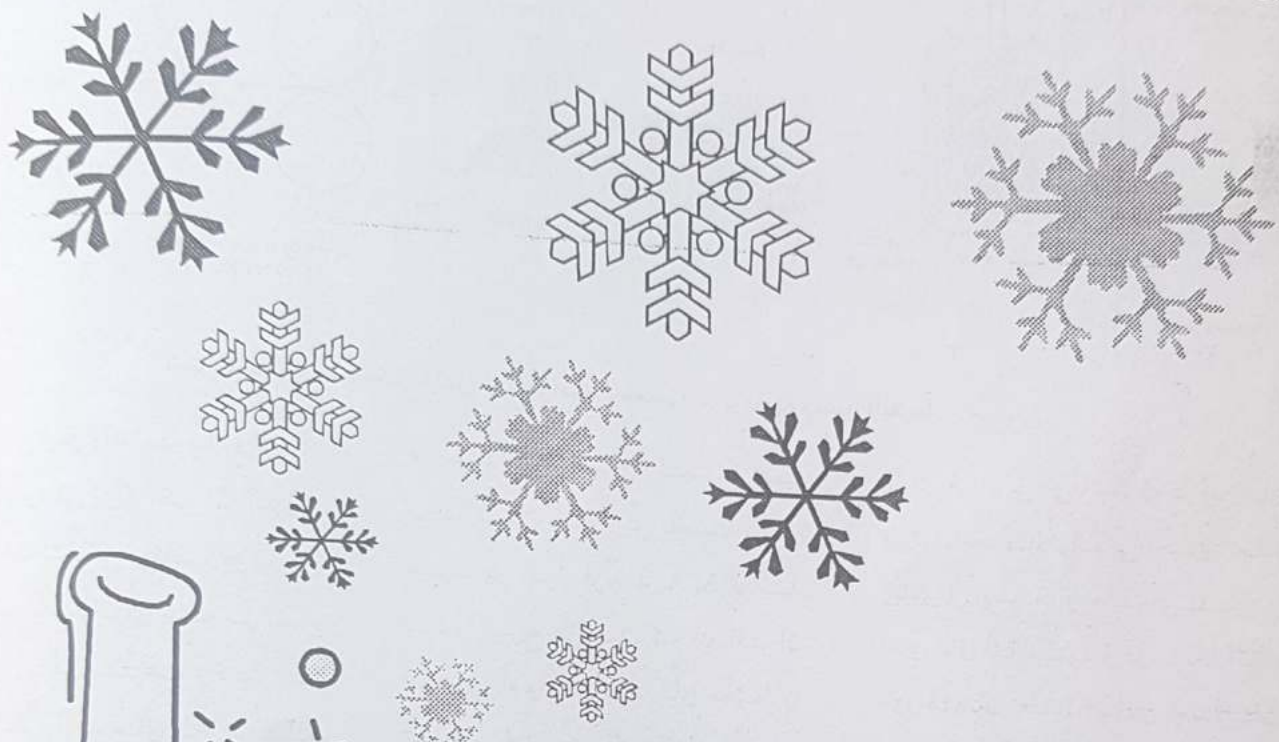
واکنش‌های جابجایی که انرژی فعالسازی آنها از طریق مکانیکی تامین می‌شود نسبت به دیگر روش‌های مرسوم

در انجام این واکنش‌ها با روش‌های مرسوم (پیرومتالورژی)، حتی اگر انرژی آزاد تغییرات تشکیل واکنش در دمای اتاق منفی باشد برای غلبه بر سد ستیکی و رساندن سرعت واکنش به مقادیر کافی، از دماهای بالا استفاده می‌شود. فرآیند A.M. به طور وسیعی باعث بالا رفتن ستیک واکنش می‌شود. بدین صورت که عمل شکسته شدن و جوش خوردن متناوب ذرات پودر، باعث افزایش سطح تماس بین ذرات می‌گردد و به سطوح جدید اجازه داده می‌شود که با هم اتصال برقرار سازند. این مسأله امکان انجام واکنش‌های شیمیایی بدون اینکه به نفوذ زیادی از

References



1. J.S.Benjamin & T.E.Voun, "Metallurgical Transactions", Vol. 5A, PP. 1929-1933, 1974
2. J.S.Benjamin, "Sci. Amer.", Vol. 234 (No. 5), PP. 40-48, 1976
3. R.F.Singer & W.C.Oliver, "Metallurgical Transactions", Vol. 11a, PP.1895-1901, 1980
4. C.C.koch, O.B.Cavin, & J.O.Scarbrough, "Appl. Phys. Lett.", Vol. 43, PP. 1017-1019, 1983
5. J.S.Benjamin & R.D.Schelleng, "Metallurgical Transactions", Vol. 12A, PP. 1827-1832, 1981
6. C.Suryanarayana, "Metals & Matter", Vol. 2, PP. 195-209, 1996
7. C.Suryanarayana, "Metals Handbook (ASM)", Vol.7, 10th edition, PP. 80-90, 1998



بلورهای مایع و

کاربردهای آن

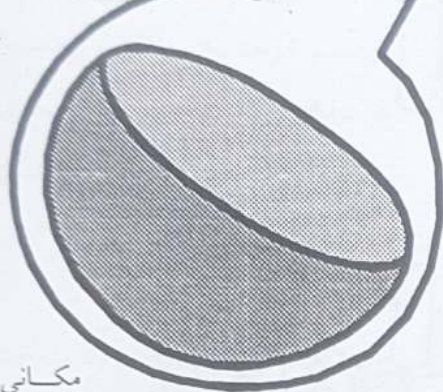
کشف بلور مایع، نتیجه پیشرفت تکنولوژی ساخت میکروسکوپ در قرن نوزدهم بود. در این قرن یک پزشک آلمانی به نام رودلف ویرکول اولین کسی بود که حالت

مایع بلوری را به کمک میکروسکوپ، مشاهده نمود. در سال ۱۸۵۲ میلادی او مِلین (Myelin) را کشف کرد. این ماده به صورت چربی سفید رنگ (پیه) بود و غلاف

بعضی از اعصاب را می پوشاند. البته در آن زمان او متوجه نشد که این ماده، یک مایع بلوری است. تا اینکه در نیمه دوم قرن نوزدهم یک فیزیکدان آلمانی به نام اوتو له مان

سال دهم / شماره ششم / فروردین ۱۳۷۹

دادند که بلورهای مایع به جای اینکه دارای مولکول با شکل گروی باشند از مولکولهای میله‌ای شکل تشکیل یافته‌اند و از نظر موقعیت



مکانی،

به طور نسبی مرتب می‌باشند و علاوه بر آن جهت‌گیری مولکول‌ها به یک سمت معینی می‌باشد و همین امر موجب بروز جهت‌های متفاوت در این بلورها می‌شود.

حالات مختلف بلورهای مایع:

هنگامی که یک جامد بلوری ذوب می‌شود، انرژی گرمایی بلور بر نیروهای بین مولکولی غلبه کرده و سبب شکسته شدن ساختار بلوری و از بین رفتن آرایش منظم مولکول‌ها می‌شود. به همین جهت مولکول‌ها آزاد می‌شوند تا به طور کاتوره‌ای حرکت کنند.

در بعضی از اجسام آلی اتفاق دیگری می‌افتد و بحث بلورهای

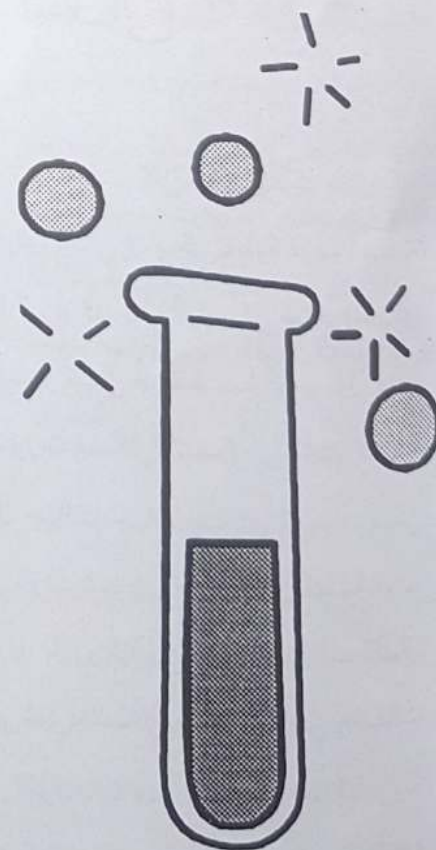
به یک مایع کدر شیری رنگ شده و سپس در ۱۷۸۰/۵ درجه سانتی‌گراد مایع ناگهان شفاف می‌شود. با سرد کردن مایع، رینیتزر عکس اتفاق بالا را مشاهده نمود. رینیتزر مقداری از این نمونه را برای له‌مان فرستاد. او

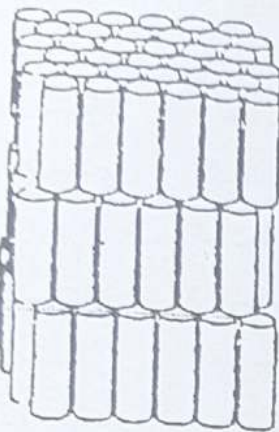
این حالت شیری رنگ را حالت میانی نامید و امروزه نیز به همین نام خوانده می‌شود. له‌مان وقتی زیر میکروسکوپ به ترکیب بنزوات کلسترول نگاه کرد، اتفاق غیرمنتظره‌ای در ارتباط با نور قطبیده مشاهده نمود. بدین ترتیب که برعکس مایعات معمولی که اگر آنها را توسط پلاریزور متقاطع مشاهده کنیم سیاه دیده می‌شوند، حالت میانی شفاف به نظر می‌رسد. حال

چرا این اتفاق می‌افتد؟ له‌مان از قبل می‌دانست که جامدات بلوری می‌توانند صفحه پلاریزاسیون نور قطبیده را بچرخانند و سبب عبور مقداری نور از پلاریزورها شوند. به نظر می‌رسد که برای حالت میانی اتفاقی مشابه می‌افتد. به همین جهت، این مایع شیری رنگ را بلور مایع نامیدند.

تا سال ۱۹۲۴ جزئیات بلور مایع خیلی روشن نبود تا اینکه *دانیل درلاندر* در دانشگاه *هل آلمان* نشان

که علاقمند به مطالعه نقطه ذوب مواد بود حالت مایع بلوری را تشخیص داد. او نامه‌ای از یک گیاه‌شناس اتریشی به نام *فردریچ رینیتزر* دریافت کرد که در پراگ مشغول بررسی و مطالعه ترکیب تازه کلسترول بنزوات بود. او ضمن اندازه‌گیری نقطه ذوب، شروع به بررسی خصوصیات این ماده نمود. برای انجام این عمل از یک میکروسکوپ استفاده کرد. وقتی رینیتزر سعی در اندازه‌گیری نقطه ذوب بنزوات کلسترول داشت، اتفاق عجیبی مشاهده نمود. بدین ترتیب که این ترکیب، دو نقطه ذوب دارد: یکی در درجه حرارت ۱۴۵/۵ درجه سانتی‌گراد که بلور سفید رنگ تبدیل

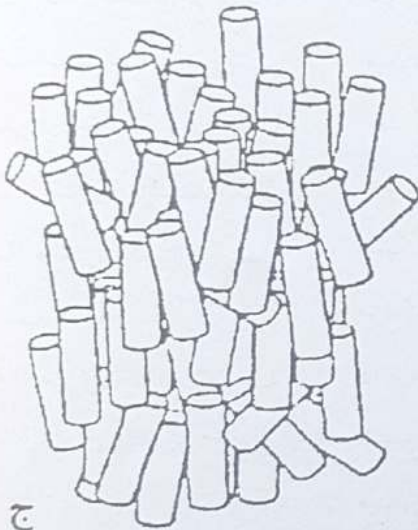




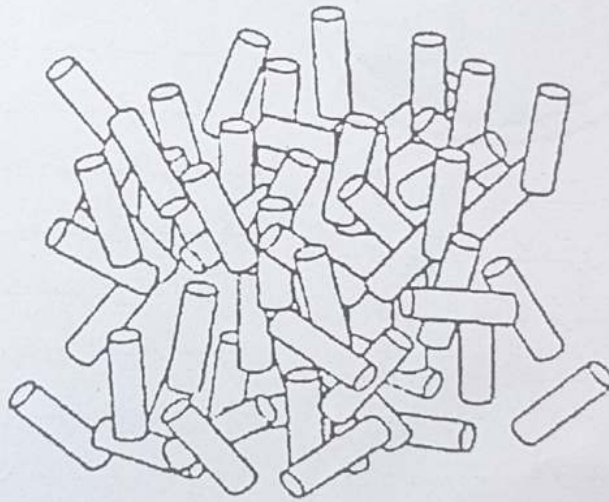
الف



ب



ج



د

در حالت کلی وقتی یک بلور که دارای بیش از یک نقطه ذوب است را گرم کنیم، آرایش مولکول‌های بلور قبل از نقطه ذوب اول به صورت شکل (الف) می‌باشد که به آن حالت جامد بلوری گویند. پس از ذوب شدن و عبور از نقطه ذوب اول، بلور تبدیل به حالت سمکتیک می‌شود (شکل (ب)). در این حالت مولکول‌ها با هم موازیند. اما قادر به حرکت در جهت طولی نیستند. آنها

که نظم مکانی مولکول‌ها را به هم بزند اما نتواند بر نیروهای بین مولکولی که به مولکول‌ها جهت معینی می‌دهند غلبه کند، جهت مولکول‌ها حفظ می‌شوند و در این صورت مایع بلوری تشکیل می‌شود. این حالت شامل مولکول‌هایی است که کم و بیش با هم موازیند و در مجموع جهت معینی را مشخص می‌کنند اما موقعیت مکانی آنها تغییر می‌کند.

مایع مطرح می‌شود و روند ذوب شدن بلور به وسیله دو و یا تعداد بیشتری نقطه ذوب مشخص می‌شود. در این صورت حالت‌های میانی بوجود می‌آیند.

مایع بلوری یک مایع ناهمسانگرد می‌باشد و عمده خواص فیزیکی آن به جهت‌های مختلف فضایی بستگی دارد.

اگر انرژی گرمایی که باعث ذوب بلور می‌شود، به اندازه‌ای باشد

الکترونیک که ما در آن زندگی می‌کنیم، دستگاههای مدرج دیجیتال هستند که تقریباً در همه جا استفاده می‌شوند. این دستگاههای مدرج کم‌حجم از لوازم روزمره زندگی شده‌اند و سرنوشت آینده الکترونیک را رقم خواهند زد. کامپیوترها، ساعت‌های مچی، ماشین حساب‌های جیبی، تلویزیونهای جیبی و حتی نمایشگرهای پمپ‌های بنزین از این قبیل می‌باشند.

بلورهای مایع در ساخت فیبرهای نوری نیز کاربرد دارند. امروزه دستگاههای الکترونیکی ویژه بازیهای مختلف و کامپیوترهای شخصی قابل حمل، همگی با تصاویری که به کمک بلورهای مایع ظاهر می‌شوند، کار می‌کنند. حتی تلویزیونهای رنگی کوچکی نیز به کمک نمایشگرهای بلور مایع ساخته شده‌اند. برتری آنها نسبت به تلویزیونهای لامپی متداول در این است که به شکل مسطح هستند و به فضای کمتری نیاز دارند.

می‌رسیم که بعد از آن مولکول‌ها نظم مکانی و جهتی خود را از دست داده و به مایع شفاف

تبدیل می‌شوند

(شکل د).



کاربردها:

یکی از خواص فیزیکی عمده و جالب بلورهای مایع، خواص نوری آنها است و امروزه از این خاصیت در مهندسی اپتیک به صورت گسترده استفاده می‌شود. همان طور که قبلاً نیز مطرح گردید بلورهای مایع را برای ساخت وسایل نوری الکترونیکی که بسیار کم‌مصرف‌تر از لامپ‌های کاندی هستند به کار می‌برند. بارزترین نشانه عصر

ساختار لایه‌ای دارند و این لایه‌ها می‌توانند روی هم بلغزند و می‌توان فرق آنها را با حالات بلوری مشاهده نمود. با افزایش درجه حرارت، به نقطه ذوب دیگری می‌رسیم که این حالت را نماتیک گویند و در این حالت مولکول‌ها طوری مرتب شده‌اند که محور طولی آنها نسبت به هم موازیند و آنها به سادگی می‌توانند در جهت طولی حرکت کنند (شکل ج). در نهایت، با افزایش دما، به نقطه ذوب دیگری

References:



1. "liquid crystal" from Merck Worldwide.
2. "Merck liquid crystals (licrystal)"

فاز نشریه شما!



سپاسگزاری

جناب آقای دکتر جانقربان،
جناب آقای دکتر جهرمی،

و همچنین آقایان:

حامد اشکوری

(مسئول انجمن علمی بخش مهندسی مواد)

امین جعفری

(صفحه آرا و گرافیکست)،

مهدی حسین مردی

(مدیر امور مالی)،

آرش عطار

(مسئول گروه تایپ)،

سعید ملک سعیدی

(طراح جلد)،

و خانم‌ها:

میترا ایزانمنش،

زهرا شبان چشمنی‌زاده،

حمیده صمدی،

آزاده مقاله،

لیلا مصلائی پور

(تایپ، صفحه‌آرایی و ویراستاری)

و همه دیگر دوستانی که ما را در

مسیر هدف مشترکمان یاری نمودید،

صمیمانه از شما سپاسگزاری

می‌نماییم.

مدیر امور فنی

آرش یزدانی

از همه کسانی که

علاقه‌مند به چاپ

مقالات خود در

مجله فلز می‌باشند

تقاضا می‌شود

مقالات خود را به

آدرس:

شیراز - دانشکده

مهندسی شماره ۱ -

انجمن علمی بخش

مهندسی مواد -

فصلنامه تخصصی فلز



بفرستند. در ضمن توجه به نکات زیر لازم به نظر می‌رسد:

الف) لطفا اسم خود را در بالای مقاله ذکر کنید.

ب) لطفا منابع و مراجع مقاله را در آخر مقاله نام ببرید.

ج) مسئولیت درستی یا نادرستی مقاله بر عهده نویسنده مقاله می‌باشد.

برای کسب اطلاعات بیشتر، با ما مکاتبه کنید.

پست الکترونیکی:

felez@hyperemail.com

HELIX 6

Vol.2 , No.6 , Winter , 2001

Metallurgy

Engineering

Journal of Scientific Group of Materials Science & Engineering Dept Shiraz University