

سرشناسه: شفیع خانی، محمد، ۱۳۷۶  
 عنوان و نام پدیدآور: مقدمه‌ای بر علم مواد در هوانوردی / تالیف محمد شفیع خانی، حسین عبادی، سینا سلیمانی.  
 مشخصات نشر: تهران: شرکت هوافضای برآ، انتشارات هوانورد، ۱۴۰۱.  
 مشخصات ظاهری: ۱۳۰ص: مصور.  
 شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۳۷-۱  
 وضعیت فهرست نویسی: فیبا  
 موضوع: مهندسی هوا فضا -- مواد Aerospace engineering-- Materials  
 آلیاژها Alloys  
 آلیاژها -- خواص حرارتی Alloys -- Thermal properties  
 آلیاژها -- خواص مکانیکی Alloys -- Mechanical properties  
 هواپیماها -- مواد صنعتی Airplanes -- Materials  
 شناسه افزوده: عبادی، حسین، ۱۳۸۳  
 شناسه افزوده: سلیمانی، سینا، ۱۳۸۴  
 رده بندی کنگره: ۶۹۸ TL  
 رده بندی دیویی: ۶۲۹ / ۱۳۴۲  
 شماره کتابشناسی ملی: ۸۹۰۵۱۶۷  
 اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا

نام کتاب	مقدمه‌ای بر علم مواد در هوانوردی
تالیف	محمد شفیع خانی، حسین عبادی، سینا سلیمانی
نشر	هوانورد
نوبت چاپ	اول
سال چاپ	۱۴۰۱
شمارگان	۵۰۰
قیمت	۹۰۰۰۰۰ ریال
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۳۷-۱

- ◀ کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است. نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
- ◀ برای تهیه این کتاب می‌توانید به وبگاه [www.aeroshop.ir](http://www.aeroshop.ir) مراجعه کنید
- یا با شماره تلفن ۷۷۸۵۰۲۵۹ - ۰۲۱ تماس حاصل فرمائید.

## فهرست مطالب

۹.....	پیشگفتار
۱۱.....	فصل اول - فلزها و آلیاژها
۱۹.....	فصل دوم - خصوصیات مکانیکی فلزات
۲۵.....	فصل سوم - آلومینیوم
۳۵.....	فصل چهارم - فلزات پایه آهن
۴۳.....	فصل پنجم - دیگر آلیاژها
۵۳.....	فصل ششم - روش‌های تست فلزات
۶۹.....	فصل هفتم - خوردگی
۸۱.....	فصل هشتم - شکل‌دهی فلزات
۹۹.....	فصل نهم - اتصال فلزات
۱۱۳.....	فصل دهم - مواد مرکب



## پیشگفتار

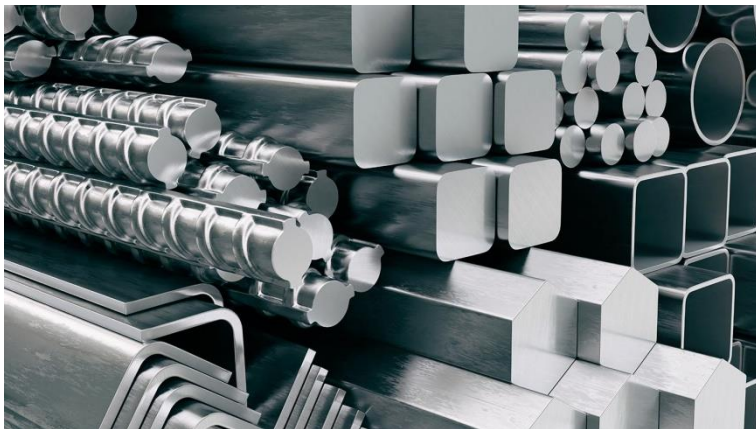
علم مواد شاخه‌ای از علوم است که به طور گسترده در زمینه مواد مختلف مهندسی مانند فلزات، سرامیک، مواد الکترونیکی و... فعالیت می‌کند. در این علم ارتباط بین ساختار مواد، روش ساخت آن‌ها، خواص آن‌ها و عملکرد مواد مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این رو علم مواد و آلیاژشناسی یکی از شاخه‌های مهندسی است که به درستی لقب مادر رشته‌های مهندسی را به خود اختصاص داده است. به جرأت می‌توان گفت که اکثریت قریب به اتفاق مصنوعات بشری که در اطراف می‌بینیم، حاصل تلاش مهندسان مواد است که با توجه به کاربرد قطعه مورد نظر سعی می‌کنند تا مناسب‌ترین ماده را برای تمام صنایع انتخاب کنند.

از این رو صنعت هوانوردی به عنوان صنعتی دارای بالاترین تکنولوژی روز، همواره در انتخاب و بکارگیری بهترین مواد و آلیاژ پیشرو بوده به این ترتیب که دارای بالاترین ایمنی و کمترین وجود ریسک است به طوری که سازه یک هواپیما با وجود وزن بسیار زیاد در هوا به پرواز درآمده و می‌توان وزن سازه‌ای آن بیشتر نیز شود بدون آنکه کمترین خطری مواجه سرنشینان آن باشد. با وجود اهمیت ذاتی آلیاژشناسی در همه‌ی صنایع علی‌الخصوص صنعت هوانوردی و با وجود واحد درسی با این نام و موضوع در هنرستان‌های هوانوردی، دانشکده‌ها و مراکز آموزش رشته‌های هوانوردی و نبود یک منبع منسجم به زبان فارسی که اکثر نکات مطرح شده در واحدهای درسی این علم در هنرستان‌ها و مراکز آموزشی هوانوردی را در بر بگیرد و دانش‌آموزان و دانشجویان و علاقه‌مندان به علم آلیاژشناسی و مواد در صنعت هوانوردی را از منابع موجود به زبان انگلیسی رهایی ببخشد ما را بر این داشت که نگارش کتاب علم مواد در هوانوردی را شروع کنیم که ماحصل آن تدوین کتاب موجود است. امیدواریم کتاب حاضر راهگشای همه‌ی دانش‌آموزان، دانشجویان و علاقه‌مندان به آلیاژشناسی در صنعت هوانوردی باشد.



## فصل اول - فلزها و آلياژها

فلزات<sup>۱</sup> دسته‌ای از مواد غیرشفاف، گداخت‌پذیر، انعطاف‌پذیر و معمولاً براق هستند که رسانایی الکتریکی و گرمایی خوبی نیز دارند. در علم شیمی، فلزات موادی هستند که به راحتی با از دست دادن الکترون‌های خود کاتیون‌ها را تشکیل می‌دهند و اکسیدها و هیدروکسیدهای اساسی تولید می‌کنند. در واقع فلزات ترکیبات طبیعی پوسته زمین هستند که به صورت کانی‌های فلزی یافت می‌شوند و هم با فلزات دیگر و هم با بسیاری از عناصر مختلف مرتبط هستند. فلزات به شکل طبیعی در سنگ‌هایی که توسط آب‌های سطحی و زیرزمینی شسته شده‌اند و همچنین در گرد و غبار موجود در جو وجود دارند. توسعه تمدن بشر تا حد زیادی به کشف فلزات متکی بوده است. انسان ماقبل تاریخ از فلزات برای ساختن ابزار و سلاح استفاده می‌کرد و بعد از پیشرفت دانش در زمینه متالوژی، فلزات نقشی اساسی در توسعه کشاورزی، حمل و نقل، هنر و صنایع دستی داشته‌اند. در حال حاضر ۸۶ نوع فلز شناخته شده است، اما تا قبل از قرن نوزدهم تنها ۲۴ فلز کشف شده بود و از این تعداد هم ۱۲ فلز در قرن ۱۸ کشف شده بودند.



آلیاژ<sup>۲</sup> یا هم‌جوشه، مخلوط یا محلول جامد فلزی متشکل از یک فلز اصلی که آن را فلز پایه می‌گویند با یک یا چند عنصر فلزی یا غیرفلزی است. به زبان ساده، آلیاژ، مخلوطی از یک فلز با یک یا چند عنصر دیگر است. برای مثال فولاد، آلیاژ آهن با کربن است.

<sup>1</sup> Metals

<sup>2</sup> Alloy

آلیاژ معمولاً خواصی متفاوت از عناصر تشکیل دهنده خود دارد. بسته به میزان همگنی در مخلوط عناصر، آلیاژ می‌تواند تک فاز یا چند فاز باشد. هدف از هم‌جوشه‌سازی، تغییر و بهبود خواص ماده مانند چقرمگی، استحکام، سختی و غیره است.

### انواع مواد مورد استفاده در سازه‌ها:

مواد سازه‌ای بر اساس خصوصیات اصلی مواد از جمله سختی، مقاومت، چگالی و نقطه ذوب به چهار گروه قابل تقسیم است.

#### الف) فلزات

رایج‌ترین مواد مورد استفاده در گذشته‌ای نه چندان دور فلزات بوده‌اند. فقط تعداد کمی از فلزات مثل طلا، نقره و پلاتین بصورت آزاد در طبیعت یافت می‌شوند. این فلزات را فلزات نوبل<sup>۱</sup> می‌نامند. عموماً همه فلزات از نظر شیمیایی با رسوبات معدنی ترکیب هستند. رسوبات معدنی، شامل فلزات ترکیبی کافی، که خارج کردن آن‌ها را اقتصادی می‌کند را «سنگ معدن»<sup>۲</sup> می‌گویند. فلزات متداول عبارت‌اند از آهن، آلومینیوم، روی، قلع، نیکل و تیتانیوم. همه فلزات بغیر از جیوه، جامد هستند. آن‌ها چکش‌خوار و انعطاف‌پذیر بوده و رسانای خوبی می‌باشند. فلزات دارای جلا می‌باشند، یعنی انعکاس‌دهنده‌های خوبی هستند. آن‌ها فقط تعداد کمی الکترون در لایه‌ی آخرشان دارند و به راحتی این الکترون‌ها را برای تشکیل کاتیون از دست می‌دهند. فلزات عوامل کاهنده شدن مناسبی هستند و هیدروکسید آن‌ها پایه است.

فلزات دارای سختی، مقاومت، پایداری حرارتی، انتقال حرارت و الکتریسیته بالا می‌باشند. به دلیل مقاومت بالای فلزات در برابر حرارت نسبت به پلاستیک‌ها، استفاده از فلزات در مواردی که درجه حرارت بالا مورد نیاز است اجتناب‌ناپذیر می‌باشند.

در کاربردهای سازه‌ای، آلیاژها کاربرد وسیع‌تری نسبت به فلزات خام دارند. آلیاژها ترکیبی از دو یا چند فلز می‌باشند و خصوصیات فلزات را دارا هستند. آن‌ها می‌توانند شامل مواد غیرفلزی نیز باشند. از دیدگاه اقتصادی آلیاژها از فلزات ساده پراهمیت‌تر هستند. آن‌ها از طریق ذوب کردن فلزات با یکدیگر و برگرداندن آن به حالت جامد ایجاد می‌شوند.

<sup>1</sup> Noble

<sup>2</sup> Ore