



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “M.Sc”

مهندسی مواد – شناسایی و انتخاب مواد فلزی

عنوان :

خواص مکانیکی آلیاژهای پایه $Sn-Sb$

استاد راهنما :

نگارش:

۱	چکیده
۲	مقدمه
۳	فصل اول : معرفی آلیاژ
۴	۱-۱- آلیاژهای زودذوب
۴	۲-۱- سرب، قلع، آنتیموان و آلیاژهای آنها
۴	۱-۲-۱- سرب
۵	۲-۲-۱- قلع
۵	۳-۲-۱- آنتیموان
۶	۴-۲-۱- تأثیر افزودن Sb به Pb
۷	۱-۴-۲-۱- تأثیرافزودن قلع به آلیاژ سرب - آنتیموان
۷	۵-۲-۱- تأثیر افزودن Sn به Pb
۸	۱-۵-۲-۱- تأثیر افزودن آنتیموان به سیستم قلع - سرب
۹	۶-۲-۱- آلیاژ قلع-آنتیموان
۱۱	۱-۶-۲-۱- تأثیر افزودن Sb به Sn و شکل ذرات و نحوه ی استحکام دهی
۱۲	۲-۶-۲-۱- آنالیز حرارتی آلیاژهای Sn-Sb
۱۳	۳-۶-۲-۱- ریزسختی آلیاژهای Sn-Sb
۱۴	فصل دوم : معرفی آلیاژ بررسی خواص کششی
۱۵	۱-۲- خواص کششی
۱۶	۲-۲- بررسی خواص کششی Sn-5Sb در دمای محیط
۱۸	۳-۲- تأثیر دما بر روی خواص کششی و شکست آلیاژ Sn-5Sb
۲۰	۴-۲- بررسی تغییرات ریزساختار آلیاژ در دمای مختلف
۲۱	۵-۲- بررسی تأثیر افزودن عناصر آلیاژی بر روی خواص کششی Sn-5Sb
۲۳	۱-۵-۲- تأثیر افزودن Au و Ag بر روی منحنی تنش - کرنش آلیاژ Sn-5Sb
۲۳	۲-۵-۲- تأثیر دما بر روی منحنی تنش -کرنش آلیاژ Sn-5Sb
۲۵	۶-۲- تأثیر عملیات حرارتی بر روی خواص مکانیکی آلیاژ Sn-5Sb
۲۶	۷-۲- تأثیر عملیات حرارتی بر مقاومت الکتریکی آلیاژ Sn-5Sb

- ۲۹ ۳-۱- بررسی رفتار خزشی آلیاژ Sn-5Sb
- ۳-۲- تأثیر مقدار Sb موجود در سیستم آلیاژی Sn-Sb بر رفتار خزشی
- ۳۱ ۳-۳- بررسی رفتار خزش Sn-5Sb برای دو شرایط مختلف کار شده و ریختگی
- ۳۳ ۳-۴- بررسی رفتار خزشی آلیاژ Sn-5Sb با استفاده از روش سختی سنجی
- ۳۶ ۳-۴-۱- تأثیر دما بر روی رفتار خزشی این آلیاژها
- ۴۰ ۳-۵- تأثیر ECAP بر روی رفتار خزشی Sn-5Sb
- ۴۲ ۳-۶- تأثیر افزودن عناصر آلیاژی بر روی خواص خزشی آلیاژ Sn-5Sb
- ۴۳ ۳-۷- بررسی تأثیر عملیات آنیل بر روی خواص خزشی آلیاژ Sn-5Sb
- ۴۴ ۳-۸- تأثیر اندازه ذرات SnSb بر روی رفتار خزشی Sn-5Sb
- ۴۵ ۳-۹- بررسی تست تنش- پارگی در آلیاژ Sn-5Sb

منابع

- ۴۷ فهرست منابع فارسی
- ۴۸ فهرست منابع لاتین

- شکل ۱: منحنی تنش - کرنش کششی با نرخ کرنش‌های متفاوت، الف) Pb-4.5Sb ب) Pb-1.25Sb ۶
- شکل ۲: منحنی تغییرات الف) درصد تغییرات طول ب) ۱- استحکام کششی، ۲- استحکام برشی، ۳- مدول الاستیک برای آلیاژ قلع- سرب بر حسب درصد‌های مختلف سرب ۷
- شکل ۳: منحنی تنش - کرنش کششی آلیاژ قلع- سرب حاوی و فاقد آنتیموان در نرخ کرنش $T = 433 \text{ K}$ و $9 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ۸
- شکل ۴: دیاگرام فاز سیستم قلع- آنتیموان ۱۰
- شکل ۵: ریزساختار آلیاژ لحیم Sn-5Sb سریع منجمد شده الف) SEM و ب) OM ۱۱
- شکل ۶: الف) میکروگراف نزدیک محور [110] آلیاژ Sn-8.1Sb طول ویسکرهای موازی با محور [001] دارای طول ۳ تا ۵mm می باشد. ب) میکروگراف نزدیک محور [001] آلیاژ Sn-8.1Sb ۱۲
- شکل ۷: a) گرمای ویژه بر حسب دما در آلیاژ Sn-5Sb، b) منحنی دما - زمان سرد شدن ۱۳
- شکل ۸: تغییرات m بر حسب نرخ کرنش آلیاژ Sn-5Sb در دمای محیط ۱۷
- شکل ۹: تغییرات تنش بر حسب نرخ کرنش آلیاژ Sn-5Sb در دمای محیط ($\blacksquare 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ و $\blacksquare 10^{-4} \text{ s}^{-1}$) ۱۸
- شکل ۱۰: منحنی‌های تنش - کرنش آلیاژ Sn-5Sb الف) در نرخ کرنش 10^{-4} s^{-1} و ب) 10^{-3} s^{-1} ۱۹
- شکل ۱۱: تصاویر ریزساختار آلیاژ Sn-5Sb تغییر شکل یافته در نرخ کرنش 10^{-4} S^{-1} در دماهای مختلف الف) 25°C ، ب) 100°C ، ج) 150°C و د) 200°C ۲۰
- شکل ۱۲: تصاویر ریزساختار آلیاژهای ریختگی a) Sn-5Sb، b) Sn-5Sb-3.5Ag و c) Sn-5Sb-1.5Au ۲۲
- شکل ۱۳: الگوهای پراش اشعه X آلیاژهای ریختگی a) Sn-5Sb، b) Sn-5Sb-3.5Ag و c) Sn-5Sb-1.5Au ۲۳
- شکل ۱۴: منحنی‌های تنش - کرنش آلیاژهای Sn-5Sb، Sn-5Sb-3.5Ag و Sn-5Sb-1.5Au در دمای 70°C در نرخ کرنش 10^{-2} S^{-1} ۱/۳ ۲۴
- شکل ۱۳: اثر نرخ کرنش بر a) استحکام کششی، b) تنش تسلیم و c) ازدیاد طول نهایی در آلیاژهای Sn-5Sb، Sn-5Sb-3.5Ag و Sn-5Sb-1.5Au در دمای 80°C ۲۴
- شکل ۱۴: تنش اعمالی بر حسب نرخ کرنش در دمای 80°C برای آلیاژهای لحیم Sn-5Sb، Sn-5Sb-3.5Ag و Sn-5Sb-1.5Au ۲۵
- شکل ۱۵: اثر دما بر a) استحکام کششی، b) تنش تسلیم و c) ازدیاد طول نهایی در آلیاژهای Sn-5Sb، Sn-5Sb-3.5Ag و Sn-5Sb-1.5Au در نرخ کرنش 10^{-2} S^{-1} ۱/۳ ۲۶
- شکل ۱۶: منحنی تنش کرنش آلیاژ Sn-5Sb قبل و بعد از عملیات آنیل ۲۷
- شکل ۱۷: نتایج تست خزش آلیاژهای مستحکم شده محلول جامد ۳۰
- شکل ۱۸: منحنی‌های خزش فروروندگی تحت تنش‌های مختلف در دمای 298 K الف) ریختگی، ب) کار شده ۳۱
- شکل ۱۹: منحنی‌های خزش فروروندگی تحت دمای مختلف الف) ریختگی $\sigma = 80 \text{ MPa}$ و ب) کار ۳۲

شده $\sigma = 30 \text{ MPa}$

- ۳۲ شکل ۲۰: تصاویر ریزساختار آلیاژ Sn-5Sb در شرایط الف) کار شده وب) ریختگی
- ۳۴ شکل ۲۱: قطر اثر فرورونده آلیاژ Sn-5Sb در شرایط UC و دمای 100°C الف) در زمان ۳۰ ثانیه،
ب) در زمان ۶۰ دقیقه و ج) در زمان ۱۲۰ دقیقه
- ۳۵ شکل ۲۲: منحنی های خزش فروروندگی آلیاژ Sn-5Sb تحت بارمختلف در شرایط الف) UC، ب) HC
ج) UW د) HW
- ۳۶ شکل ۲۳: تصاویر ریزساختار آلیاژ Sn-5Sb در شرایط الف) UC، ب) HC ج) UW د) HW
- ۳۷ شکل ۲۴: $\dot{\epsilon} \text{ vs } \log H_v$ بر حسب $\log t$ در دماهای متفاوت برای حالت! HW هرمی بر اساس
روش های Ashby, Juhasz و Sargent, Mulhearn
- ۳۹ شکل ۲۵: نمودار XRD حالت های HW و UW
- ۴۰ شکل ۲۶: نتایج آزمون خزش در دمای 298 K ، الف) برای نمونه ECAP شده، ب) نمونه نورد شده
- ۴۲ شکل ۲۷: منحنی خزش آلیاژهای Sn-5Sb-3.5Ag و Sn-5Sb-1.5Au تحت شرایط
 41 MPa و دمای 25°C
- ۴۴ شکل ۲۷- منحنی خزش آلیاژهای Sn-10Sb در دماها و تنش های مختلف
- ۴۵ شکل ۲۹: الف) میکروگراف نوری نمونه های آلیاژ Sn-10Sb دریافتی، ب) ریزساختار آلیاژ Sn-10Sb
پس از آنیل به مدت یک ساعت در دمای 100°C ج) در دمای 150°C و د) در دمای 175°C
- شکل ۳۰: رابطه تنش و زمان پارگی آلیاژ Sn-5Sb آنیل شده در دمای الف) $498 \pm 2 \text{ K}$ و
ب) $326 \pm 2 \text{ K}$
- ۴۶

۵	جدول ۱: خواص سرب، قلع و آنتیموان
۹	جدول ۲: خواص برخی آلیاژهای لحیم حاوی و فاقد سرب جهت استفاده در صنایع الکترونیک
۱۷	جدول ۳: خواص استحکامی آلیاژ Sn-5Sb در دمای محیط
۱۹	جدول ۴: خواص استحکامی آلیاژ Sn-5Sb در دمای بالا
۲۱	جدول ۵: مقادیر توان کارسختی و انرژی فعال سازی آلیاژ Sn-5Sb در نرخ کرنش های متفاوت
۳۴	جدول ۶: مقاومت الکتریکی آلیاژ Sn-5Sb قبل و بعد از عملیات آنیل
۳۱	جدول ۷: ویژگی های خزشی آلیاژ Sn-5Sb در شرایط ریختگی و کار شده
۳۹	جدول ۸: مکانیزمهای خزش در دماهای متفاوت برای آلیاژ Sn-5% Sb
۴۱	جدول ۹: خصوصیات خزشی ماده در شرایط نورد و ECAP شده
۴۳	جدول ۱۰: انرژی فعال سازی و توان تنشی آلیاژهای Sn-5Sb، Sn-5Sb-3.5Ag و Sn-5Sb

1.5Au

در گزارش حاضر به بررسی خواص مکانیکی آلیاژهای پایه قلع- آنتیموان پرداخته شده است. این آلیاژها به عنوان آلیاژهای بدون سرب در سال های اخیر پیشنهاد شده است رفتار تغییر شکل این آلیاژها بسیار حائز اهمیت بوده به گونه ای که این آلیاژها رفتار سوپر پلاستیک از خود نشان می دهند رایجترین ترکیب از این آلیاژ پایه آلیاژ Sn-5Sb می باشد افزودن عناصری مانند طلا، نقره و بیسموت موجب بهبود خواص مکانیکی این آلیاژها می گردد اما افزودن عناصر مانند روی و سرب چندان قادر به بهبود خواص این آلیاژ نمی گردد به دلیل کاربرد این آلیاژ در اتصالات الکترونیکی مقاومت در مقابل خزش این آلیاژها بسیار مهم است.

آلیاژهای قلع- آنتیموان از خانواده آلیاژهای زودذوب^۱ به حساب می آیند که با توجه به خواص استحکامی و خزشی مناسب و همچنین به سبب رسانایی خوب، در اتصالات صنایع الکتریکی و الکترونیکی، اتصال پوششهای مقاوم در برابر خوردگی صفحات فولادی و... در لحیم کاری به عنوان آلیاژ لحیم کاربرد دارند. خواص تغییرشکلی آلیاژهای قلع- آنتیموان قابل توجه بوده و این آلیاژها قابلیت ارائه رفتار سوپرپلاستیک دارند. آلیاژ دوتایی قلع- آنتیموان یوتکتیک نبوده بلکه پریکتیک می باشد که در نتیجه نقطه ذوب آن بیشتر از قلع خالص می باشد. رایجترین ترکیب مورد استفاده در میان این خانواده از آلیاژها، Sn-5Sb است. آلیاژ اخیر دارای محدوده ذوب ۲۳۶ تا ۲۴۳ °C بوده که یکی از باریکترین محدوده های ذوب در بین این آلیاژهای دوتایی می باشد. افزودن عناصر آلیاژی از قبیل طلا و نقره به آلیاژ Sn-5Sb باعث بهبود خواص مکانیکی (استحکام کششی و درصد ازدیاد طول) و کاهش نقطه ذوب آن می گردد.

در سمینار حاضر آلیاژهای زودذوب معرفی گردیده، روند توسعه، محدودیتهای و کاربرد آنها مطرح گردیده و خواص مکانیکی سیستم آلیاژی Sn-Sb و عوامل موثر بر آن مورد مطالعه قرار می گیرد. همچنین رهیافت های جدید برای بهبود خواص و توسعه کاربرد این سیستم، به اجمال مرور می شود.

^(۱) Fusible alloys