



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 :

خزش مس و آلیاژهای آن

استاد راهنما :

نگارش:

فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مطالب
۱	چکیده
۲	مقدمه
۳	فصل اول : کلیات
۵	فصل دوم : خزش و پارامترهای موثر بر آن
۶	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- آلیاژهای دمای بالا
۸	۳-۲- آزمون های مکانیکی در دمای بالا
۱۲	۴-۲- روش های آزمون خزش
۱۳	۵-۲- تغییرات ساختاری درحین خزش
۱۴	۱-۵-۲- تغییر شکل توسط لغزش
۱۵	۲-۵-۲- تشکیل زیردانه
۱۵	۳-۵-۲- لغزش مرز دانه
۱۶	۶-۲- مکانیسم های خزش در جامدات بلوری
۱۷	۱-۶-۲- خزش نفوذی
۱۸	۲-۶-۲- خزش نابجایی ها
۲۱	۳-۶-۲- لغزش نابجایی ها
۲۱	۴-۶-۲- لغزش مرزدانه
۲۲	۷-۲- خزش مواد با سختی پراکندگی
۲۳	۸-۲- نقشه های مکانیسم تغییر شکل
۲۴	۹-۲- انرژی فعال سازی برای خزش مرحله پایدار

۲۷	فصل سوم : آلیاژهای مقاوم به خزش مس
۲۸	۳-۱- مقدمه
۲۸	۳-۲- سیستم سه تایی Cu-Cr-Ag
۲۸	۳-۲-۱- سیستم Cu-Cr
۲۹	۳-۲-۲- سیستم Cu-Ag
۳۸	۳-۳- آلیاژهای سه تایی Cu-Cr-Zr
۴۲	فصل چهارم : خزش در مس و آلیاژهای آن
۴۳	۴-۱- مقدمه
۴۳	۴-۲- خزش در مس خالص
۵۴	۴-۳- تغییرات در شکل منحنی های خزش مس
۵۴	۴-۴- اثر اندازه دانه بر رفتار خزشی مس خالص
۵۹	۴-۵- فرایندهای آسیب خزشی
۶۱	۴-۶- رفتار خزشی آلیاژهای پایه Cu-Cr
۷۰	۴-۷- رفتار خزشی کامپوزیت های مس
۷۹	فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۸۱	منابع انگلیسی
۸۶	چکیده انگلیسی (Abstract)

فهرست جدول ها

عنوان مطالب	شماره صفحه
۳-۵- آنالیز EDS مربوط به تصویر b شکل ۳-۱۰.	۴۱
۴-۱- اطلاعات کریستالوگرافی و حرارتی مس خالص.	۴۳
۴-۲- مدول برشی مس خالص.	۴۴
۴-۳- اطلاعات خزشی مربوط به مس.	۴۴
۴-۴- اطلاعات خزش مس خالص با توجه به درصد خلوص، اندازه دانه، دمای همولوگ و تنش با توجه به تحقیقات پیشین.	۴۵-۴۶
۴-۵- اطلاعات آلیاژهای مورد استفاده در پژوهش [۵۱].	۶۲
۴-۶- اطلاعات خزش آلیاژ Cu-8Nb-4Cr اکسترود شده.	۶۸
۴-۷- خواص کششی مس تقویت نشده و کامپوزیت Cu-TiB ₂ در دمای اتاق.	۷۵
۴-۸- مقایسه نرخ خزش مس خالص و کامپوزیت Cu-10Cr در دماهای ۴۰۰ و ۵۰۰ °C.	۷۸

فهرست شکل ها

عنوان مطالب	شماره صفحه
۱-۲- نمونه منحنی رها شدگی تنشی در حالت (a) تنش باقیمانده (b) تنش آزاد شده (تنش اولیه منهای تنش باقیمانده).	۹
۲-۲- نمودار خزش در حالت (A) بار ثابت (B) تنش ثابت.	۱۰
۳-۲- نمودار شماتیکی از اثر تنش بر منحنی خزش در دمای ثابت.	۱۲
۴-۲- منحنی نرخ کرنش بر حسب کرنش.	۱۴
۵-۲- حرکت نابجایی ها برای تشکیل زیر دانه	۱۵
۶-۲- تصویر شماتیک تشکیل چین در نقطه سه تایی.	۱۶
۷-۲- شماتیکی از اثر تنش بر نرخ خزش مرحله پایدار.	۲۰
۸-۲- فرم ساده شده نقشه مکانیسم های تغییر شکل.	۲۴
۹-۲- رابطه بین انرژی فعال سازی برای خزش دمای بالا و انرژی نفوذ در خود.	۲۶
۱-۳- سیستم دو تایی Cu-Cr.	۲۹
۲-۳- سیستم دوتایی Cu-Ag.	۳۰
۳-۳- تصویر میکروسکوپ نوری از ساختار ریختگی (a) Cu - 6 Ag (b) Cu - 12 Ag (c) Cu - 24 Ag.	۳۲
۴-۳- تصویر میکروسکوپ SEM از ساختار ریختگی (a) Cu - 6 Ag (b) Cu - 12 Ag (c) Cu - 24 Ag.	۳۳
۵-۳- وابستگی استحکام نهایی به نسبت کشش در پژوهش Liu و همکاران.	۳۳
۶-۳- وابستگی استحکام نهایی به نسبت کشش برای آلیاژهای Cu - 6 Ag و Cu - 6 Ag - 1 Cr.	۳۵

- ۳۶ ۷-۳ تغییرات سختی با پیرسازی آلیاژ Cu-0.4Cr-0.1Ag.
- ۳۶ ۸-۳ تغییرات رسانایی الکتریکی با پیرسازی آلیاژ Cu-0.4Cr-0.1Ag.
- ۳۹ ۹-۳ تاثیر کارسرد بر تغییرات سختی حین پیرسازی آلیاژ Cu-0.3Cr-0.15Zr-0.05Mg در دمای ثابت 470°C .
- ۴۰ ۱۰-۳ تصویر SEM از ذرات درشت در آلیاژ Cu-0.31Cr-0.21Zr (a : فازهای غنی از کروم و زیرکونیوم، b) تصویر الکترون برگشتی از تصویر a.
- ۴۸ ۱-۴ تغییرات نرخ کرنش نسبت به تنش در مقیاس لگاریتمی برای مس.
- ۴۸ ۲-۴ نمودار نیمه لگاریتمی $\sigma - \dot{\epsilon}$ ، داده های مربوط به نقاط تنش بالا و دمای پایین از یک رابطه نمایی بصورت $\exp(B\sigma) \propto \dot{\epsilon}$ پیروی می کنند.
- ۴۹ ۳-۴ انرژی فعال سازی خزش مس بر اساس نرخ کرنش نرمال.
- ۵۰ ۴-۴ وابستگی Q_c به $\frac{\sigma}{G}$ برای مس.
- ۵۱ ۵-۴ وابستگی نرخ کرنش به تنش اعمالی در مس خالص در محدوده دمایی آزمون های خزش.
- ۵۲ ۶-۴ انتقال از $n=4/5$ به $n=1$ در $\sigma_y \cong 0.5\sigma$ در مس خالص.
- ۵۳ ۷-۴ شکل ۷-۴- نمودار $\dot{\epsilon}/\epsilon$ ، برای مس در دمای ۷۲۳ K نشان می دهد که نرخ حداقل در تنش ۴۰ MPa، بعد از اینکه تنش به مدت ۱۴ ks به ۳۰ MPa کاهش یافته، واقع شده است.
- ۵۳ ۸-۴ مشابه شکل ۷-۳، برای منطقه $n=1$ و تنش های ۶ MPa و ۱۲ MPa.
- ۵۴ ۹-۴ نمودار $\dot{\epsilon}$ بر حسب ϵ برای مس در تنش ثابت و دماهای مختلف.
- ۵۵ ۱۰-۴ وابستگی نرخ خزش به اندازه دانه برای مس در رژیم $n=1$.
- ۵۷ ۱۱-۴ وابستگی نرخ خزش به اندازه دانه برای آلیاژهای مختلف در رنج دمایی

$$T_m \text{ } 0.65 - 0.42.$$

۵۷ ۱۲-۴ وابستگی $\dot{\epsilon}_m$ به اندازه دانه برای (a) مونل در T_m ۰/۵۵ و (b) فولاد

$$\text{آستینیتی در } T_m \text{ } 0.59.$$

۵۸ ۱۳-۴ رابطه بین تنش و حداقل نرخ خزش برای مس با اندازه دانه های مختلف

$$\text{در دماهای مختلف از } T_m \text{ } 0.56 - 0.53.$$

۵۹ ۱۴-۴ حفره های مرز دانه ای ایزوله در مس خالص در مکانیسم $n = 1$.

۶۰ ۱۵-۴ حفره های مرز دانه ای ایزوله در مکانیسم $n = 4/5$.

۶۲ ۱۶-۴ تشکیل حفره در خزش مرحله اول. آلیاژ MZC Copper، $\sigma = 80 \text{ MPa}$.

$$\text{و } \square = 0.06.$$

۶۳ ۱۷-۴ ترک درون دانه ای در منطقه مرکزی، MZC Copper، $\sigma = 160 \text{ MPa}$.

$$\text{و } \square = 0.38.$$

۶۳ ۱۸-۴ نابجایی های خارجی در مرز دانه (محل فلش ها)، MZC Copper،

$$\sigma = 80 \text{ MPa} \text{ و } \square = 0.06.$$

۶۴ ۱۹-۴ مرز دانه های مهاجر که توسط ذرات رسوب قفل شده اند، مشابه آلیاژ

شکل ۱۸-۴.

۶۷ ۲۰-۴ نمونه منحنی های خزش برای آلیاژ Cu-8Nb-4Cr.

۶۸ ۲۱-۴ نمودار نرخ کرنش نسبت به تنش در مقیاس لگاریتمی برای آلیاژ

Cu-8Nb-4Cr اکستروود شده.

۷۰ ۲۲-۴ نمودار داده های خزشی آلیاژ Cu-8Nb-4Cr اکستروود شده که نشان

دهنده تطابقی خوب در نسبت بالاتر از $10^{-3} \approx \frac{\sigma}{G}$ با مدل سینوس

هیپربولیکی و مدل خزش توانی در زیر این نسبت می باشد.

- ۷۱-۲۳-۴- نرخ کرنش خزش نسبت به تنش در دو محدوده LTI و HTI.
- ۷۲-۲۴-۴- رابطه بین تنش آستانه و دما در دو محدوده LTI و HTI برای دو کامپوزیت ODS و DRS نشان دهنده آن است که مکانیسم کنترل کننده نرخ خزش تحت تأثیر حضور الیاف تقویت کننده آلومینا قرار نگرفته است.
- ۷۶-۲۵-۴- مقایسه مقاومت خزشی مس تقویت نشده (نشانه های تو خالی) و کامپوزیت Cu-TiB_2 (نشانه های توپر).
- ۷۷-۲۶-۴- تصویر TEM از از زمینه مس در کامپوزیت Cu-Cr (a) مقطع طولی (b) مقطع عرضی (SD جهت آهنگری سرد).

چکیده

در گزارش حاضر رفتار خزش مس خالص و آلیاژهای آن در محدوده وسیعی از دما ($0/۸۰ < \frac{T}{T_m} < ۰/۲۵$) و تنش مورد مطالعه قرار گرفته است. در محدوده دمای مورد بررسی، مکانیسم غالب خزش در حالت خالص شامل خزش نابجایی ها بوده و وجود مکانیسم نفوذی رد شده است. در حالت آلیاژ و یا کامپوزیت مکانیسم غالب پیچیده تر شده و با توجه به نوع ماده مورد آزمون مکانیسم غالب، خزش نابجایی ها و یا از نوع تنش آستانه ای گزارش شده است. اثر اندازه دانه، عناصر آلیاژی نظیر Al, Nb, Mg, Zr, Cr ، عملیات مکانیکی، عملیات حرارتی، روش های مختلف ساخت آلیاژها و تغییرات ریزساختاری مورد مطالعه قرار گرفته است. ویژگی های خاص و همینطور محدودیت های این آلیاژها در حالت های مختلف تبیین شده است. فرایند های آسیب خزشی نیز بطور ترجیحی از نزدیکی سطح نمونه ها آغاز می شوند.

مقدمه

مس یکی از مهمترین مواد مهندسی است که هم بصورت خالص و هم در شرایط آلیاژی کاربردهای فراوانی دارد. در حالت خالص، این فلز ترکیب فوق العاده ای از خواص مختلف را دارا است که آن را به صورت ماده ای اساسی و پرکاربرد در صنایع الکتریکی مطرح کرده است. از جمله این خواص می توان به هدایت الکتریکی زیاد، مقاومت به خوردگی، سادگی ساخت، تنش تسلیم متوسط، خواص آنیل قابل کنترل و ویژگی های لحیم کاری و اتصال اشاره نمود. آلیاژهای مس از جمله برنج و برنز نیز خواص مفیدی دارند که موجب استفاده وسیع این آلیاژها در کاربردهای مهندسی شده است.

به دلیل داشتن ترکیبی عالی از خواص هدایت حرارتی بالا، استحکام مکانیکی نسبتاً خوب و چقرمگی در دامنه وسیعی از دماها، مس و آلیاژهای آن در کاربردهای پیچیده ای که شرایط سرویس آنها نیاز به انتقال حرارت بالا و تحمل بار دارد، می توانند بهترین انتخاب باشند.

از سوی دیگر، شناسایی دقیق رفتار مکانیکی و عمر این مواد در دمای بالا برای چنین کاربردهایی کاملاً حیاتی می باشد. در گزارش حاضر رفتار خزشی مس خالص، اثر اندازه دانه، فرایند های آسیب خزشی، عناصر آلیاژی نظیر Al , Nb , Mg , Zr , Cr ، عملیات مکانیکی، عملیات حرارتی، روش های مختلف ساخت آلیاژها و تغییرات ریزساختاری مورد بررسی قرار گرفته و ویژگی ها و همینطور محدودیت های این آلیاژها در حالت های مختلف تشریح شده است.

فصل اول

کلیات

(۱-۱) هدف تحقیق

هدف در گزارش پیش رو، جمع آوری اطلاعات بدست آمده در تحقیق های پیشین و بررسی اثر و نقش پارامترهای موثر بر رفتار خزش مس و آلیاژهای آن می باشد.

(۲-۱) پیشینه تحقیق

درباره رفتار خزشی مس و آلیاژهای آن، تحقیق هایی انجام شده است. در گزارش حاضر رفتار خزشی مس خالص، اثر اندازه دانه، فرایند های آسیب خزشی، عناصر آلیاژی نظیر Zr ، Cr ، Al ، Nb ، Mg ، عملیات مکانیکی، عملیات حرارتی، روش های مختلف ساخت آلیاژها و تغییرات ریزساختاری مورد بررسی قرار می گیرد.

(۳-۱) روش کار و تحقیق

گزارش حاضر از مطالعه رفتار خزشی مس خالص و همچنین آلیاژهایی از مس که در منابع نوشتاری شامل مقالات و کتب موجود است، تدوین شده است.