

اصول و مبانی شکل دهی ابر موسان (سوپر پلاستیک)

مؤلفین:
سیدعلیرضا باقری موسوی

مهرداد خاندایی

چکیده

در علم شکل‌دهی فلزات دستیابی به کرنش بالا به همراه، عیوب متالورژیکی کم همواره مورد بحث بوده است. تغییر فرم ابروموسان می‌تواند پاسخ مناسبی برای این نیاز باشد. در تغییر شکل ابروموسان کرنش بیش از ۲۰۰ درصد مدنظر بوده و این عدد برای ابروموسان آلیاژ قلع-سیسموت به ۱۹۵۰ درصد نیز رسیده است. ابروموسان سه شرط اصلی دارد. قطعاتی که برای فرم دهی با این روش به کار می‌روند باید ریزدانه باشند. در شرایط دمایی بیش از ۰۶ نقطه مطلق ذوب تغییر فرم یابند و نرخ کرنش در فرآیند باید بسیار آهسته باشد. با استفاده از این روش کرنش سخت کمی در ماده ایجاد می‌شود. و کاهش سطح مقطع در طول فرآیند تمایل به یکسان شدن با سایر نقاط را دارد. ازجمله پرکاربردترین فرآیندهای این روش در تغییر شکل حجمی آهنگری هم‌دما و در تغییر فرم، کشش عمیق با فشار گاز خنثی است. تغییر فرم ابروموسان قابلیت اجرا در مواد فلزی، کامپوزیتی و سرامیکی را دارا است. برای موادی همانند تیتانیوم، سوپر آلیاژهای پایه نیکلی، سرامیک‌ها و... که به روش‌های متداول قابلیت فرم دهی ندارند، این روش می‌تواند بسیار کاربردی باشد. ساخت ایمپلنت‌های پزشکی، مخازن کرومی، قطعات کشش عمیق بدنه خودرو و... از کاربردهای این روش است. با گسترش نانو مواد بازه ازدیاد طول در قطعات تغییر فرم داده شده افزایش یافته است. شرایط تغییر فرم ابروموسان سبب محدودیت و عدم همه‌گیری این روش شده، به همین دلیل بهینه‌سازی در پارامترهای ورودی فرآیند بسیار مورد توجه قرار گرفته است. رویکرد این بهینه‌سازی‌ها منجر به پیدایش روش‌های جدید تغییر فرم ابروموسان، که سبب سهولت در شرایط به همراه حفظ و ارتقا در کیفیت محصول شده است. در حال حاضر تحقیقات حوزه ابروموسان بر روی بهینه‌سازی، نانو مواد، سرامیک‌ها و کامپوزیت‌ها متمرکز شده است.

کلمات کلیدی: سوپر پلاستیک، ابروموسان، اتصال نفوذی، تغییر فرم با دمش گاز خنثی، آهنگری ابروموسان، اکستروژن ابروموسان، آزمون نیم‌کره ابروموسان، مخازن ذخیره‌سازی هیدروژن، کشش عمیق ابروموسان، ابروموسان در آلیاژ $Ti-6Al-4V$.

فهرست مطالب

۲۰	مقدمه
۲۳	فصل اول
۲۳	 کلیات فرآیند تغییر فرم ابروموسان
۲۳	 ۱-۱ سیر تاریخی فرآیند ابروموسان
۲۶	 ۲-۱ شرایط ابروموسان
۲۶	 ۱-۲-۱ ساختار دانه
۲۶	 ۱-۲-۱-۱ بافت و شکل دانه‌ها
۲۹	 ۱-۲-۱-۲ قابلیت حرکت مرز دانه‌ها
۳۱	 ۲-۲-۱ شرط دمایی تغییر فرم
۳۲	 ۳-۲-۱ تأثیرات نرخ کرنش بر آلیاژهای ابروموسان
۳۴	 ۴-۲-۱ ابروموسان با نرخ کرنش بالا
۳۶	 ۳-۱ تنش درونی ابروموسان
۳۶	 ۴-۱ خصوصیات آلیاژهای ابروموسان
۳۷	 ۵-۱ انواع آلیاژهای ابروموسان
۳۸	 ۶-۱ حفره‌زایی و نحوه کنترل آن در فرآیند ابروموسان
۴۱	 ۷-۱ روابط درونی و قانون مکانیسم تغییر فرم متفاوت جریان ابروموسان
۴۳	 ۸-۱ رفتار تنش - کرنش
۴۹	 فصل دوم
۴۹	 مکانیسم‌های عملیاتی و آلیاژهای متداول در تغییر فرم ابروموسان
۴۹	 ۱-۲ فرآیندها عملیاتی تغییر فرم ابروموسان
۵۰	 ۱-۱-۲ تغییر فرم‌های دمشی با گاز خنثی - ایجاد خلأ
۵۵	 ۲-۱-۲ تغییر فرم با استفاده از ایجاد خلأ
۵۵	 ۳-۱-۲ فرآیند کشش عمیق
۵۸	 ۴-۱-۲ تغییر فرم ابروموسان / اتصال نفوذی
۵۹	 ۱-۴-۱-۲ فرآیند اتصال نفوذی

- ۶۱ ۵-۱-۲ فرآیند آهنگری ابروموسان
- ۶۱ ۶-۱-۲ فرآیند اکستروژن ابروموسان
- ۶۳ ۷-۱-۲ تغییر فرم کشش بدون قالب
- ۶۵ ۸-۱-۲ فرآیند شکل دهی دوار ابروموسان
- ۶۵ ۲-۲ عیب کشیدگی درگیریا برموسان
- ۶۵ ۱-۲-۲ تجهیزات فرم دهی
- ۶۶ ۲-۲-۲ جنس ابزارها
- ۶۷ ۳-۲-۲ روانکارهای فرآیند
- ۶۹ ۳-۲ آلیاژهای متداول ابروموسان
- ۶۹ ۴-۲ بررسی آلیاژهای ابروموسان آلومینیوم در فرآیند تغییر فرم ابروموسان
- ۷۰ ۵-۲ آلیاژهای پایه آلومینیومی
- ۷۱ ۱-۵-۲ آلیاژ آلومینیومی ۲۰۰۴
- ۷۳ ۲-۵-۲ آلیاژ آلومینیومی ۷۴۷۵
- ۷۴ ۳-۵-۲ آلیاژ آلومینیوم-کلسیم
- ۷۴ ۴-۵-۲ آلیاژهای آلومینیوم-تیتیم
- ۷۵ ۵-۵-۲ آلیاژ آلومینیوم ۵۰۸۳
- ۷۶ ۶-۲ آلیاژهای منیزیومی ابروموسان
- ۷۷ ۷-۲ ابروموسان در سوپر آلیاژها
- ۷۸ ۸-۲ سوپر آلیاژهای پایه کبالت
- ۷۹ ۹-۲ ابروموسان در آلیاژهای پایه آهنی
- ۷۹ ۱-۹-۲ فولاد کربنی ساده هایپریوتکتوئیدی (دوفازی فریت کاربید) و چدن سفید
- ۸۰ ۲-۹-۲ فولادهای کربنی ساده در فاز بونکتوئید و هایپریوتکتوئید
- ۸۱ ۳-۹-۲ آلیاژهای فولادی با آلیاژ کم تا متوسط
- ۸۱ ۴-۹-۲ فولادهای ضدزنگ
- ۸۳ ۵-۹-۲ بیان چشم انداز برای آلیاژهای پایه آهن
- ۸۴ ۱۰-۲ آلیاژهای تیتانیوم در تغییر فرم ابروموسان
- ۸۷ ۱-۱۰-۲ محدوده تغییر فرم ابروموسان آلیاژهای تیتانیوم
- ۸۹ ۲-۱۰-۲ ابروموسان در آلیاژ Ti-6Al-4V

۹۵-۱۰-۲ بررسی ریزساختار تیتانیوم ۴V-۶Al-Ti در مجاورت حرارت ۹۵

فصل سوم ۹۷

مروری بر تحقیقات ۹۷

۱-۳ بررسی پیشینه تحقیقاتی آزمون نیم کره ۱۰۱

۱-۱-۳ بررسی رفتار ابرمومسان آلومینیوم-روی در مدل نیم کره ۱۰۲

۲-۱-۳ مقایسه رفتار ابرمومسان در مدل‌ها با هندسه مختلف ۱۰۳

۳-۱-۳ ساخت مخزن ذخیره ساز هیدروژن برای فضاپیماهای آریان ۵ ۱۰۳

۴-۱-۳ ساخت مخزن ذخیره ساز هیدروژن با مصارف فضایی به روش ابرمومسان ۱۰۶

۵-۱-۳ ساخت مخازن جداره نازک از آلیاژ Ti-6Al-4V به روش تغییر فرم

ابر مومسان ۱۰۸

۶-۱-۳ آزمون نیم کره برای تغییر فرم ابرمومسان آلیاژ Ti-6Al-4V ۱۱۰

۷-۱-۳ تغییر فرم کم‌پایین ابرمومسان قطعات جداره نازک از آلیاژ Ti-6Al-4V ۱۱۲

۸-۱-۳ تاثیر شعاع داوونی قالب بر تغییر فرم ابرمومسان در آزمون نیم کره ۱۱۴

۹-۱-۳ مقایسه مدل‌های محاسباتی با داده‌های آزمون عملی تغییر فرم نیم کره

ابر مومسان ۱۱۵

۱۰-۱-۳ بررسی خواص ابرمومسان سوپرآلیاژ اینکونل ۷۱۸ در آزمون تغییر

فرم نیم کره ۱۱۷

۱۱-۱-۳ بررسی نقش عملیات حرارتی پیش از تغییر فرم ابرمومسان در آلیاژ

منیزیمی AZ31 ۱۱۸

۱۲-۱-۳ تاثیر همسانگردی بر تغییر فرم ابرمومسان آلیاژ تیتانیومی Ti-6Al-

4V ۱۲۰

۱۳-۱-۳ بررسی مدل‌های نوشته شده بر پایه روابط ون مایسز با داده‌های

آزمون عملی ۱۲۲

۱۴-۱-۳ بررسی تاثیر کرنش بر کاهش حساسیت به نرخ کرنش ۱۲۵

۱۵-۱-۳ بررسی ارتباط ناحیه تنش بر حفره زایی ۱۲۶

۱۶-۱-۳ تاثیر فشار پستی بر کاهش حفره زایی و افزایش کرنش ۱۲۷

۱۷-۱-۳ بررسی تغییر فرم ابرمومسان در سرامیک Al₂O₃/YTZP ۱۳۰

فصل چهارم ۱۳۳

مقدمه

در بسیاری از مواد فلزی با ساختار ریزدانه و پایدار که تغییر فرم در شرایط دمایی بیش از نیمه دمای ذوب مطلق و نرخ کرنش پایین صورت گردد، انعطاف پذیری بیشتری نسبت به سایر حالت های ممکن مشاهده می شود، در این صورت نقطه گلوئی بسیار دیرتر تشکیل می شود، با بیش از ۲۰۰٪ ازدیاد طول این حالات انعطاف پذیری بالا ابرمومسان نامیده می گردد. این ازدیاد طول تا ۲۰۰۰ درصد نیز رسیده است. در تغییر فرم ابرمومسان ماده می تواند فلز، سرامیک و یا کامپوزیت باشد. در تغییر فرم با شرایط ابرمومسان کرنش ها یکنواخت و تنش جریان^۱ در پایین ترین مقدار خود است. با ساده تر شدن شرایط تغییر فرم، طراحی و ساخت قالب ساده تر و فشار مورد نیاز تغییر فرم از طریق فشار گازهای خنثی همانند آرگون و هلیوم تأمین شده است. با ساده سازی شرایط فرم دهی مس توان محصولات پیچیده تر را به راحتی در یک مرحله تولید نمود. ساخت قطعات مشبک، محصولات تولید شده از این فرآیند معمولاً احتیاجی به اتصال جوشکاری برای اتصال الحاقیات نیست، قابلیت های فوق سبب کاهش هزینه فرایندهای جوشکاری و ماشین کاری و به طبع قیمت در محصول نهایی شده است. ضمن قابلیت اجرایی این فرآیند بر بسیاری از مواد این فرآیند بر روی فلزات سبک بیشتر صورت می پذیرد و با استفاده از قابلیت ساخت قطعات مشبک می توان محصول را به سبک ترین حالت ممکنه خود رساند. با اشاره به توضیحات فوق و اهمیت مسئله سبک سازی در ضمن حفظ استحکام در وسایل حمل و نقل هوایی و زمینی و صنایع هوایی توجه را به این فرآیند بیشتر کرده است. از دیگر حوزه های کاربردی این فرآیند حوزه پزشکی، حوزه معماری و ... است. به دلیل پتانسیل بالای این فرآیند هم زمان با ورود آن به صنعت تحقیقات جامعی در مباحث رفتارشناسی مواد، علم شناسایی سطح در اثر جابجایی،^۲ طراحی ابزار، مدل سازی و ... صورت گرفته است. از دلایل عدم همه گیر شدن این فرآیند فرم دهی می توان به نرخ تغییر فرم بسیار پایین و نیاز به گرمایش در طول فرآیند اشاره نمود. در حال حاضر پژوهشگران و محققین در راستای بهینه سازی پارامترهای

1 FLOW-STRESS

2 TRIBOLOGY

تاثیرگذار این فرآیند جهت تعریف روش‌های جدید، گسترش به همراه کنترل بیشتر روش‌های پیشین، سهولت اجرا و تجربه انعطاف‌پذیری بیش‌ازپیش قدم برداشته و سیر تکاملی را برای این روش فرم دهی را می‌توان رو به صعود ترسیم نمود. در این هم‌اندیشی هدف بر شناخت و سپس معرفی کلیات فرآیند فرم دهی ابرمومسان بوده است که خود شامل ذات این رفتار خاص، فرآیندهای عملیاتی تغییر فرم به روش ابرمومسان، شناخت و بررسی آلیاژهای متداول که دارای خاصیت ابرمومسان در ذات خود می‌باشند و بررسی جهت رشد و پیشرفت‌ها در این فرآیند فرم دهی است. شکل ۱ نمونه نشان داده‌شده از جنس آلیاژ Al-Cu است، که در فرآیند تغییر فرم ابرمومسان توسط هی گاشی^۱ ۸۰٪ ازدیاد طول داده است. [۱]–[۳].



شکل ۱ نمونه آلومینیوم-مس تغییر فرم یافته ابرمومسان [۴].

هدف از انجام این سمینار دستیابی به شناخت کلی ابرمومسان و حوزه کاربرد این فرآیند در صنعت است. برای فصل دوم عنوان کلیات ابرمومسان، با هدف آشنایی با ذات ابرمومسان انتخاب شده است. فصل سوم با عنوان فرآیندهای عملیاتی، حوزه به کارگیری ابرمومسان را نشان داده است. فصل چهارم با هدف معرفی آلیاژهای متداول و خصوصیات شکل‌پذیری آن‌ها تهیه شده است. در فصل پنجم ضمن معرفی آزمون‌های فرم‌پذیری ابرمومسان، در رابطه با آزمون نیم‌کره و سابقه تحقیقاتی آن به تفصیل بحث شده است. در فصل ششم با عنوان جمع‌بندی،

نحوه‌ی کارفرمایان، پرسش‌ها و پاسخ‌های محققین، دستاوردهای جدید آورده شده‌است. در ادامه‌ی فصل ششم ضمن معرفی عنوان پروپزال و نحوه‌ی انجام پژوهش محققین برتر داخل و خارج کشور در این حوزه معرفی شده‌اند. ۱۰ مقاله به عنوان مقالات الگوی کاری پایان‌نامه انتخاب شده‌است. در این فصل چند عنوان، برای پژوهش در مبحث ابرمومسان آورده شده‌است. برخی از این پیشنهادها نو و برخی در جهت گسترش و تکمیل تحقیقات پیشین آورده شده‌اند.