

بررسی رفتار خستگی پربسامد همبسته منیزیم با هدف کاربرد آن در بستار

مهدي مختاری شیرازآباد*

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران
mehdi_mokhtari@metaleng.iust.ac.ir

محمد آزادی

دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی شریف و شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)
m_azadi@ip-co.com

سید محمدعلی بوترابی

استاد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران
boutorabi@iust.ac.ir

مهدي نیکروان

کارشناس واحد طراحی، شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو)
m_nikravan@ip-co.com

* نویسنده مسئول/تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۳۰ پذیرش نهایی مقاله: ۹۱/۱۲/۱۴

چکیده

در این مقاله به بررسی رفتار خستگی پربسامد دورانی خمشی همبسته منیزیم AZ91، برای امکان سنجی برای جایگزینی با همبسته آلومینیوم (A356) در بستار یک موتور دیزل پرداخته شده است. بدین منظور، همبسته AZ91 ریخته‌گری شد و بررسی‌های ریزساختاری و آزمون‌های مکانیکی شامل کشش، سختی و خستگی پربسامد بر روی نمونه‌های تولید شده صورت پذیرفت و نتایج با همبسته A356 مقایسه گردید. آزمون خستگی با نسبت تنش ۱- و بسامد ۵۰ هرتز در دمای محیط انجام شد. بررسی ریزساختاری حاکی از حضور حالت‌های آلفا و بتا ($Mg_{17}Al_{12}$) در ریزساختار ماده بود. نتایج آزمون خستگی نشان داد که هر چند مقادیر استحکام خستگی نسبت همبسته آلومینیوم کمتر هستند اما خواص مکانیکی همچنان در بازه مورد نیاز برای کاربرد در بستار قرار دارند.

کلید واژه‌ها: همبسته منیزیم، همبسته آلومینیوم، رفتار مکانیکی، خستگی پربسامد، بستار

۱- مقدمه

افزایش قیمت سوخت و مباحث راجع به انتشار گازهای گلخانه‌ای، شرکت‌های خودروسازی را وادار به اتخاذ تدابیری به منظور کاهش مصرف سوخت کرده است. برای این منظور راه‌های متفاوتی وجود دارد که یکی از آن‌ها، کاهش وزن خودرو، با تغییر در طراحی و یا جایگزینی اجزای سنگین فولادی یا چدنی با همبسته‌های^۱ سبک‌تر است [۱]. مهم‌ترین بخش هر خودرو، موتور آن است و در سال‌های اخیر، تلاش زیادی برای کاهش وزن آن صورت گرفته است که منجر به تولید موتور با بدنه آلومینیومی شده است که کاهش وزنی برابر ۲۲٪ را در بر داشته است. این در حالی است که با تولید بدنه موتور منیزیمی کاهش وزنی در حدود ۷۰٪ حاصل خواهد شد [۲]. قابل ذکر است که استفاده از همبسته‌های منیزیم در بدنه موتور در شرکت‌هایی همچون شرکت بی‌ام‌و صنعتی‌سازی شده و در بستار^۲ به صورت یک طرح اولیه می‌باشد [۳-۵]. از طرفی اوکاموتو^۳ و همکارانش [۵] ادعا کرده‌اند که جایگزینی همبسته‌های منیزیم با آلومینیوم در ساخت بستار، منجر به ۴۰٪ کاهش در وزن بستار می‌شود.

از میان همبسته‌های منیزیم، همبسته‌های گروه AZ و AM، حدود ۹۰٪ همبسته‌های کاربردی منیزیم را در صنعت خودرو تشکیل می‌دهند. هم‌اکنون، از این همبسته‌ها در ساخت اجزای ستون فرمان و صندلی، پیشخوان خودرو، قاب داخلی، سگ‌دست، دستگیره و قاب درب، مخزن سوخت، مخزن روغن، جعبه دنده خودکار، پوسته اتصال چنگکی (کلاچ)، چرخ خودرو و غیره استفاده می‌شود [۶].

همبسته AZ91 منیزیم علاوه بر استحکام ویژه^۴ زیاد نسبت به سایر فلزات، دارای قابلیت ریخته‌گری عالی و مقاومت به خوردگی خوب (در صورت خلوص زیاد) و همچنین شکل‌پذیری قابل قبولی است. کاربردهای جدید این همبسته‌های منیزیم در صنعت خودرو، وابسته به استفاده از آن در ساخت قسمت‌های مختلف موتور مانند بدنه موتور، بستار، درپوش دریچه‌ها، پوسته جعبه دنده و غیره است [۳].

اولین قدم برای جایگزین کردن یک همبسته در ساخت یک قطعه مهندسی، مشخصه‌یابی رفتار مکانیکی آن است. این فرایند قابلیت ماده جدید برای جایگزینی را تعیین می‌کند.

پکلیروز^۵ و همکارانش [۷]، با بررسی قطعات موتوری مانند محفظه

انتقال و بدنه موتور، اعلام کرده‌اند که همبسته‌های مورد استفاده در این قطعات باید کارایی مکانیکی خوبی در محدوده دمایی ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و دامنه تنش ۵۰ تا ۷۰ مگاپاسکال داشته باشند. همچنین باید دارای استحکام خستگی پرسامد و استحکام خستگی حرارتی عالی باشند [۸].

لذا برای جایگزین کردن همبسته AZ91 منیزیم با همبسته A356 در ساخت بستار موتور، مشخصه‌یابی رفتار مکانیکی مختلف مانند استحکام کشش، استحکام تسلیم، سختی و استحکام خستگی در دمای محیط و دمای گرم ضروری است.

تاکنون، در زمینه کاربرد همبسته‌های منیزیم در خودرو و بررسی رفتار مکانیکی آن‌ها، مقالات متعددی ارائه شده است. مشینچی و همکارانش [۹]، بهبود استحکام کششی در ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد و خواص خزشی تا دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد همبسته Mg-Al را با افزودن عناصر نادر خاکی گزارش کرده است. نینگ^۶ و همکارانش [۱۰]، اثر سرعت سرد کردن و میزان فوق‌گداز را بر اندازه دانه همبسته AZ91 منیزیم بررسی کرده‌اند. آن‌ها ادعا کرده‌اند که سرعت سرد شدن زیاد و دمای فوق‌گداز کم، امکان رسیدن به اندازه دانه ریز را فراهم می‌کند.

سین^۷ [۱۱] به بررسی اثر متغیرهای ریخته‌گری بر اندازه دانه و ساختار، حالت ثانویه و میزان تخلخل‌های این همبسته پرداخته و نشان داده است که ریخته‌گری کف‌ریز^۸ منجر به کاهش عیوب ریخته‌گری و در نتیجه بهبود و کاهش پراکندگی رفتار مکانیکی این همبسته می‌گردد. گریفیث^۹ و همکارانش [۱۲]، دلیل پراکندگی رفتار مکانیکی در ریخته‌گری سرریز را فعالیت شیمیایی زیادی این همبسته در حالت مذاب و درصد زیاد تشکیل لایه‌های اکسید دوتایی در صورت عدم محافظت مناسب از مذاب در هنگام ریخته‌گری در قالب معرفی کرده‌اند.

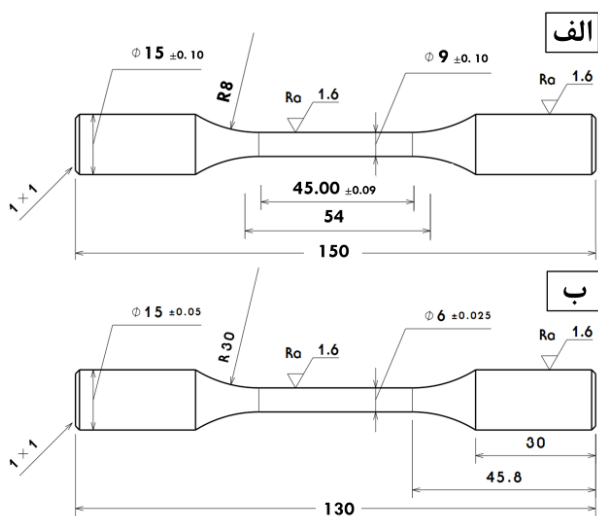
با در نظر گرفتن موارد گفته شده، همچنان کمبود بررسی دقیق و جامع‌تری در مورد رفتار خستگی پرسامد این همبسته احساس می‌شود؛ لذا در این تحقیق، به بررسی رفتار خستگی پرسامد همبسته AZ91 منیزیم و مقایسه آن با همبسته A356 آلومینیوم در دمای محیط پرداخته شده است.

- 1- Alloys
- 2- Cylinder head
- 3- Okamoto
- 4- Specific strength
- 5- Pkguleryuz

- 6- Ning
- 7- Sin
- 8- Bottom-pour
- 9- Griffiths

۲- مواد و آزمون‌ها

در این تحقیق، برای ساخت همبسته AZ91 از عناصری همچون منیزیم، آلومینیوم و روی خالص تجاری با خلوص بیشتر از ۹۹٫۹ درصد استفاده گردید. منگنز، به صورت ترکیبی (Al-8%Mn) اضافه شد. همبسته در بوته ساخته شده از فولاد ساده کربنی (ساختمانی)، در کوره مقاومتی تحت اتمسفر (CO₂+HFC-134a) ذوب گردید. مذاب در دمای ۷۲۰ درجه سانتی‌گراد در قالب ماسه- فلزی پیش‌گرم شده تا دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، ریخته شد. طرح‌واره این قالب در شکل ۱ نشان داده شده است. ترکیب شیمیایی همبسته تولید شده به توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القایی^۱ تعیین گردید. ریزساختار همبسته تولید شده با میکروسکپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد و آزمون‌های مکانیکی بر روی نمونه‌های آماده شده بر اساس استاندارد صورت پذیرفت. آزمون سختی به روش برینل با قطر گلوله ۲٫۵ میلی‌متر و بار ۳۱٫۲۵ کیلوگرم انجام شد. آزمون کشش ساده با نرخ ۰٫۵ میلی‌متر بر دقیقه در دمای محیط بر روی نمونه‌ها بر اساس استاندارد ASTM B557-M صورت پذیرفت (شکل ۲ الف). آزمون خستگی پرسامد دورانی خمشی با نسبت تنش کمینه به بیشینه ۱- (R=-۱) در بسامد ۵۰ هرتز بر روی نمونه‌های آماده شده و بر اساس استاندارد ISO 1143 در دمای محیط صورت گرفت (شکل ۲ ب). بدین منظور در هر سطح تنش ۳ نمونه مورد آزمون خستگی قرار گرفته و میانگین این مقادیر در نمودار تنش - عمر، قرار داده شد.



شکل ۲ نقشه نمونه‌های آزمون‌های (الف) کشش بر اساس استاندارد ASTM B557M و (ب) خستگی بر اساس استاندارد ISO 1143

۳- نتایج

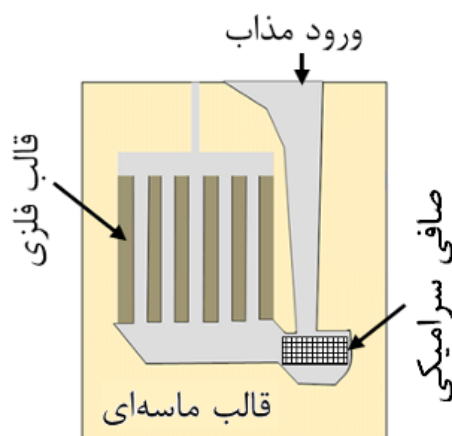
۳-۱- ترکیب شیمیایی و ریزساختار همبسته AZ91

در جدول ۱، ترکیب شیمیایی همبسته ریخته شده به همراه ترکیب استاندارد برای مقایسه آورده شده است.

جدول ۱ ترکیب شیمیایی همبسته AZ91 تولید شده

Mg	Max: Mn	Zn	Al	
	ȳž	ž-žž	ž - ž	[] AZ91
	ȳž	ȳž	ž	AZ91

در شکل ۳، تصویر میکروسکپ نوری از ریزساختار همبسته AZ91 منیزیم نشان داده شده است. رسوبات به دلیل سرعت سرد شدن کم در نواحی غنی از آلومینیوم رسوب می‌کنند [۱۴]. شایان ذکر است که حالت بتا، یک حالت بین‌فلزی با ساختار کریستالی مکعبی است که حالت یوتکتیک آن در این همبسته، بسته به سرعت سرد شدن در ریخته‌گری و میزان عناصر به دو شکل یوتکتیک کاملاً جدا یا جزئی جدا ظاهر می‌شود.



شکل ۱ طرح‌واره قالب مورد استفاده برای ریخته‌گری همبسته AZ91 منیزیم

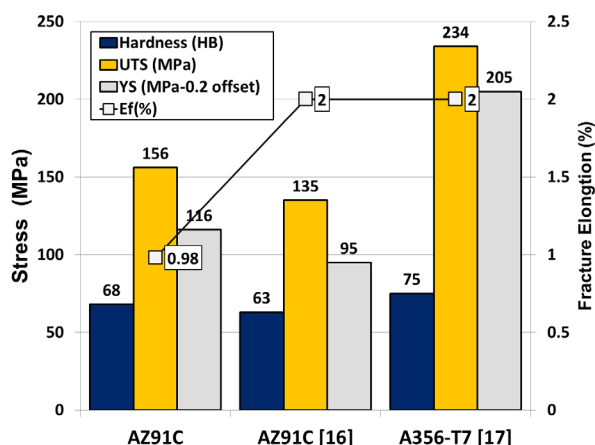
2- Fully divorced eutectic
3- Partially divorced eutectic

1- Inductively coupled plasma

۲-۳- رفتار مکانیکی

الف) سختی

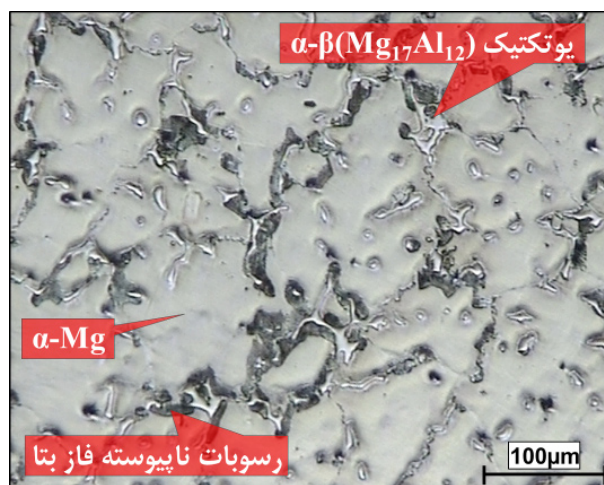
در شکل ۵، میزان سختی همبسته AZ91 منیزیم ریخته شده در این تحقیق و مقادیر بدست آمده برای این همبسته که سایر محققان گزارش داده اند به همراه مقادیر استاندارد برای همبسته A356 آلومینیوم نشان داده شده است.



شکل ۵ نمودار ستونی مشخصات مکانیکی همبسته AZ91 منیزیم در مقایسه با همبسته‌های استاندارد منیزیم و آلومینیوم

ب) آزمون کشش

همبسته AZ91 منیزیم دارای دامنه انجام گسترده ای است که این همبسته را به تشکیل حفرات انقباضی مستعد می‌کند [۱۵]. حضور این حفرات انقباضی در ساختار منجر به پراکندگی نتایج آزمون‌های مکانیکی، بخصوص آزمون‌هایی مانند کشش که در حجم وسیعی از ماده عمل می‌کند، می‌شود. نمودار تنش- کرنش همبسته AZ91 در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به اینکه همبسته‌های منیزیم دارای محدوده ارتجاعی مشخصی نیستند [۱ و ۱۶]، برای تعیین استحکام تسلیم، از روش افست^۱ و بر اساس استاندارد ASTM B557-m استفاده شد. در شکل ۵، خواص مکانیکی بدست آمده از آزمون کشش این همبسته و همبسته A356-T7 آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استحکام کششی، استحکام تسلیم، درصد ازدیاد طول شکست و سختی این همبسته نسبت به همبسته A356 بترتیب ۵۰، ۷۶، ۲۰۰ و ۱۰ درصد کمتر است. اما همچنان استحکام آن در بازه مورد نظر برای کاربرد در بستر قرار دارد.



شکل ۳ تصویر میکروسکوپ نوری از ریزساختار همبسته AZ91 منیزیم

در شکل ۴، تصویر SEM از ریزساختار همبسته AZ91 ریخته شده نشان داده شده است. تحلیل EDS از حالت‌های موجود صحت تشخیص حالت‌های آلفا و بتا را نشان می‌دهد. حضور جزیره‌هایی از حالت آلفا در درون حالت بتا، شاهدهی بر تشکیل حالت یوتکتیک به صورت جزئی جدا است (شکل ۴).



شکل ۴ تصویر SEM به همراه تحلیل EDS از نقاط ۱ و ۲

1- Offset

را برون‌یابی نمود و با استفاده از معادلهٔ باسکوئین^۱ طول عمر نمونه‌های منیزیمی را تخمین زد. معادلهٔ باسکوئین برای تخمین عمر نمونه‌ها به وسیله روش تنش-عمر^۲ برای نمونه‌هایی که تحت خستگی با بارگذاری تنش ثابت (با کنترل تنش) هستند، استفاده می‌شود:

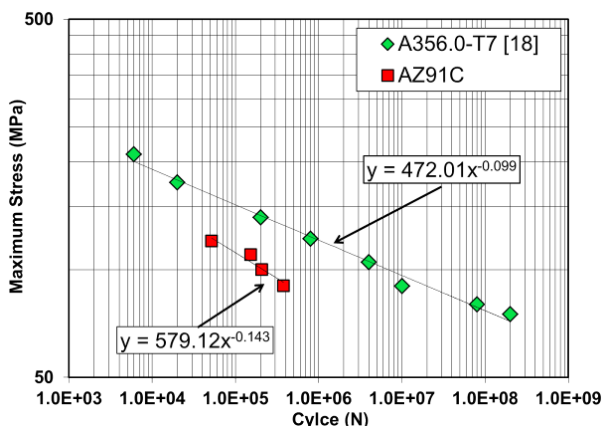
$$\sigma_a = \sigma'_f (2N)^b \quad (1)$$

که σ_a ، σ'_f ، N و b به ترتیب دامنهٔ تنش، ضریب استحکام خستگی، تعداد نیم‌چرخه‌های منجر به شکست و توان استحکام خستگی هستند. شایان ذکر است که در این محاسبات، نقاط وابسته به نمونه‌هایی که در طول آزمون نشکسته‌اند، در نظر گرفته نشده‌اند. با تعیین مقادیر b و σ'_f از نمودار خستگی، می‌توان عمر خستگی را در هر سطح تنش تخمین زد. معادلهٔ خط عبوری از نقاط متعلق به همبسته‌های A356-T7 و AZ91 بترتیب بدین شکل است:

$$y = 472.01x^{-0.099} \quad (2)$$

$$y = 579.12x^{-0.143} \quad (3)$$

با توجه معادلهٔ این خطوط و مقایسه آن با معادلهٔ باسکوئین، مقادیر ضریب و توان استحکام خستگی برای همبسته AZ91 منیزیم بترتیب برابر ۵۷۹،۱۲ و -۰،۱۴۳ و برای همبسته A356-T7 بترتیب برابر ۴۷۲،۰۱ و -۰،۰۹۹ است. با استفاده از این معادلات می‌توان استحکام خستگی نمونه‌ها را در تعداد چرخهٔ معین، مشخص نمود. با توجه به محدودیت‌های موجود برای انجام دادن آزمون‌های خستگی پرسامد، بیشترین تعداد چرخه در آزمون خستگی در این تحقیق برای همبسته AZ91 منیزیم سه میلیون چرخه بوده است.

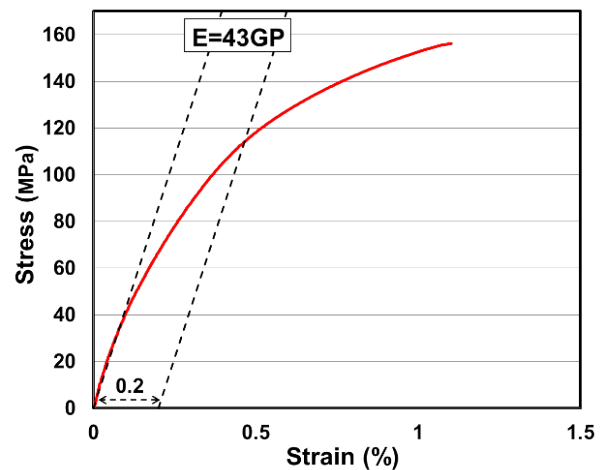


شکل ۹ نمودار تنش-عمر همبسته‌های AZ91 و A356-T7، با محورهای لگاریتمی برای برون‌یابی نقاط نمودار

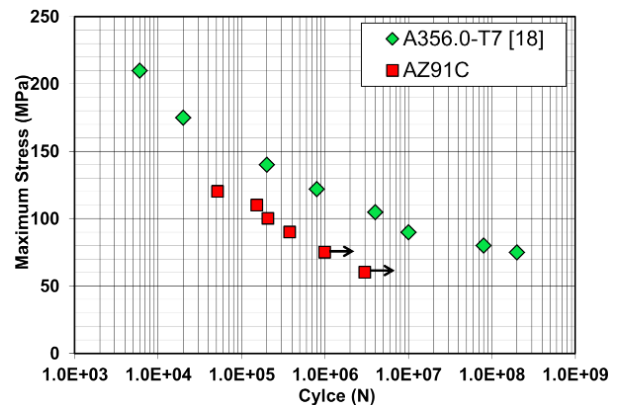
- 1- Basquin
- 2- Stress-life base method

ج) آزمون خستگی پرسامد

بر اساس نتایج آزمون کشش و تعیین حدود استحکام تسلیم همبسته AZ91 ریخته شده، آزمون خستگی چرخهٔ دورانی خمشی انجام شد. شایان ذکر است که تنش‌های اعمالی به ماده در خستگی پرسامد کمتر حد ارتجاعی ماده است. نتایج آزمون خستگی در نمودار تنش-عمر آورده شده است (شکل ۷). پیکان‌ها در شکل ۷ نشان‌دهندهٔ نمونه‌هایی اند که پس از یک میلیون چرخه نشکسته‌اند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استحکام خستگی همبسته AZ91، ۵۰ مگاپاسکال از همبسته A356-T7 کمتر است. با این حال، استحکام خستگی آن در محدوده مورد نظر برای کار در بستار موتور (۷۰-۵۰ مگاپاسکال [۷]) قرار دارد.



شکل ۶ نمودار تجربی تنش- کرنش همبسته AZ91 منیزیم



شکل ۷ نمودار تنش-عمر همبسته‌های AZ91 منیزیم و A356-T7 آلومینیوم

در صورتی که محور عمودی این نمودار نیز به صورت لگاریتمی رسم گردد (شکل ۸)، می‌توان معادله خط عبوری از نقاط مشخص شده

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله، مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت تحقیق، طراحی و تولید موتور ایران خودرو (ایپکو) بابت حمایت‌های مالی از اجرای این پژوهش، اعلام می‌دارند.

استحکام خستگی همبسته‌های غیرآهنی در 10^7 یا 5×10^7 چرخه گزارش می‌شود [۵ و ۱۱]. بدین ترتیب می‌توان عمر این همبسته را در 10^7 چرخه تخمین زد. با قرار دادن 10^7 به جای X در معادله ۳ مقدار استحکام خستگی در عمر 10^7 چرخه برای همبسته AZ91 منیزیم، ۵۷،۷۷ مگاپاسکال تخمین زده می‌شود. در حالی که این مقدار برای همبسته A356-T7 برابر ۹۵،۷ مگاپاسکال پیش‌بینی می‌شود. مشاهده می‌شود که مقدار تخمین زده شده برای همبسته A356-T7 با مقادیر تجربی (۹۰ مگاپاسکال) هم‌خوانی قابل قبولی دارد. در آزمون با توجه به این مقادیر، مشاهده می‌شود که استحکام خستگی همبسته AZ91 منیزیم در محدوده مورد نظر برای کاربرد در بستار موتور (۵۰ تا ۷۰ مگاپاسکال [۷]) قرار دارد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد استحکام همبسته AZ91 منیزیم در دمای بیشتر از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد [۱ و ۴]. هرچند تاکنون دلیل قطعی این افت خواص در دمای گرم مشخص نشده است، فرضیه‌هایی وجود دارند که این رفتار را به نقطه ذوب پایین حالت بتا (۴۳۷ درجه سانتی‌گراد) که منجر به نرم شدن این حالت در دمای گرم نسبت می‌دهند [۱، ۱۴ و ۱۷]. با توجه به دمای کاری بستار موتور دیزل (۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد [۱۹])، در مطالعات آینده به بررسی رفتار خستگی این همبسته در دمای گرم و بهبود آن با استفاده از افزودن عناصر پرداخته خواهد شد.

۴- نتیجه‌گیری

رفتار مکانیکی و خستگی پرسامد همبسته AZ91 منیزیم برای امکان‌سنجی جایگزینی این همبسته با همبسته A356-T7 آلومینیوم در ساخت بستار موتور بنزینی در دمای محیط بررسی شد. رفتار خستگی این همبسته تا 10^6 چرخه با آزمون خستگی پرسامد دورانی خمشی بررسی شد. استحکام خستگی این همبسته در تعداد 10^7 چرخه به روش تنش-عمر و با معادله باسکوئین تخمین زده شد. نتایج نشان داد که هرچند رفتار ایستایی و چرخه‌ای این همبسته نسبت به همبسته آلومینیوم ضعیف‌تر است، ولی این خواص در محدوده مورد نیاز برای کاربرد در بستار [۷] قرار دارند.

کاهش استحکام همبسته AZ91 منیزیم در دمای گرم، عامل محدودکننده استفاده از این همبسته در بستار موتور است؛ لذا در تحقیق آینده به بررسی رفتار خستگی این همبسته در دمای گرم و اثر افزودن عناصر در بهبود این رفتار پرداخته خواهد شد.

References:

- [1] A. Tharumarajah, P. Koltun, Is there an environmental advantage of using magnesium components for light-weighting cars, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, No. 11-12, pp. 1007-1013, 2007
- [2] M.K. Kulekci, Magnesium and its alloys applications in automotive industry, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 39, No. 9-10, pp. 851-865, 2007
- [3] H.M. Park, Magnesium alloy engine block, US Patent Application Publication, No. US-2010/0050977-A1, 2010
- [4] M. Azadi, G. Winter, G.H. Farrahi, W. Eichlseder, Cyclic behavior of a cast magnesium alloy under low cycle and thermo-mechanical fatigue, *Proc. 3rd Fatigue Symposium Leoben, Lightweight Design*, University of Leoben, Leoben, Austria, 2012
- [5] Y. Okamoto, K. Kinoshita, M. Tanizawa, K. Yoshida, Magnesium alloy for casting and magnesium-alloy cast product, US Patent Application Publication, No. US-2010/0119405-A1, 2010
- [6] H. Hu, A. Yu, N. Li, J.E. Allison, Potential magnesium alloys for high temperature die cast automotive applications: A review, *Materials and Manufacturing Process*, Vol. 18, No. 5, pp. 687-717, 2003
- [7] M.O. Pegguleryuz, A.A. Kaya, Magnesium diecasting alloys for high temperature applications, *Magnesium Technology*, Edited by A.A. Luo, TMS: The Minerals, Metals and Materials Society, pp. 281-287, 2004
- [8] K. Akiyama, H. Horikawa, M. Shoida, H. Souda, Casting aluminium alloy and internal combustion engine cylinder head, European Patent Office, No. EP2014780, 2009
- [9] K.M. Asl, A. Tari, F. Khomamizadeh, The effect of different content of Al, RE and Si element on mechanical and creep properties of Mg-Al alloys, *Materials Science and Engineering A*, Vol. 523, pp. 1-6, 2009
- [10] Z. Ning, P. Cao, H. Wang, J. Sun, D. Liu, Effect of Cooling Conditions on Grain Size of AZ91 Alloy, *Journal of Material Science and Technology*, Vol. 23, pp. 645-649, 2007
- [11] S. L. Sin, D. Dube, R. Tremblay, An investigation on micro-structural and mechanical properties of solid mould investment casting of AZ91D alloy, *Materials Characterization*, Vol. 59, pp. 178-187, 2008
- [12] W.D. Griffiths, W. Lai, Double Oxide Film Defects in Cast Magnesium Alloy, *The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International*, 2007
- [13] ASM Handbook, Properties and selection Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, ASM publication, Vol. 2, 1992
- [14] K.N. Braszczyeska-malik, Precipitates of γ -Mg17Al12 Phase in AZ91 Alloy, *Magnesium Alloys - Design Processing and Properties*, edited by F. Czerwinski, InTech Publication, pp.265-280, 2011
- [15] A.K. Dahle, Y.C. Lee, M.D. Nave, P.L. Scha, D.H. Stjohn, Development of the as-cast microstructure in magnesium - aluminium alloys, Vol. 1, pp. 61-72, 2001
- [16] Z. Zhang, A. Couture, A. Luo, An investigation of the properties of Mg-Zn-Al alloys, *Scripta Materialia*, Vol. 39, No. 1, pp. 45-53, 1998
- [17] A. Luo, M.O. Pegguleryuz, Review Cast magnesium alloys for elevated temperature applications, *Journal of Materials Science*, Vol. 29, pp. 5259-5271, 1994
- [18] J.G. Kaufman, Properties of aluminum alloys, fatigue data and the effects of temperature, product form and processing, ASM International, 2008
- [19] M. Azadi, General temperature survey of cylinder block and head, *Irankhodro Powertrain Company (IPCo.)*, Report No. 410018R001, 2010

An Investigation of High Cycle Fatigue Behavior of Magnesium Alloy for Cylinder Head Application

M. Mokhtari Shirazabad*

MSc. Student, Department of Metallurgy & Materials Engineering, Iran University of Science and Technology
mehdi_mokhtari@metaleng.iust.ac.ir

S.M.A. Boutorabi

Professor, Department of Metallurgy & Materials Engineering, Iran University of Science and Technology
boutorabi@iust.ac.ir

M. Azadi

PhD. Candidate, School of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, and Fatigue/Wear Workgroup, Irankhodro Powertrain Company (IPCO)
m_azadi@ip-co.com

M. Nikravan

Design Expert, Irankhodro Powertrain Company (IPCO)
m_nikravan@ip-co.com

*Corresponding Authors

Received: Feb. 18, 2013

Accepted in Revised Form: Mar. 03, 2013

Abstract

This paper investigates the high cycle fatigue behavior of the AZ91 magnesium alloy. The feasibility study of replacing this alloy with the A356 aluminum alloy for a diesel engine cylinder head is discussed. For this purpose, the AZ91 alloy was casted in a permanent mold and the microscopic examination with optical and scanning electron microscopes (SEM) and mechanical tests include tensile, hardness and high cycle fatigue tests were performed on samples which were prepared based on standards. Results are compared to the A356 aluminum alloy. High cycle fatigue tests were carried out at a stress ratio (R) of -1 and a frequency of 50 Hz at room temperature in the air. The microscopic investigation demonstrates that the microstructure composed of alpha and beta ($Mg_{17}Al_{12}$) phases. Fatigue test results show that the fatigue strength of the AZ91 alloy is lower than the A356 alloy, but still in the range of required values for the application in cylinder heads.

Keywords: magnesium alloy, aluminum alloy, mechanical behavior, high cycle fatigue, cylinder head