

پژوهشی در زمینه آلیاژهای جدید آلومینیم - لیتیم

مهدي ظاهري

دانشيار دانشكده فني

چكیده

استفاده از آلیاژهای آلومینیم - لیتیم در صنایع فضائی و در هواپیماهای نظامی و تجارتي در آينده پيش بيني مي شود . وزن مخصوص آلیاژهای آلومینیم - لیتیم تا ۷ درصد کمتر از آلیاژهای متداول آلومینیم است . با آنکه مقاومت مکانیکی این آلیاژ قابل مقایسه با بعضی از آلیاژهای آلومینیم مورد استفاده در صنایع می باشد ولی مسئله شکنندگی و سگرگاسیون در ساخت قطعات تهیه شده از آلیاژهای مذکور ، دو مانع اساسی برای استفاده صنعتی این آلیاژها به شمار می رود . با توسعه زمینه استفاده از این آلیاژ ، پس از بهبود شرایط تولید و اصلاح ساختمان میکروسکوپی ، می توان امید داشت که تا دهه آينده وزن هواپیماها تا ۲۰ درصد سبکتر شود .

به نظر می رسد وجود فاز Al_3Li مشابه فاز Cu_3Au و همچنین وجود یک ناحیه عاری از رسوب در این آلیاژ و تمرکز عناصری نظیر پتاسیم ، سدیم و اکسیژن در مرز دانه ها تاثیر قابل توجهی بر ویژگیهای متالورژیکی آلیاژ داشته باشد . وجود یک ناحیه عاری از رسوب (PFZ) در مرز دانه ها نشانگر رشد شتاب دار رسوبها در داخل دانه ها می باشد . در این مقاله ، نتایج بدست آمده در رابطه با ویژگیهای مکانیکی و ساختمانهای متالورژیکی آلیاژهای Al-Li با استفاده از نقطه نظرهای مختلفی که در این زمینه ارائه شده مورد بررسی قرار گرفته است .

مقدمه

بوئینگ اعلام کرده است انتظار می رود در پنج سال آينده تمام آلیاژهای آلومینیم مورد مصرف در هواپیماها توسط آلیاژهای آلومینیم - لیتیم جایگزین شود .

استفاده روزافزون از آلیاژهای سبک در صنایع مختلف و جستجوی ، ویژگی های مناسبتر منجر به تهیه آلیاژهای جدید آلومینیم - لیتیم گردیده است . کاربرد این آلیاژها که نسبت به آلیاژهای متداول آلومینیم تا حدود ۷ درصد سبک تر هستند ، مورد توجه خاص در صنایع مختلف از جمله صنایع هواپیمائی قرار گرفته است .

گروهی پيش بيني مي کنند که آلیاژهای آلومینیم - لیتیم جانشین آلیاژهای متداول سری (1) 7000 و سری (2) 2000

رشد تکنولوژی فضائی و صنایع هواپیما سازی در سالهای اخیر ، موجبات تحقیق برای دست یابی به آلیاژهای سبکتر و پرمقاومت تر را فراهم کرده است

کاهش درصد نسبی وزن هواپیماها از نظر استفاده از آلیاژهای کار شده آلومینیم و آلیاژهای سبک دیگر ادامه خواهد یافت و پیش بینی می شود که در طول ۱۰ سال آتی با استفاده از آلیاژهای کمپوزیتی و آلیاژهای آلومینیم - لیتیم ، این کاهش وزن بتواند تا حدود ۲۰ درصد نیز برسد . شرکت آلومینیم سازی الکو انتظار دارد در آينده نزدیک در ساختمان قسمت اصلی هواپیما از قبیل بالها ، روکش بدنه و چرخهای آن از آلیاژهای جدید آلومینیم - لیتیم استفاده نماید و شرکت

۱- آلیاژ آلومینیم عمدتاً " باروی ، منیزیم و مس

۲- " " " " " " " " " " مس و منیزیم

آلیاز	مقاومت کششی $\times 10^3$ Psi	نقطه تسلیم $\times 10^3$ Psi	مقاومت به ضربه (ژول)
N	۴۳	۲۸	۱۲/۶
W	۴۴	۲۸	۵/۸

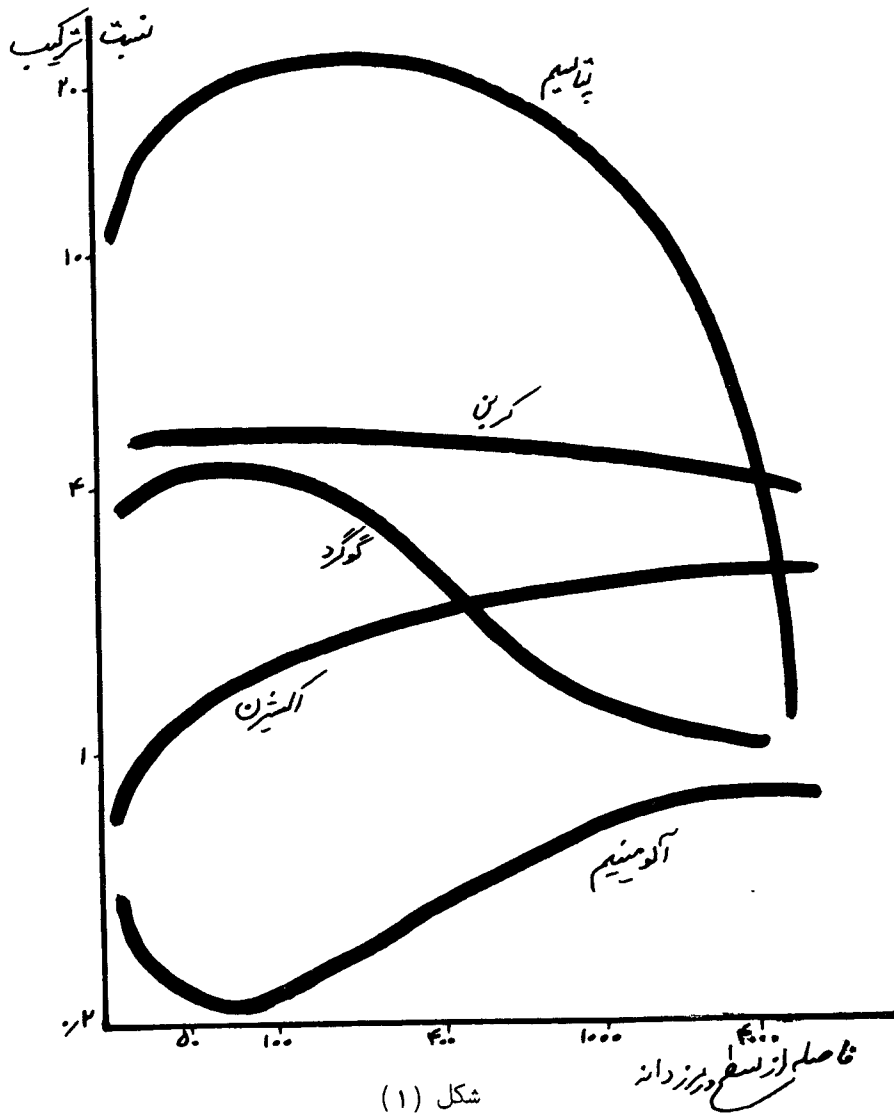
در آلیاز N مقدار سدیم ۲/۴ برابر و مقدار پتاسیم ۲/۶ برابر، آلیاز W بوده است. ترکیب مرزدانه‌ها از نقطه نظر مقدار عناصر مختلف در دو آلیاز مذکور از عمق ۵، تا ۴۰۰۰ انگستروم اندازه گیری شده و در شکل (۱) نسبت مقادیر این عناصر در آلیاز W به آلیاز N داده شده است. (۱)

در مطالعه ساختمانهای میکروسکوپی آلیازهای آلومینیم - لیتیم اخیراً وجود ساختمانهای δ' نظیر ساختمان Cu_3Au برای آلیازی یا ۲/۸ درصد لیتیم نیز گزارش شده است (۲ و ۳). همچنین در بررسی مسئله جوانه زنی ملاحظه شده است که فاز تعادلی $AlLi$ که در مرزدانه‌ها جوانه می‌زند، بارشد ترکیبات بین فلزی همراه است، درحالی که فاز پیوسته ونیمه پایدار Al_3Li بطور همگن در داخل دانه‌ها جوانه می‌زند (۳). عملیات پیری یزوترم بر روی آلیازهای $Al-Li$ نشان داده است که در این شرایط رسوب Al_3Li در داخل دانه‌ها رشد پیدا می‌کند و فرآیند رشد متناسب با ریشه دوم زمان می‌باشد. در عین حال رشد رسوب داخل دانه‌ها، بادرشت شدن تدریجی رسوب های $AlLi$ همراه بوده است. رشد سریع رسوب های موجود در مرزدانه‌ها باعث تشکیل یک ناحیه بدون رسوب (۱) (PFZ) در مرزدانه‌ها می‌گردد (۳). آلیازهای پرمقاومت دیگر آلومینیم، در جریان پیری برای رسیدن به مقاومت بالا کاهش قابل توجهی در چکش خواری نشان می‌دهند. شکنندگی برای آلیازهای $Al-Li$ بیشتر از شکنندگی برای آلیازهای متداول آلومینیم می‌باشد. بعلاوه با افزایش مقدار لیتیم، شکنندگی یا کاهش چکش خواری بازهم بیشتر خواهد بود (۱).

خواهد گردید، با اینحال برای بعضی از قطعات حساس هواپیماها استفاده از آلیازهای مستحکم 7475 ممکن است هنوز توسط طراحان ترجیح داده شود.

ویژگی های مکانیکی و متالوگرافی آلیازهای آلومینیم - لیتیم استعداد آلیازهای آلومینیم - لیتیم از نقطه نظر کاهش وزن دستگاه ها و در عین حال مقاومت مکانیکی قابل توجه آن تا حدی مورد بررسی قرار گرفته است. در سالهای اخیر بهبود قابل ملاحظه‌ای در شرایط تولید و نیز تحقیق برای کسب ویژگی‌های مکانیکی این آلیازها صورت گرفته و شرکت‌های هواپیمائی در ایالات متحده آمریکا و در انگلستان تغییری اساسی از نظر جایگزینی آلیازهای آلومینیمی سری 2024 و 7075 توسط آلیازهای آلومینیم - لیتیم را در ده سال آینده پیش بینی می‌کنند.

از این آلیازها در صنایع فضائی و نیز در پوشش باله‌های هواپیماها که در آنها هم ورق و هم محصولات اکستروژن بکار می‌رود، استفاده خواهد شد. این آلیازها همچنین می‌توانند بطور ممتاز در پوسته‌های نازکی که تحت فشار قرار می‌گیرند از قبیل پوسته موشک، مورد بهره برداری واقع شوند. بطور کلی مسئله اساسی در تهیه ورق های آلومینیم - لیتیم شامل سگرگاسیون (تجمع) در تهیه قطعات از راه ریخته گری، بالا بودن بهای تمام شده ساخت قطعات از طریق پودر و نیز حالت شکنندگی در محصول نهائی می‌باشد. همچنین بنظر می‌رسد که قیمت تمام شده قطعات آلومینیم - لیتیم بطور کلی ۲ تا ۳ برابر بیشتر از آلیازهای متداول نظیر آلیازهای 7075 بوده و در نتیجه با وجود آنکه می‌توان انتظار داشت با بکار بردن قطعات آلومینیم - لیتیم وزن بدنه هواپیماها تا حد قابل توجهی کم شود ولی مسئله اقتصادی در تهیه این قطعات یک امر اساسی تلقی می‌گردد. اثر سگرگاسیون روی دو نمونه N و W از آلیاز $Al-Li$ که بطریق ذوب در خلاء تهیه شده است توسط میکروپروب اوزه در خلای برابر 10^{-9} تور ($13 \mu Pa$) مورد بررسی قرار گرفته است هر دو نمونه آلیاز در حالت T_6 بوده‌اند. ویژگیهای مکانیکی دو آلیاز N و W در جدول زیر خلاصه شده است.



بررسی نسبت ترکیب عناصر مختلف ($\frac{W}{N}$ نمونه) در مرزدانه‌ها از عمق ۰ تا ۴۰۰۰ انگستروم که به طریق اوژه بررسی شده است. انحراف منحنی‌ها از نسبت یک نشانگر است که عنصر معین در نمونه (نمونه با مقاومت به ضربه پایین‌تر) تمرکز بیشتری در مرز دانه‌ها داشته است.

توضیح

برای جایگزین کردن این آلیاژها به جای آلیاژهای متداول آلومینیم، ویژگی‌های صنعتی دیگری نیز لازم می‌باشد (۱۴). ویژگی‌های مکانیکی آلیاژهای AL-Li بستگی به حالت و عملیات حرارتی قبلی انجام شده بر روی آنها دارد. جدول زیر این ویژگی‌ها را برای آلیاژ AL-Li (با حدود ۳٪ لیتیم) در مقایسه با آلیاژ متداول ریخته‌گری آلومینیم ($A_{356}-T_6$) در سه حالت مختلف نشان می‌دهد.

پژوهش‌های به عمل آمده در این میدان نشان داده است که برای بهبود ویژگی‌های آلیاژ، می‌توان با عملیات ترمومکانیکی این اثر را به حداقل رسانید. به منظور کاهش ۱۰٪ وزن سفینه‌های فضایی که با ۱۰٪ افزایش در سفتی (۱) همراه باشد، آلیاژهای AL-Li همراه با عناصر دیگر (Cu-Mg-Zr) مورد مطالعه قرار گرفته و معلوم شده است که بطور کلی در حال حاضر

ویژگی های قطعات ریخته گری شده در خلاء از آلیاژ Al - Li ۳

درصد افزایش طول	حد تسلیم $\times 10^3$ Psi	مقاومت کشش $\times 10^3$ Psi	حالت قطعه
۱۰	۲۷	۳۰	ریخته شده
۲۳	۱۲	۲۱	$T_4^{(1)}$
۶	۲۶	۲۷	$T_6^{(2)}$
۳	۲۲	۳۳	آلیاژ آلومینیم A 356-T ₆

ملاحظه می شود آلیاژ پس از عملیات انحلال (۳)،

دارای مقاومت نسبتاً کم و چکش خواری خوبی می باشد که امکان کار سرد قابل توجهی را بدست می دهد. مقاومت آلیاژ خصوصاً " اگر قطعه پیش از پیری تحت کار سرد قرار گرفته باشد، می تواند پس از پیر شدن در حد قابل توجهی زیاد شود. بعضی از آلیاژهای Al-Li که با مقداری روی و منیزیم همراه باشند، ویژگی هایی مشابه آلیاژهای ماراجینگ را نشان می دهند.

با توجه به اینکه در آلیاژهای Al-Li تاکنون ارتباط غیرمعتبری بین افزایش طول و مقاومت در مقابل ضربه مشاهده شده است. هنوز نمی توان گفت که آیا اجرای کار سرد پیش از پیر کردن آلیاژها، کار مفیدی است یا خیر.

در مورد علت شکنندگی بودن آلیاژهای Al-Li نظرات متعددی اظهار شده است.

بعضی از آنها تمرکز تغییر شکل در اثر وجود رسوب های منظم و نیز تجمع عناصر سنگین نظیر گوگرد، سدیم و پتاسیم

در مرز دانه ها را عامل این شکنندگی می دانند. (۵).

با توجه به اینکه نوع شکنندگی قطعه در حالت ماکزیم پیری بصورت بین دانه های است، تئوری تمرکز ناخالصی ها در مرز دانه می تواند تفسیری منطقی از مسئله شکنندگی باشد. در یک پاتنت انگلیسی در سال ۱۹۵۷ اعلام شده که برای جلوگیری از شکنندگی قطعه لازم است مقدار سدیم در آلیاژهای آلومینیم - لیتیم کمتر از ۰/۰۰۵ درصد باشد. معیناً در آلیاژهای تجربی ارتباط دادن مقدار سدیم با مقاومت به ضربه قطعه مشکل است همچنین مقدار درصد پتاسیم در این آلیاژها معمولاً آنقدر ناچیز است که اندازه گیری دقیق آنها مشکل می باشد (۶).

هرچند امروزه تلاش های وسیعی در جهت مطالعه برای بهبود شرایط تولید قطعات از آلیاژ آلومینیم - لیتیم بمنظور بدست آوردن ساختمانهای میکروسکوپی با ویژگی های عالی تر انجام می گیرد ولی، محدودیت مبادله اطلاعات در این زمینه، بررسی های بیشتر را مشکلتر کرده است.

۱ - حالت T_4 : انحلال + آب دادن + پیر شدن طبیعی

۲ - حالت T_6 : انحلال + آب دادن + بازگشت

- 1) D.Webster, Met. Prog. April 1984, 125, (5), 33-37.
- 2) A.L. Berezina et al., Metallofizika 1984, 6(2), 69-72.
- 3) O.Jensrud and N.Ryum, Mater.Sci. Eng., June 1984, 64, (2), 229-236.
- 4) B. Evans et al., Materials and Process, V.1(Proc.Conf.), Monteux, Switzerland, 12-14 June 1984.
- 5) E.A. Stark Jr. et al., Journal of Metals, Aug. 1981, 33(8), 24-32.
- 6) D.Webster, Metallurgical Transactions A, Dec. 1979, 10(A), 1913-1921.