

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



بررسی امکان حذف عیب فیلم اکسید دوتائی از مذاب آلومینیم توسط نگهداری مذاب در کوره

رامین رئیس زاده^۱، W. D. Griffiths^۲

چکیده

پیشنهاد شده است که اکسیژن و نیتروژن محبوس در یک عیب فیلم اکسید دوتائی حداکثر در مدت دو دقیقه (بسته به ابعاد عیب و میزان تلاطم مذاب) توسط واکنش با مذاب اطراف مصرف می گردد. این امر ممکن است بر تاثیر این عیوب بر خواص مکانیکی قطعات آلومینیمی تاثیر بگذارد. از این رو این موضوع به تحقیق بیشتری نیاز دارد. در تحقیق حاضر مذاب آلومینیم پس از نگهداری در کوره خلا و حذف عیوب اکسید دوتائی از آن، در قالب های سرامیکی ریخته شدند. سیستم راهگاهی این قالب ها به گونه ای طراحی شد تا مقدار زیادی تلاطم در مذاب ایجاد نماید. تعدادی از قالب های سرامیکی بلافاصله، و تعدادی پس از نگهداری به مدت ۲۰ دقیقه در یک کوره الکتریکی در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد، در هوا منجمد شدند. بدین ترتیب عیوب فیلم اکسید دوتائی موجود در هر قالب برای مدت زمانی معلوم در درون مذاب آلومینیم قرار گرفتند. مطالعات میکروسکوپ الکترونی بر روی سطوح مقاطع شکست نمونه ها نشان دادند که ساختار فیلم اکسید دوتائی با گذشت زمان تغییر می کند. یافته های این تحقیق می تواند به درک بیشتر رفتار این عیوب در مذاب آلومینیم کمک نماید.

واژه های کلیدی: آلومینیم، تخلخل هیدروژنی، اکسید فیلم دوتائی

^۱ استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان rraiszadeh@yahoo.com

^۲ مربی دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه برمنگهام انگلستان w.d.griffiths@bham.ac.uk

مقدمه

اکسید فیلم های دوتائی توسط پروفیسور J. Campbell [۱] به عنوان عیبی جدی در آلیاژهای ریختگی آلومینیم معرفی گردید. این عیوب باعث کاهش خواص مکانیکی و قابلیت اعتماد به قطعات تولیدی می گردد و هنگامی ایجاد می شوند که لایه اکسید موجود بر سطح مذاب متلاطم شده و در اثر این تلاطم بر روی خود برگشته و در حالی که لایه ای از هوا را در درون خود محبوس می نماید به درون مذاب وارد گردد. این امر ممکن است در حین آماده سازی مذاب و یا در اثر نامناسب بودن طراحی سیستم راهگامی و ایجاد تلاطم در آن ایجاد شود. بدین ترتیب این عیب که از دو لایه اکسید آلومینیم و مقداری گاز در بین آن تشکیل شده است همانند یک ترک در مذاب آلومینیم عمل می کند [۱].

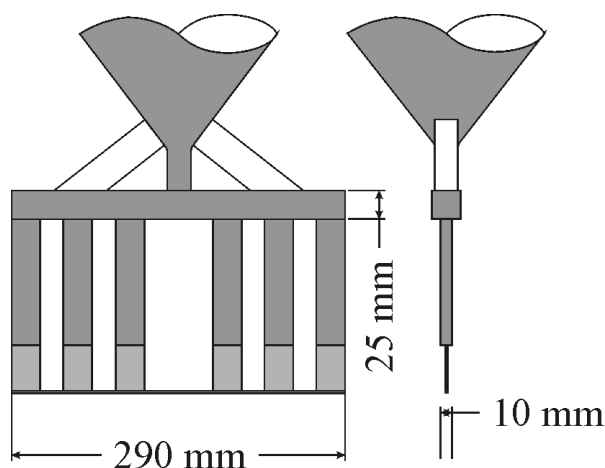
برای شناخت تاثیر عیوب اکسید دوتائی بر خواص مکانیکی لازم است تا رفتار آنها پس از تشکیل در درون مذاب آلومینیم به دقت مورد مطالعه قرار گیرد. پیشنهاد گردید که ممکن است اکسیژن و نیتروژن موجود در اتمسفر محبوس در بین دو لایه اکسید با مذاب آلومینیم اطراف عیب واکنش داده و Al_2O_3 و AlN تشکیل دهند [۲]. متعاقباً، این امر توسط آزمایش های تجربی مورد تأیید قرار گرفت [۳ و ۴]. هنگامی که تمام اکسیژن و نیتروژن بدین ترتیب مصرف شدند، تنها گاز باقیمانده در اتمسفر محبوس در عیب اکسید دوتائی آرگن (که ۱٪ حجم هوا را تشکیل می دهد) خواهد بود، که خنثی است و در درون مذاب آلومینیم حل نمی گردد. از طرفی نشان داده شده که هیدروژن محلول در مذاب قادر است به درون اتمسفر محبوس در عیوب اکسید دوتائی نفوذ کرده و با غلظت هیدروژن مذاب به تعادل برسد [۳]. متعاقباً پیش بینی گردید که پس از مصرف شدن گازهای محبوس در اتمسفر اکسید فیلم دوتائی، ممکن است دو لایه اکسید به نحوی به یکدیگر متصل شده و تاثیر مضر عیب بر خواص مکانیکی را تا حدی کاهش دهد.

آزمایش هایی که در این مقاله گزارش شده اند برای مطالعه سرنوشت عیوب اکسید دوتائی پس از تشکیل و غوطه وری در مذاب انجام شده اند. برای این منظور عیوب اکسید فیلم دوتائی در مذاب تشکیل شده و برای مدت زمانی معین در مذاب نگه داری شدند و متعاقباً از نظر مورفولوژی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش تحقیق

برای مطالعه تاثیر زمان بقای عیب اکسید دوتائی در مذاب آلومینیم، ابتدا لازم بود تا عیوبی با طول عمر مشخص در مذاب ایجاد شوند. بدین منظور ۹ کیلوگرم مذاب آلومینیم با خلوص تجارتي ($Al > 99.7\%$) در یک کوره خلا در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۸۰ میلی بار به مدت زمان یک ساعت نگه داشته شد. طبق رابطه $P_1V_1 = P_2V_2$ اتمسفر محبوس در بین دو لایه اکسید در اثر قرار گرفتن در خلأ منبسط شده و باعث افزایش نیروی شناوری عیوب می گردد. محاسبات انجام گرفته توسط قانون استوک نشان دادند که بقای مذاب در کوره خلا به مدت زمان یک ساعت برای حذف اکسید فیلم های دوتائی (با ضریب اطمینانی برابر با ۵۰۰) کافی است. بنابر این پیش بینی گردید که تمام عیوب اکسید فیلم دوتائی موجود در مذاب آلومینیم باید در مدت زمان یک ساعت باقی ماندن در کوره خلا به سطح مذاب آمده و از آن حذف شوند. مذاب حاصل از این فرایند متعاقباً تحت آزمایش RPT (Reduced Pressure Test) قرار گرفت و در سطح مقطع نمونه های حاصل هیچگونه حفره ای که نشان دهنده وجود عیب اکسید فیلم دوتائی باشد مشاهده نشد.

مذاب سپس به آهستگی سرباره گیری شده و در قالب هایی سرامیکی ریخته گری گردید. تصویر شماتیک این قالب ها در شکل ۱ نشان داده شده است. این قالب ها به گونه ای طراحی شدند تا مذاب در حین ورود به آنها به طور سطحی متلاطم شده و عیوب اکسید فیلم دوتائی در مذاب ایجاد شوند. تلاطم مذاب در حین ورود به قالب ها توسط دستگاه اشعه ایکس همزمان مورد تأیید قرار گرفت. بعضی از قالب ها بلافاصله (در طی حدود ۹۰ ثانیه) منجمد شدند، در حالی که سایر قالب ها بلافاصله پس از بارریزی به درون یک کوره الکتریکی منتقل شده و در دمای ۸۰۰ درجه سانتیگراد برای مدت ۲۰ دقیقه در کوره نگهداری شدند و سپس از کوره خارج شده و منجمد گردیدند. نگهداری مذاب در کوره خلاء قبل از بارریزی در درون قالب های سرامیکی به این معنا بود که تمام عیوب اکسید دوتائی مشاهده شده در قطعات ریخته گری دارای طول عمر معینی بودند.



شکل ۱: تصویر شماتیک قالب های سرامیکی مورد استفاده در این تحقیق.

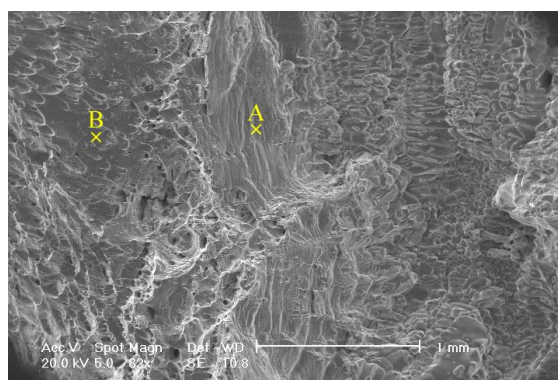
میله های بارریزی شده سپس به شکل نمونه های تست کشش ماشینکاری شده و توسط دستگاه Zwick 1484 با سرعت کششی معادل یک میلیمتر بر دقیقه تحت آزمایش کشش قرار گرفتند. سطوح مقاطع شکست متعاقبا توسط میکروسکوپ الکترونی Philips XL-30 برای یافتن عیوب اکسید فیلم دوتائی مورد جستجو قرار گرفتند. هنگامی که یک اکسید فیلم بر سطحی از یک مقطع شکست پیدا می شد، سطح مقطع دیگر نمونه نیز برای یافتن اکسید فیلمی متقارن مورد جستجو قرار می گرفت.

یافته ها

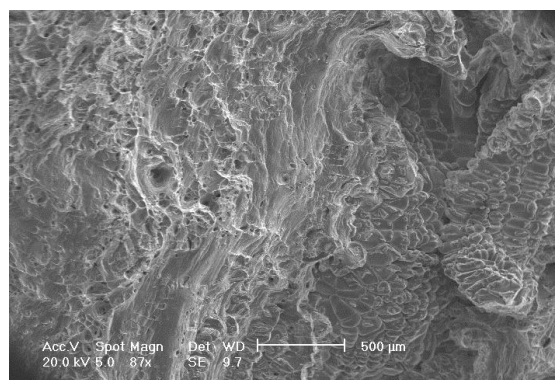
نمونه ای از عیب اکسید فیلم موجود بر سطح مقطع شکست نمونه ای از آلومینیم خالص که بلافاصله پس از بارریزی منجمد گردید در شکل ۲-الف نشان داده شده است. این عیب دارای طولی در حدود ۲ میلیمتر و ضخامتی در حد یک میلیمتر بود. لایه دیگری درست به صورت قرینه نسبت به لایه اکسید مشاهده شده در شکل ۲-الف، بر سطح مقطع شکست نیمه دیگر نمونه تست کشش مشاهده گردید. این لایه اکسید قرینه در شکل ۲-ب نشان داده شده است. همچنین آنالیز

EDX سطح مقطع شکست شکل ۲-الف، که در اشکال ۲-ج و ۲-د نشان داده شده اند، ماهیت لایه مشاهده شده را، به عنوان یک لایه از اکسید آلومینیم در زمینه ای از آلومینیم خالص، تأیید می کند. تصاویر ارائه شده در شکل ۲ به روشنی نشان دادند که عیب موجود بر سطح مقطع شکست، یک اکسید فیلم دوتایی است (از دو لایه تشکیل شده) و ترک مابین این دو لایه منطقه ای ضعیف را در نمونه تست کشش به وجود آورده و نمونه از همان قسمت شکسته است.

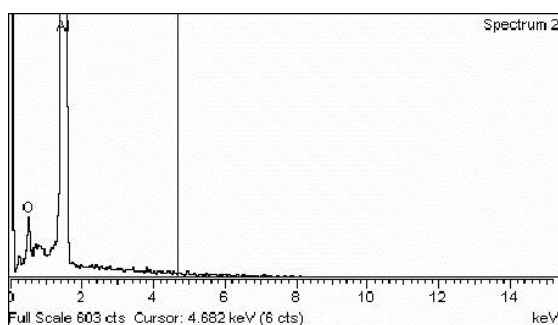
این اکسید فیلم به موازات سطح مقطع شکست قرار داشت، در حالی که عیب نشان داده شده در شکل ۳، که در سطح مقطع شکست نمونه ای که قبل از انجماد به مدت ۲۰ دقیقه در مذاب نگه داشته شده بود مشاهده گردید، به درون سطح فرو رفته و دو سطح اکسید نیز در محل هایی به یکدیگر متصل شده بودند. دو لایه اکسید در میان محل های اتصال منبسط شده و حفره هایی بیضی شکل را تشکیل دادند. تصویر بزرگ شده یکی از این مکان های اتصال در شکل ۴ نشان داده شده است و شکل ۵ آنالیز EDX نقطه ای بر روی یکی از مکان های اتصال را نشان می دهد.



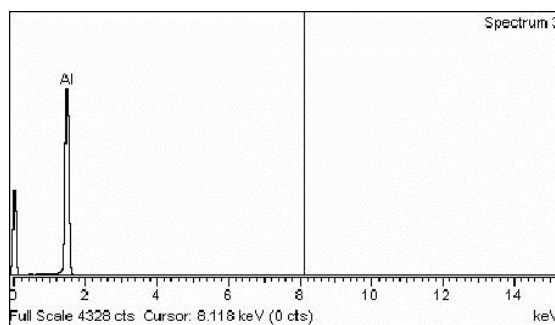
(الف)



(ب)



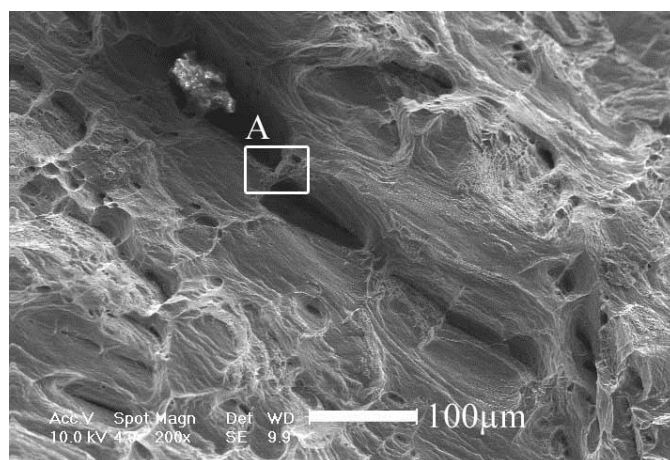
(ج)



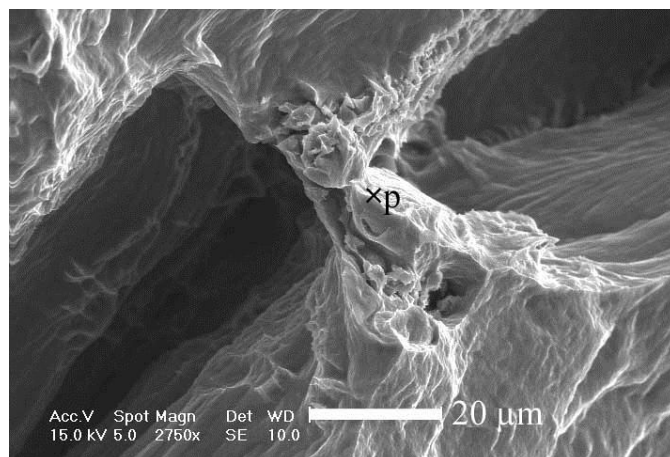
(د)

شکل ۲: (الف) یک لایه از اکسید فیلم دوتایی بر سطح مقطع شکست نمونه ای از مذاب آلومینیم خالص که بلافاصله پس از بارریزی منجمد گردیده است. (ب) لایه قرینه لایه اکسید نشان داده شده در شکل (الف) که بر سطح مقطع شکست نیمه دیگر نمونه پیدا شد. (ج) و (د) آنالیز EDX از دو نقطه (به ترتیب A و B) از نمونه شکل (الف) که ماهیت لایه اکسید را تأیید می کند.

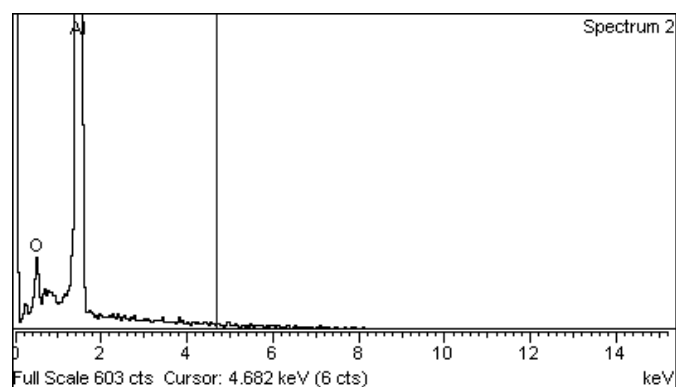
بررسی امکان حذف عیب...



شکل ۳: یک اکسید فیلم دوتایی بر سطح مقطع شکست نمونه ای از مذاب آلومینیم خالص که پس از بارریزی به مدت ۲۰ دقیقه در مذاب نگه داشته شد.

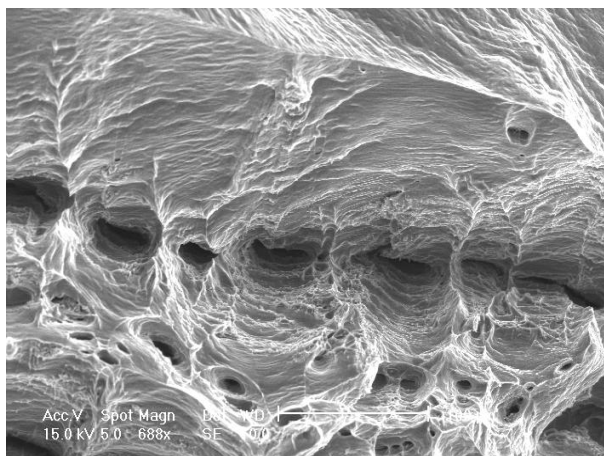


شکل ۴: تصویر بزرگ شده قسمتی از شکل ۳ که با علامت A مشخص شده است و چگونگی اتصال دو لایه اکسید را نشان می دهد.



شکل ۵: آنالیز EDX نقطه P در شکل ۲.

در تصوير ۶ نمونه ديگري از عيب اكسيد دوتائي بر سطح مقطع شكست نمونه اي كه قبل از انجماد به مدت ۲۰ دقيقه در مذاب نگه داشته شده است ديده مي شود. چنين عيوب پيوند خورده اي در هيچكدام از نمونه هايي كه بلافاصله پس از بارريزي منجمد شده بودند مشاهده نگرديد.



شكل ۶: نمونه اي ديگر از عيب اكسيد دوتائي پيوند خورده بر سطح مقطع شكست نمونه اي كه قبل از انجماد به مدت ۲۰ دقيقه در حالت مذاب نگهداشته شده بود.

بحث

Nyahumwa [۲] پيشنهاد کرده بود كه پس از مصرف شدن اكسيژن و نيتروژن محبوس در اتمسفر اكسيد فيلم دوتائي در اثر واكنش با مذاب آلومينيوم، دو لايه اكسيد حداقل در قسمت هايي به هم متصل شده و ممكن است به نحوي به هم پيوند بخورند. Raiszadeh [۴و۳] نشان داد كه اين گازها حداقل در مدت دو دقيقه (يعني در مدتي بسيار کمتر از مدت زمان بقاي اكسيدهاي دوتائي در مذاب در اين آزمايش ها) به اتمام مي رسند. بنابر اين تصاوير ۳ تا ۶ ممكن است اولين شواهد تجربي براي پيوند دو لايه يك عيب اكسيد دوتائي به هم باشند. تحقيقات قبلي به طور تجربي نشان دادند كه هيدروژن قادر است به درون اتمسفر محبوس در يك عيب اكسيد فيلم دوتائي نفوذ کرده و باعث انبساط آن شود [۴]. مقدار اين انبساط به عوامل متعددي از قبيل ميزان هيدروژن محلول در مذاب، سرعت انجماد و تلاطم مذاب (مثلا در اثر همرفت مذاب در قالب) بستگي دارد. با توجه به اين موضوع شايد بتوان گفت كه حفره هاي بيضي شكل مشاهده شده در اشكال ۳ و ۶ در اثر نفوذ هيدروژن از مذاب به درون اتمسفر محبوس در عيب اكسيد دوتائي و انبساط آن در بين اتصال ها به وجود آمده اند.

نتايج بالا نشان مي دهند كه مورفولوژي عيوب اكسيد فيلم دوتائي با گذشت زمان در مذاب تغيير مي كند. ممكن است شرايط به گونه اي مهيا گردد كه اين عيوب تا حدي غير فعال شده و تاثير مضر آنها بر خواص مكانيكي و قابليت اعتماد به قطعه كاهش يابد. استحكام مكانيكي پيوند هاي تشكيل شده بين دو لايه اكسيد مشخص نيست. بنابر اين احتمال دارد كه

نفوذ مقدار زیادی هیدروژن از مذاب دارای مقدار هیدروژن بالا به درون این عیوب بتواند این پیوند ها را از هم گسسته و باعث انبساط اتمسفر محبوس بین دو لایه اکسید شده و منجر به ایجاد تخلخل گازی گردد. همچنین باید به خاطر داشت که لایه های اکسید دوتایی حتی در صورت غیر فعال شدن، همچنان ممکن است منشاء ایجاد سایر عیوب از قبیل ترکیبات بین فلزی غنی از آهن [۵-۷] و جوانه زنی حفره های انقباضی، باشد. در این تحقیق، تغییر در مورفولوژی اکسید فیلم های دوتایی به مصرف شدن گازهای محبوس در درون اتمسفر آن توسط مذاب اطراف، مرتبط گردید. تخمین زده شده [۸] که این اتفاق حدوداً دو دقیقه پس از تشکیل عیب در مذاب انجام می شود. اما هنوز وجود آرگن و همچنین هیدروژنی که به درون اتمسفر اکسید دوتایی نفوذ کرده ممکن است تاثیر پیوند بین دو لایه را از بین برده و عیب اکسید دوتایی همچنان قادر باشد به عنوان مکانی مناسب برای رشد حفره های انقباضی یا گازی عمل کند.

نتیجه گیری

۱. آزمایش های انجام شده نشان دادند که طبیعت عیوب اکسید فیلم دوتایی با گذشت زمان در مذاب تغییر می کند.
۲. در این تحقیق شواهدی ارائه شد که نشان می دهند دو لایه اکسید دوتایی می توانند پس از مدتی، حداقل در بعضی نقاط، به هم پیوند بخورند.
۳. ایجاد چنین پیوندی اگرچه ممکن است بر خواص مکانیکی و قابلیت اعتماد به قطعه ریختگی تاثیر بگذارد، اما ممکن است نتواند از ایجاد سایر عیوب همانند حفره های انقباضی یا گازی و ترکیبات بین فلزی غنی از آهن جلوگیری نماید.

تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم می دانند که از پروفسور John Campbell از دانشگاه برمنگهام انگلستان به خاطر همفکری در این تحقیق و از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری جمهوری اسلامی ایران به خاطر حمایت مالی تشکر نمایند.

مراجع

1. J. Campbell, Castings, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 2003.
2. C. Nyahumwa, N. R. Green and J. Campbell, AFS Trans., 58, 1998215-223.
3. R. Raeiszadeh, PhD thesis, Univ. Birmingham, United Kingdom, 2006.
4. R. Raeiszadeh and W. D. Griffiths, Symp. Hon. John Campbell, 2005 TMS Annual Meeting, San Francisco, CA, Feb. 13-17, 2005, TMS, 2005, 13-22.
5. X. Cao and J. Campbell, Met. and Mat. Trans. A, 34A, 2003, 1409-1420.
6. K. Bangyikhan, PhD thesis, Univ. Birmingham, United Kingdom, 2005.
7. S. M. Miresmaeili, J. Campbell, S. G. Shabestari and S. M. A. Boutorabi, Met. and Mat. Trans. A, 36A, 2005, 2341-2349.
8. R. Raeiszadeh and W. D. Griffiths, 12th International Metallurgy-Materials Congress, 28th Sep.-2nd Oct. 2005, Istanbul, Turkey, UCEAT Chamber of Metallurgical Engineers, 2006, 464-471.

Possibility of the Elimination of Double Oxide Film Defects from Aluminium by Keeping it in the Holding Furnace

R. Raiszadeh¹, W. D. Griffiths²

Abstract

One of the most important recent developments in Al alloy castings has been the study of the effect of double oxide film defects on the variability of their mechanical properties. These defects are caused by the entrainment of the surface oxide film into the bulk liquid metal, often during filling of the mould. The entrainment of the surface oxide skin is accompanied by entrapment of the local atmosphere, leading to the immediate presence of cracks in the final solidified casting. It is the random nature of their occurrence, and their random size and orientation that contributes to the variability of the tensile and fatigue properties of Al castings. Current research is aimed at understanding the change in the behaviour of these double oxide film defects once they have formed, and their development with time. These experiments involved the preparation of a commercial purity liquid Al melt that was free of oxide film defects, obtained by holding the melt under a vacuum. This was then poured into a mould with a running system designed to create and introduce oxide film defects, so that their time of formation was known. A ceramic mould was used so that the casting could subsequently be held in the liquid state for different lengths of time before solidification, so that how the structure of the defect changed with time could be studied. In this way a better understanding of the effect of double oxide film defects on casting properties can be gained.

¹ Assistant Prof., Engineering School, Shahid Bahonar University of Kerman. rraiszadeh@yahoo.com

² Lecturer, Metallurgy and Materials Dep., The University of Birmingham. W.d.griffiths@bham.ac.uk