مطالعهٔ معایب غلافهای سوخت هسته‌ای در راکتورهای اتمی

۱ـ غلاف ساخته شده از آلیاژ آلومی‌نیم

نوشتهٔ :

علی آذریان

استادیار دانشکده فنی دانشگاه تهران

چکیده :

بااینکه هم‌اکنون‌اکثر غلاف‌های سوخت هسته‌ای در راکتورهای اتمی از آلیاژهای فولاد زنگ نزن ویا آلیاژهای زیرکونیم ساخته‌شده است معهذا بسیاری از راکتورهای اتمی خصوصاً از نوع گرافیت‌ـگاز ویا ازانواع آب سبک بعنوان غلاف سوخت هسته‌ای‌از آلیاژآلومی‌نیم استفاده میکند، (مثل راکتور امیرآباد در تهران)(۱) دراین آلیاژها پس‌از مدتی تحت تأثیر تابش نوترون معایبی‌از قبیل حفره (Cavité) یا حلقهٔ دیسلوکاسیون (Boucle de dislocation) ایجاد میگردد. مطالعه اینگونه معایب بسیار لازم‌است زیرا حداکثر باید کوشید تا ایجاد این معایب را کاهش داد چه در غیر اینصورت اینگونه آلیاژها که تحت کروزیون وتنش در درجهٔ‌حرارت‌بالا هستند خواص میکانیکی لازم را نداشته و تغییرشکل میدهند. مثلا در اثر این تغییر شکل ممکن است سوزنهای راکتور با یکدیگر اتصال پیدا کنند وباعث ذوب منطقه در غلاف گردد.

برای اینگونه مطالعات معمولا بایستی‌از مطالعهٔ معایب نقطه‌ای (ponctuel) یعنی‌ایجاد خلاء اتمی (Lacune) یااتم اضافی (Interstitiel) شروع کرد. دراین مقاله سابرخی از معایب راکه بنام شکلهای حرارتی (Figures ther.) خوانده میشود درآلومی‌نیم مورد مطالعه قرار داده‌ایم واین مطالعه در حاشیه بهترکردن خواص مکانیکی غلاف سوخت هسته‌ای قرار دارد زیرا مثلا وجود این معایب باعث بالا بردن حد تسلیم آلیاژ میگردد.

۱ـ روش تجربی بکار برده شده برای ایجاد شکلهای حرارتی

ابتداء یک نمونه از آلومی‌نیم را اختیارکرده وآنرا بطریق الکتریکی صیقل میدهیم. ازمیان محلولهای الکترولیت بکار برده شده و برای آلومی‌نیم (۳-۲) محلول راکه(Jacquet)را انتخاب کردیم که محلولی است از ^{cc}۳۳۳اسید ـ پرکلریک خالص (دانسیته ۱/۶) و ^{cc}۶۶۷ انیدرید استیک خالص. البته باید متذکر شد که برای کارکردن بااین‌محلول خطرناک‌باید پیش بینی‌ها واحتیاطات لازم را بعمل آورد بویژه درجه حرارت محلول‌حتماً باید کمتراز ۱۲ درجه سانتیگراد باشد. .

شدت جریان معمولا باید در ابتدای عمل بین ۰/. تا ۱/. آمپر برسانتی متر مربع باشد در حالیکه پس‌از چند دقیقه شدت جریان را تا ۱۰/. آمپر برسانتی متر مربع تقلیل داد.

پس از صیقل کاری وشستن نمونه بامحلول الکل اتیلیک آنرا در یک کوره تا درجه حرارت ۶۴۰ درجه - سانتیگراد وبمدت‌یکساعت در آتمسفر کوره که حتماً باید اکسیده کننده باشد نگهمیداریم. سپس آنرا به‌سرعت خنک کرده‌و دوباره در درجه حرارت ۳۰۰ بازپخت مینمائیم. پس‌از صیقل مجدد شکلهای حرارتی در زیر میکرسکپ مشاهده میشود ولی باید دانست که در سرتاسر این عملیات حرارتی قشر اکسیدآلومی‌نیم‌در روی‌فلز وجود داشته وما‌این‌قشر را در ابتداء مورد مطالعه قرار دادیم

۲= مطالعهٔ قشر آاکسید آلومی‌نیم

برای بهتر مطالعه کردن قشراکسیدآلومی‌نیم میبایستی این قشررا از فلز جداکرد ولی این عمل فوق‌العاده مشکل‌است. اینکار را در محلول الکل بروم‌ه (یعنی ترکیبی از الکل اتیلیک وعنصر برم) انجام داده‌ایم* .

محلولی که بخوبی قشراکسید آلومی نیم را از فلز جدا میکند دارای ۴٪ عنصر برم است (۴) والبته این نتیجه‌گیری حائز اهمیت است زیرا در ابتداء امر مشخص نیست که چه‌ترکیبی ازین محلول بهترین اثر را خواهدداشت.مطابق شکل یک ملاحظه میشود که اگر چه در بعضی نقاط قشر اکسید از فلز جدا شده است معهذا در بسیاری از نواحی فلز همچنان‌باقشراکسید مربوط‌همراه‌است تکه های‌قشراکسید جداشده درمحلول‌غوطه‌ور وشناور باقی‌میمانند ومیتوان بعضی از نمونه های اکسیدراکه در محلول غوطه‌ورند اختیارکرده و در زیر میکروسکپ الکترونی مورد مطالعه قرار داد البته باید قبل‌از مطالعه آنرا بامحلول الکل یااستون بخوبی‌شست. بابکار بردن روش ساده تعیین ضخامت در میکروسکپی‌الکترونی مقدار ضخامت قشراکسید را در حدود ۲۰۰ میکرن اندازه گرفتیم(۳)

۳= مطالعه میکروگرافی

نمونه‌ای‌راکه تحت عملیات حرارتی لازم قرارگرفته در زیر میکرسکپ اپتیک مورد مطالعه قرار میدهیم. شکل شماره دونشاندهندهٔ وضع شکلهای حرارتی با بزرگنمائی کم است در حالیکه شکل شماره سه بوضوح این معایب را نشان میدهد.

همانطوریکه میتوان ملاحظه کرد جهت همهٔ شکلهای حرارتی برای یک دانهٔ معین یکی است در حالیکه‌اگر جهت کریستالوگرافی دانه فرق کند شکل هندسی معایب نیز فرق خواهدکرد(۵) مثلا از صورت مثلث شکل میتواند به‌صورت چندضلعی درآید. نکته بسیار مهم دیگر اینست که در نزدیکی مرز دانه‌ها شکلهای حرارتی بچشم‌نمیخورد.

۴= تفسیر نتایج

پس‌از بازپخت ۶۴۰ درجه سانتیگراد غلظت خلاء اتمی در حال تعادل از فرمول ذیل محاسبه میگردد(۶).

$$C = C_0 \, Exp\,(-E_f/kT)$$

که درآن C_0 ضریبی است‌ثابت ومقدارآن برابر $e^{2\cdot4}$ میباشد(۷) k ضریب بولتزمان(Boltzmann) بوده و T درجهٔ حرارت برحسب درجه کلوین‌است E_f انرژی لازم برای بوجود آوردن یک‌خلاء اتمی‌است. نظربااینکه شکلهای حرارتی در حقیقت تجمعی از خلاء‌های اتمی میباشد لذا میتوان بطور تقریبی از روی عکسها وبرای یک سطح درنظرگرفته شده غلظت خلاء اتمی در ایندرجه حرارت را اندازه گرفت وبا مقدار آنرا برای نمونه یاد شده:

برابر $C = 6.3\ 10^{-4}$ تعیین نمودیم .

ازاین نتیجه میشود که $E_f = 0.8$ ev. میباشد. جدیدترین روش برای تعیین E_f روش بمباران باذرات

* محلول خطرناك است باماسک بایدکارکرد .

پوزیتون β^+ است که مقدار E_f را برای آلومینیم برابر 0.67ev. بدست آورده‌اند(۸)پس عدد بدست آمده باتوجه به‌اینکه روش بکار برده شده تقریبی است چندان غیرقابل قبول بنظر نمیرسد.

درمورد عدم وجود شکلهای حرارتی در مرز دانه‌ها اصولا انرژی اتصال مابین خلاء اتمی ودیسلوکاسیون ویا انرژی اتصال مابین خلاء اتمی ومز دانه‌ها نسبتاً زیاد است (۹) بنابراین میتوان گفت که خلاء‌های اتمی در نزدیکی مرز دانه‌ها توسط این معایب جذب میشوند ودر نزدیکی مرز دانه‌ها شکلهای حرارتی بوجود نمیاید.

منابع

۱ـ اطلاعات داده شده بتوسط سازمان انرژی اتمی ایران (۲۵۳۳)

۲ـ علی آذریان گزارش داده شده درمورد الکترو پولیساژ غلاف سوخت هسته‌ای راکتور امیرآباد به سازمان انرژی اتمی ایران (اسفند ماه ۲۵۳۳)

۳ـ علی آذریان نشریه دانشکده فنی شماره ۳٤ صفحه ۱۵۸

4- A. AZARIAN Le rapport du D.E.A. (Science des materiaux) Juin 1672 Univ. Paris VI

5- G. WYON Relations enter les defauts de structure de l aluminium raffine These Doat-Ing. Univ. Paris (1968)

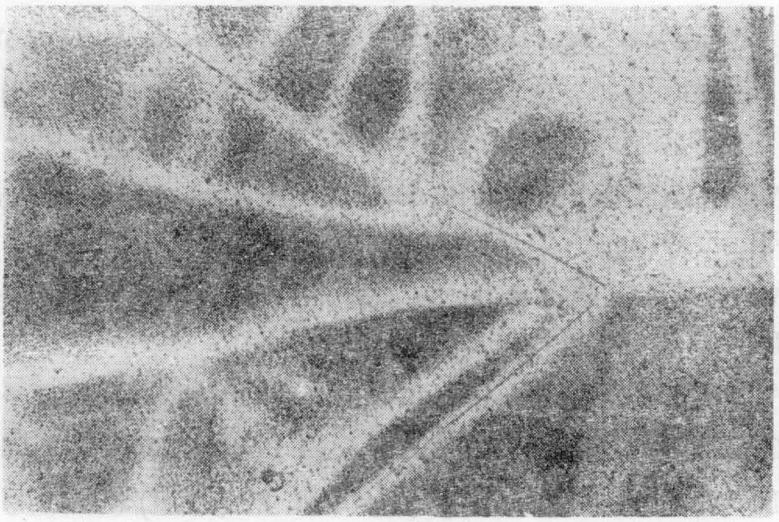
6- R.A. SWALIN Thermodynamique des solides J. WILLEY (1967) P;219

7- R.C. SIMMONS & R. W. BALLUFI Phys. Review 117 (1960) P;62

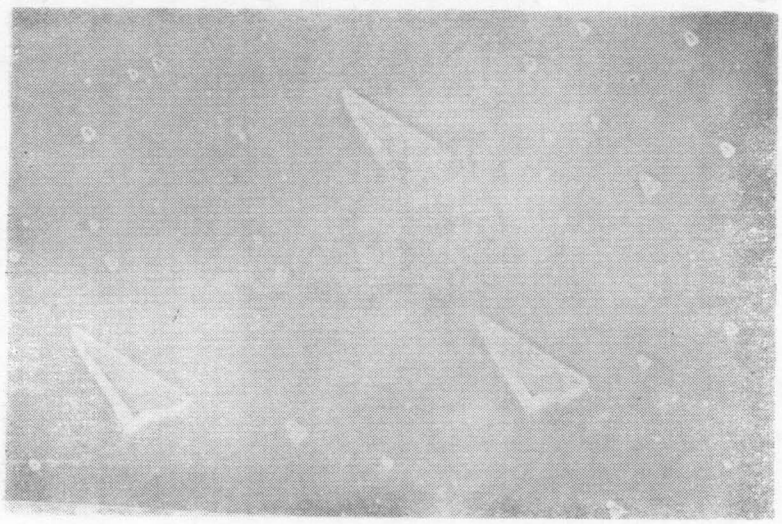
8- R. N. WEST Advences in physics Vol. 22 (1973) P;360

9- Y. QKERE Dcfauts ponctuels dans les metaux Masson (1967) P;93-107

شکل ۱



شکل ۲



شکل ۳