نشریه علمی سازمان انرژی اتمی ایران
شماره ۵ ، زمستان ۱۳۶۴

یاداشت علمی و فنی

بررسی اثرشیمیائی بخارید برروی آلیاژ زیرکالوی‌چهار

حمیدافتاده

بخش مواد
مرکزتکنولوژی هسته‌ای اصفهان

چکیده ــ کاربردآلیاژزیرکالوی‌چهاربعنوان‌پوشش‌میله‌های‌سوخت‌درنیروگاههای هسته‌ای‌قدرت‌بطور گسترده‌ای متداول‌است . دراین‌پروژه‌تحقیقاتی ، چگونگی‌خوردگی‌این‌آلیاژدرتحت‌تاثیرشیمیائی‌بخارید ، دردرجات‌حرارت ۴۰۰ تا ۴۵۰ درجه‌سانتیگرادومدت‌زمانهای ۹۶ تا ۸۶۴ ساعت ، بررسی‌گردیده‌است . دراین‌بررسی ، اندازه‌گیری شدت‌خوردگی‌بروش‌وزنی‌صورت‌می‌گیرد .

مقدمه

درصنایع پیشرفته‌امروزی‌پدیده‌های خوردگی‌یکی از مهمترین مسائل‌موردتحقیق‌راتشکیل می‌دهند . از آنجاکه‌درصنایع‌هسته‌ای ، مسئله‌ایمنی واطمینان از عمل‌کردموادبکاررفته‌درتاسیسات هسته‌ای ،مخصوصا" نیروگاههای‌هسته‌ای‌قدرت ،حائزاهمیت‌فوق‌العاده‌ای است ، لذابررسی وشناخت‌مسائل‌خوردگی‌موادمورد استفاده‌درچنین‌تاسیساتی ، بسیارحیاتی می‌باشد .

آلیاژزیرکالوی‌چهاربصورت‌پوشش‌میله‌های‌سوخت درنیروگاههای هسته‌ای‌قدرت (PWR) بکار می‌رود . فعل‌وانفعالات‌هسته‌ای‌درداخل میله‌های سوخت‌موجب‌پیدایش‌محصولات‌شکافت (Fission) ازجمله‌یدرادیواکتیومی‌گردد . ازآنجاکه‌یکی‌ازوظایف اصلی‌غلاف سوخت‌جلوگیری‌ازنفوذ محصولات‌شکافت به‌خارج‌ازمیله‌هامی‌باشد ،لذابه‌خاطرملاحظات‌ایمنی ، بررسی اثرشیمیائی‌یدتولیدشده‌برروی پوشش میله سوخت ، حائزاهمیت‌می‌باشد (۲ــ۱) .

روش کار

نمونه‌زیرکالوی‌چهارآماده‌شده‌وپس ازتوزین‌درراکتوری شیشه‌ای‌ازجنس کوارتزقرارداده‌می‌شود . راکتوردر کوره‌ای‌استوانه‌ای قراردارد(شکل ۱ شماره ۳) بخارید لازم بوسیله‌عبورگازی بی‌اثر(شکل ۱ شماره ۱)برروی یدجامد (شکل ۱ شماره ۲)بدست‌می‌آید .این‌بخارپس ازعبورازروی‌نمونه‌زیرکالوی ، ازطرف‌دیگرراکتورخارج وبوسیله‌تله‌های پتاس‌غلیظ جمع‌آوری‌می‌گردد(شکل ۱ شماره ۴) .

اندازه‌گیری شدت‌خوردگی‌بروش وزنی‌صورت می‌گیرد . قبل‌ازشروع‌آزمایش ، نمونه‌توسط محلول خورش (etch) حاوی HF ، HNO_3 وآب‌مقطربه مقدارمناسب صیقلی شیمیائی‌می‌گردد . ابعادنمونه بکمک‌کولیس‌اندازه‌گرفته‌شده‌وسپس‌بدقت‌وزن‌می‌گردد . پس ازپایان‌هرآزمایش ، نمونه‌ازمحیط واکنش خارج و مجددا" وزن می‌گردد . باددست داشتن‌ازدیاد وزن نمونه‌ومجموع‌سطوح‌داخلی‌وخارجی آن ، شدت خوردگی درواحد سطح‌محاسبه‌می‌گردد .

درابتدای هرآزمایش، مقدارمعین یدخالص دوبار تصعید شده وزن گردیده ودرداخل محفظه شیشه‌ای مخصوص (شکل ۱، شماره۲) قرارداده می‌شود. در پایان آزمایش مقدارید باقیمانده درمحفظه بوسیله محلول پتاس رقیق جمع‌آوری وتوسط محلول تیوسولفات سدیم 0.1 N تیترمی‌گردد. اختلاف وزن موجودبین یداولیه‌ویدباقیمانده، میزان یدتصعید شده‌رامشخص می‌سازد. بادردست داشتن حجم راکتورشیشه‌ای داخل‌کوره، غلظت یدموجوددرمحیط آزمایش محاسبه‌می‌گردد.

یافته‌هاوبررسی آنها

دوپارامتراصلی واکنش ئیودوراسیون غلاف زیرکالوی چهار (۲)

$$Z_r + I_2 \longrightarrow Z_rI, Z_rI_2, Z_rI_3, Z_rI_4$$

شامل مدت زمان واکنش ئیودوراسیون ودرجه حرارت محیط واکنش می‌باشد.

۱ــ چگونگی تائیرمدت زمان واکنش

دامنه تغییرات مدت زمان واکنش از ۹۶ ساعت تا ۸۶۴ ساعت می‌باشد. درجه‌حرارت هرواکنش برابر $420^{\circ}C$ وغلظت یدبرابر $0/866\ gr/cm^3$ می‌باشد. نتایج حاصله دراین مرحله، درجدول شماره ۱ آورده‌شده است. تغییرات میزان خوردگی آلیاژ برحسب مدت زمان واکنش درمنحنی شماره ۱ نشان داده‌شده‌است. با بررسی این منحنی، چگونگی تغییرسینتیک خوردگی آلیاژبوضوح مشاهده‌می‌گردد خوردگی آلیاژزیرکالوی چهاردارای دوفازمی‌باشد (۴ــ۳).

فازاول : خوردگی یکنواخت ونسبتا "ضعیفی بوقوع می‌پیوندد. سینتیک خوردگی، کـه‌بوسیله‌ازدیاد وزن‌نمونه‌ها به‌نسبت‌زمان‌نشان داده‌می‌شود، ازرابطه تجربی زیرتبعیت می‌کند :

$$\Delta_m = Kt^n$$

که‌درآن Δ_m برابرازدیادوزن درواحدسطح و t زمان و K و n ثابت‌هائی دردرجه‌حرارت‌های‌داده‌شده‌اند.

درطول فازاول، مقدارفاکتور " n " نزدیک به ۱/۳ است. تئودوراسیون بطورمحسوسی ازقانون مکعبی پیروی‌می‌کند. سرعت خوردگی بازمان کم میشود محصولات خوردگی عمل‌حفاظت موثری‌راانجام می‌دهند.

فازدوم : خوردگی جدیدوخیلی سریع تری بوجود می آیدمحصولات خوردگی دیگرحالت چسبندگی نداشته‌وعمل‌حفاظت موثری‌انجام نمی‌دهند. این تغییرحالت‌خوردگی راپدیده‌دسکاماسیون یا Breakaway می‌نامند. خصوصیات نقطه تغییرسینتیک‌خوردگی، دراین مرحله، عبارت‌است از :

$$T_B = 761\ hours \approx 32\ days$$

$$A_B = 291\ mgr/dm^2$$

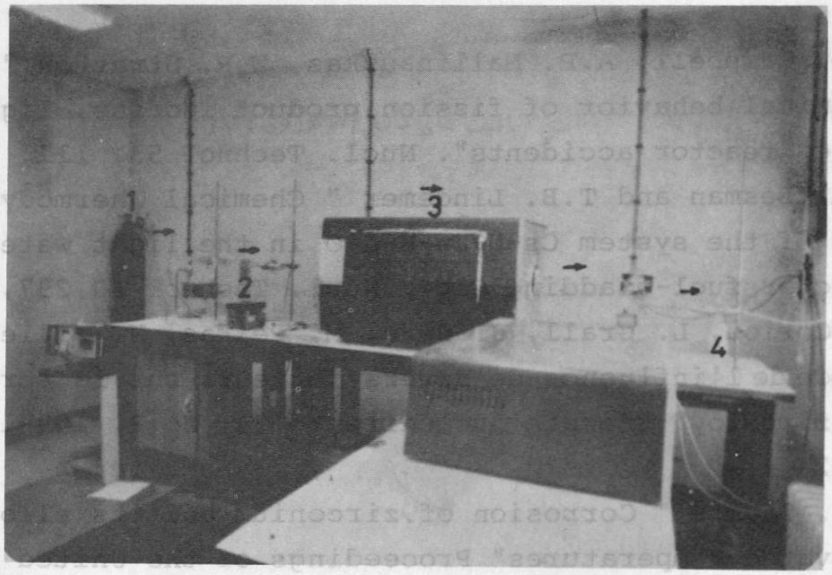
۲ــ چگونگی تاثیردرجه‌حرارت واکنش

دامنه‌تغییرات‌درجه‌حرارت‌از ۴۰۰ تا $450^{\circ}C$ می‌باشد مدت‌زمان‌هرواکنش، دراین‌مرحله، برابر ۹۶ ساعت وغلظت‌یدبرابر $0/870\ mgr/cm^3$ می‌باشد. نتایج‌حاصله، دراین‌مرحله، درجدول‌شماره ۲ آورده شده‌است.

تغییرات‌میزان‌خوردگی آلیاژبرحسب‌درجه‌حرارت وواکنش‌درمنحنی تغییرات شکل ۲ نشان‌داده‌شده‌است. ودراین مرحله‌نیزخوردگی دارای دوفازمی‌باشد. خصوصیات‌نقطه‌تغییرسینتیک‌خوردگی، دراینمرحله عبارت‌است از :

$$T_B = 435/02\ ^{\circ}C$$

$$A_B = 60\ mgrs/dm^2$$



شکل ۱ بررسی اثر شیمیائی بخاریدبر روی آلیاژزیرکالوی‌چهار درمحیط آزمایش

نتیجه‌گیری

بررسی انجام گرفته‌چگونگی سینیتک‌خوردگی آلیاژزیر کالوی چهاررا تحت‌تاثیر شیمیائی بخاریدنشـــان می‌دهد .

شناخت‌خصوصیات نقطه‌تغییرسینیتک‌خوردگی ، اجازه‌می‌دهدکه‌حدودمقاومت‌آلیاژزیرکالوی چهاردر شرایط محیط موردنظربدست‌آید . بدین‌معنی‌که‌حدود مقاومت‌آلیاژزیرکالوی چهاردرشرایط محیط موردنظر بدست‌آید . بدین معنی‌که‌نقطه‌Breakaway نشـان دهنده‌پایان استفاده‌عملی‌ازآلیاژدرشرایط داده‌شده می‌باشدودربالاترازاین نقطه‌آلیاژزیرکالوی چهـار مقاومت‌خوبی درمقابل‌خوردگی‌نخواهدداشت . در خاتمه ، لازم‌به‌تذکراست‌که‌جهت‌روشن‌شدن بیشتر سینتیک خوردگی آلیاژزیرکالوی‌چهاردرمحیط بخار ید ، انجام‌آزمایشات‌تکمیلی‌دیگری‌دردرجات‌حرارت ثابت (از ۴۰۰ تا $435^{\circ}C$ ، درجه‌حرارت نقطـه Breakaway درمرحله‌دوم) ومدت‌زمانهای‌واکنش متغیر ، لازم‌بنظرمیرسد . انجام‌این‌سری‌ازآزمایشات دربرنامه‌کاری‌آینده‌گروه‌خوردگی‌مرکزتکنولوژی‌هسته‌ای اصفهان‌قرارداده‌شده‌است .

References

1) D.O. Campbell, A.P. Mallinauskas, W.R. Stratton " The chemical behavior of fission product idodine, light water reactor accidents". Nucl. Technol 53, 111, 1981.
2) T.M. Besman and T.B. Lindemer " Chemical Thermodynamic of the system Cs-U-Zr-H-I-O in the light water reactor fuel-cladding Gap". Nucl. Technol 40,297,1978.
3) H. Coriou, L. Grall, J. Hure, M. Pelras, H. Willermoz, "Etude de l'influence de divers facteurs sur la corrosion du zircaloy" Energie nucleaire Vol.4, No.2, 109-119 1962.
4) D.E. Thomas " Corrosion of zirconium and its alloys at elevated temperatures" Proceedings of the United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, 9, 407,413, 1955.

INVESTIGATION OF GHEMICAL INTERACTION BETWEEN IODINE VAPOR AND ZIRCALLOY-4

H. Oftadeh

Esfahan Nuclear Technology Center

Abstract- Zircalloy-4 are used widely in the form of cladding on fuel rods in nuclear power plants. In this project, the influence of iodine vapor on corrosion rates of this alloy at temperatures of 400 to 450 $\overset{\circ}{C}$ and time period of 96 to 864 hours are investigated. Corrosion rate was determined by the weight method.