بررسی اثر جداشدگی فازی بر توزیع غلظت و تنش ناشی از نفوذ در جامدات

حامد هفت‌برادران[۱*]، علی مدّاحیان[۲]، فرشید مسیبی[۳]

اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، گروه عمران

*h.haftbaradaran@eng.ui.ac.ir

خلاصه

خرابی مکانیکی ناشی از فرآیند شارژ-دشارژ در الکترودها، مورد مطالعه‌ی تحقیقات بسیاری از پژوهشگران در سال‌های اخیر بوده است. اگر چه تحقیقات اخیر نشان می‌دهد نانومواد عملکرد بسیار بهتری در چرخه‌های شارژ-دشارژ از خود نشان می‌دهند، با این وجود آزمایشات فراوانی نشان داده‌اند که نانو ساختارها هم می‌توانند متحمل خرابی و شکست در اثر تنش‌های ناشی از فرآیند نفوذ گردند. از عوامل موثر در افزایش فزاینده‌ی تنش‌های مذکور می‌توان به جداشدگی فازی و گرادیان غلظت در الکترود اشاره کرد. بزرگی تنش‌های مکانیکی می‌تواند منجر به شکست و یا از دست رفتن تماس الکتریکی بین اجزای الکترود شود. در این تحقیق به کمک یک مدل فازی به بررسی توزیع غلظت و تنش ناشی از انتشار یون در الکترودهای صفحه‌ای می‌پردازیم. معادلات حاصله به کمک روش تفاضل محدود گسسته سازی و از حل معادلات جبری به دست آمده توزیع مکانی غلظت و تنش در طول فرآیند شارژ به دست می‌آید. اثر پدیده جدا شدگی فازی بر تنش‌های کششی و فشاری که به ترتیب در مرکز و سطح الکترود ایجاد شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پدیده فازی شدن منجر به افزایش تنش‌های کششی در الکترود می‌شود.

کلمات کلیدی: تنش ناشی از نفوذ، مدل فازی، جداشدگی فازی، روش تفاضل محدود.

۱. مقدمه

باتری‌های قابل شارژ نقش مهمی در صنعت ذخیره‌ی انرژی دارند. امروزه مواد نانو مقیاس سیلیسیوم، به عنوان جایگزین الکترودهای گرافیتی در این صنعت، به علت ظرفیت بالا، مورد مطالعهٔ بسیاری از محققان قرار دارد [۱]. با وجود ظرفیت زیاد، الکترودهای ساخته شده از این نانو مواد لازم است در چرخه‌های شارژ-دشارژ متوالی، تنش‌ها و کرنش‌های قابل توجهی (تا حدود ۴۰۰٪) را متحمل‌شوند [۲]. این کرنش زیاد می‌تواند باعث انواع خرابی‌های مکانیکی، مانند ترک‌خوردگی، شکست و ورقه‌ای شدن ذرات الکترود، گردد. خرابیهایی از این دست موجب اختلال در فرآیند شارژ-دشارژ و کاهش ظرفیت باتری می‌گردند [۳]. از دیگر پدیده‌هایی که طی نفوذ یونی در الکترودها اتفاق می‌افتد، جداشدگی فازی است [۴]. جداشدگی فازی موجب می‌گردد ماده به دو (یا چند) فاز مجزا تقسیم شود به نحوی که غلظت در هر فاز (تقریبا) ثابت، اما با فاز (های) دیگر کاملا متفاوت باشد. اختلاف بین غلظت دو فاز، موجب پدیده آمدن ناحیه‌ای با ضخامت اندک با نام مرز فاز[۴] می‌شود؛ که غلظت با گرادیان زیاد روی آن تغییر می‌کند. اولین بار کان و هیلیارد [۵]، با اضافه کردن انرژی ناشی از تغییر غلظت در مرز فاز به معادله‌ی کلاسیک تعادل ترمودینامیکی، با ارائه‌ی یک مدل فازی توانستند نفوذ توأم با جداشدگی فازی را مدل‌سازی

---

[۱] استادیار

[۲] دانشجو

[۳] استادیار

[۴] phase boundary