۴

بررسی توزیع آماری بار کلوژر ترک خستگی در نمونه های(CT)

خلیل فرهنگ دوست[1]، سعید نایب حسن آبادی[2]
گروه مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
E-mail: farhang@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده:

هدف این پژوهش بدست آوردن و بررسی توزیع آماری، بار کلوژر ترک خستگی می باشد. به این منظور داده های حاصل از آزمایش خستگی، در نمونه های (CT)، انتخاب گردیده است. در این راستا ابتدا مقدمه ای در رابطه با پدیده کلوژر ترک خستگی و مکانیزمهای موثر بر آن ارائه میگردد. سپس شرایط حاکم بر این آزمایش، و بیان عوامل موثر بر تصادفی بودن داده ها، قسمت دیگری از این پژوهش می باشد، به دنبال آن انجام روند آماری و بدست آوردن تابع توزیع در سیکلهای مختلف بارگذاری به عنوان نتیجه ارائه می گردد.

واژه های کلیدی: خستگی ؛ کلوژر ترک (Crack Closure) ؛ نمونه(CT) ؛ متغیر تصادفی؛ توزیع نرمال

مقدمه:

در حالیکه پیشرفتهای علمی چشمگیری در زمینه طراحی و تولید سازه های مهندسی انجام گرفته است، ولیکن سالیانه مبالغ هنگفتی صرف جبران خسارتهای حاصل از شکست، و از کار افتادگی قطعات مختلف می شود. تحقیقات نشان داده است بین پنجاه تا نود درصد، تمام از کار افتادگی ها، ناشی از رشد ترک خستگی میباشد.(1) در یک ماده مهندسی حتی در بهترین حالت ساخت، عیوب میکروسکپی وجود دارد، همین عیوب ساختاری و ترکهای میکروسکپی سر آغازی برای رشد ترک خستگی خواهد بود. مکانیک شکست به دنبال یافتن مدل های مناسب برای پیشگویی عمر خستگی میباشد. ولی با توجه به پیچیدگی پدیده خستگی و تاثیر پارامترهای بیشمار، حل تحلیلی و ارائه فرمول را بسیار مشکل ساخته است.(2) یکی از روشهای کاربردی بررسی آماری داده های آزمایشگاهی میباشد. که بر این اساس تاکنون مدلهای بسیاری ارائه شده است. سالهاست پژوهش و تحقیق بر روی دو شاخه اصلی، (جوانه زدن ترک خستگی)و(رشد ترک خستگی) متمرکز شده است. اما نکته حائز اهمیت اثرات متقابل محیط بر روی این دو پدیده می باشد، اثرات محیطی را میتوان با انجام آزمایش خستگی در نرخ بار گذاری مختلف، برای محیط معمولی، محیط مرطوب، خلأ، گاز هیدروژن و محیط خورنده تکرار کرد. همچنین مشاهده مسیر پیچیده ترک و ارتباط آن با ساختمان میکروسکپی نیز قابل اهمیت است.(3)

نظریه کلوژر ترک به وسیله البر(Elber) در 1968 پیشنهاد شد. وی این پدیده را در ارتباط مستقیم با شرایط محیطی ذکر شده میدانست. پدیده کلوژر ترک خستگی به عنوان عاملی تاثیر گذار بر روی نرخ رشد ترک خستگی محسوب می شود، و مدل پیشگوئی عمر خستگی برای

1-استادیار
2- دانشجوی کارشناسی ارشد طراحی کاربردی

بازرسی و تعویض سازه ها بدون در نظر گرفتن بار کلوژر ترک خستگی قابل اطمینان نخواهد بود.(3)

کلوژر ترک خستگی و مکانیزمهای موثر:

در بارگذاری متناوب بر روی یک قطعه، در هر تناوب بیشترین بار را P_{max} و کمترین بار را P_{min} می نامیم. برای مطالعه ترک خستگی پارامتری بعنوان سطح بار باز شدن ترک (crack opening load level) در نظر گرفته میشود، که به اختصار P_{op} نامیده میشود. در بررسی ترک خستگی اگر P_{min} کمتر از P_{op} باشد، پدیده کلوژر ترک آشکار میشود، البر(Elber)نشان داد، که رویداد تماس بین دو سطح مقابل هم در ترک، بعد از برداشتن بار مربوط به کشش پسماند پلاستیک در دنباله ترک میباشد. در حالت ایده آل (بدون در نظر گرفتن پدیده کلوژر ترک خستگی) فرض میشود، هنگامیکه مقدار بار اعمال شده در سیکل تنش در کمترین مقدار خود قرار گیرد، دهانه ترک باز خواهد شد، و رشد ترک خستگی آغاز می شود. ولی در حالت واقعی وضعیت اینگونه نمی باشد، بلکه یک ترک واقعی در حالت باربرداری، کاملا بسته نخواهد شد برای درک بهتر میتوان کلوژر را جسم صلب فرض کرد که در بین دو سطح ترک قرار گرفته و مانع اتصال دو سطح میشود. البته این مدلسازی فقط برای درک کلوژر بیان می شود. کلوژر در مسیر بار برداری باعث بوجود آمدن بار دائمی بر روی ترک می شود، و در بارگذاری مجدد ابتدا باید بر نیروی حاصل از کلوژر غلبه شود، و پس از عبور از P_{op} ترک شروع به باز شدن میکند. در شکل 1 جهت آشنایی بیشتر با رفتار کلوژر، نمودار بار بر حسب جابجایی برای آلیاژ Ti-6Al-4V که پریودی از دوره بارگذاری را نشان میدهد، ارائه شده است. در این نمودار در حقیقت ترک رفتار الاستیک غیر خطی نشان می دهد، پارامتر P_{op} که در بالا معرفی گردید بین قسمت خطی و غیر خطی نمودار بار جابجایی قرار دارد قسمت غیر خطی این نمودار ناشی از اثر کلوژر ترک می باشد. مکانیزمهای مختلفی از قبیل تغییر شکل پلاستیک باقیمانده در مسیر ترک، پلاستیسیته محلی در نوک ترک، زبری سطوح، وجود محصولات خوردگی، نفوذ سیال، اکسیداسیون و تغییر فاز ماده و غیره بر روی این پدیده اثر میگذارند. خواص رشد ترک خستگی مواد فلزی، به ویژه مواد نرم، بطور قابل ملاحظه ای از مکانیزمهای کلوژر ترک خستگی تاثیر می پذیرند. لذا در تعیین طول عمر خستگی قطعات تحت بارهای تکراری، محاسبه مقدار بار بسته ماندن و در نظر داشتن آن هنگام طراحی امری اجتناب ناپذیر است. در ذیل عناوین مکانیزمهای شناخته شده موثر بر کلوژر ترک خستگی ذکر می گردد.(4)

- پلاستیسیته محلی، عامل کلوژر
- سفتی، عامل کلوژر
- سیال نفوذی، عامل کلوژر
- پلاستیسیته طول ترک، عامل کلوژر
- ناهمزاتی سطحی ترک، عامل کلوژر

آزمایش نشان داده است که رفتار کلوژر ترک به هندسه نمونه ، نرخ بارگذاری و عرض نمونه وابستگی دارد لذا برای تست خستگی از انواع متنوعی از نمونه ها استفاده می شود، که در شکل 2 نشان داده شده است.

شرایط آزمایش:

داده های تجربی استفاده شده در این پژوهش حاصل از آزمایشی مطابق با استاندارد ASTME647 بروی 17نمونه CT می باشد. که ابعاد و مشخصات نمونه ها در شکل 3 ارائه شده است.(5) جنس نمونه ها از آلیاژ تیتانیوم (Ti-6Al-4V) میباشد. که بوسیله Pratt & Whitney Canada تولید شده است. خواص مکانیکی ماده مطابق جدول 1(در انتهای متن) می باشد.

آزمایش با نسبت بار R=0.1 و فرکانس 17HZ و در شرایط معمولی محیط بوسیله دستگاه MTS810.14 انجام شده است.

داده های تصادفی(Random) و بررسی آماری:

داده های آزمایشگاهی حاصل ازتست خستگی در شرایط کاملاً کنترل شده نیز دارای تغییرات (Variability) میباشد، و این به ماهیت تصادفی بودن پدیده رشد ترک