IAS-2008-ST0248

هفتمین همایش سالانه (بین‌المللی) انجمن هوا فضای ایران
تهران، دانشگاه صنعتی شریف، ۳۰ بهمن - ۲ اسفند ۱۳۸۶

تاثیر خستگی چرخشی خمشی روی استحکام تسلیم نمونه‌های استاندارد DIN 50113 از جنس Ck45

خلیل فرهنگ‌دوست،احسان همایی
گروه مکانیک- دانشکده مهندسی- دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

هدف از مقاله حاضر، تعیین میزان خرابی ماده بر اثر اعمال آزمون خستگی چرخشی خمشی روی نمونه‌های استاندارد است. معیارهایی برای تعیین خرابی ماده پیشنهاد می‌شود. بدین منظور تاثیر خستگی چرخشی خمشی روی استحکام تسلیم و استحکام نهایی نمونه‌های استاندارد مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین توابعی تعریف می‌گردد که وابسته به تنش حاصل از اعمال بار خستگی به نمونه و تعداد سیکلی که نمونه تحت بارگذاری بوده، می‌باشد. این توابع برای تعیین استحکام تسلیم و استحکام نهایی نمونه‌ها تخمین زده شده اند که با داده‌های حاصل از آزمایش مطابقت خوبی دارند.

واژه های کلیدی: *خستگی چرخشی خمشی – استحکام تسلیم – استحکام نهایی – خرابی ماده*

مقدمه

علت اصلی ۸۰ تا ۹۰٪ تمام شکست‌های مهندسی، پدیده خستگی است [۱]. شکست تعداد زیادی از قطعات مکانیکی، نتیجه تجمع خرابی ماده ناشی از خستگی می‌باشد [۲]. برآورد عمر باقیمانده موادی که به صورت سیکلی بارگذاری می‌شوند از اهمیت زیادی برخوردار است [۳].

در تحقیق حاضر، تغییر در خواص مکانیکی نمونه‌هایی که تحت آزمون خستگی قرار گرفته‌اند، مورد بررسی واقع شده است. بدین منظور، نمونه‌ها قبل از این‌که به سیکل شکست خود برسند، از زیر آزمون خارج می‌شوند و پس از آن روی هر نمونه آزمون کشش انجام می‌گیرد. استحکام تسلیم و استحکام نهایی ناشی از آزمون کشش برای هر نمونه ثبت می‌شود و با داده‌های حاصل از نمونه‌ای که بدون انجام آزمون خستگی، مستقیما آزمون کشش روی آن انجام شده است مقایسه می‌شود. هریک از این داده‌ها می‌تواند به عنوان مشخصه‌ای برای تعیین خرابی ماده بر اثر آزمون خستگی در نظر گرفته شود. برای هر مشخصه تابع دومتغیره‌ای تعریف می‌گردد که وابسته به تنش حاصل از اعمال بار خستگی به نمونه و تعداد سیکلی که نمونه تحت بارگذاری بوده، می‌باشد.

روش انجام آزمایش

جنس نمونه‌ها فولاد کربن‌دار Ck45 است. بر روی این مواد هیچ گونه عملیات حرارتی صورت نگرفته است. نمونه‌های آزمایش مطابق استاندارد تعیین شده توسط دستورالعمل دستگاه آزمون خستگی(شکل ۱) آماده شده‌اند (استاندارد DIN 50113).

با به‌کارگیری نمودار S-N (شکل ۲) که از آزمایش‌های گذشته در اختیار است می‌توان سیکل شکست ماده مورد نظر را در یک بارگذاری خاص تعیین کرد. نمونه‌ها زیر آزمون خستگی در بارگذاری‌های متفاوت قرار می‌گیرند، به گونه‌ای که هیچ نمونه‌ای به سیکل شکست خود نرسد، یعنی هر نمونه زیر بار خاص قبل از این‌که به شکست بیانجامد از زیر آزمون خارج می‌شود. به طور مثال اگر از نمودار S-N دریابیم که نمونه بر اثر بار خمشی ۵۰۰ مگاپاسکال پس از ۱۰۰۰۰۰ سیکل به شکست می‌انجامد، برای تعیین خرابی ماده، نمونه پس از طی ۵۰۰۰۰ سیکل از زیر آزمون خارج می‌شود. سپس این نمونه‌ها زیر آزمون کشش قرار می گیرند و استحکام تسلیم و استحکام نهایی برای هر نمونه تعیین می‌شود. داده‌های حاصل از آزمایش در جدول ۱ مشاهده می‌شوند.

جدول ۱- داده‌های حاصل از آزمایش

جرم وزنه(کیلوگرم)	σ(MPa)	سیکل(۱۰۰۰ سیکل)	$S_u(MPa)$	$S_y(MPa)$
۱/۱	۵۱۲	۵۰	۸۸۳/۶۰	۷۹۲/۹۹
۱	۴۶۹/۶۱۹۵	۵۰	۸۸۱/۵۳	۸۱۸/۱۹
۰/۹	۴۲۹/۰۹۳۸	۱۰۰	۸۹۹/۸۹	۷۸۰/۶۱
۰/۹	۴۲۹/۰۹۳۸	۲۰۰	۹۵۹/۲۳	۹۱۴/۲۹
۰/۸	۳۶۵/۲۲۵۳	۲۰۰	۸۹۸/۷۴	۸۳۱/۹۵
۰/۸	۳۷۳/۸۱۴۰	۴۰۰	۸۷۹/۱۱	۷۲۸/۲۳
۰/۷	۳۳۰/۳۹۱۱	۴۰۰	۸۹۰/۸۰	۷۷۱/۷۵
۰/۷	۳۲۸/۷۳۳۶	۶۰۰	۹۰۷/۲۸	۸۶۶/۵۱
۰/۶	۲۹۱/۹۲۰۳	۵۰۰	۹۱۴/۰۴	۸۳۳/۶۱
۰/۶	۲۹۰/۴۴۱۰	۷۵۰	۹۰۹/۷۵	۸۴۸/۰۹

سپس این داده‌ها با داده‌های مربوط به یک ماده بکر- ماده ای که زیر آزمون خستگی قرار نگرفته و مستقیما آزمون کشش روی نمونه انجام می‌گیرد- که در جدول ۲ آمده است، مقایسه می‌شوند.

جدول۲- داده‌های مربوط به ماده بکر

$S_u(MPa)$	$S_y(MPa)$
۸۹۹/۶۱	۷۴۷/۸۹

نتایج آزمایشگاهی

هر یک از دو مشخصه ذکر شده در بالا- استحکام تسلیم و استحکام نهایی - می‌تواند به عنوان معیاری برای خرابی ماده بر اثر آزمون خستگی چرخشی خمشی استفاده شود. با در نظر گرفتن تابع دو متغیره وابسته به تعداد سیکل و تنش مربوط به بار خستگی برای دو مشخصه ذکرشده به صورت کلی $f(\sigma, N) = a_0 + a_1\sigma + b_1 N + a_2\sigma^2 + b_2 N^2 + c\sigma N$ می‌توان دو تابع را به دست آورد. قابل ذکر است همان‌گونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود مقادیر تنش بر حسب مگاپاسکال و مقادیر تعداد سیکل بر

۱- دانشیار، ۰۹۱۵۳۱۳۹۲۱۴ ، farhang@um.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد

حسب ۱۰۰۰سیکل در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به این‌که هر تابع شش ثابت a_0، a_1، b_1، a_2، b_2 و c دارد، بنابراین با در نظر گرفتن شش داده و تشکیل ماتریس می‌توان ثابت‌ها را تعیین کرد. شش داده‌ای که برای تخمین توابع مورد استفاده قرار گرفته‌اند در جدول ۳ ذکر شده‌اند.

جدول ۳- داده‌های مورد استفاده برای تخمین توابع

تعداد سیکل(۱۰۰۰سیکل)	σ(MPa)	جرم وزنه(کیلوگرم)
۵۰	۵۱۲	۱/۱
۵۰	۴۶۹/۶۱۹۵	۱
۱۰۰	۴۲۹/۰۹۳۸	۰/۹
۴۰۰	۳۷۳/۸۱۴۰	۰/۸
۶۰۰	۳۲۸/۷۳۳۶	۰/۷
۵۰۰	۲۹۱/۹۲۰۳	۰/۶

توابع حاصل در معادلات زیر آمده‌اند.

تابع برای تخمین استحکام تسلیم (شکل ۳)

$$Y(\sigma,N) = -1078.85 + 8.17\sigma + 2.3N - .008\sigma^2 + .00056N^2 - .007\sigma N \quad (1)$$

تابع برای تخمین استحکام نهایی (شکل ۴)

$$U(\sigma,N) = 4420.94 - 14\sigma - 4.81N + .014\sigma^2 + .0017N^2 + .0094\sigma N \quad (2)$$

از چهار داده دیگر برای تعیین درستی توابع تخمین زده شده استفاده می‌گردد (جدول ۴ و ۵).

جدول ۴- محاسبه درصد خطا بین داده و مقدار تخمین‌زده‌شده توسط معادله (۱)

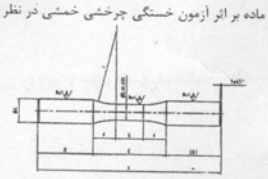
	$S_y(MPa)$		
	داده	تخمین	خطا(٪)
f(۴۲۹/۰۹و۲۰۰)	۹۱۴/۲۹	۷۲۳/۲۲	۲۶/۴
f(۳۹۵/۲۲و۲۰۰)	۸۳۱/۹۵	۷۳۳/۹۲	۱۳/۲۵
f(۳۳۰/۳۹و۴۰۰)	۷۷۱/۷۵	۷۵۹/۱۶	۱/۶
f(۲۹۰/۴۴و۷۵۰)	۸۴۸/۰۹	۱۰۷۰/۹	۲۰/۸

جدول ۵- محاسبه درصد خطا بین داده و مقدار تخمین‌زده‌شده توسط معادله (۲)

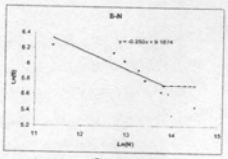
	$S_u(MPa)$		
	داده	تخمین	خطا(٪)
f(۴۲۹/۰۹و۲۰۰)	۹۵۹/۳۳	۸۷۳/۸۶	۹/۷
f(۳۹۵/۲۲و۲۰۰)	۸۹۸/۷۴	۸۹۸/۲۱	۰/۰۵۹
f(۳۳۰/۳۹و۴۰۰)	۸۹۰/۸۰	۹۰۰/۹۴	۱/۱
f(۲۹۰/۴۴و۷۵۰)	۹۰۹/۷۵	۹۴۰/۵۹	۳/۲۷

نتیجه‌گیری

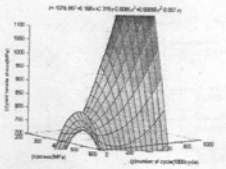
وجود پراکندگی در نتایج آزمون خستگی معمول است، زیرا تصمیمات طراحی مهندسی باید بر مبنای شناخت ویژگی استاتیکی فرایند خستگی اتخاذ شود. دلایل پراکندگی نتایج متعدد است. این دلایل شامل آماده‌سازی سطح نمونه، تنظیم دستگاه آزمون و تعدادی از متغیرهای متالورژیکی است. با در نظر گرفتن دستگاه انجام آزمون خستگی حداقل پراکندگی با ماشین‌های چرخشی خمشی ایجاد می‌شود. با توجه به درصد خطاهای ذکرشده در جدول‌های ۳ و ۴ و در نظر گرفتن وجود پراکندگی، توابعی که در معادله‌های (۱) و (۲) تعریف شده‌اند مطابقت خوبی با نتایج آزمایشگاهی دارند. همچنین مشخصه استحکام نهایی می‌تواند به عنوان معیار مناسبی برای خرابی ماده بر اثر آزمون خستگی چرخشی خمشی در نظر گرفته شود.



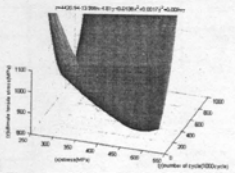
شکل ۱- شکل و ابعاد نمونه استاندارد آزمون خستگی چرخشی خمشی



شکل ۲- نمودار S-N ماده Ck45 برای آزمون خستگی چرخشی خمشی



شکل ۳- رویه حاصل از تخمین تابع دو متغیره برای استحکام تسلیم



شکل ۴- رویه حاصل از تخمین تابع دو متغیره برای استحکام نهایی

مراجع

1. Sadeler R., Totik Y., Gavgalı M., and Kaymaz I., Improvements of fatigue behaviour in 2014 Al alloy by solution heat treating and age-hardening. *Journal of Materials and Design*, v. 25, 2004, pp. 439–445.
2. Zhu W.Q., and Lei Y., A stochastic theory of cumulative fatigue damage. *Journal of Acta Mechanica Solida Sinica*,v. 4, n. 1, 1991, pp. 1 -14.
3. Soultan M., Kleber X., Chicois J., and Vincent A. Mechanical Barkhausen noise during fatigue of iron. *Journal of NDT&E International*, v. 39, 2006, pp. 493–498.