INSO
14641
1st. Edition

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۴۶۴۱
چاپ اول

اتصالات رزوه‌دار- آزمون خستگی بار محوری – روش‌های آزمون و ارزیابی نتایج

Threaded fasteners – Axial load fatigue testing - Test methods and evaluation of results

ICS:21.060.01

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اتصالات رزوه‌دار- آزمون خستگی بار محوری –

روش‌های آزمون و ارزیابی نتایج »

رئیس	**سمت و/ یا نمایندگی**
محمدی، ساسان (دکتری مهندسی مکانیک)	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی
دبیر	
قزلباش، پریچهر (لیسانس فیزیک کاربردی)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
اعضاء	
بهشتی تهرانی، پیام (لیسانس مهندسی کامپیوتر)	شرکت ایران پیچکار
توکلی، رضا (لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت ایران توحید
جوادی، محمد (لیسانس مدیریت)	جامعه پیچ و مهره‌سازان
حسینی، سید مسعود (لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت ایران پیچکار
خوشنویسان، سهیلا (لیسانس مهندسی مکانیک)	سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
خزائلی، آتوسا (لیسانس مهندسی متالورژی)	شرکت آزمون صنعت قائم
زمانی نژاد، امیر (فوق لیسانس مهندسی متالورژی)	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
فریدونی، مهدی (لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت ایران توحید
قادری، پدرام (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	شرکت کوبن کار
محرمی، مهرداد (فوق لیسانس مهندسی مواد)	مرکز پژوهش متالورژی رازی

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ه
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ نمادها و شناسه‌های آن ها	۲
۴ اصول	۳
۵ دستگاه	۴
۶ روش اجرایی آزمون	۷
۷ ارزیابی نتایج	۹
۸ گزارش آزمون	۱۹

پیش‌گفتار

استاندارد " اتصالات رزوه‌دار- آزمون‌های خستگی بار محوری – روش های آزمون و ارزیابی نتایج " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و چهل و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۸۹/۱۲/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 3800: 1993,Threaded fasteners – Axial load fatigue testing - Test methods and evaluation of results

اتصالات رزوه‌دار-
آزمون خستگی بار محوری –
روش‌های آزمون و ارزیابی نتایج

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین شرایط انجام آزمون های خستگی بار محوری در اتصالات رزوه دار و نیز توصیه هایی برای ارزیابی نتایج است.

آزمون ها از نوع کشش نوسانی[1] هستند و در دمای اتاق انجام می شوند، بارگیری به طور مرکزی در راستای محور طولی اتصالات صورت می گیرد مگر آن که به گونه دیگری توافق شده باشد. تاثیر مطابقت قطعات محکم شده بر کرنش اتصالات درنظر گرفته نشده است.

این روش، تعیین مقاومت خستگی اتصالات رزوه دار را ممکن می سازد.

نتایج آزمون می تواند از شرایط آزمون تاثیر بپذیرد. به همین دلیل حداقل الزامات برای کاهش این اثر مشخص شده اند. به علاوه، روش های کنترل مرکزیت و کالیبراسیون دستگاه آزمون دربرگرفته شده اند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 IS0 273: 1979, Fasteners - Clearance holes for bolts and screws.
2-2 IS0 554: 1976, Standard atmospheres for conditioning and/or testing - Specifications.
2-3 IS0 885:1976, General purpose bolts and screws Metric series - Radii under the head.
2-4 IS0 4032:1986, Hexagon nuts, style I – Product grades A and B.
2-5 IS0 4033:1979, Hexagon nuts, style 2 – Product grades A and B.
2-6 IS0 8673:1988, Hexagon nuts, style 1, with metric fine pitch thread - Product grades A and B.
2-7 IS0 8674:1988, Hexagon nuts, style 2, with metric fine pitch thread - Product grades A and B.

1- Fluctuating tension

۳ نمادها و شناسه‌های آن ها

به جدول ۱ مراجعه شود.

جدول ۱- نمادها و شناسه های آن ها

نماد	شناسه
A_{d3}	مساحت در قطر اسمی کوچک، $\mathrm{A_{d3}} = \pi\, d_3^2 / 4$
A_s	سطح تحت تنش $\mathrm{A_s} = \frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2 + d_3}{2}\right)^2$
	سطح مورد استفاده در محاسبات میانگین تنش و دامنه تنش. با توافق استفاده کننده و تامین کننده می توان از A_{d3} استفاده کرد.
d	اندازه اسمی رزوه میله دو سر رزوه تصدیق بار
d_1	قطر کوچک پایه رزوه
d_2	قطر گام پایه رزوه
d_3	قطر اسمی کوچک رزوه $d_3 = d_1 - \frac{H}{6}$
d_a	قطر در نقطه تماس فیلت
d_h	قطر لقی سوراخ
d_s	قطر ساق میله دوسر رزوه تصدیق بار
D	قطر اسمی رزوه آداپتور آزمون رزوه دار
F	بار کششی
$F_{0,2}$	بار کششی در تنش بار گواه $R_{p0,2}$
F_a	دامنه بار
ΔF_{all}	اختلاف دامنه های بار در گستره انتقال
F_A	دامنه بار در حد تحمل خستگی
F_m	بار میانگین
H	ارتفاع مثلث اصلی رزوه
N	تعداد چرخه های تنش
N_G	تعداد چرخه های تنش در حالتی که آزمون بدون شکست، قطع شده است.
p	احتمال شکست
p_f	احتمال شکست در گستره عمر متناهی
p_t	احتمال شکست در گستره گذر
P	گام رزوه
$R_{m,min}$	حداقل استقامت کششی
R_s	نسبت تنش ثابت $\sigma_{max} / \sigma_{min}$

نماد	شناسه
s	فاصله ضلع به ضلع شش گوش
$S(F_A)$	انحراف استاندارد بار خستگی
$S(\sigma_A)$	انحراف استاندارد استقامت خستگی
$S\ (\log N\ )$	انحراف استاندارد لگاریتم عمر خستگی
$\alpha,\ \beta$	ضرایب خط رگرسیون برای بخش مایل منحنی S/N
σ_a	دامنه تنش
σ_A	دامنه تنش در حد تحمل خستگی
σ_{ax}	تنش کششی محوری
σ_b	تنش خمش
σ_m	میانگین تنش
σ_{min}	حداقل تنش
σ_{max}	حداکثر تنش
σ_{Min}	حداقل تنش در حد تحمل خستگی
σ_{Max}	حداکثر تنش در حد تحمل خستگی
σ_{AN}	استقامت خستگی در N چرخه
σ_{AA}	مقدار تخمینی استقامت عمر متناهی در $N = 5\times10^4$
σ_{AB}	مقدار تخمینی استقامت عمر متناهی در $N = 1\times10^6$
$\sigma_{a,i}$	دامنه تنش i امین آزمون در گستره عمر متناهی
$\sigma_{a,j}$	دامنه تنش j امین آزمون با روش راه پله
$\Delta\sigma_{aI}$	فاصله دامنه تنش آزمون در گستره عمر متناهی (بخش مایل منحنی S/N)
$\Delta\sigma_{aII}$	اختلاف سطوح دامنه تنش در گستره گذر

یادآوری‌ها:

۱ نماد $\wedge$ در مورد مقدار تخمینی به کار می رود. برای مثال مقدار تخمینی $\hat{\sigma}_{AN}$ استقامت خستگی در تعداد N چرخه

۲ نماد $^-$ در مورد مقادیر σ_a یا $\log N$ برگرفته از خط رگرسیون به کار می رود ؛ برای مثال: $\bar{\sigma}_a$ یا $\overline{\log N}$

۴ اصول

برای تعیین خصوصیات خستگی همچون موارد نشان داده شده با منحنی وهلر[1] (منحنی S/N) آزمون ها برروی اتصالات رزوه دار انجام می شوند.

1- *Wohler*

اتصالات رزوه دار مورد آزمون در ماشین آزمون خستگی بار محوری نصب می شوند و درمعرض بارگیری نوع کشش متغیر قرار می گیرند.

می توان از آزمون با تنش میانگین ثابت σ_m یا نسبت تنش ثابت $R_s = \sigma_{min} / \sigma_{max}$ می توان استفاده کرد. به طور کلی می توان از تنش میانگین ثابت برای تعیین عمر نامتناهی استفاده کرد (به مورد (پ) شکل ۱۰ مراجعه شود).

نسبت تنش ثابت به طور کلی مربوط به آزمون پذیرش کیفیت است (به مورد (الف) شکل ۱۰ مراجعه شود).

آزمون تا شکست آزمونه یا تا فراتر رفتن از تعداد تعیین شده ای از چرخه های تنش ادامه می یابد. به طور کلی تعداد چرخه های آزمون ازطریق جنس یا استقامت تحمل خستگی آزمونه تعیین می شود. تعریف شکست، جداشدن کامل اتصالات به دو بخش است مگر آن که به گونه دیگری مشخص شده باشد.

۵ دستگاه

۵-۱ ماشین آزمون

ماشین آزمون باید بتواند به طور خودکار، بارها را با رواداری $\pm 2\%$ مقادیر مورد نیاز درطول آزمون نگه دارد و باید مجهز به وسیله ای برای شمارش و ثبت تعداد کل چرخه ها در هر آزمون باشد. برای اطمینان از این درستی، ماشین آزمون باید به طور دوره ای کالیبره شود. گستره بسامد آزمون باید 4,2 تا 250هرتز باشد. ماشین آزمون باید تغییرات سینوسی را در بار آزمونه ایجاد کند.

ماشین آزمون باید دارای وسیله ای باشد تا از راه افتادن دوباره آن به طور خودکار، پس از ایست در اثر وقفه در کار توان الکتریکی پیشگیری کند.

۵-۲ فیکسچر آزمون

فیکسچرهای آزمون باید بتوانند بار محوری را به آزمونه منتقل کنند. در شکل های ۱ و ۲ الزامات پایه تعیین شده اند. وسایل خودراستاگر[1] توصیه نمی شوند، به بند ۵-۳ مراجعه شود.

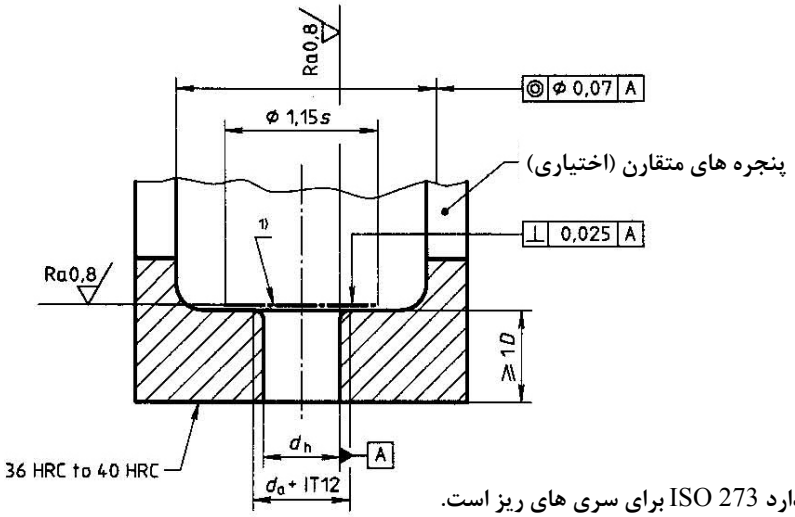
۵-۳ راستایی آزمون[2]

راستایی آرایش آزمون باید به طور دوره ای تصدیق شود. راستایی باید با استفاده از یک میله دوسر رزوه تصدیق بار (به شکل ۳ مراجعه شود) با چهار شاخص کرنش در زاویه 90 درجه برروی یک خط مرکزی مشترک گرداگرد محور تعیین شود. طول بخش موازی میله دوسر رزوه تصدیق بار باید چهار برابر قطر آن باشد. درصورت اندازه گیری در 50 درصد گستره بار مورد استفاده برروی ماشین، اختلاف میان حداکثر تنش $\sigma_{ax} + \sigma_b$ و تنش کششی اسمی σ_{ax} نباید از شش درصد تنش کششی اسمی فراتر رود (به شکل ۴ مراجعه شود).

وسایل خودراستاگر توصیه نمی شوند. درصورت استفاده از چنین وسایلی راستایی باید به دقت بررسی شود زیرا هرگونه بارگیری خارج از مرکزی می تواند منجر به تغییر گسترده نتایج آزمون خستگی شود.

1- Self-aligning devices
2- Test alignment

رواداری های تعامد و هم مرکزی به میلیمتر و زبری سطح به میکرو متر می باشند.

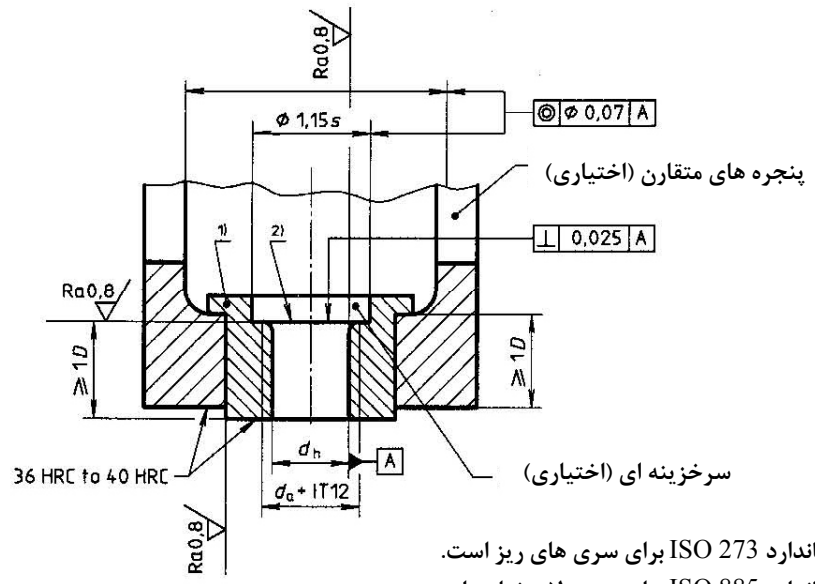


d_h براساس استاندارد ISO 273 برای سری های ریز است.
d_a براساس استاندارد ISO 885 برای محصولات نهایی است.

1) سطح ممکن است تا عمق 0,25 تا 0,5 میلیمتر سختکاری سطحی شده باشد:
حداکثر سختی، 60 HRC ؛ حداقل سختی، 5 نقطه HRC بزرگتر از قطعه آزمون.

شکل۱- فیکسچر بدون بخش الحاقی

رواداری های تعامد و هم مرکزی به میلیمتر و زبری سطح به میکرو متر می باشند.

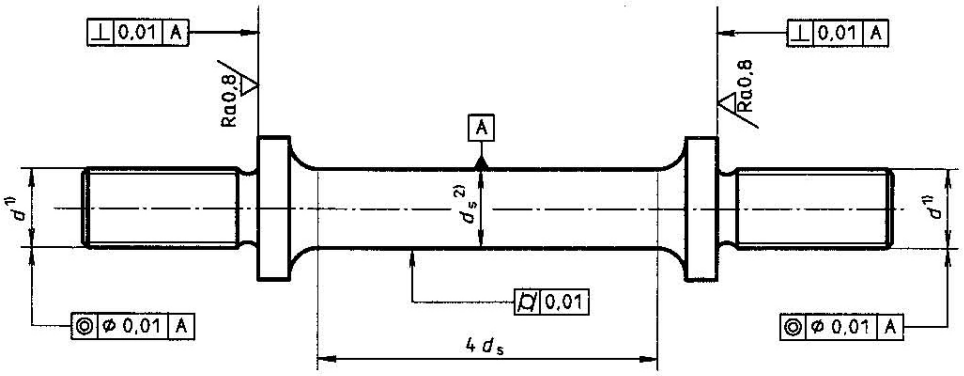


d_h براساس استاندارد ISO 273 برای سری های ریز است.
d_a براساس استاندارد ISO 885 برای محصولات نهایی است.

1) استفاده از بخش الحاقی نباید تاثیری بر صلبیت فیکسچر آزمون بگذارد.
2) سطح ممکن است تا عمق 0,25 تا 0,5 میلیمتر سختکاری سطحی شده باشد:
حداکثر سختی، 60 HRC ؛ حداقل سختی، 5 نقطه HRC بزرگتر از قطعه آزمون.

شکل۲- فیکسچر با بخش الحاقی

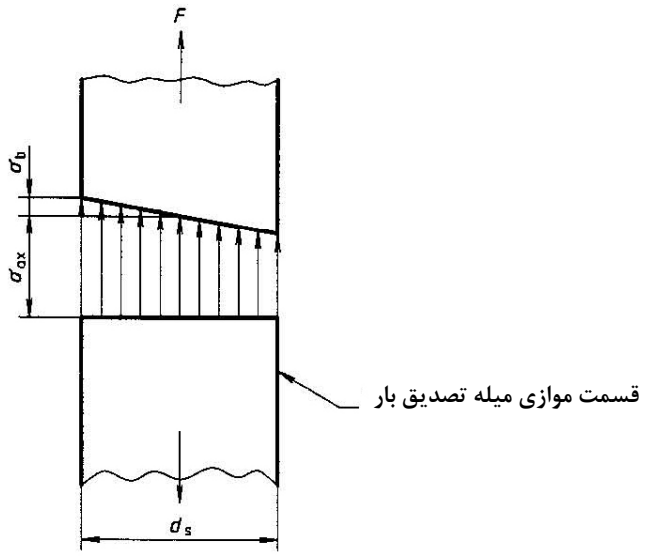
رواداری های تعامد، هم مرکزی و استوانه ای بودن به میلیمتر و زبری سطح به میکرو متر می باشند.



1) کلاس روادری رزوه پیچ باید 4h باشد.

2) $d_s = d$

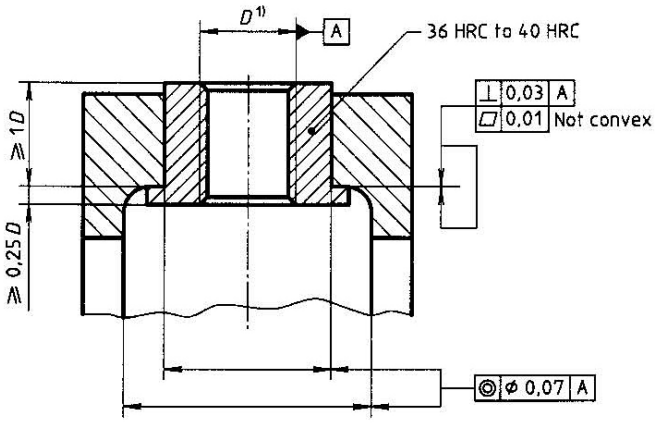
شکل ۳- میله دوسر رزوه تصدیق بار



$$\sigma_{ax} = \frac{4F}{\pi d^2}$$

$$\frac{\sigma_b}{\sigma_{ax}} \leqslant 0{,}06$$

شکل ۴- توزیع تنش در ساق میله دوسر رزوه تصدیق بار



1) **روادری رزوه** 6h است.

شکل ۵- آداپتور رزوه دار آزمون

۴-۵ جزء رزوه دار داخلی

برای آزمون خستگی محصولات استاندارد، باید از اندازه مناسب و رده خواص مهره طبق استانداردهای ISO 8673, ISO 4033, ISO 4032 یا ISO 8674 یا از یک آداپتور رزوه دار استفاده شود.

درصورت آزمون ترکیب های ویژه پیچ مهره خور و مهره باید توصیف دقیقی از مهره طبق بند ۸-۲ تعیین شود.

درصورت استفاده از آداپتورهای رزوه دار طبق شکل ۵، این آداپتورها باید طبق بند ۸-۲ توصیف شوند.

۵-۵ واشرهای آزمون

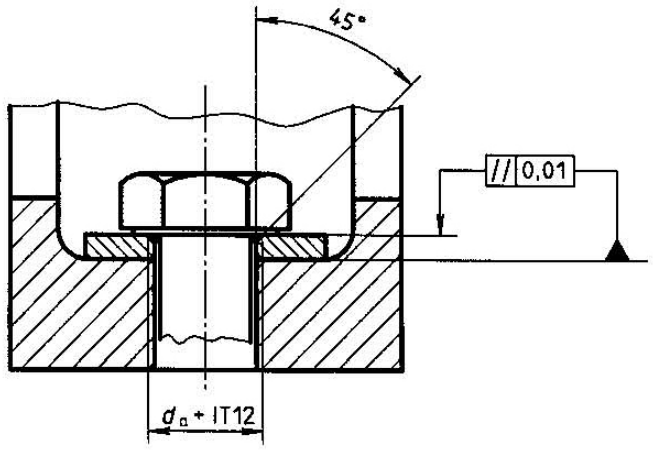
به منظور ایجاد لقی برای انحنای زیر کله می توان از یک واشر آزمون پخ شده استفاده کرد یا می توان فیکسچرها را پخ کرد. قطر حداکثر پخی با زاویه 45 درجه باید برابر با قطر در نقطه تماس فیلت (d_a) با رواداری a + IT12 باشد (به شکل ۶ مراجعه شود). سطوح واشرها باید با رواداری 0,01 mm موازی باشند. سختی واشر باید مانند فیسکچر باشد.

درصورت استفاده از واشر آزمون، این امر باید در گزارش آزمون بیان شود (به بند ۸-۳ مراجعه شود).

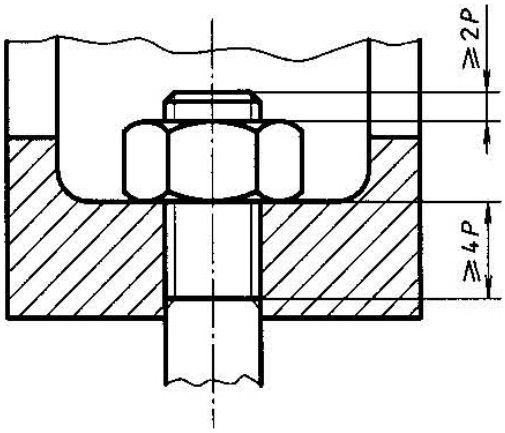
۶ روش اجرایی آزمون

ظرفیت ماشین آزمون باید به گونه ای برگزیده شود که حداکثر بار برروی آزمونه برابر یا بیش از ده درصد حداکثر ظرفیت مقیاس ماشین در پیکره بندی آزمون برگزیده باشد. سطح تحمل کننده مهره یا وجه رزوه دار آداپتور باید دست کم، چهار گام نسبت به بخش بدون رزوه ساق باشد و رزوه های مهره باید به طور کامل درگیر باشند؛ حداقل $2P$ از طول پیچ مهره خور باید در مهره آزمون فرو رود (به شکل ۷ مراجعه شود). مهره های آزمون باید تنها یک بار استفاده شوند.

آداپتورهای رزوه دار آزمون را می توان مادامی که هربار، آزادانه برروی بخش رزوه دار بیرونی سوار شوند و آسیبی مشاهده نشده باشد به طور مداوم استفاده کرد.
آزمونه باید به طور آزادانه و بدون محدودیت یا فشار در فیکسچر سوار شود. با اعمال گشتاور به مهره نباید هیچ تنش پیچشی در مجموعه القا شود؛ یعنی بار باید با ماشین آزمون در مجموعه القا شود.
اتصالات رزوه دار و مهره آزمون باید پیش از آزمون به طور کامل پاک شوند و سپس با روغن SAE 20 یا معادل آن پوشش داده شوند.
دفعات آزمون باید به گونه ای برگزیده شود که دمای آزمونه درطول دوره آزمون به بیش از 50 درجه سلسیوس افزایش نیابد. دما بایستی در نخستین رزوه درگیر اندازه گیری شود.
در فاصله های مکرر درطول دوره آزمون، بار باید برای اطمینان از تغییر نیافتن شرایط بار پایش شود.
نتایج آزمون های خستگی از شرایط جوی تاثیر می پذیرند. بنابراین درصورت امکان شرایط جوی به ویژه رطوبت بایستی طبق استاندارد ISO 554:1976,2.1 بررسی شود.



شکل ۶- واشر آزمون (مونتاژ شده)



شکل ۷- محل استقرار مهره آزمون

۷ ارزیابی نتایج

ارزیابی مقایسه ای مقادیر استقامت خستگی تنها زمانی امکان پذیراست که آزمون ها و ارزیابی نتایج به شیوه یکنواخت انجام شوند.

مقادیر استقامت خستگی را می توان در گستره عمر متناهی (شکست همه آزمونه ها پیش از رسیدن به تعداد معینی از چرخه های تنش) و در گستره گذر تعیین کرد که تا تعداد چرخه های تنش ازپیش تعیین شده ای (به طورکلی 5×10^6 تا 10^7 چرخه تنش) شکست و نیز عدم شکست رخ دهد (به شکل ۱۰ مراجعه شود). آزمون های خستگی به عنوان تابعی از هدف آزمون، طبق دو روش زیر انجام و ارزیابی می شوند:

الف) رسیدن حداقل تعداد چرخه های آزمون به دامنه تنش از پیش تعیین شده به ترتیب در گستره عمر متناهی وگستره گذر؛

ب) تعیین موقعیت و اندازه پراکندگی به ترتیب گستره عمر متناهی و گستره گذر با استفاده از روش های ارزیابی آماری.

۷-۱ آزمون ها در گستره عمر متناهی

آزمون در گستره عمر متناهی ، آزمون برای دستیابی به داده های عمر خستگی متناهی اتصالات رزوه دار است و به طور کلی برای کنترل تولید محصولات، تضمین کیفیت در تحویل و مانند آن به کار می رود. هرگاه تنش و تعداد چرخه های تنش در مشخصات محصول تعیین شده باشد و دیگر شرایط مشخص نشده باشند به طور کلی دست کم شش محصول بایستی آزمون شود.

به علاوه، این آزمون باید با استفاده از روش ثابت نگه داشتن تنش میانگین (σ_{m}) یا روش ثابت نگه داشتن نسبت (R_{s}) تنش حداکثر به تنش حداقل انجام شود (به طور کلی از $R_{\mathrm{s}}=1/10$ استفاده می شود).

۷-۱-۱ آزمون کنترل کیفیت

یک نمونه معتبر آماری باید برای مقاصد آزمون طبق توافق استفاده کننده و تامین کننده گرفته شود. برای درنظرگرفتن مشکلات پیش بینی نشده آزمون، نمونه بایستی دست کم به اندازه ده درصد افزایش یابد.

۷-۱-۲ تعیین موقعیت و شیب گستره عمر متناهی (آزمون طراحی)

پراکندگی تعداد چرخه های تنش در گستره عمر متناهی را از نظر اقتصادی تنها می توان با روش های محاسبه آماری برآورد کرد.

برای ارزیابی گستره عمر متناهی، آزمون های خستگی باید دست کم بر روی دو سطح تنش انجام شوند که بایستی به گونه ای برگزیده شوند که تعداد چرخه های تنش از 10^4 تا 5×10^5 به دست آید.

تعداد آزمون ها (اندازه نمونه گیری) در سطح تنش بستگی به روش ارزیابی آماری برگزیده و قابلیت اطمینان مورد نیاز برای احتمال های شکست p_{f} دارد؛ برای مثال $p_{\mathrm{f}}=10\%,50\%$ یا $p_{\mathrm{f}}=90\%$

تعداد حداقل آزمونه ها نبایستی کم تر از شش عدد باشد.

آن گاه پراکندگی در گستره عمر متناهی برروی یک سطح تنش را می توان برای مثال با درنظرگرفتن توزیع گوسی نرمال درشبکه احتمال گوسی به عنوان پایه و با استفاده از تخمینگر زیر تعیین کرد:

$$p_{\mathrm{f}}=\frac{3i-1}{3n+1}$$

که در آن:

p_f مقدار ارزیابی شده برای احتمال شکست در گستره عمر متناهی؛

i عدد وصفی آزمونه؛

n تعداد آزمونه های مورد آزمون.

در مثال زیر، این روش اجرایی توضیح داده شده است:

$n=8$ پیچ مهره خور با دامنه تنش ثابت $\sigma_a = 150\ \mathrm{N/mm^2}$ آزمون شده اند. چرخه های تنش به دست آمده تا شکست به ترتیب زمان عبارتند از:

$$N = (169, 178, 271, 129, 405, 115, 280, 305)\times 10^3$$

نخست، شماره چرخه های تنش براساس اندازه آراسته می شوند و اعداد وصفی i بدان ها تخصیص داده می شود.

نخستین آزمونه با پایین ترین تعداد چرخه تنش، عدد وصفی $i=1$، و n امین آزمونه (با بالاترین تعداد چرخه تنش) عدد وصفی $i=n=8$ را دریافت می کند.

بنابراین سیستم ارزیابی یا ترتیب تعیین شده در جدول ۲ به دست می آید.

اکنون شماره چرخه های تنش متعلق به احتمال های شکست مربوط p_f در شبکه احتمال گوسی رسم می شوند (شکل ۸) و خط تعدیل (خط رگرسیون) جایگزین نتایج جداگانه می شود. حدود N_{10}, N_{50} و N_{90} را می توان با استفاده از این خط تعدیل قرائت کرد.

مثال

$N_{10}=110\times10^3$, $N_{50}=213\times10^3$ و $N_{90}=415\times10^3$ (یعنی انتظار می رود که ده درصد همه آزمونه ها ظرف 110×10^3 چرخه تنش، 50% ظرف 213×10^3 چرخه تنش و 90% ظرف 415×10^3 چرخه تنش رد شوند).

۲-۷ آزمون ها در گستره گذر (گستره عمر نامتناهی)

۱-۲-۷ دستیابی به تعداد معینی از چرخه های تنش بدون شکست

برای بررسی این که الزامات مربوط به حداقل تعداد چرخه تنش صدق می کند باید حداقل شش آزمونه دردامنه تنش ازپیش تعیین شده آزمون شوند مگر آن که استفاده کننده و تامین کننده به گونه دیگری توافق کرده باشند. برای در نظرگرفتن مشکلات پیش بینی نشده بایستی نمونه دست کم ده درصد افزایش یابد.

۲-۲-۷ تعیین موقعیت و اندازه گستره گذر

مشابه گستره عمر متناهی، پراکندگی در گستره گذر را ازنظر اقتصادی تنها می توان با روش های محاسبه آماری برآورد کرد.

در عمل، اصولا دو روش ارزیابی آماری ترجیح داده می شود:

الف) تغییر پلکانی دامنه تنش پس از هر آزمون جداگانه (روش راه پله)؛

ب) تغییر دامنه تنش پس از آزمون چند پیچ مهره خور در سطح تنش ثابت (برای مثال روش مرزی، روش آرک سینوس).

این روش های ارزیابی برپایه توابع مدلی هستند که تقریبا نمایانگر توزیع جمعیت بهر آزمون هستند.

بنابراین میانه σ_{A50} (استقامت خستگی با احتمال شکست 50%) و حدود گستره گذر (برای مثال $\sigma_{A10}, \sigma_{A90}$) باید تعیین شوند.

تجربه نشان داده است که برای آن که بتوان استقامت خستگی σ_{A50} را با رواداری $\pm 5\%$ تعیین کرد درحدود 15 تا 20 آزمونه مورد نیاز است.

برای تعیین حدود گستره گذر، تعداد آزمونه ها به وضوح بالاتر است (برای مثال حدود 20 تا 30 آزمونه برای σ_{A10}).

همچون برای دستیابی به قابلیت اطمینان و درستی مقادیر، روش های آرک سینوس، راه پله و مرزی که به طور کلی برپایه توزیع گوسی نرمال هستند در شرایط آزمون یکسان تقریبا به طور برابر مناسبند.

جدول۲-سیستم ترتیبی برای ارزیابی آماری هشت آزمون

خستگی با دامنه تنش $\sigma_a = 150$ N/mm^2 در گستره عمر متناهی

i وصفی	1	2	3	4	5	6	7	8
تعداد چرخه های تنش $N \times 10^3$ (به ترتیب صعودی)	115	129	169	178	271	280	305	405
احتمال شکست $p_f = \frac{3i-1}{3n-1} \times 100$	8	20	32	44	56	68	80	92

۷-۲-۳ روش های اجرایی مربوط به روش های پله ای، مرزی،و آرک سینوس[1]

۷-۲-۳-۱ روش پله ای

آزمونه نخست را در سطح تنشی آزمون کنید که باید تا حد امکان به میانه مورد انتظار گستره گذر نزدیک باشد. درصورت بروز شکست، بار را برای آزمونه های بعدی (همان اندازه پله) کاهش دهید تا زمانی که عدم شکست به دست آید. پس از عدم شکست، بار را به طور پله ای افزایش دهید تا شکست رخ دهد. اگر عدم شکست برای آزمونه نخست ثبت شود روش اجرایی معکوس می شود. در عمل، روش اجرایی به سرعت بر میانه متمرکز می شود و درصورت بالا بودن تعداد آزمونه ها و مطلوبیت موقعیت سطح تنش آغازین، دفعات شکست و عدم شکست یکسان یا تقریبا یکسان هستند. رخدادی که به دفعات کم تری روی می دهد به طور کلی برای محاسبه به کار می رود.

ارزیابی متشکل از گام های زیر است:

الف) میانه انتظاری:

1- Sstaircase, boundary and arc sine methods

$$F_{A50} = F_{ao} + \Delta F_{aII}(\frac{A}{C} \pm x)$$

(به توضیح نمادها در جدول ۳ مراجعه شود).

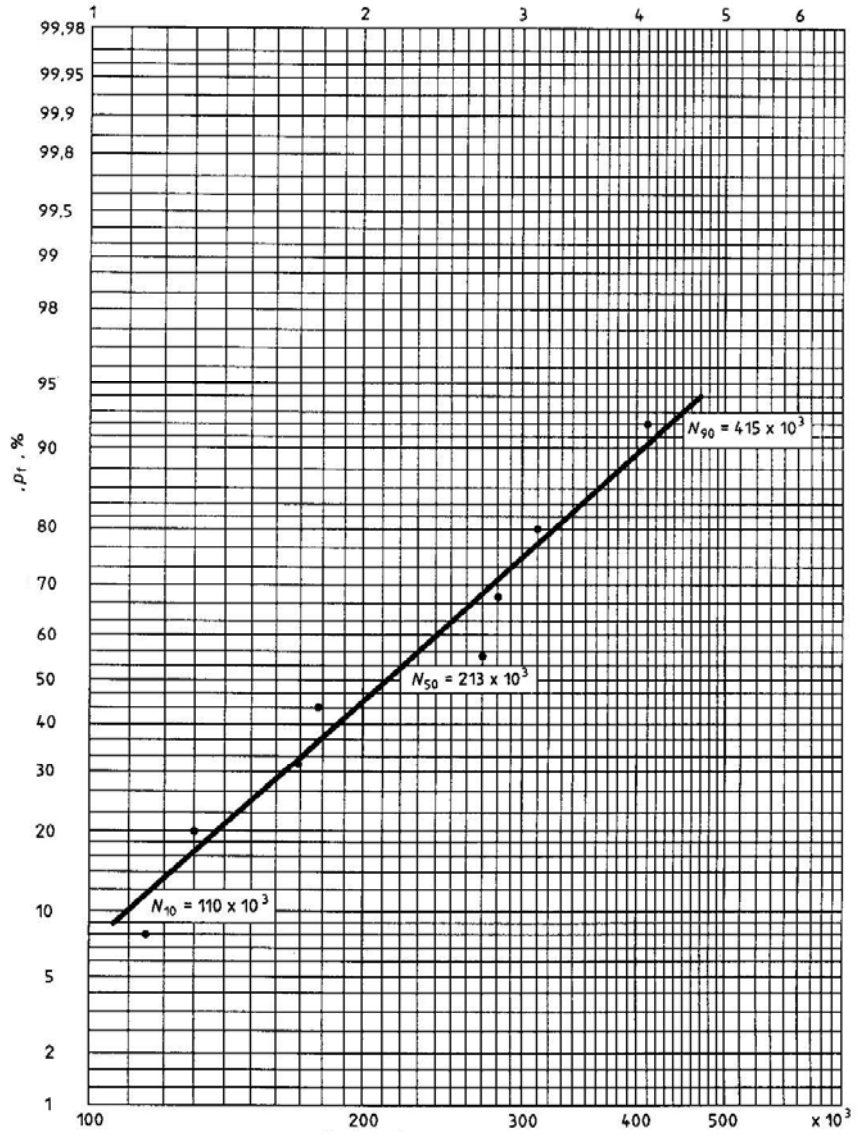
ب) انحراف استاندارد انتظاری:

$$S(F_A) = 1{,}62\Delta F_{aII}(\frac{CE - A^2}{C^2} + 0{,}029)$$

که در آن $\frac{CE - A^2}{C^2}$ باید بیش از $0{,}3$ باشد.

(به توضیح نمادها در جدول ۳ مراجعه شود).

در جدول ۳ مثالی از ارزیابی آزمون های خستگی ازطریق روش راه پله نشان داده شده است.



شکل۸- احتمال شکست p_f و تعداد چرخه های تنش در گستره عمر متناهی
براساس هشت آزمون خستگی با $\sigma_a = 150$ N/mm^2

جدول۳- مثالی از ارزیابی آزمون های خستگی ازطریق روش پله ای

آزمونه: پیچ مهره خور با کلگی شش گوش ۸.۸-۸۰ x M۱۰-۴۰۱۴ ISO

F_m : بار میانگین $0{,}6F_{0,2}$ (N)

1	2															3	4	5	6	7	8
F_A (N)	x							o								x	o	z	f	zf	z^2f
4 700													x			1	0	3	0	0	0
4 300						x		x				o		x		3	1	2	1	2	4
3 900	x		x		o		o		x		o				x	4	3	1	3	3	3
3 500		o		o						o						0	3	0	3	0	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
	3, 4, 6, 7, 8حاصلجمع ستون های															8	7	—	7	5	7
																			C	A	E

$$F_{A50} = F_{ao} + \Delta F_{aII}\left(\frac{A}{C} \pm x\right) = 3\,929\ \text{N}$$

$$S(F_A) = 1{,}62\Delta F_{aII}\left(\frac{CE - A^2}{C^2} + 0{,}029\right) = 177\ \text{N}$$

ستون۱: دامنه بار

ستون۲: مشخص کننده رخداد (x شکست ، صفر عدم شکست)

ستون ۳: تعداد شکست بر دامنه بار

ستون ۴: تعداد عدم شکست بر دامنه بار

ستون ۵: اعداد وصفی با شروع عدد صفر در پایین ترین دامنه بار اشاره به رخداد با تعدادکمتر به ترتیب در ستون های ۳ و ۴ دارد. در مثال جدول ۳، ستون ۴ تنها با هفت عدم شکست در مقایسه با ستون ۳ با نه شکست می باشد.

ستون ۶: دفعات تکرار مقادیر از ستون های ۳ و ۴ با حاصلجمع کمتر (در اینجا ستون ۴)

ستون ۷: حاصلظرب ستون های ۵ و ۶ (zf)

ستون ۸: حاصلضرب ستون های ۵ و ۷ $(z^2 f)$

C, A, E حاصلجمع ستون های ۶، ۷ و ۸

F_{ao} : $F_{ao} = 3500N$

F_{A50} میانه، دامنه بار با 50% احتمال ماندگاری

x : $0{,}5+$ هرگاه ستون ۶ برابر با ستون ۴ باشد
$0{,}5-$ هرگاه ستون ۶ برابر با ستون ۳ باشد

ΔF_{aII} پله (در اینجا $\Delta F_{aII} = 400N$)

S : انحراف استاندارد

۷-۲-۳-۲ روش مرزی

روش اجرایی مربوط به روش مرزی برپایه شکل ۹ توضیح داده شده است. چون موقعیت گستره گذر پیش از آزمون معلوم نیست و به طور کلی تنها می تواند برآورد شود نخست آزمونه را برروی نخستین دامنه بار آزمون کنید. در این حالت این دامنه بار $F_a = 2500$ N اگر این آزمونه نخست، تا تعداد چرخه های تنش

ازپیش تعیین شده N_G دچار شکست نشود دامنه بار به طور پیاپی و تا شکست نخستین آزمونه افزایش می یابد. در مثال، این دامنه بار $F_{a1} = 4000\ \mathrm{N}$ است. چند آزمون در سطحی انجام دهید که اکنون برای نخستین بار رخدادی متفاوت از آزمون های پیشین صورت گرفته است (شکست یا عدم شکست). از این طریق، تعداد آزمونه ها بستگی به درستی مورد نیاز نتیجه دارد. در این مثال، تعداد آزمونه ها هشت عدد است. برای گزینش دومین دامنه بار، بهتر است که پهنای گستره گذر را بدانیم زیرا با یک شیوه ریاضی مفید به گزینش سطح دوم به عنوان حد دامنه بار هرگاه نتیجه انتظاری دقیق تر باشد کمک می کند.

فرمول زیر برای تعیین سطح دوم به کار می رود:

$$F_{a2} = F_{a1} + \Delta F_{aII}$$

که در آن:

$$\Delta F_{aII} = \left(1 - \frac{r}{n}\right) B F_{a1} \quad \text{برای} \quad r \le 0{,}5n$$

یا

$$\Delta F_{aII} = -\frac{r}{n} B F_{a1} \quad \text{برای} \quad r \ge 0{,}5n$$

کمیت B پهنای گستره گذر را درنظر می گیرد. برای B مقداری میان $0{,}15$ تا $0{,}2$ توصیه می شود.

در دومین دامنه بار، طبق مثال در شکل ۹، دوباره هشت آزمونه آزمون می شوند و احتمال شکست، p_t ، در شبکه احتمال گوسی طبق تخمینگر زیر رسم می شود:

$$p_t = \frac{3r - 1}{3n + 1}$$

(شکل ۹-ب)

که در آن:

r تعداد شکست

n تعداد آزمونه مورد آزمون.

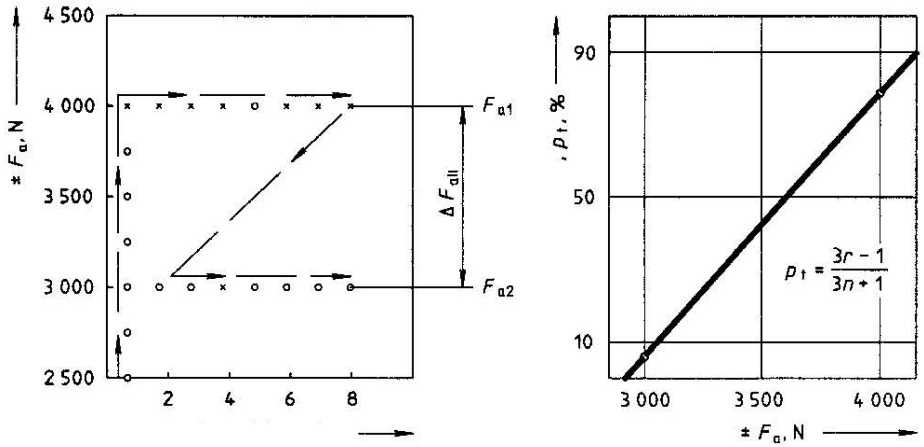
بااستفاده از توزیع گوسی نرمال، می توان دو نقطه تعیین شده را متصل و تشکیل خط راستی را داد که سپس می توان میانه F_{A50} و مقادیر حدی همچون F_{A10} و F_{A90}و غیره را تعیین کرد.

۷-۲-۳-۳ روش آرک سینوس

روش اجرایی مربوط به روش آرک سینوس مشابه روش مرزی است. آزمون های خستگی را در چند سطح بار متناوب هم فاصله با تعداد آزمونه یکسان در هر سطح انجام دهید. برای هریک از این سطوح، احتمال های ماندگاری متناظر را با استفاده از تبدیل $\sqrt{p}$ محاسبه کنید برای مثال:

$$\tau = \arcsin\sqrt{(r+1)/(n+1)} + \arcsin\sqrt{\mathrm{r}/(\mathrm{n}+1)}$$

گستره گذر را به طور ترسیمی در شبکه احتمال متناظر یا به طور ریاضی با تعیین خط رگرسیون پس از تبدیل متناظر مقادیر محاسبه شده تعیین کنید.



شکل۹- مثالی از اجرا و ارزیابی آزمون های خستگی طبق روش مرزی

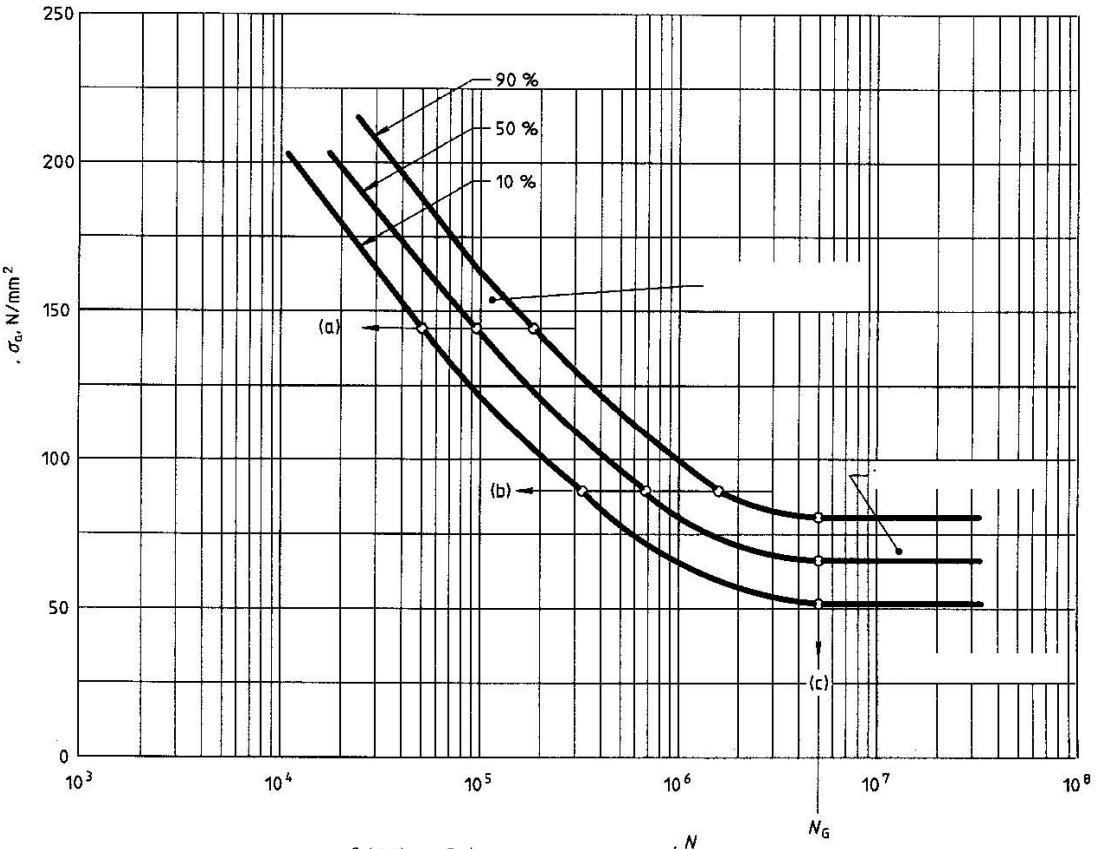
۳-۷ تشکیل منحنی وهلر کامل (منحنی S/N)

در شکل ۱۰، نتایج آزمون طبق بندهای ۷-۱-۲ و ۷-۲-۲ برای تشکیل یک منحنی کامل وهلر نمایش داده شده اند.

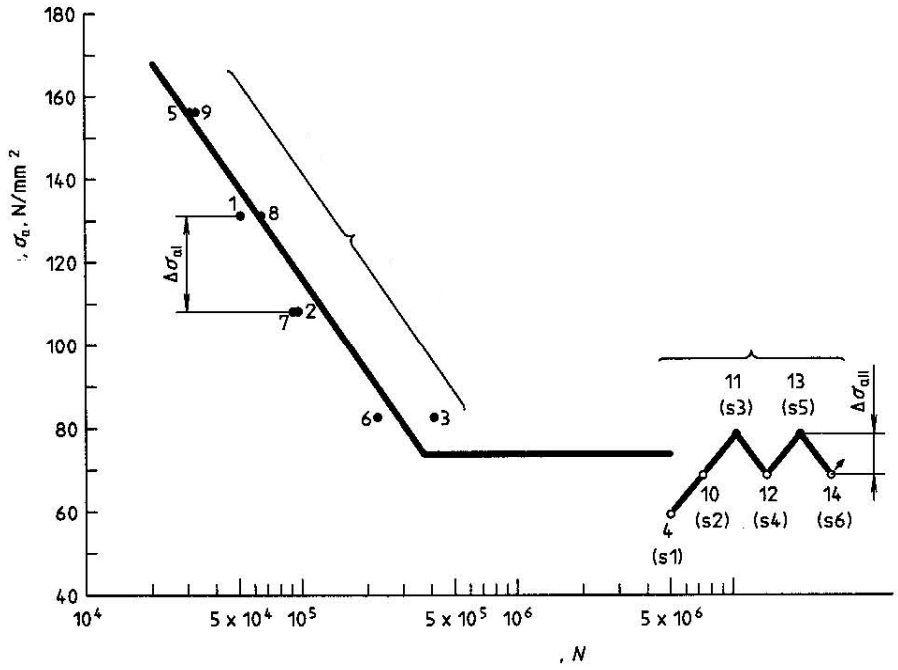
۴-۷ روش آزمون ترکیبی

۱-۴-۷ تعداد آزمونه ها

دست کم 14 آزمونه برای آزمون مورد نیاز است یعنی دو آزمونه برای هر یک از چهار سطح دامنه تنش (هشت آزمونه در کل) برای تعیین بخش متمایل منحنی S/N و شش آزمونه برای تعیین بخش افقی زیرا روش پله ای نیازمند تعداد اندکی از آزمونه است. ازآن جاکه درعمل آزمون همواره مانند شکل ۱۱ پیش نمی رود و در مواردی بیش از ۱۴ آزمونه مورد نیاز است تعدادی آزمونه اضافی را ذخیره کنید.



شکل۱۰- منحنی وهلر (منحنی S/N) $\sigma_a = f(N)$



یادآوری- اعداد در شکل نشانگر ترتیب آزمون هستند.

شکل۱۱- مثالی از الگوی پایه روش آزمون ترکیبی با 14 آزمونه

۲-۴-۷ روش آزمون برای گستره عمر متناهی

(بخش متمایل منحنی S/N) به صورت زیر است.

استقامت عمر متناهی σ_{AA}و σ_{AB}آزمونه را در $N=5\times10^4$ و $N=1\times10^6$با ارجاع به داده های موجود درباره مواد از یک رده، آزمونه های از یک شکل و چرخه های تنش از یک نوع پیش بینی کنید.

$\Delta\sigma_{a1}=(\sigma_{AA}-\sigma_{AB})/3$را به دست آورید. (مقادیر عددی را گردکنید). این مقدار σ_{a1} را به عنوان مقدار سری نخست برای فواصل دامنه تنش آزمون در بخش متمایل در نظر بگیرید و $\sigma_{AA}+k\Delta\sigma_{a1}\ (k=\pm1,\pm2.....)$را به عنوان مقدار سری نخست برای سطح دامنه تنش آزمون در نظر بگیرید.

آزمونه نخست را در سطح دامنه تنش $\sigma_a(1)=(\sigma_{AA}-\Delta\sigma_{a1})$آزمون کنید.

هربار یک آزمونه را به ترتیب زیر و هر بار با کاهش سطوح دامنه تنش به اندازه $\Delta\sigma_{a1}$ آزمون کنید تا زمانی که نخستین آزمونه نشکسته به دست آید. [۱]در این حالت مقدار $\Delta\sigma_{a1}$ را با پیشرفت آزمون بررسی کنید، اصلاح کنید و $\Delta\sigma_{a1}$ را برای سطوح بعدی درصورت نیاز بازنشانی کنید.[۱]

$\sigma_a(2)=\sigma_a(1)-\Delta\sigma_{a1},\sigma_a(3)=\sigma_a(2)-\Delta\sigma_{a1},...,$

در هر سطح دامنه تنشی که در آن هیچ آزمونه ای نشکسته است یک آزمونه را ازمیان چهار سطح بالاتر مجاور سطحی[۲] که در آن آزمونه نشکسته به دست آمده است آزمون کنید تا یک آزمونه شکسته در هریک از آن چهار سطح دامنه تنش به دست آید.

آزمون را برروی دومین آزمونه در سطوح بالاتری ازدامنه تنش مجاور سطح دامنه تنشی انجام دهید که در آن هیچ آزمونه ای نشکسته باشد و به ترتیب صعودی با آغاز از پایین ترین آن سطوح دامنه تنش تا به دست آمدن هشت آزمونه شکسته در کل انجام دهید.

داده های به دست آمده از هشت آزمونه شکسته را در گراف نیمه لگاریتمی ($\sigma_a,\log N$) مرتب کنید و منحنی های S/Nرا به دست آورید.

بخش متمایل و انحراف استاندارد منحنی S/Nرا برای احتمال شکست 50% ازطریق فرمول زیر تعیین کنید.

خط رگرسیون برای بخش متمایل منحنی S/Nازطریق زیر تعیین می شود:

$$\log N=\hat{\alpha}+\hat{\beta}\sigma_a$$

که در آن:

$$\hat{\alpha}=\log\overline{N}-\hat{\beta}\overline{\sigma}_a$$

۱- اگر پیش بینی ها برای σ_{AA}و σ_{AB} به طور قابل ملاحظه ای ناکافی باشند برخی از آزمونه ها در $\sigma_a(1)$ نخواهند شکست. در این حالت, هربار یک آزمونه را به تریتیب زیر آزمون کنید:

$\sigma_a(2)=\sigma_a(1)-\Delta\sigma_{a1},\sigma_a(3)=\sigma_a(2)-\Delta\sigma_{a1},...,$

تا زمانی که با هربار افزایش سطح دامنه تنش به اندازه $2\Delta\sigma_{a1}$ به جای کاهش آن به اندازه $\Delta\sigma_{a1}$ نخستین آزمونه شکسته به دست آید.

۱- هرگاه دو یا چند سطح دامنه تنش وجودداشته باشد که در آن هیچ آزمونه ای نشکسته باشد (این حالت در موردی متناظر با پاورقی ۱ امکان پذیر است) بالاترین سطح دامنه تنش در میان آن ها باید درنظر گرفته شود.

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\sigma_{\mathrm{a}}(i) - \overline{\sigma}_{\mathrm{a}}\right]\left[\log\ N(i) - \log \overline{N}\right]}{\sum_{i=1}^{n}\left[\sigma_{\mathrm{a}}(i) - \overline{\sigma}_{\mathrm{a}}\right]^2}$$ (به یادآوری ۱ مراجعه شود)

$$\log \overline{N} = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{n} \log N(i)$$ (به یادآوری ۱ مراجعه شود)

$$\overline{\sigma}_{\mathrm{a}} = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{n} \sigma_{\mathrm{a}}(i)$$ (به یادآوری ۱ مراجعه شود)

مقدار تخمینی انحراف استاندارد ... لگاریتم عمر خستگی ازطریق زیر تعیین می شود:

$$\hat{S}\left(\log N\right) = \left[\frac{1}{6}\sum_{i=1}^{n}\left(\log N(i) - \left[\hat{\alpha} + \hat{\beta}\sigma_{\mathrm{a}}(i)\right]\right)^2\right]^{1/2}$$ (به یادآوری ۱ مراجعه شود)

مقدار تخمینی انحراف استاندارد $S\left(\log N\right)$ استقامت خستگی ازطریق زیر تعیین می شود:

$$\hat{S}(\sigma_{\mathrm{a}}) = \frac{1}{\left|\hat{\beta}\right|}\hat{S}\left(\log N\right)$$

یادآوری - در آزمون های انجام شده برروی آزمونه نخست تا nام، از داده های مربوط به هشت آزمونه شکسته به ترتیب از پایین ترین سطح دامنه تنش در هرکدام که دو آزمونه شکسته اند در دامنه تنش یکسان استفاده کنید.

۳-۴-۷ روش آزمون استقامت خستگی در $N_G = 5\times10_6$

روش آزمون استقامت خستگی که در آن آزمون در تعداد 5×10^6 چرخه (N_G) قطع می شود به صورت زیر است.

برای برآورد استقامت خستگی در $N_G = 5\times10_6$ از روش راه پله با تعداد اندکی از نمونه استفاده کنید.

با روش راه پله، سطح دامنه تنشی را که در آن هیچ آزمونه ای نشکسته است به عنوان دامنه تنش آزمون σ_{a1} به کار رفته بر نخستین آزمونه درنظر بگیرید (بالاترین سطح دامنه تنش را هرگاه چنین سطوح دامنه تنشی دو یا بیش تر باشند درنظر بگیرید). اما یک آزمونه نشکسته در سطح σ_{a} به دست آمده است که باید به عنوان نتیجه آزمون در نخستین آزمونه ازطریق روش راه پله درنظر گرفته شود و آزمون در σ_{a} دو باره انجام نمی شود.

اختلاف پیاپی $\Delta\sigma_{\mathrm{aII}}$ در سطوح دامنه تنش در روش راه پله باید مقدار تخمینی $\hat{S}(\sigma_{\mathrm{a}})$ انحراف استاندارد استقامت خستگی نسبت به زمان باشد (مقدار اسمی باید به طور مناسب گرد شود).

$$\Delta\sigma_{\mathrm{aII}} = \hat{S}(\sigma_{\mathrm{a}})$$

آزمون را در دومین آزمونه در سطح زیر انجام دهید:

$$\sigma_{\mathrm{a}}(2) = \sigma_{\mathrm{a}}(1) + \Delta\sigma_{\mathrm{aII}}$$

آزمون را بر روی سومین تا ششمین آزمونه در سطوح زیر انجام دهید:

$$\sigma_{\mathrm{a}}(j) = \sigma_{\mathrm{a}}(j-1) \pm \Delta\sigma_{\mathrm{aII}} \qquad (\mathrm{j} = 3,\ 4,\ 5,\ 6)$$

که علامت منفی باید زمانی در نظر گرفته شود که آزمونه در $(j-1)$امین شکسته است و علامت مثبت زمانی که نشکسته است.

دامنه تنش را برای برای هفتمین آزمونه از طریق زیر به دست آورید:

$$\sigma_{\mathrm{a}}(7) = \sigma_{\mathrm{a}}(6) \pm \Delta\sigma_{\mathrm{aII}}$$

که علامت منفی باید زمانی در نظر گرفته شود که آزمونه در $\sigma_{\mathrm{a}}(6)$ شکسته است و علامت مثبت زمانی که نشکسته است. اما در واقع آزمون بر روی هفتمین آزمونه انجام نمی شود.

استقامت خستگی σ_{AN} را برای احتمال شکست $p = 50\,\%$ در $N = 5\times10^{6}$ ازطریق فرمول زیر برآورد کنید:

$$\hat{\sigma}_{\mathrm{AN}} = \frac{1}{6}\sum_{j=2}^{7}\sigma_{\mathrm{a}}(i)$$

۴-۴-۷ تعیین منحنی وهلر (منحنی S/N)

منحنی وهلر (منحنی S/N) (به شکل ۱۲ مراجعه شود) برای احتمال شکست $p = 10\,\%$ و $90\,\%$ را میتوان از فرمول زیر به دست آورد.

بخش متمایل:

$$\log N = \hat{\alpha} + \hat{\beta}\sigma_{\mathrm{a}} \pm 1{,}28\hat{S}\,(\log N)$$

بخش افقی:

$$\sigma_{\mathrm{a}} = \hat{\sigma}_{\mathrm{AN}} \pm \frac{1{,}28}{\left|\hat{\beta}\right|}\hat{S}(\log N)$$

علامت دوگانه در فرمول ها باید برای $p = 10\,\%$ منفی و برای $p = 90\,\%$ مثبت باشد.

۵-۷ تشکیل نمودار هیگ

برای گزینش صحیح اتصالات، طراح ممکن است نیازمند اطلاعات تکمیلی درباره تاثیر تنش میانگین استقامت خستگی باشد. نمودار هیگ (شکل ۱۳) نمایانگر داده های مورد نیاز به شکل مناسب است و استقامت خستگی را برای احتمال شکست $10\,\%, 50\,\%$ و $90\,\%$ نشان می دهد. با استفاده از روش های آماری طبق بند ۷-۲ یا ۷-۴ می توان این نمودار را با استفاده از حداقل تعداد بخش ها، در هریک از سطوح تنش میانگین زیر تشکیل داد:

الف) تنش میانگین ثابت بالا $\sigma_{\mathrm{m}} = 0{,}7R_{\mathrm{m,min}}$

ب) تنش میانگین ثابت متوسط $\sigma_{\mathrm{m}} = 0{,}4R_{\mathrm{m,min}}$

پ) تنش میانگین پایین $\sigma_{\mathrm{m}} = 1{,}22\sigma_{\mathrm{A}}$ (برای $R_{\mathrm{S}} = 0{,}1$)

با توافق استفاده کننده و تامین کننده می توان از تنش های میانگین دیگری استفاده کرد.

۸ گزارش آزمون

هنگام گزارش دادن داده های خستگی، شرایط آزمون باید به روشنی تعیین شود و گزارش آزمون باید دربرگیرنده جزئیات زیر باشد (موارد انحراف از این استاندارد بایدبه روشنی بیان شود).

۸-۱ تعریف اتصالات رزوه دار خارجی:

الف) شناسه رده خواص و نوع

ب) اندازه رزوه، گام، طول اتصالات ، رواداری و پروفیل رزوه

پ) روش ساخت اتصالات و رزوه

ت) خصوصیات مکانیکی واقعی (استقامت کششی و تنش مقاومتی)

ث) روکش سطح و روان کاری تکمیلی

ج) مکان آداپتور یا مهره (فاصله وجه آداپتور یا مهره تا سر رزوه)

چ) مواد اولیه

۸-۲ تعریف جزء رزوه دار داخلی

الف) رده خواص و نوع مهره یا ارتفاع آداپتور آزمون رزوه دار

ب) سختی واقعی

پ) ماده خام

ت) روکش سطح و روان کارتکمیلی

۸-۳ کاربرد واشر آزمون

۸-۴ نوع و دفعات آزمون ماشین

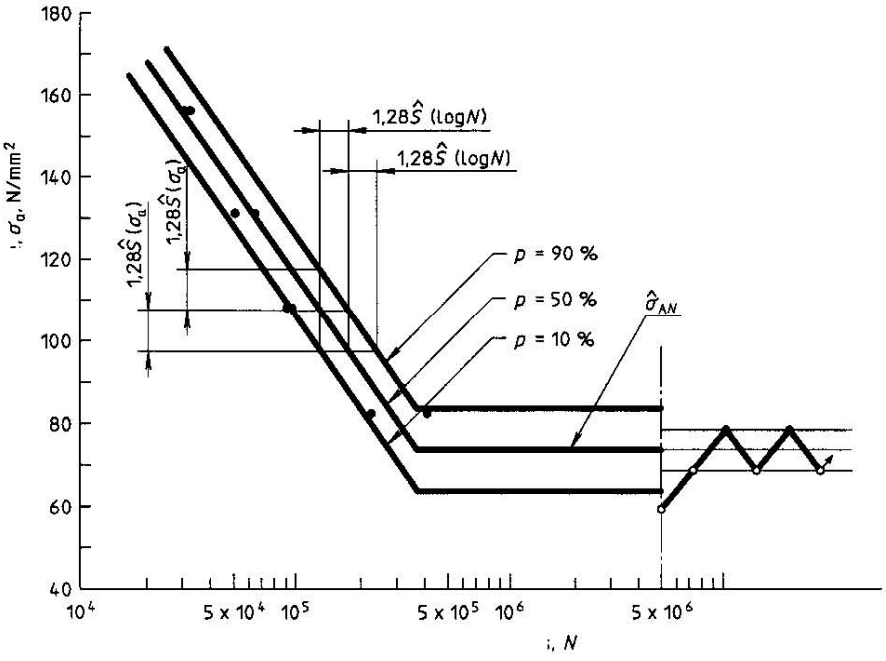
۸-۵ سطح تنش مورداستفاده در محاسبه (A_S , A_{d3} یا غیره).

۸-۶ نوع چرخه تنش (برای مثال دامنه تنش و تنش میانگین R_S و σ_{min} یا σ_{max})

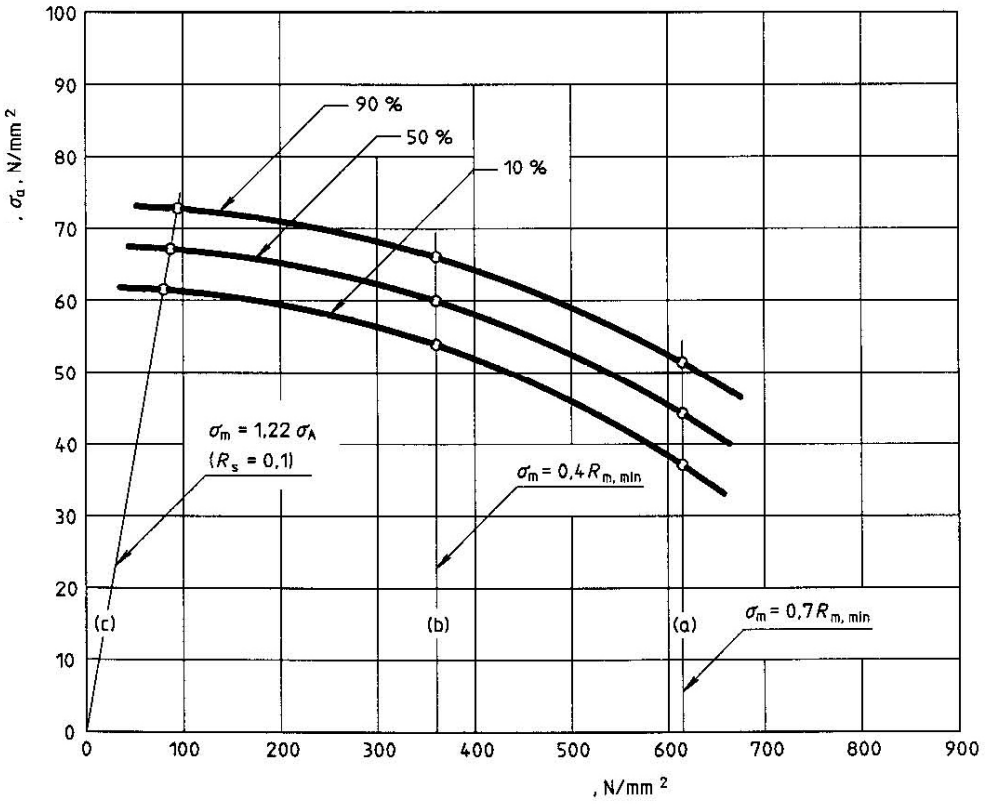
۸-۷ مکان شکست

۸-۸ روش های ارزیابی آماری به کاررفته

۸-۹ شرایط جوی (گستره دما و رطوبت درطول آزمون).



شکل۱۲-مثالی از منحنی وهلر (منحنی S/N)



شکل۱۳- نمودار هیگ