



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۰۲۷۲

چاپ اول


**ISIRI**

10272


1 st. Edition


مواد فلزی - روش آزمون کشش در دمای محیط


**Metallic materials- Method of tensile  
testing at ambient temperature**

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵ 

دفتر مرکزی : تهران - ضلع جنوبی میدان ونک، صندوق پستی ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵


تلفن مؤسسه در کرج : ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸ 


تلفن مؤسسه در تهران : ۰۲۱-۸۸۷۹۴۶۱-۵ 

دورنگار : کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ - تهران ۸۸۸۷۱۰۳ - ۸۸۸۷۰۸۰ - ۰۲۱ 

بخش فروش - تلفن : ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ - دورنگار : ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ 

پیام نگار: [Standard @ isiri.or.ir](mailto:Standard@isiri.or.ir) 

بهاء : ۹۰۰۰ ریال 

 **Headquarters:** Institute Of Standards And Industrial Research Of Iran  
**P.O.Box:** 31585-163 Karaj-IRAN

 **Tel:** 0098 261 2806031-8

 **Fax:** 0098 261 2808114

**Central Office:** Southern corner of Vanak square, Tehran

**P.O.Box:** 14155-6139 Tehran-IRAN

 **Tel:** 009821 8879461-5

 **Fax:** 0098 21 8887080, 8887103

 **Email:** [Standard @ isiri.or.ir](mailto:Standard@isiri.or.ir)

 **Price:** 9000 RLS

## آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد 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.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\*، صاحب نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولید کنندگان، مصرف کنندگان، صادر کنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان-های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته 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 موسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیر با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکترونیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تایید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها 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 مؤسسه است.

\* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

<sup>1</sup> - International Organization for Standardization

<sup>2</sup> - International Electrotechnical Commission

<sup>3</sup> - International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrologie Legal)

<sup>4</sup> - Contact Point

<sup>5</sup> - Codex Alimentarius Commission

# کمیسیون فنی تدوین استاندارد " مواد فلزی-روش آزمون کشش در دمای محیط "

## رئیس

ورهرام - ناصر  
( دکترای متالورژی )

## اعضاء

باقوت - بهنام  
(فوق لیسانس مهندسی متالورژی)  
دلفی - حسین  
(لیسانس مهندسی متالورژی)  
محرمی - مهرداد  
(فوق لیسانس مهندسی متالورژی)  
وصالی - رضا  
(لیسانس مهندسی متالورژی)

## دبیر

زمانی نژاد - امیر  
(فوق لیسانس مهندسی متالورژی)

## نمایندگی

مرکز پژوهش متالورژی رازی

مرکز تحقیقات ایران خودرو  
پژوهشگاه موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی  
ایران  
مرکز پژوهش متالورژی رازی  
مرکز پژوهش متالورژی رازی

موسسه استاندارد- اداره کل نظارت بر اجرای  
استاندارد

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	۱- هدف
۱	۲- دامنه کاربرد
۱	۳- مراجع الزامی
۲	۴- تعاریف و اصطلاحات
۲	۴-۱ - طول مبناء
۲	۴-۲ - طول موازی
۲	۴-۳ - ازدیاد طول
۲	۴-۴ - درصد ازدیاد طول
۳	۴-۵ - طول مبناء برای دستگاه اکستنسیومتر
۳	۴-۶ - انبساط
۳	۴-۷ - درصد کاهش سطح مقطع ( $Z$ )
۳	۴-۸ - حداکثر نیرو ( $F_m$ )
۴	۴-۹ - تنش
۴	۵- نمادها و عناوین
۴	۶- قطعه آزمون
۴	۶-۱ - شکل و ابعاد
۸	۶-۲ - انواع
۹	۷- محاسبه سطح مقطع اولیه ( $S_0$ )
۹	۸- نشانه گذاری طول مبناء اولیه ( $L_0$ )
۹	۹- دقت دستگاه آزمون
۱۰	۱۰- شرایط آزمون
۱۰	۱۰-۱ - سرعت آزمون
۱۱	۱۰-۲ - روش در گیر شدن فک ها با آزمون
۱۱	۱۱- محاسبه درصد ازدیاد طول بعد از شکست ( $A$ )
۱۲	۱۲- محاسبه درصد کل ازدیاد طول در حداکثر نیرو ( $A_{gt}$ )
۱۳	۱۳ - محاسبه استحکام قراردادی، انبساط غیرتناسبی ( $R_p$ )
۱۴	۱۴ - محاسبه استحکام قراردادی، انبساط کل ( $R_t$ )
۱۴	۱۵- روش تصدیق استحکام دائمی ( $R_r$ )

- ۱۶ - محاسبه درصد کاهش سطح مقطع (Z)
- ۱۷ - دقت نتایج
- ۱۸ - گزارش آزمون
- ۲۲ **پیوست الف (الزامی)** - انواع آزمون‌های مورد استفاده برای محصولات نازک؛ ورق‌ها، تسمه‌ها، محصولات تخت با ضخامت بین ۰/۱ تا ۳ میلیمتر
- ۲۴ **پیوست ب (الزامی)** - انواع آزمون‌های مورد استفاده برای سیم، میله و مقاطع با قطر یا ضخامت کمتر از چهارمیلیمتر
- ۲۵ **پیوست پ (الزامی)** - انواع آزمون‌های مورد استفاده برای ورق‌ها و محصولات تخت با ضخامت برابر و یا بیشتر از ۳ میلیمتر، و سیم، میله‌ها و مقاطع با قطر و یا ضخامت برابر و یا بیشتر از ۴ میلیمتر
- ۲۸ **پیوست ت (الزامی)** - انواع آزمون‌های مورد استفاده برای لوله‌ها
- ۳۰ **پیوست ث (اطلاعاتی)** تمهیداتی که باید برای اندازه‌گیری درصد ازدیاد طول بعد از شکست بکار گرفت اگر مقدار آن کمتر از ۵٪ باشد
- ۳۱ **پیوست ج (اطلاعاتی)** - نمودار برای محاسبه طول‌های مبناء آزمون‌های با سطح مقطع مربع مستطیل
- ۳۳ **پیوست چ (اطلاعاتی)** - اندازه‌گیری درصد ازدیاد طول بعد از شکست بر اساس تقسیم بندی‌های جزئی طول مبناء اولیه
- ۳۵ **پیوست ح (اطلاعاتی)** - روش دستی محاسبه درصد ازدیاد طول کلی در حداکثر نیرو برای محصولات طویل مانند میلگرد‌ها، سیم‌ها، مفتول‌ها
- ۳۶ **پیوست خ (اطلاعاتی)** - "منابع خطا" با رویکرد تخمین عدم قطعیت اندازه‌گیری در آزمون کشش
- ۴۲ **پیوست د (اطلاعاتی)** - درستی آزمون کشش - نتایج حاصل از برنامه‌های آزمون بین آزمایشگاهی

## پیش گفتار

استاندارد "مواد فلزی – روش آزمون کشش در دمای محیط" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در سیصد و بیست و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۸۶/۱۲/۱۴ 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 می شود.

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 یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابر این برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است :

**ISO 6892: 1998, Metallic materials – Tensile testing at ambient temperature**

## مواد فلزی – روش آزمون کشش در دمای محیط

### ۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش آزمون کشش مواد فلزی در دمای محیط و تعیین خواص مکانیکی که میتوان آنها را در دمای محیط مشخص کرد، میباشد.

### ۲ دامنه کاربرد

بطور کلی این آزمون شامل بارگذاری تا حد شکست روی یک نمونه بوسیله نیروی کششی می باشد و بمنظور تعیین یک ویا چند مشخصه مکانیکی مندرج در بند ۴ بکار می رود. در صورتیکه طور دیگری مشخص نشده باشد آزمون در دمای محیط بین ۱۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس باید انجام شود. آزمون های تحت شرایط کنترل شده باید در دمای  $5^{\circ}\text{C} \pm 23^{\circ}\text{C}$  انجام شود.

### ۳ 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 می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها 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 اصلاحیه های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 1- ISO 286-2:1988, ISO system of limits and fits- part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts.
- 2- ISO 377: 1977, Steel and steel products- location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing.
- 3- ISO 2566-1:1984, Steel- Conversion of elongation values- part1: Carbon and low alloy steels.
- 4- ISO 2566-2:1984, Conversion of elongation values- part1: Austenitic steels.
- 5- ISO 7500-1:1984, Metallic materials- Verification of static uniaxial testing machines- part 1: Tensile testing machines.
- 6- ISO 9513:2001 Metallic Materials - Calibration of Extensometers Used in Uniaxial Testing.



#### ۴ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد تعاریف و اصطلاحات زیر بکار رفته است.

۴-۱ طول مبناء ( $L$ ): طول بخش استوانه ای شکل یا منشوری شکل آزمون که در محدوده آن ازدیاد طول نسبی باید اندازه گیری شود. در حالت خاص، فاصله ایجاد شده میان:

۴-۱-۱ طول مبناء اولیه ( $L_o$ ): طول مبناء قبل از اعمال نیرو.

۴-۱-۲ طول مبناء نهایی ( $L_u$ ): طول مبناء بعد از شکست آزمون در آزمون کشش (به بند ۱-۱۱ مراجعه شود).

۴-۲ طول موازی ( $L_c$ ): بخش موازی از مقطع کاهش داده شده آزمون. یاد آوری- عنوان طول موازی جایگزین عنوان فاصله بین فکها در آزمونهای ماشین کاری نشده گردیده است.

۴-۳ ازدیاد طول: اضافه شدن بر طول مبناء اولیه ( $L_o$ ) در هر لحظه در طول آزمایش.

۴-۴ درصد ازدیاد طول: بیان ازدیاد طول بصورت درصدی از طول مبناء اولیه ( $L_o$ ).

۴-۴-۱ درصد ازدیاد طول دائمی: افزایش در طول مبناء اولیه آزمون بعد از برداشت تنش اعمالی (به بند ۴-۹ مراجعه شود)، ازدیاد طول دائمی نامیده میشود ( $L_o$ ).

۴-۴-۲ درصد ازدیاد طول بعد از شکست ( $A$ ): ازدیاد طول دائمی طول مبناء بعد از شکست ( $L_u - L_o$ )، بعنوان درصد ازدیاد طول مبناء اولیه ( $L_o$ ) بیان می شود.

در مورد آزمونهای تناسبی<sup>۱</sup>، تنها اگر طول مبناء اولیه غیر از  $5,65\sqrt{S_o}^2$  باشد هنگامیکه  $S_o$  سطح مقطع عرضی اولیه از طول موازی باشد، نماد  $A$  باید همراه با اندیسی که نشانگر ضریب تناسب است بکار رود، مثال:

---

۱) proportional test pieces

۲)  $5,65\sqrt{S_o} = 5\sqrt{\frac{4S_o}{\pi}}$

$A_{11,3}$  = درصد ازدیاد طول با طول مبناء ( $L_o$ ) برابر با  $11,3 \sqrt{S_o}$ .

در مورد آزمون‌های غیر تناسبی، نماد A باید همراه با یک اندیسی که نشانگر طول مبناء اولیه و بر حسب میلی‌متر است بکار رود، مثال:

$A_{80mm}$  = درصد ازدیاد طول با طول مبناء ( $L_o$ ) برابر با 80 mm.

۴-۴-۳ درصد کل ازدیاد طول نسبی شکست ( $A_f$ ): کل ازدیاد طول (ازدیاد طول الاستیک + ازدیاد طول پلاستیک) طول مبناء در لحظه شکست بر حسب درصد طول مبناء اولیه بیان میشود ( $L_o$ ).

۴-۴-۴ درصد ازدیاد طول در حد اکثر نیرو: افزایش طول مبناء آزمون در حداکثر نیرو بر حسب درصد طول مبناء اولیه ( $L_o$ ) بیان میشود. مشاهده میگردد بین درصد کل ازدیاد طول در حداکثر نیرو ( $A_{gt}$ ) و درصد ازدیاد طول غیر تناسبی در حداکثر نیرو ( $A_g$ ) تفاوت وجود دارد (به شکل ۱ مراجعه شود).

۴-۵ طول مبناء برای دستگاه اکستنسیومتر<sup>۱</sup> ( $L_o$ ): طول قسمت موازی از آزمون که برای اندازه گیری ازدیاد طول بوسیله دستگاه اکستنسیومتر بکار می رود.

پیشنهاد میگردد که برای اندازه گیری تنش تسلیم و تنش تسلیم قراردادی پارامتر  $L_e \geq L_o/2$  باشد. علاوه پیشنهاد میگردد که برای اندازه گیری پارامترها در حد اکثر نیرو،  $L_e$  تقریباً برابر با  $L_o$  باشد.

۴-۶ انبساط: افزایش در طول مبناء اکستنسیومتر ( $L_e$ ) در هر لحظه از آزمون.

۴-۶-۱ درصد انبساط دائمی: افزایش در طول مبناء اکستنسیومتر، بعد از برداشت تنش اعمالی از روی آزمون، درصد طول مبناء اکستنسیومتر نامیده می شود ( $L_e$ ).

۴-۶-۲ درصد انبساط در تسلیم ( $A_e$ ): در مواد با تسلیم غیر پیوسته، انبساط بین شروع تسلیم و کارسختی یکنواخت بر حسب درصد طول مبناء اکستنسیومتر ( $L_e$ ) بیان می شود.

۴-۷ درصد کاهش سطح مقطع ( $Z$ ): حداکثر تغییر (کاهش) در مساحت سطح مقطع ( $S_o - S_u$ ) که در طی آزمون رخ می دهد بر حسب درصد نسبت به سطح مقطع ( $S_o$ ) بیان می شود.

۴-۸ حداکثر نیرو ( $F_m$ ): بیشترین نیرویی است که آزمون بعد از عبور از نقطه تسلیم تحمل می کند. و برای مواد بدون نقطه تسلیم، حداکثر مقدار نیروی ثبت شده در طی آزمون می باشد.

۱) Extensometer

۹-۴ تنش: در هر لحظه از آزمون از تقسیم نیرو بر مساحت سطح مقع اولیه ( $S_o$ ) آزمون بدست می آید.

۱-۹-۴ استحکام کششی ( $R_m$ ): تنش در حداکثر نیرو ( $F_m$ ).

۲-۹-۴ استحکام تسلیم: هنگامیکه مواد فلزی رفتار تسلیم را نشان می دهند به نقطه ای رسیده است که تغییر شکل پلاستیک بدون هیچ افزایش نیرویی اتفاق می افتد که آن نقطه استحکام تسلیم برای آن ماده می باشد.

۱-۲-۹-۴ استحکام تسلیم بالایی ( $R_{eH}$ ): مقدار تنش در لحظه ای که اولین کاهش نیرو مشاهده می گردد ( به شکل ۲ مراجعه شود).

۲-۲-۹-۴ استحکام تسلیم پایینی ( $R_{eL}$ ): پایین ترین مقدار تنش در طی تسلیم پلاستیک، از تاثیرات ابتدایی گذرا صرف نظر می شود ( به شکل ۲ مراجعه شود).

۳-۹-۴ استحکام تسلیم قراردادی، انبساط غیر تناسبی ( $R_p$ ): تنش در جایی است که انبساط غیر تناسبی برابر با درصد مشخص شده از طول مبنای اکستنسیومتر ( $L_e$ ) شود ( به شکل ۳ مراجعه شود). نماد مورد استفاده بعد از پسوند زیر نویس بر حسب درصد بیان می شود، مثال:  $R_{p0.2}$ .

۴-۹-۴ استحکام تسلیم قراردادی، انبساط کل ( $R_f$ ): تنش در جایی است که انبساط کل (انبساط الاستیک+انبساط پلاستیک) با درصد مشخص شده از طول مبنای اکستنسیومتر ( $L_e$ ) برابر گردد ( به شکل ۴ مراجعه شود). نماد مورد استفاده بعد از پسوند زیر نویس بر حسب درصد بیان می شود، مثال:  $R_{f0.5}$ .

۵-۹-۴ استحکام دائمی ( $R_r$ ): تنش در جاییکه بعد از برداشت نیرو، یک ازدیاد طول و یا انبساط دائمی مشخص شده که بر حسب درصد طول مبنای اولیه ( $L_o$ ) یا طول مبنای اکستنسیومتر ( $L_e$ ) بیان می شود حاصل نشود.

نماد مورد استفاده بعد از پسوند درصد مشخص شده ای از طول مبنای اولیه ( $L_o$ ) یا طول مبنای اکستنسیومتر ( $L_e$ ) را می دهد، مثال:  $R_{r0.2}$ .

## ۵- نمادها و عناوین:

نمادها و عناوین مرتبط به آنها در جدول شماره ۱ داده شده است.

## ۶- قطعه آزمون

### ۶-۱- شکل و ابعاد

#### ۶-۱-۱- کلیات

شکل و ابعاد آزمون بستگی به شکل و ابعاد محصولات فلزی که از آنها آزمون تهیه می شود دارد. آزمون معمولاً از آماده سازی نمونه محصول خام پرس شده و یا ریخته گری شده بدست می آید. به هر حال محصولات با سطح مقطع یکسان (مقطع میل گرد، مفتول و غیره) و نیز آزمون های ریخته شده (چدن و آلیاژهای غیر آهنی) میتواند بدون آماده سازی آزمایش شود.

سطح مقطع آزمون میتواند گرد، مربع مستطیل، حلقوی و یا در حالت های خاص به شکل دیگری باشد. آزمون هایی که طول میناء اولیه آنها متناسب با مساحت سطح مقطع اولیه باشد توسط معادله  $L_0 = k \sqrt{S_0}$  آزمون تناسبی نامیده می شوند. مقدار بین المللی  $K$  برابر ۵/۶۵ است.

طول میناء اولیه نباید کمتر از ۲۰mm باشد. هنگامیکه مساحت سطح مقطع آزمون بسیار کوچک باشد بنا به ضرورت مقدار  $k$  از ۵/۶۵ بیشتر خواهد بود (ترجیحاً ۱۱/۳) و یا میتواند یک آزمون غیر تناسبی استفاده شود.

در مورد آزمون های غیر تناسبی، طول میناء اولیه ( $L_0$ ) مستقلاً از سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) گرفته می شود. رواداریهای ابعادی آزمون باید مطابق پیوست مربوطه باشد (به بند ۶-۲ مراجعه شود).

جدول ۱- نماد ها و عناوین

عنوان	واحد	نماد	شماره مرجع <sup>۱)</sup>
آزمونه			
ضخامت آزمونه تخت یا ضخامت جداره لوله	mm	a <sup>2)</sup>	۱
عرض قسمت موازی آزمونه تخت یا متوسط عرض یک تسمه طولی از لوله یا عرض سیم تخت	mm	b	۲
قطر قسمت موازی از آزمونه گرد یا قطر مفتول یا قطر داخلی لوله	mm	d	۳
قطر خارجی لوله	mm	D	۴
طول میناء اولیه	mm	L <sub>o</sub>	۵
طول میناء اولیه برای محاسبه A <sub>g</sub>	mm	L' <sub>o</sub>	-
طول موازی	mm	L <sub>c</sub>	۶
طول میناء اکستنسیومتر	mm	L <sub>e</sub>	-
طول کل آزمونه	mm	L <sub>t</sub>	۷
طول میناء نهایی	mm	L <sub>u</sub>	۸
طول میناء نهایی بعد از شکست برای محاسبه A <sub>g</sub> (به پیوست H مراجعه شود)	mm	L' <sub>u</sub>	-
سطح مقطع اولیه از طول موازی	mm <sup>2</sup>	S <sub>o</sub>	۹
حداقل سطح مقطع بعد از شکست	mm <sup>2</sup>	S <sub>u</sub>	۱۰
ضریب تناسب	-	K	-
درصد کاهش سطح مقطع $\frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$	%	Z	۱۱
انتهای فک گیر	-	-	۱۲

جدول ۱ (ادامه)

شماره مرجع <sup>(۱)</sup>	نماد	واحد	عنوان
			ازدیاد طول
۱۳	-	mm	ازدیاد طول بعد از شکست: $L_u - L_o$
۱۴	$A^{(3)}$	%	در صد ازدیاد طول بعد از شکست: $\frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$
۱۵	$A_e$	%	درصد انبساط نقطه تسلیم
-	$\Delta L_m$	mm	انبساط در حداکثر نیرو
۱۶	$A_g$	%	درصد ازدیاد طول غیر تناسبی در حداکثر نیرو ( $F_m$ )
۱۷	$A_{gt}$	%	درصد ازدیاد طول کل در حداکثر نیرو ( $F_m$ )
۱۸	$A_t$	%	درصد ازدیاد طول کل در شکست
۱۹	-	%	درصد مشخص شده انبساط غیر تناسبی
۲۰	-	%	درصد انبساط کل (به شماره ۲۸ مراجعه شود)
۲۱	-	%	درصد مشخص شده انبساط و یا ازدیاد طول دائمی
			<b>نیرو</b>
۲۲	$F_m$	N	حداکثر نیرو
			<b>استحکام تسلیم - استحکام قراردادی - استحکام کششی</b>
۲۳	$R_{eH}$	N/mm <sup>2</sup>	استحکام تسلیم بالایی <sup>(۴)</sup>
۲۴	$R_{eL}$	N/mm <sup>2</sup>	استحکام تسلیم پایینی
۲۵	$R_m$	N/mm <sup>2</sup>	استحکام کششی
۲۶	$R_p$	N/mm <sup>2</sup>	استحکام قراردادی، انبساط غیر تناسبی
۲۷	$R_f$	N/mm <sup>2</sup>	استحکام دائمی
۲۸	$R_t$	N/mm <sup>2</sup>	استحکام قراردادی، انبساط کل
-	E	N/mm <sup>2</sup>	مدول الاستیسیته

(۱) به اشکال ۱ تا ۱۳ مراجعه شود.

(۲) نماد T همچنین در استاندارد محصول لوله استفاده می شود.

(۳) به بند ۴-۴-۲ مراجعه شود.

(۴)  $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$

### ۶-۱-۲- آزمونه های آماده سازی شده

نمونه های ماشین کاری باید دارای یک قوس مشخص (شیب انتقالی) بین قسمت انتهایی فک گیر آزمونه و قسمت با طول موازی آزمونه باشد. از آنجائیکه در برخی آزمون ها شعاع انحناء اهمیت دارد لذا توصیه می شود با توجه به مشخصات ماده و یا اعداد جدول ۶-۲ این شعاع انحناء انتخاب شود و قسمت انتهایی فک گیر میتواند به هر صورتی باشد که با قسمت نمونه گیر ماشین مطابقت داشته باشد، به هر حال محور آزمونه باید در جهت محور اعمال نیرو باشد. در موقعیکه شیب انتقالی نباشد فاصله بین دو فک دستگاه میتواند به عنوان طول موازی در نظر گرفته شود.

طول آزاد بین فکها باید همیشه بزرگتر از طول مبناء ( $L_0$ ) اولیه باشد.

### ۶-۱-۳- آزمونهای ماشین کاری نشده

چنانچه آزمون طولی از محصول و یا میله آزمونی که ماشین کاری نشده است، طول آزاد بین فکها برای علامت گذاری مبناء باید فاصله مناسبی از فکها داشته باشد (به پیوست A و D مراجعه شود). در آزمونهای ریخته شده قسمت انتهایی فک گیرهای آزمون باید توسط یک شیب انتقالی منحنی به قسمت دارای طول موازی ارتباط داده شود. شعاع انتقال میتواند مهم باشد و پیشنهاد میگردد در استاندارد محصول ذکر شود. انتهایی فک گیرهای آزمون میتواند به هر شکلی متناسب با دستگاه کشش ساخته شود طول موازی ( $L_c$ ) باید همیشه بزرگتر از طول مبناء اولیه ( $L_0$ ) باشد.

### ۶-۲- انواع

انواع اصلی آزمونها همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده مطابق با شکل و نوع محصول در پیوست های الف تا د معین شده است. سایر انواع آزمونها میتواند در استاندارد محصول مشخص گردند.

جدول ۲- انواع اصلی آزمونها

پیوست مرتبط	انواع محصول	
	سیم میله مقاطع با قطر و ضلع ذیل	ورقها - مقاطع تخت با ضخامت از
الف	-	$0.1 \leq \text{ضخامت} < 3$
ب	$< 4$	-
پ	$\geq 4$	$\geq 3$
ت	لوله ها	

### ۶-۳ آماده سازی آزمون

با توجه به الزامات مندرج در استاندارد ها برای مواد مختلف آزمون باید گرفته و آماده شود (مطابق ISO 377).

## ۷ محاسبه سطح مقطع اولیه ( $S_0$ )

سطح مقطع اولیه باید با اندازه گیری ابعاد مناسب، محاسبه شود. دقت این محاسبات بستگی به طبیعت و نوع آزمون دارد. این موضوع در پیوست های الف تا د برای انواع متفاوت آزمون داده شده است.

## ۸ نشانه گذاری طول میناء اولیه ( $L_0$ )

دو طرف طول میناء اولیه باید بوسیله خطوط نشانه و یا علائم نازک علامت گذاری شود و نباید از کشیدن خطوط عمیق و تاثیر گذار در نتایج کشش استفاده کرد.

برای آزمون های تناسبی، طول میناء اولیه میتواند تا نزدیکترین عدد مضرب ۵ mm گرد شود، مشروط به اینکه اختلاف بین طول میناء محاسباتی و نشانه گذاری شده کمتر از ۱۰ درصد  $L_0$  باشد. در پیوست F یک نمودار<sup>۱</sup> برای محاسبه طول میناء اولیه برای آزمون با سطح مقطع مربع داده شده است. طول میناء اولیه باید با دقت  $\pm 1$  درصد نشانه گذاری شود.

اگر طول موازی ( $L_0$ ) خیلی بزرگتر از طول میناء اولیه باشد، برای مثال در مورد آزمون های بدون آماده سازی، می تواند چندین طول میناء با محدوده های مشترک کشیده شود. در بعضی حالات، کشیدن یک خط به موازات محور مرکزی و در راستای خط طول میناء اولیه در روی سطح آزمون میتواند مفید باشد.

## ۹ دقت دستگاه آزمون

دستگاه آزمون باید تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران با استاندارد بین المللی ISO 7500-1 مورد صحت گذاری قرار گرفته باشد و باید دارای کلاس ۱ ویا بهتر باشد.

هنگامیکه برای محاسبه استحکام تسلیم پایینی و استحکام تسلیم قراردادی (ازدیاد طول غیر تناسبی) اکستنسیومتر استفاده می شود، اکستنسیومتر باید دارای کلاس ۱ (تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران به استاندارد بین المللی ISO 9513 مراجعه شود) باشد. برای سایر خواص (با ازدیاد طول بالاتر) یک اکستنسیومتر کلاس ۲ میتواند استفاده شود (به استاندارد ISO 9513 مراجعه شود).

---

1 -Nomogram



## ۱۰ شرایط آزمون

### ۱-۱۰ سرعت آزمون

در صورتیکه در استاندارد محصول مشخص نشده باشد، سرعت آزمون باید مطابق با الزامات ذیل که به طبیعت مواد بستگی دارد باشد.

### ۱-۱-۱۰ استحکام های تسلیم و قراردادی

#### ۱-۱-۱-۱۰ استحکام تسلیم بالایی ( $R_{eH}$ )

در محدوده الاستیک، تا و شامل استحکام تسلیم بالایی، سرعت دور شدن فک های ماشین از یکدیگر باید تا حد ممکن ثابت نگه داشته شود و سرعت آن باید مطابق جدول ۳ باشد.

جدول ۳- سرعت اعمال تنش

سرعت اعمال تنش $N/mm^2 \cdot s^{-1}$		مدول الاستیسیته مواد ( $E$ ) $N/mm^2$
حداکثر	حداقل	
۲۰	۲	$< 150000$
۶۰	۶	$\geq 150000$

#### ۲-۱-۱-۱۰ استحکام تسلیم پایینی ( $R_{eL}$ )

تنها اگر استحکام تسلیم پایینی محاسبه شده باشد، سرعت کرنش در هنگام رخ دادن پدیده تسلیم در طول قسمت موازی آزمون باید بین  $0/00025/S$  و  $0/0025/S$  باشد. سرعت کرنش در طول موازی باید تا حد ممکن ثابت نگه داشته شود. اگر این سرعت را نتوان مستقیماً کنترل کرد، میبایستی درست قبل از شروع تسلیم توسط کنترل کننده سرعت تنش تنظیم شود، کنترل های دستگاه تا کامل شدن تسلیم نباید تغییر کند.

تحت هیچ شرایطی سرعت تسلیم در محدوده الاستیک نباید از حداکثر سرعت داده شده در جدول ۳ بیشتر شود.

#### ۳-۱-۱-۱۰ استحکام های تسلیم بالایی و پایینی ( $R_{eL}$ , $R_{eH}$ )

اگر در طی یک آزمون دو استحکام تسلیم بدست آید، شرایط تعیین استحکام تسلیم پایینی باید مطابق بند (۲-۱-۱-۱۰) باشد.

#### ۴-۱-۱-۱۰ استحکام تسلیم قراردادی (انبساط غیر تناسبی) و استحکام تسلیم قراردادی (کل

#### انبساط) ( $R_p, R_t$ )

سرعت تسلیم باید بین حدود داده شده در جدول ۳ باشد.

در درون محدوده پلاستیک و تا و شامل استحکام قراردادی (انبساط غیر تناسبی و یا کل انبساط) سرعت کرنش نباید از  $0/0025/S$  بیشتر شود.

#### ۱۰-۱-۱-۵ سرعت جدایش

اگر دستگاه آزمایش قادر به اندازه گیری و یا کنترل سرعت کرنش نباشد، باید یک سرعت جدایش مناسب برای فکها معادل سرعت تنش داده شده در جدول ۳ تا کامل شدن تسلیم بکار رود.

#### ۱۰-۱-۲ استحکام کششی ( $R_m$ )

##### ۱۰-۱-۲-۱ در محدوده پلاستیک

سرعت کرنش در طول قسمت موازی آزمون نباید از  $0/008/S$  بیشتر شود.

##### ۱۰-۱-۲-۲ در محدوده الاستیک

اگر آزمایش، محاسبه تنش تسلیم را شامل نشود (یا تنش قراردادی)، سرعت دستگاه میتواند تا حداکثر مجاز در محدوده پلاستیک افزایش یابد.

#### ۱۰-۲ روش در گیر شدن فک ها با آزمون

آزمونه ها باید بوسیله مناسبی مانند فکهای پیچی، گوه ای، نگه دارنده شانه ای و غیره نگه داشته شود. تمام کوششها باید برای اطمینان از اینکه آزمونها با روشی نگه داشته می شوند که نیرو تا حد امکان محوری اعمال گردد انجام شود. این بویژه هنگامیکه مواد ترد آزمایش می شوند و یا در محاسبه تنش قراردادی (با در نظر گرفتن ازدیاد طول غیر تناسبی) و یا تنش قراردادی (با در نظر گرفتن کل ازدیاد طول) و یا تنش تسلیم بسیار اهمیت می یابد.

#### ۱۱ محاسبه درصد ازدیاد طول بعد از شکست (A)

۱۱-۱ درصد ازدیاد طول بعد از شکست باید مطابق جزئیات داده شده در بند ۴-۴-۲ محاسبه شود. بدین منظور، دو قسمت جدا شده آزمون باید بدقت به یکدیگر چسبیده شود طوری که محور هایشان در یک خط راست واقع شود.

پیش بینی های ویژه برای اطمینان از تماس مناسب بین قطعات شکسته شده آزمون در هنگام اندازه گیری طول مبنای نهایی باید انجام شود. این موضوع در حالتیکه سطح مقطع آزمون کوچک و یا مقادیر ازدیاد طول کم باشد اهمیت ویژه ای دارد.

ازدیاد طول بعد از شکست ( $L_u - L_0$ ) باید با تقریب  $0/25 \text{ mm}$  با استفاده از یک وسیله اندازه گیری با دقت درجه بندی  $0/1 \text{ mm}$  محاسبه شود و مقدار ازدیاد طول بعد از شکست باید با تقریب  $0/5$  درصد گرد شود. اگر مشخص شود که درصد ازدیاد طول کمتر از ۵ درصد است، پیشنهاد میگردد که پیش بینی های ویژه ای برای محاسبه ازدیاد طول انجام گیرد (به پیوست E مراجعه شود).

این اندازه گیری اساساً تنها هنگامی معتبر است که فاصله بین مقطع شکست تا نزدیکترین خط نشانه کمتر از یک سوم ( $\frac{1}{3}$ ) طول میناء اولیه ( $L_0$ ) باشد. به هر حال قطع نظر از محل شکست اگر درصد ازدیاد طول بعد از شکست معادل و یا بزرگتر از مقدار مشخص شده باشد، اندازه گیری معتبر است.

۱۱-۲ برای دستگاه های مجهز به اکستنسیومتر که توانایی اندازه گیری انبساط در شکست را دارند الزامی به نشانه گذاری طول های میناء وجود ندارد. ازدیاد طول اندازه گیری شده، انبساط کل به هنگام رخ دادن شکست می باشد، و بنابراین بمنظور بدست آوردن درصد ازدیاد طول بعد از شکست باید ازدیاد طول الاستیک از آن کسر گردد.

اساساً این اندازه گیری تنها هنگامی معتبر است که شکست در درون طول میناء اکستنسیومتر ( $L_e$ ) رخ دهد. به هر حال قطع نظر از محل شکست اگر درصد ازدیاد طول بعد از شکست معادل و یا بزرگتر از مقدار مشخص شده باشد، اندازه گیری معتبر است.

**یادآوری:** اگر در استاندارد محصول درصد ازدیاد طول بعد از شکست برای طول میناء داده شده، مشخص شده باشد، طول میناء اکستنسیومتر باید مطابق آن باشد.

۱۱-۳ اگر ازدیاد طول در یک طول ثابت اندازه گیری شود، آن را میتواند به طول میناء تناسبی تبدیل نمود، کاربرد فرمول ها و یا جداول تبدیل باید قبلاً مورد توافق قرار گیرد. (تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران به استاندارد بین المللی شماره ISO 2566-1 و ISO 2566-2 مراجعه شود.)

**یادآوری:** مقایسه درصد ازدیاد طول ها تنها هنگامی ممکن است که طول میناء یا طول میناء اکستنسیومتر، شکل و سطح مقطع آزمونه یکسان باشد و یا وقتی که ضریب تناسبی (K) یکسان باشد.

۱۱-۴ به منظور جلوگیری از تکرار آزمایش بعلت وقوع شکست در خارج از حدود مشخص شده در بند ۱-۱۱ روشی بر اساس تقسیمات کوچکتر  $L_0$  به N قسمت به شرح پیوست G می تواند بکار رود.

## ۱۲ محاسبه درصد کل ازدیاد طول در حداکثر نیرو ( $A_{gt}$ )

روش بر اساس محاسبه بر روی نمودار نیرو-انبساط (انبساط در حداکثر نیرو ( $\Delta L_m$ )) با استفاده از اکستنسیومتر می باشد.

در نمودار نیرو - انبساط برخی مواد در حداکثر نیرو یک ناحیه تخت دیده می شود که در این هنگام درصد کل ازدیاد طول در نیروی حداکثر از وسط ناحیه تخت محاسبه می شود (به شکل ۱ مراجعه شود). طول میناء اکستنسیومتر باید در نتیجه آزمون ثبت گردد.

درصد کل ازدیاد طول در حداکثر نیرو بوسیله رابطه زیر محاسبه می شود:

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100$$

اگر آزمون کشش توسط رایانه دستگاه آزمون کنترل شود و دارای سیستم دریافت اطلاعات باشد، ازدیاد طول مستقیماً در حداکثر نیرو محاسبه می شود. جهت اطلاعات، شرح روش در پیوست H داده شده است.

### ۱۳ محاسبه استحکام قراردادی، انبساط غیر تناسبی ( $R_p$ )

۱-۱۳ استحکام قراردادی (انبساط غیر تناسبی) از نمودار نیرو-انبساط بوسیله رسم خطی به موازات قسمت خطی نمودار و به فاصله معادل مشخص شده درصد غیر تناسبی، مثلاً ۰/۲ درصد، تعیین می گردد. نقطه ای که این خط منحنی را قطع می کند استحکام قراردادی را مشخص می کند و از تقسیم این نیرو به ناحیه سطح مقطع اولیه آزمون ( $S_0$ ) انبساط غیر تناسبی بدست می آید (به شکل ۶ مراجعه شود).

دقت در رسم نمودار نیرو - انبساط ضروری می باشد.

چنانچه ناحیه خطی نمودار نیرو - انبساط بوضوح مشخص نباشد بطوریکه مانع دقت کافی در رسم خط موازی گردد، روش زیر پیشنهاد می گردد (به شکل ۶ مراجعه شود).

هنگامیکه استحکام قراردادی از آنچه فرض شده بیشتر شد، نیرو تا حدود ۱۰ درصد کاهش داده می شود. مجدداً نیرو تا مقدار اولیه افزایش داده می شود. برای تعیین استحکام قراردادی دلخواه خطی میان حلقه هیستریزیس<sup>۱</sup> رسم می گردد. سپس خطی به موازات آن و به فاصله منحنی مبناء تصحیح شده رسم می شود، اندازه آن عرض معادل درصد غیر تناسبی ذکر شده می باشد. تقاطع خط موازی با منحنی نیرو - انبساط، نیروی مربوط به استحکام کششی را می دهد و از تقسیم آن نیرو به سطح مقطع اولیه آزمون ( $S_0$ ) انبساط غیر تناسبی بدست می آید (به شکل ۶ مراجعه شود).

**یادآوری:** تصحیح منحنی مبناء با روشهای مختلفی انجام می شود. بطور معمول از روش زیر استفاده می شود:

خطی به موازات خط هیستریزیس که قسمت الاستیک و صعودی نمودار که شیب آن نزدیک به حلقه می باشد را قطع میکند رسم میشود، نقطه ای که خط محور را قطع میکند مبناء منحنی می باشد.

۱۳-۲ خواص میتواند بدون رسم منحنی نیرو- ازدیاد طول بوسیله دستگاههای اتوماتیک (مانند میکرو پروسورها) نیز بدست آید.

<sup>۱</sup> - Hysteresis

#### ۱۴ محاسبه استحکام قراردادی، انساط کل ( $R_r$ )

استحکام قراردادی درروی نمودار نیرو - ازدیاد طول بوسیله رسم یک خط به موازات محور طول (محور نیرو) و به فاصله ای معادل درصد ازدیاد طول کلی مربوطه محاسبه می شود. نقطه تقاطع این خط با منحنی، نیروی مربوط به استحکام قراردادی را مشخص می کند. با تقسیم این نیرو به سطح مقطع اولیه آزمونه ( $S_0$ ) (به شکل ۴ مراجعه شود) استحکام قراردادی بدست می آید.

۱۴-۲ خواص میتواند بدون رسم منحنی نیرو- ازدیاد طول بوسیله دستگاههای اتوماتیک نیز بدست آید.

#### ۱۵ روش تصدیق استحکام دائمی ( $R_r$ )

با قرار دادن آزمونه به مدت ۱۰ تا ۱۲ ثانیه در معرض تنش مشخص شده و سپس برداشتن نیرو و بررسی اینکه استحکام دائمی ویا ازدیاد طول از درصد مشخص شده برای طول مبناء اولیه بیشتر نیست تصدیق صورت می گیرد.

#### ۱۶ محاسبه درصد کاهش سطح مقطع ( $\epsilon$ )

درصد کاهش سطح مقطع باید بر طبق جزئیات مندرج در بند ۴-۷ محاسبه شود. دوقطعه شکسته شده آزمونه باید بدقت به هم چسبانده شود بنحوی که محور های آنها در یک راستا قرار گیرند. حداقل سطح مقطع بعد از شکست ( $S_{II}$ ) باید با دقت  $\pm 2\%$  اندازه گیری شود ( به پیوست های الف و ت مراجعه شود). اختلاف بین سطح مقطع شکست ( $S_{II}$ ) و سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) که برحسب درصد بیان می شود درصد کاهش سطح مقطع را می دهد.

#### ۱۷ دقت نتایج

دقت نتایج به متغیر های متنوعی بستگی دارد که میتواند در دو دسته قرار گیرد.

- متغیر های اندازه گیری مانند کلاس دستگاه و اکستنسیومتر و دقت اندازه گیری ابعاد آزمونه؛
- متغیر های مواد و آزمون مانند طبیعت مواد، شکل هندسی آزمونه، آماده سازی، سرعت آزمون ، دما، بدست آوردن اطلاعات و فن آوری تحلیل.

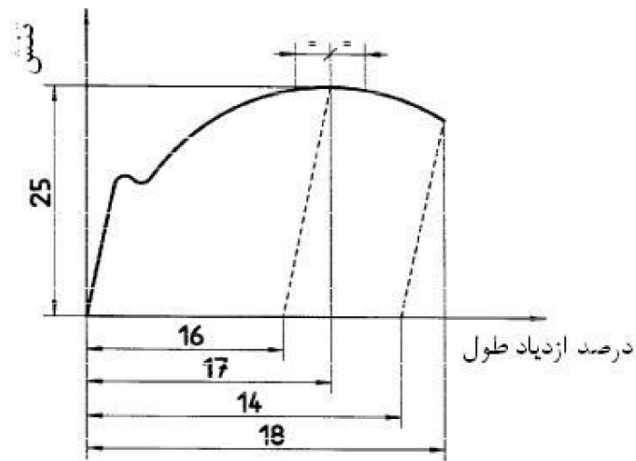
در صورت موجود نبودن اطلاعات کافی برای تمام مواد تامین مقادیر دقت برای خواص متفاوت بوسیله آزمون کشش امکان ندارد.

پیوست خ راهنمایی برای عدم صحت محاسبات مرتبط با متغیر های اندازه گیری ارائه میدهد. پیوست د مقادیر بدست آمده در آزمونهای بین آزمایشگاهی روی گروهی از فولادها و آلیاژهای آلومینیم را ارائه می دهد.

## ۱۸ گزارش آزمون

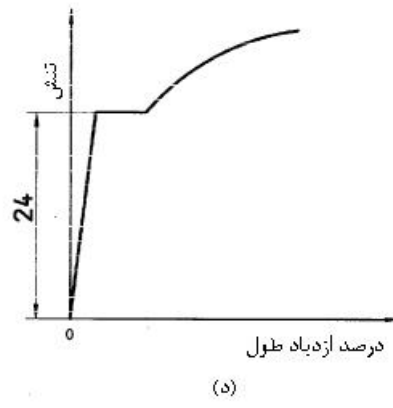
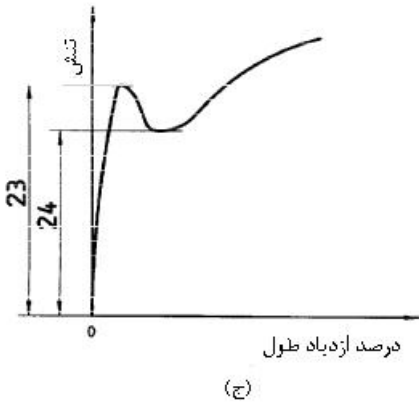
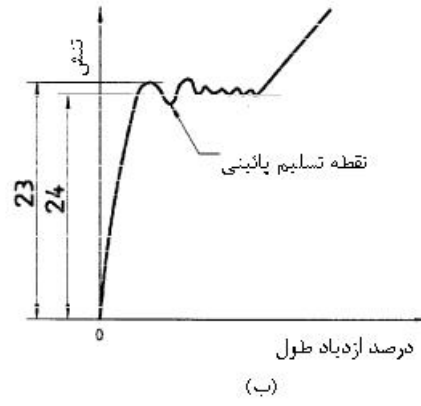
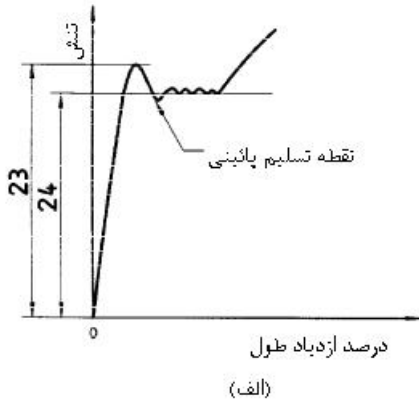
گزارش آزمون حداقل باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- ۱- شماره این استاندارد؛
- ۲- شناسه آزمون؛
- ۳- مشخصه مواد، در صورت معلوم بودن؛
- ۴- نوع آزمون؛
- ۵- محل و امتداد آزمون گیری آزمون؛
- ۶- خواص اندازه گیری شده و نتایج.



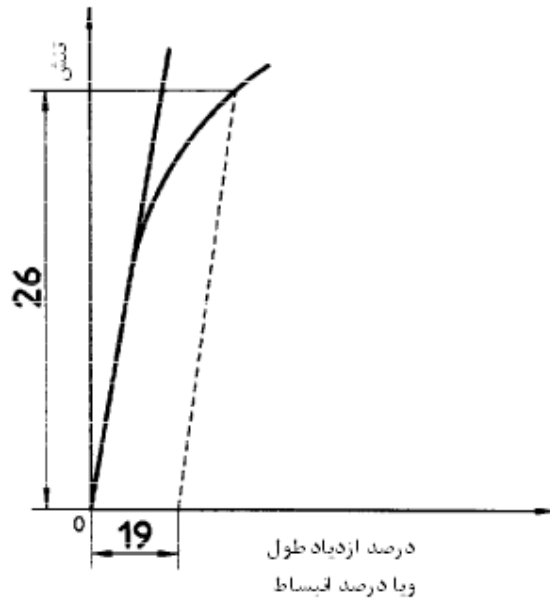
توجه: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.

شکل ۱- جزئیات ازدیاد طول

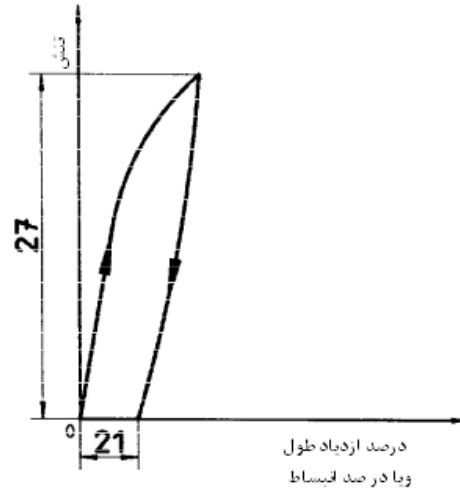
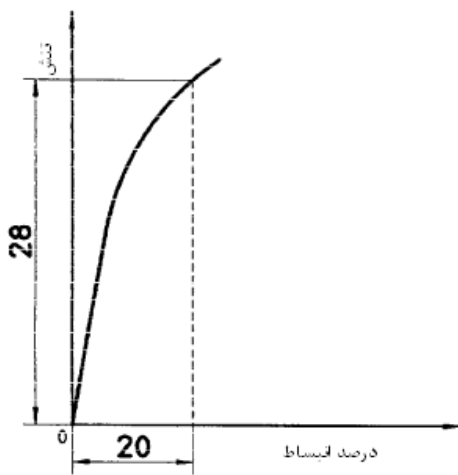


یادآوری: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.

شکل ۲- جزئیات استحکام های پائینی و بالایی برای انواع منحنی های مختلف

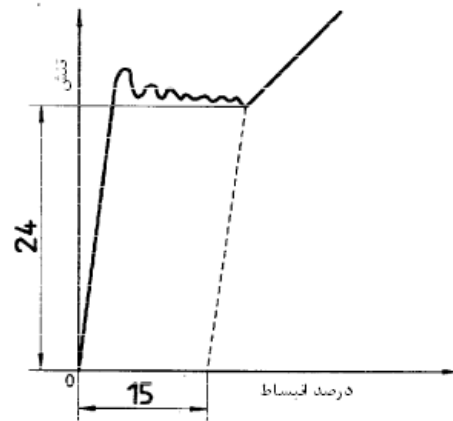
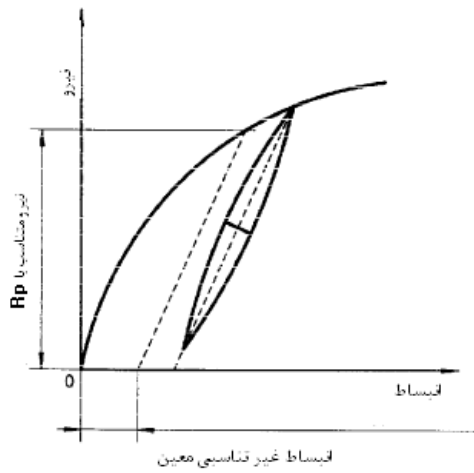


یادآوری: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.  
 شکل ۳- استحکام قراردادی، انبساط غیر تناسبی ( $R_p$ )



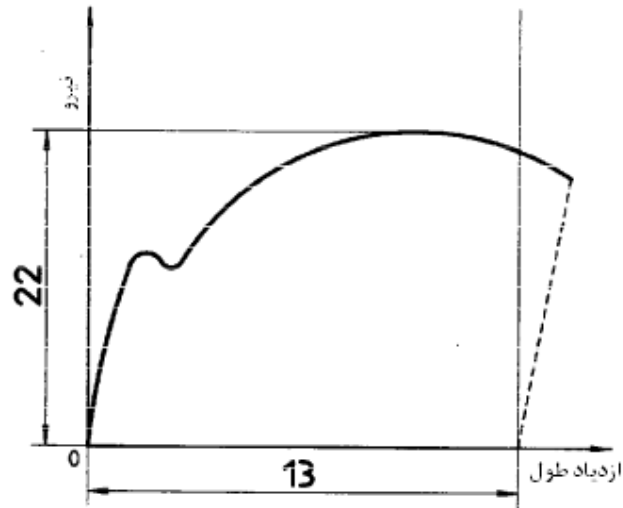
یادآوری: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.  
 شکل ۴- استحکام قراردادی، انبساط کل ( $R_f$ )  
 شکل ۵- استحکام دائمی ( $R_r$ )





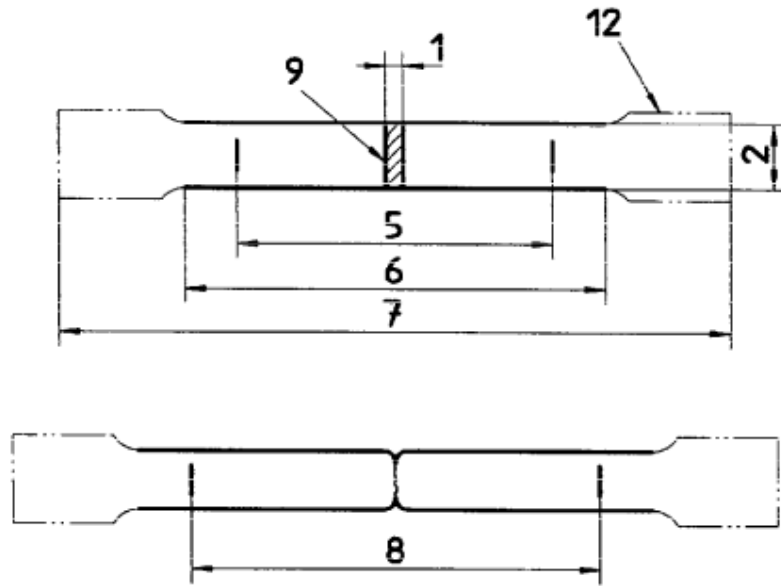
یادآوری: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.  
 شکل ۷- درصد انبساط در نقطه تسلیم ( $A_e$ )

شکل ۶- استحکام قراردادی، انبساط غیر تناسبی ( $R_p$ )

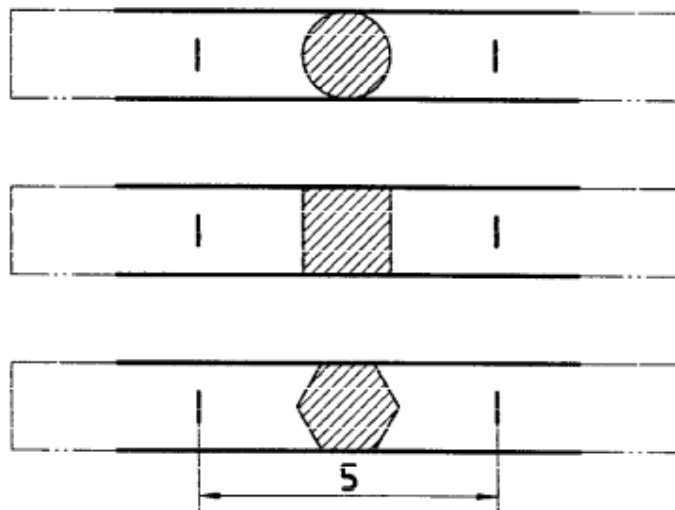


یادآوری: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.

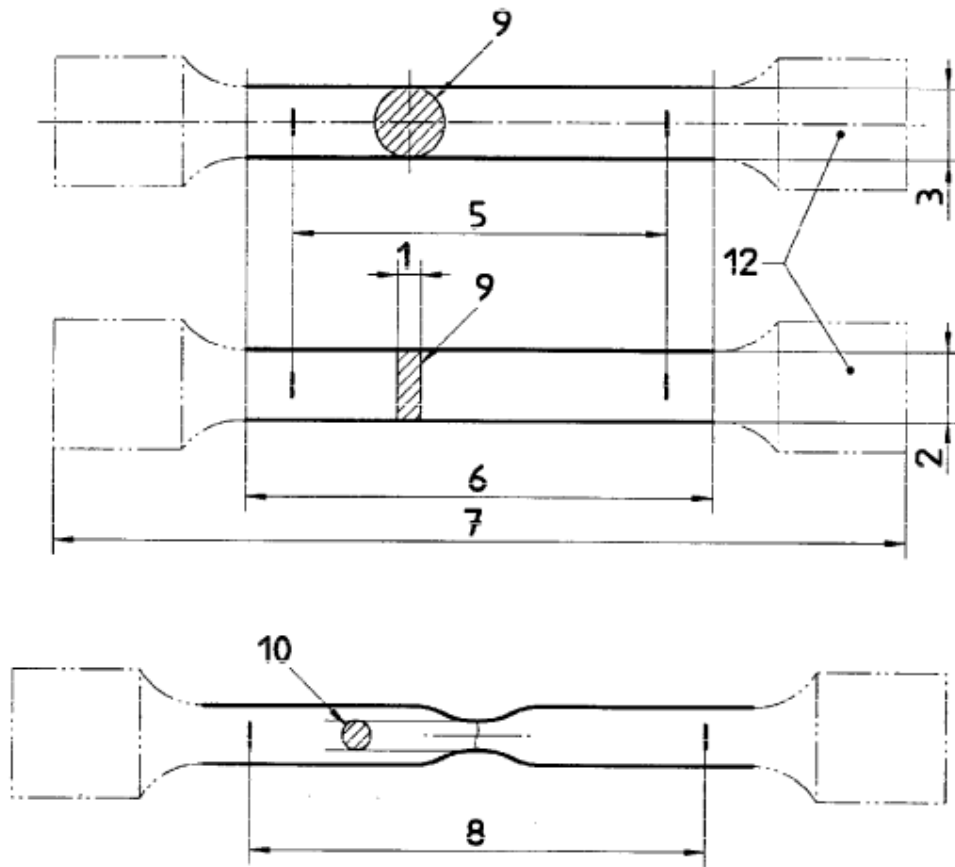
شکل ۸- حداکثر نیرو



یادآوری ۱- شکل فک گیر های آزمون فقط برای راهنمایی داده شده  
یادآوری ۲: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.  
**شکل ۹- آزمون های تراشکاری شده با سطح مقطع مربع مستطیل**  
(به پیوست الف مراجعه شود)



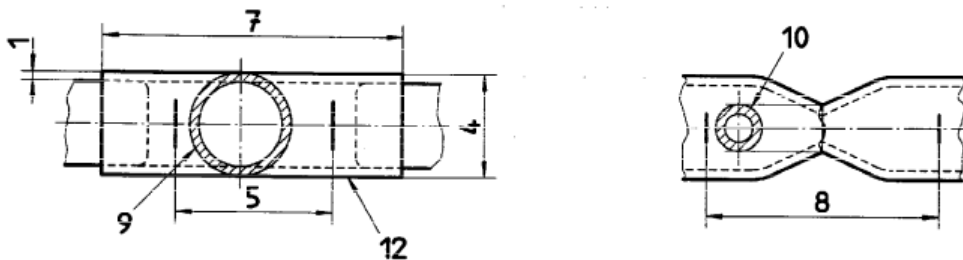
یادآوری ۱- شکل فک گیر های آزمون فقط برای راهنمایی داده شده  
یادآوری ۲: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.  
**شکل ۱۰- آزمون شامل قسمت تراشکاری نشده از محصول**  
(به پیوست ب مراجعه شود)



یادآوری ۱- شکل فک گیر های آزمون فقط برای راهنمایی داده شده  
یادآوری ۲: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.

### شکل ۱۱- آزمون تناسبی

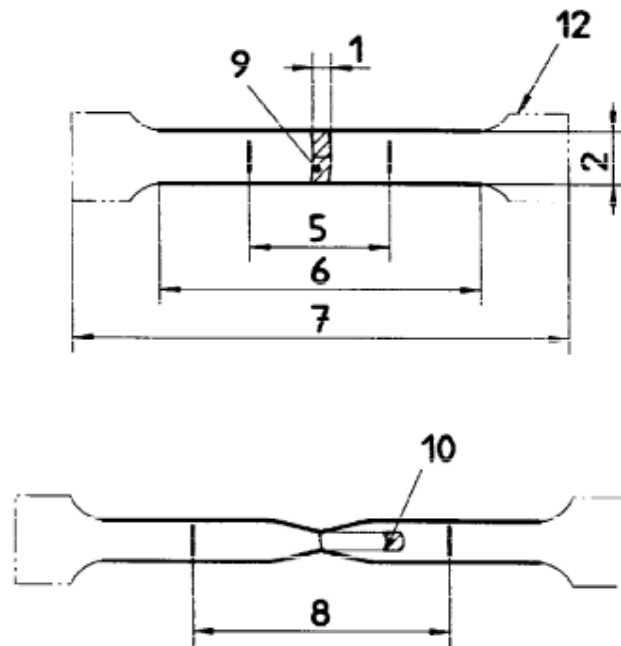
(به پیوست پ مراجعه شود)



یادآوری ۱: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.

### شکل ۱۲- آزمون شامل طولی از لوله

(به پیوست ت مراجعه شود)



یادآوری ۱- شکل فک گیر های آزمونه فقط برای راهنمایی داده شده

یادآوری ۲: برای توضیح اعداد به جدول ۱ مراجعه شود.

**شکل ۱۳- آزمونه بریده شده از لوله**

(به پیوست ت مراجعه شود)

## پیوست الف

### (الزامی)

انواع آزمون‌های مورد استفاده برای محصولات نازک؛ ورق‌ها، تسمه‌ها، و محصولات تخت با ضخامت بین ۰/۱ تا ۳ میلیمتر

برای محصولات با ضخامت کمتر از ۰/۵ میلیمتر، پیش‌بینی‌های ویژه‌ای ممکن است مورد نیاز باشد.

#### الف-۱ شکل آزمون

عموماً فک‌گیرهای آزمون دارای عرض بیشتری از قسمت طول موازی آزمون هستند. طول موازی ( $L_c$ ) باید با یک انحناء با شعاع حداقل ۲۰ میلیمتر به قسمت فک‌گیر آزمون متصل شود. عرض این فک‌گیرها باید حداقل ۲۰ میلیمتر و حداکثر ۴۰ میلیمتر باشد. در صورت توافق، آزمون می‌تواند به شکل تسمه و با لبه‌های موازی باشد. برای محصولات با عرض مساوی یا کمتر ۲۰ میلیمتر، عرض آزمون می‌تواند همان عرض محصول اختیار شود.

#### الف-۲ ابعاد آزمون

طول موازی نباید کمتر از  $L_0 + \frac{b}{2}$  باشد.

در صورت اختلاف، طول  $L_0 + 2b$  باید مورد استفاده قرار گیرد مگر اینکه مواد کافی نباشد. در صورتیکه پهنای طول موازی آزمون کمتر ۲۰ میلیمتر باشد، و در استاندارد محصول مشخص نشده باشد، طول اولیه مبناء ( $L_0$ ) باید برابر ۵۰ میلیمتر باشد. برای این نوع آزمون‌ها، طول آزاد بین فک‌ها باید برابر با  $L_0 + 3b$  باشد.

دو نوع آزمون غیر تناسبی وجود دارد، ابعاد آنها در پیوست الف-۲ آورده شده است. در هنگام اندازه‌گیری ابعادی رواداری‌های شکل مندرج در جدول الف-۲ باید بکار رود. در صورتیکه عرض محصول همان عرض آزمون باشد، سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) باید بر اساس اندازه‌گیری‌های ابعادی آزمون محاسبه شود. بمنظور پرهیز از اندازه‌گیری عرض آزمون در زمان آزمایش عرض اسمی آزمون می‌تواند بکار رود به شرطی که رواداری‌های آماده‌سازی و رواداری‌های شکل داده شده در جدول الف-۲ رعایت گردد.

### جدول الف-۱- ابعاد آزمونه

ابعاد بر حسب میلیمتر

نوع آزمونه	عرض $b$	طول مبناء اولیه $L_0$	طول موازی $L_c$	طول آزاد بین فکها برای آزمونه با لبه های موازی
۱	$12/5 \pm 1$	۵۰	۷۵	۸۷/۵
۲	$20 \pm 1$	۸۰	۱۲۰	۱۴۰

### جدول الف-۲- رواداریهای عرض آزمونه

ابعاد و رواداریها بر حسب میلیمتر

اندازه اسمی عرض آزمونه	رواداری آماده سازی <sup>(۱)</sup>	رواداری شکل <sup>(۲)</sup>
۱۲/۵	$\pm 0/09$	۰/۰۴۳
۲۰	$\pm 0/105$	۰/۰۵۲

(۱) رواداری 12 JS مطابق استاندارد ISO 286-2. این رواداری ها در صورتیکه مقدار اسمی سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) در محاسبات بدون اندازه گیری در نظر گرفته شده باشد بکار می رود.  
 (۲) رواداریهای IT 9 (به استاندارد ISO 286-2 مراجعه شود). حداکثر انحراف بین اندازه گیری های عرض در طول تمام طول موازی ( $L_0$ ) آزمونه.

### الف-۳ آماده سازی آزمونه

آزمونه باید بنحوی تهیه شود که خواص فلز تغییری نکند. تمام سطوحی که بوسیله برش کاری و پرس، کار سخت شده اند باید توسط ماشین کاری برداشته شود.

برای مواد خیلی نازک، توصیه می شود که تسمه هایی با عرض یکسان بریده و بصورت بسته ای که بین لایه های آن کاغذ مقاوم به روغن برشکاری قرار گرفته در آید. و قبل از ماشین کاری نهایی ابعاد آزمونه توصیه میگردد که هر بسته کوچک تسمه با تسمه های ضخیم تر در طرفین بسته شود.

در صورتیکه مقدار اسمی سطح مقطع ( $S_0$ ) بدون اندازه گیری بکار رود، مقدار داده شده در جدول الف-۲ مانند  $\pm 0/09$  میلیمتر برای عرض اسمی ۱۲/۵ میلیمتر به معنای آن است که عرض هیچ آزمونه ای نباید خارج از مقادیر داده شده زیر قرار گیرد:

$$12/5 + 0/09 = 12/59 \text{ mm}$$

$$12/5 - 0/09 = 12/41 \text{ mm}$$

### الف-۴- محاسبه سطح مقطع اولیه ( $S_0$ )

سطح مقطع اولیه باید با اندازه گیری ابعاد آزمونه محاسبه شود.

خطای محاسبه سطح مقطع نباید از  $\pm 2\%$  بیشتر شود. از آنجایی که بیشترین قسمت خطا مربوط به اندازه گیری ضخامت می باشد خطای اندازه گیری عرض نباید از  $\pm 0/2\%$  بیشتر شود

## پیوست ب

### (الزامی)

انواع آزمون‌های مورد استفاده برای سیم، میله و مقاطع با قطر یا ضخامت کمتر از چهارمیلیمتر

#### ب-۱ شکل آزمون

کلاً آزمون‌های قسمتی از محصول ماشین‌کاری نشده است (به شکل ۱۰ مراجعه شود).

#### ب-۲ ابعاد آزمون

سطح مقطع مبناء اولیه ( $L_0$ ) باید  $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  و یا  $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  گرفته شود. فاصله بین فک‌های دستگاه باید حداقل برابر  $L_0 + 50 \text{ mm}$  باشد، مانند  $250 \text{ mm}$  و  $150 \text{ mm}$ ، بجز در موارد با قطر کوچک سیم که فاصله می‌تواند برابر  $L_0$  باشد. یادآوری - در مواردی که درصد ازدیاد طول بعد از شکست محاسبه نمی‌گردد، فاصله بین فک‌ها می‌تواند حداقل  $50$  میلیمتر باشد.

#### ب-۳ آماده‌سازی آزمون‌ها

اگر محصول بصورت کلاف باشد در صاف کردن آن باید احتیاط نمود.

#### ب-۴ محاسبه سطح مقطع مبناء اولیه ( $S_0$ )

سطح مقطع مبناء اولیه ( $S_0$ ) باید با دقت  $\pm 1\%$  محاسبه شود. برای محصولات با مقطع دایره، سطح مقطع مبنای اولیه می‌تواند از متوسط حسابی دو اندازه‌گیری در دو امتداد عمود بر هم محاسبه شود. سطح مقطع مبناء اولیه می‌تواند از محاسبه جرم یک طول معین و چگالی معلوم بدست آید.

## پیوست پ

### (الزامی)

انواع آزمون مورد استفاده برای ورق ها و محصولات تخت با ضخامت برابر و یا بیشتر از ۳ میلیمتر، و سیم، میله ها و مقاطع با قطر و یا ضخامت برابر و یا بیشتر از ۴ میلیمتر

#### پ-۱ شکل آزمون

بطور کلی، آزمون ماشین کاری می شود و طول موازی باید توسط یک منحنی به انتهای فک گیر آزمون که دارای شکلی مناسب با فک دستگاه آزمون است متصل شود (به شکل ۱۱ مراجعه شود) حداقل شعاع انتقالی بین انتهای فک گیر و طول موازی باید:

$$- \quad 0.175 d \quad (d \text{ قطر طول میناء می باشد})$$

$$- \quad 12 \text{ میلیمتر برای آزمون های منشوری}$$

مقاطع، میله ها و غیره در صورت نیاز میتواند بدون نمونه سازی مورد آزمون قرار گیرد.

سطح مقطع آزمون می تواند دایره، مربع، مربع مستطیل، و یا در حالات خاص به شکل دیگری باشد.

برای آزمون های با سطح مقطع مربع مستطیل توصیه میگردد که نسبت عرض به ضخامت بیشتر از ۸:۱ نشود.

بطور کلی، قطر طول موازی آزمون استوانه ای شکل نباید کمتر از چهار میلیمتر باشد.

#### پ-۲ ابعاد آزمون

پ-۲-۱ طول قسمت موازی آزمون ماشین کاری شده

طول موازی ( $L_c$ ) باید حداقل برابر باشد با:

$$- \quad 1-1-2 \quad L_o + \frac{d}{2} \quad \text{برای آزمون های با سطح مقطع دایره ؛}$$

$$- \quad 2-1-2 \quad L_o + 1/5 \sqrt{S_o} \quad \text{برای آزمون های منشوری.}$$

بسته به نوع آزمون، در موارد وجود عدم توافق طول  $L_o + 2d$  یا  $L_o + 2\sqrt{S_o}$  باید استفاده شود مگر اینکه مواد کافی نباشد.

#### پ-۲-۲ طول آزمون ماشین کاری نشده

طول آزاد بین فک های دستگاه باید متناسب با علائم میناء دارای فاصله ای معقول باشد.

پ-۲-۳ طول میناء اولیه ( $L_o$ )

پ-۲-۳-۱ آزمون های تناسبی

بعنوان یک قاعده کلی، آزمون تناسبی در مواقعی استفاده می شود که طول میناء ( $L_o$ ) به سطح مقطع

میناء ( $S_o$ ) بوسیله معادله زیر مرتبط گردد:

$$L_o = k \sqrt{S_o}$$



که در این معادله  $K$  برابر با  $5/65$  می باشد.  
 آزمون‌ها با سطح مقطع دایره ای ترجیحاً دارای ابعاد مندرج در جدول پ-۱ می باشند.  
 معیار داده شده در پیوست ج محاسبه طول مبناء اولیه ( $L_0$ ) را با توجه به ابعاد آزمون‌ها با سطح مقطع مربع مستطیل آسان تر می نماید.

### پ-۲-۳-۲ آزمون‌های غیر تناسبی

آزمون‌های غیر تناسبی اگر در استاندارد محصول مشخص شده باشد می تواند استفاده گردد.

جدول پ-۱- آزمون‌های با سطح مقطع دایره

طول کلی $L_t$	حداقل طول مبناء $L_0$	طول مبناء اولیه $L_0 = k \sqrt{S_0}$ ( $\text{mm}^2$ )	سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) ( $\text{mm}^2$ )	قطر d (mm)	k
بسته به روش قرارگیری آزمون در فک‌های دستگاه دارد. بعنوان قاعده کلی: $L_t > L_c + 2d$ یا $4d$	۱۱۰	$100 \pm 1$	۳۱۴	$20 \pm 0.15$	۵/۶۵
	۵۵	$50 \pm 0.5$	۷۸/۵	$10 \pm 0.75$	
	۲۸	$25 \pm 0.25$	۱۹/۶	$5 \pm 0.40$	

### پ-۳ آماده سازی آزمون

رواداری‌های ابعاد متقاطع آزمون‌های ماشین کاری شده در جدول پ-۲ داده شده است.  
 مثالی از کاربرد این رواداری‌ها در زیر داده شده است:

#### پ-۳-۱ رواداریهای ماشین کاری

در صورتیکه مقدار اسمی سطح مقطع ( $S_0$ ) بدون اندازه گیری بکار رود، مقدار داده شده در جدول پ-۲ مانند  $\pm 0.75$  میلیمتر برای قطر اسمی ۱۰ میلیمتر به معنای آن است که عرض هیچ آزمون‌ای نباید خارج از مقادیر داده شده زیر قرار گیرد.

$$10 + 0.75 = 10.75 \text{ mm}$$

$$10 - 0.75 = 9.25 \text{ mm}$$

مقدار داده شده در جدول پ-۲ به معنای آن است که برای آزمون‌ها با قطر اسمی ۱۰ میلیمتر و مطابق با رواداریهای ذکر شده بالا، انحراف بین حداقل و حداکثر قطر اندازه گیری شده نباید بیشتر از  $0.4$  میلیمتر باشد.

همینطور اگر حداقل قطر آزمون ۹/۹۹ میلیمتر باشد حداکثر آن نباید بیشتر از  $10.03 = 9.99 + 0.04$  میلیمتر باشد.

پ-۴ محاسبه سطح مقطع ( $S_0$ )

قطر اسمی میتواند برای محاسبه سطح مقطع آزمون با سطح مقطع دایره و مطابق رواداریهای جدول ۲ بکار رود. برای اشکال دیگر آزمون، سطح مقطع اولیه باید از اندازه گیری ابعاد مناسب که خطای هر بعد نباید از ۰/۵٪ بیشتر باشد محاسبه یابد.

جدول پ-۲- رواداریهای مرتبط به ابعاد آزمون

ابعاد و رواداریها بر حسب میلیمتر

شناسه	ابعاد اسمی متقاطع	رواداریهای ماشین کاری در ابعاد اسمی <sup>(۱)</sup>	رواداری در شکل
قطر آزمون ماشین کاری شده با سطح مقطع دایره	۳	$\pm 0/05$	$0/025$ <sup>(۲)</sup>
	$3 <$ $6 \geq$	$\pm 0/06$	$0/03$ <sup>(۲)</sup>
	$6 <$ $10 \geq$	$\pm 0/075$	$0/036$ <sup>(۲)</sup>
	$10 <$ $18 \geq$	$\pm 0/09$	$0/043$ <sup>(۲)</sup>
	$18 <$ $30 \geq$	$\pm 0/105$	$0/052$ <sup>(۲)</sup>
ابعاد متقاطع آزمون با سطح مقطع مربع مستطیل چهار طرف ماشین کاری شده		ابعاد متقاطع آزمون با سطح مقطع مربع مستطیل چهار طرف ماشین کاری شده	
ابعاد متقاطع آزمون با سطح مقطع مربع مستطیل فقط دو طرف متقابل ماشین کاری شده	۳		$0/14$ <sup>(۳)</sup>
	$3 <$ $6 \geq$		$0/18$ <sup>(۳)</sup>
	$6 <$ $10 \geq$		$0/22$ <sup>(۳)</sup>
	$10 <$ $18 \geq$		$0/27$ <sup>(۳)</sup>
	$18 <$ $30 \geq$		$0/33$ <sup>(۳)</sup>
	$30 <$ $50 \geq$		$0/39$ <sup>(۳)</sup>
<p>(۱) رواداری 12 js مطابق استاندارد ISO 286-2. این رواداری ها در صورتیکه مقدار اسمی سطح مقطع اولیه (<math>S_0</math>) در محاسبات بدون اندازه گیری در نظر گرفته شده باشد بکار می رود</p> <p>(۲) رواداریهای IT9 و (۳) رواداریهای IT 13: حداکثر انحراف بین اندازه گیری های ابعاد متقاطع مشخص شده در تمام طول موازی (<math>L_0</math>) آزمون.</p>			

## پیوست ت

### ( الزامی )

#### انواع آزمون‌های مورد استفاده برای لوله‌ها

##### ت-۱ شکل آزمون

آزمون از طولی از لوله و یا یک تسمه که از امتداد طول لوله و یا عمود بر آن بریده شده و دارای ضخامت کامل دیواره لوله می‌باشد (به اشکال ۱۲ و ۱۳ مراجعه شود) تهیه می‌گردد، آزمون با سطح مقطع دایره از دیواره لوله تهیه می‌شود.

آزمون‌های مورب، طولی و با سطح مقطع دایره ای در پیوست الف برای لوله‌های با ضخامت کمتر از ۳ میلیمتر در پیوست ب برای ضخامت‌های برابر و یا بیشتر از ۳ میلیمتر شرح داده شده است. تسمه طولی عموماً برای لوله‌ها با ضخامت بیشتر از ۰/۵ میلیمتر استفاده می‌شود.

##### ت-۲ ابعاد آزمون

##### ت-۲-۱ طول لوله

میتوان در دو انتهای طول لوله، (یعنی محل فک گیر آزمون) توپی گذاشت. طول آزاد بین هر توپی و نزدیکترین محل علامت طول مبناء باید بیش از  $D/4$  باشد. در صورت عدم توافق، طول  $D$  باید استفاده شود این در صورتی است که طول کافی از مواد در اختیار باشد. طول پیش آمدگی توپی از فک‌های دستگاه و در جهت نشانه طول مبناء نباید بیش از  $D$  باشد، و شکل آن باید طوری باشد که هیچ تاثیری در تغییر شکل طول مبناء نداشته باشد.

##### ت-۲-۲ تسمه طولی یا مورب

طول موازی ( $L_0$ ) از تسمه‌های طولی نباید تخت شود ولی انتهای فک گیر برای درگیر شده با فک‌های دستگاه می‌تواند تخت گردد.

ابعاد آزمون تهیه شده از جهت‌های مورب و یا طولی به غیر آنچه در پیوست‌های الف و ب ذکر شده می‌تواند با توجه به اطلاعات ارائه شده در استاندارد محصول استخراج گردد. پیش بینی و تمهیدات ویژه ای باید برای صاف کردن آزمون مورب بکار گرفت.

##### ت-۲-۳ آزمون با سطح مقطع دایره و تهیه شده از جداره لوله

نمونه گیری آزمون‌ها در استاندارد محصول مشخص می‌گردد.

##### ت-۳ محاسبه سطح مقطع اولیه ( $S_0$ )

سطح مقطع اولیه آزمون باید با تقریب نزدیک به  $\pm 1\%$  محاسبه گردد.

سطح مقطع اولیه آزمون طولی ویاتسمه طولی ویا مورب لوله می توانداز طریق محاسبه جرم طول معین و دانستن چگالی آنها تعیین شود  
 سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) آزمون ی تهیه شده از تسمه طولی ویا مورب باید براساس معادله زیر محاسبه شود.

$$S_0 = \frac{b}{4}(D^2 - b^2)^{1/2} + \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{b}{4} [(D - 2a)^2 - b^2]^{1/2} - \left(\frac{D - 2a}{2}\right)^2 \arcsin \frac{b}{D - 2a}$$

که در آن:

a : ضخامت جداره لوله

b : عرض متوسط تسمه ها

D : قطر خارجی

می باشد.

معادله ساده شده زیر میتواند برای آزمون های طولی و مورب استفاده شود:

$$\text{هنگامیکه } \frac{b}{D} < 0.25$$

$$S_0 = ab \left[ 1 + \frac{b^2}{6D(D - 2a)} \right]$$

$$\text{هنگامیکه } \frac{b}{D} < 0.17$$

$$S_0 = ab$$

در صورتیکه طولی از لوله به عنوان آزمون باشد، سطح مقطع اولیه ( $S_0$ ) باید از معادله زیر محاسبه شود.

$$S_0 = \pi a(D - a)$$

## پیوست ث

### (اطلاعاتی)

تمهیداتی که باید برای اندازه گیری درصد ازدیاد طول بعد از شکست بکار گرفت اگر مقدار آن کمتر از ۵٪ باشد

یکی از روشهای پیشنهادی بشرح زیر می باشد:

قبل از آزمایش یک علامت خیلی کوچک باید نزدیک انتهای یکی از طول های موازی گذاشت. از یک جفت نشانه گذار و تقسیم کننده طول موازی استفاده شود، یک کمان با علامتی در مرکز زده شود. بعد از شکست، آزمون شکسته شده باید در یک گیره جفت کننده که نیروی محوری ترجیحاً به کمک پیچ برای محکم نگه داشتن قطعات کنار یکدیگر در مدت اندازه گیری به آن اعمال می گردد گذاشته شود. کمان دوم با همان شعاع و مرکز اولیه کشیده شود و فاصله دو خراش به کمک میکروسکوپ و یا وسیله مناسب دیگر اندازه گیری شود. به منظور مجزا نمودن خراش های ریز بصورت ساده تر و قابل مشاهده تر می توان از یک فیلم رنگی بر روی آزمون قبل از آزمایش استفاده نمود.

پیوست ج  
(اطلاعاتی)

نموگرام برای محاسبه طول های مبناء آزمون های با سطح مقطع مربع مستطیل

این نموگرام با استفاده از روش همراستایی تهیه شده است.

ج-۱ روش استفاده

مراحل زیر انجام شود:

ج-۱-۱ خارج از مقیاس ها، نقاط  $a$  و  $b$  که نشانگر ضخامت و عرض آزمون مربع مستطیل می باشد انتخاب شود.

ج-۱-۲ این دو نقطه را با یک خط به هم وصل نمایید (طول خط چین یا لبه خط کش)

ج-۱-۳ طول مبناء از سمت چپ درجه بندی در نقطه تقاطع این خط و مقیاس مرکزی خوانده می شود.

مثالی از استفاده

$$b = 21 \text{ mm}$$

$$a = 15/5 \text{ mm}$$

$$L_0 = 102 \text{ mm}$$

یادآوری ها

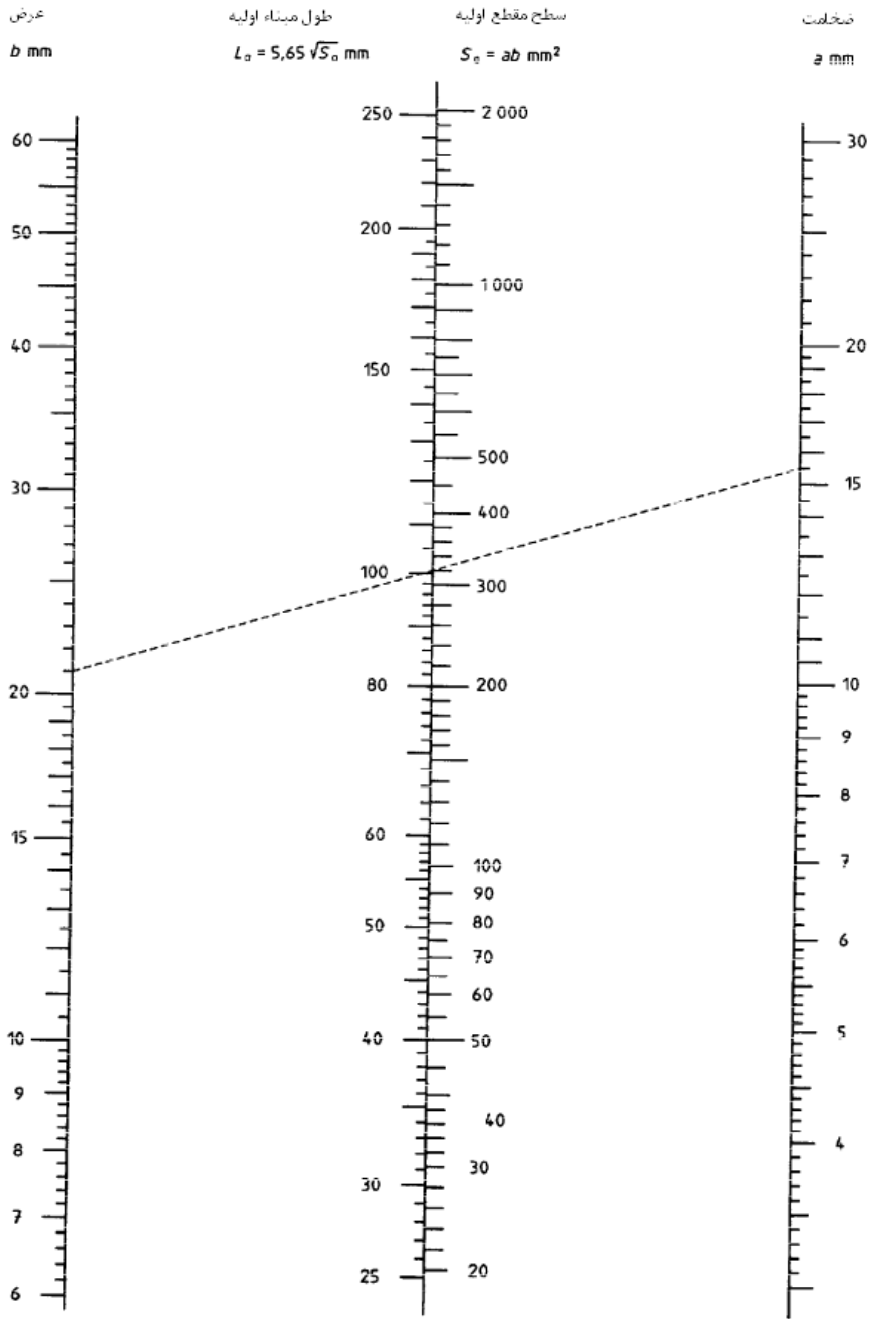
۱- خطای خواندن  $L_0$  کمتر از  $\pm 1\%$  است که به معنای آن است که این نموگرام در تمام حالات بدون محاسبه بکار می رود.

۲- خطای بزرگتر از  $\pm 1\%$  به معنای آن است که در بعضی موارد دقت مطلوب بدست نمی آید؛ لذا ترجیحاً مستقیماً از  $a$  و  $b$  محصول محاسبه می شود.

ج-۲ ترسیم نموگرام

سه خط با فواصل مساوی به موازات هم رسم نمائید و آنها را با درجه بندی لگاریتمی تقسیم نمائید بنحوی که  $lg 10$  نمایانگر ۲۵۰ میلیمتر باشد و هر سه مقیاس به طرف بالا افزایش یابند. نقاط (۲۰) و (۱۰) در مقیاسهای طرفین بایستی تقریباً در وسط صفحه قرار گیرند. دو نقطه (۱۰۹) از مقیاسهای کنار صفحه را به هم وصل نمائید.

تقاطع این خط با مقیاس مرکزی و در سمت چپ آن روی درجه بندی  $L_0$  نقطه  $56/5$  را می دهد. مقیاس سطح  $S_0$  واقع در سمت راست خط مرکزی می باشد. نقطه  $56/5$  همان نقطه ۱۰۰ در روی مقیاس سطح می باشد. درجه بندی بایستی طوری رسم شود که نیم بیشتر از ۱ باشد یعنی:  $lg 10 = 125 \text{ mm}$



پیوست چ  
(اطلاعاتی)

اندازه گیری درصد ازدیاد طول بعد از شکست بر اساس تقسیم بندی های جزئی طول  
مبنا اولیه

در صورت توافق بمنظور پرهیز از پذیرفته نشدن آزمون هایی که محل شکست آنها کاملاً مطابق شرایط بند ۱-۱۱ نباشد روش زیر می تواند استفاده شود.

- چ-۱- قبل از آزمایش طول مبنا اولیه ( $L_0$ ) را به  $N$  قسمت مساوی تقسیم بندی جزئی کرد؛
- چ-۲- بعد از آزمایش، از نماد  $X$  برای مشخص کردن علامت مبنا قطعه کوچکتر و از نماد  $Y$  برای قطعه بزرگتر استفاده شود. تقسیمات جزئی و با فاصله برابر از محل شکست را با  $X$  نشان دهید.
- اگر  $n$  تعداد فواصل بین  $X$  و  $Y$  باشد ازدیاد طول بعد از شکست بصورت زیر محاسبه می گردد:
- چ-۳- اگر  $N - n$  یک عدد زوج باشد (به شکل ز-۱ الف مراجعه شود)، فاصله بین  $X$  و  $Y$  اندازه گیری شود و به همان فاصله از  $Y$  روی درجه بندی را  $Z$  بنامید. که به اندازه  $\frac{N-n}{2}$  فاصله از  $Y$  قرار دارد؛
- با استفاده از معادله زیر درصد ازدیاد طول بعد از شکست محاسبه می گردد:

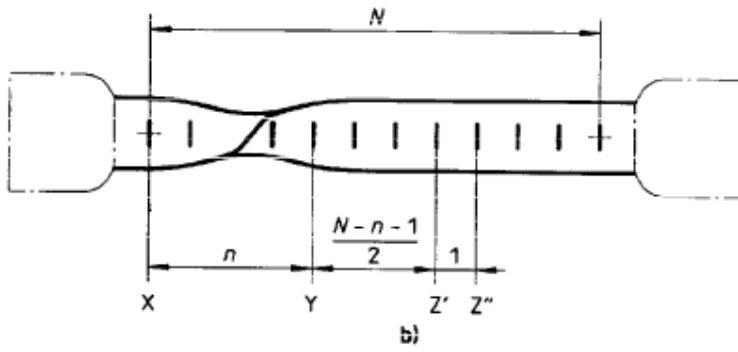
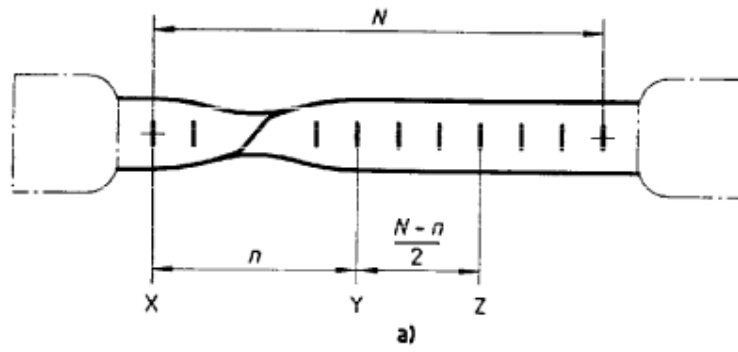
$$A = \frac{XY + 2YZ - L_0}{L_0} \times 100$$

- چ-۴- اگر  $N - n$  یک عدد فرد باشد (به شکل ز-۱ ب مراجعه شود) فاصله بین  $X$  و  $Y$  اندازه گیری شود و در روی درجه بندی  $Z'$  و  $Z''$  که بترتیب دارای فواصل  $\frac{N-n-1}{2}$  و  $\frac{N-n+1}{2}$  از  $Y$  می باشند مشخص می شود.

با استفاده از معادله زیر درصد ازدیاد طول بعد از شکست محاسبه می گردد:

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} \times 100$$





یادآوری ۱- شکل فک گیر های آزمون فقط برای راهنمایی داده شده

شکل چ-۱

## پیوست ح

### (اطلاعاتی)

#### روش دستی محاسبه درصد ازدیاد طول کلی در حداکثر نیرو برای محصولات طویل مانند میلگرد ها، سیمها، مفتول ها

روش زیر میتواند جایگزین روش اکستنسیومتر ارایه شده در بند ۱۲ گردد. در صورت عدم توافق روش اکستنسیومتر باید استفاده شود.

محاسبه درصد ازدیاد طول کلی بر اساس اندازه گیری ازدیاد طول غیر تناسبی در حداکثر نیرو روی قسمت بزرگتر آزمون شکسته شده در آزمون کشش می باشد.

قبل از آزمایش، روی طول میناء علائمی به فواصل مساوی زده میشود، طول میناء اولیه ( $L'_0$ ) مضربی از فاصله بین دو علامت می باشد. دقت نشانه زنی بر روی طول میناء اولیه ( $L'_0$ )،  $\pm 5$  میلیمتر می باشد. این طول که تابعی از مقدار درصد ازدیاد طول کلی است باید در استاندارد محصول مشخص شده باشد.

اندازه گیری طول نهایی میناء بعد از شکست ( $L'_u$ ) بر روی بزرگترین قسمت شکسته شده آزمون انجام می شود و دقت آن باید محدود به  $0.5$  میلیمتر باشد.

به منظور معتبر بودن اندازه گیری ها شرایط زیر بایستی رعایت شود:

- حدود منطقه اندازه گیری باید حداقل  $5d$  از مقطع شکست و  $2/5d$  از فک فاصله داشته باشد.
  - طول میناء اندازه گیری شده باید حداقل برابر مقدار مشخص شده در استاندارد محصول باشد.
- درصد ازدیاد طول غیر تناسبی در حداکثر نیرو با استفاده از معادله زیر محاسبه می گردد:

$$A_g = \frac{L'_u - L'_0}{L'_0} \times 100$$

درصد ازدیاد طول کلی در حداکثر نیرو با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$A_{gt} = A_g + \frac{R_m}{E} \times 100$$

## پیوست خ (اطلاعاتی)

### "منابع خطا" با رویکرد تخمین عدم قطعیت اندازه گیری در آزمون کشش

#### خ-۱ مقدمه

رویکرد تخمین عدم قطعیت اندازه گیری بر اساس مفهوم "منابع خطا" مورد استفاده در اندازه گیری رواداری های مشخص شده در استانداردهای آزمایش و کالیبراسیون طراحی شده است. بایستی توجه نمود از آنجائیکه مواد رفتار های متفاوتی در مورد بعضی از پارمتر های کنترل مانند سرعت کرنش یا سرعت تنش از خود نشان می دهند محاسبه یک مقدار خاص برای اندازه گیری عدم قطعیت تمام مواد امکان ندارد. منابع خطا ارائه شده در اینجا می تواند بعنوان حد بالایی اندازه گیری عدم قطعیت برای آزمونهای آزمایشگاهی مورد استفاده مطابق این استاندارد در نظر گرفته شود (دستگاه آزمون و اکستنسیومتر کلاس ۱).

باید توجه نمود که هنگام ارزیابی پراکندگی کلی در نتایج آزمایشگاهی عدم قطعیت در اندازه گیری باید در کل بصورت پراکندگی همگرا مربوط به ناهمگنی مواد دیده شود. رویکرد آماری به مقایسه آنالیز بین آزمایشگاهی (آزمایشات رون روبین<sup>۱</sup>) که در پیوست داده شده دو عامل شرکت کننده در پراکندگی را از هم جدا نمی کند. حسن دیگر رویکرد برای تخمین پراکندگی بین آزمایشگاهی بکار گیری مواد مرجع دارای گواهینامه (CRM) که خواص مواد را تایید نموده است می باشد. انتخاب نمونه های مواد برای CRM کشش در دمای محیط در جای دیگری بحث می شود و بحر یک تنی (۷۵ نای مونیک<sup>۲</sup>) بشکل میل گرد های با قطر ۱۴ میلیمتر در پروژه ای تحت نظارت کمیته مواد مرجع (BCR) در فرآیند تایید قرار دارد.

#### خ-۲ تخمین عدم قطعیت

##### خ-۲-۱ متغیرهای مستقل مواد

رفتار ناشی از خطاهای حاصل از تنوع منابع بایستی مجموعاً با جزئیات مورد بررسی قرار گیرد و اخیراً راهنمایی برای ارزیابی و عدم قطعیت در دو سند ISO (ISO 5725-2) و راهنمای بیان عدم قطعیت در اندازه گیری) داده شده است.

در آنالیز زیر قاعده رویکرد حداقل میانه مربع ها، مورد استفاده قرار گرفته است.

رواداریها برای متغیر های متنوع آزمون خواص کششی در جدول ج-۱ به انضمام عدم قطعیت مورد انتظار داده شده است. بعلت شکل منحنی تنش-کرنش، اساساً برخی از متغیر ها می تواند با دقت بالاتر از بقیه محاسبه شود، مانند استحکام تنش بالایی  $R_{eH}$  که تنها به رواداری اندازه گیری نیرو و سطح مقطع بستگی دارد در حالیکه استحکام قراردادی  $R_p$  به نیرو، کرنش (تغییر مکان)، طول مبناء و سطح مقطع

1) Round Robin experiments

2) Nimonic 75

بستگی دارد. در مواردی که سطح مقطع (Z) کم باشد، رواداریهای اندازه گیری برای قبل و بعد از شکست باید لحاظ شود.

جدول خ-۱ خلاصه ای از حداکثر عدم قطعیت اندازه گیری قابل قبول برای بدست آوردن اطلاعات آزمون کشش

خواص کششی، % خطا						متغیر
Z	A	R <sub>p</sub>	R <sub>m</sub>	R <sub>eL</sub>	R <sub>eH</sub>	
		۱	۱	۱	۱	نیرو
	۱	۱	-	-	-	کرنش <sup>(۱)</sup> (تغییر مکان)
	۱	۱	-	-	-	طول میناء، L <sub>0</sub> <sup>(۱)</sup>
۱	-	۱	۱	۱	۱	S <sub>0</sub>
۲	-	-	-	-	-	S <sub>u</sub>
±√5	±√2	±√4	±√2	±√2	±√2	عدم قطعیت مورد انتظار

(جمع خطا با استفاده حداقل-میانگین مربع ها)

(۱) با فرض یک اکستنسیومتر کلاس ۱ که مطابق ISO 9513 کالیبره شده باشد.

### خ-۲-۲ متغیرهای وابستگی مواد

برای آزمون کشش در دمای اتاق، تنها خواص کششی که بطور مشخصی متغیرهای کنترل سرعت کرنش (یا سرعت تنش) را به مواد مربوط می کنند R<sub>eL</sub>، R<sub>eH</sub> و R<sub>p</sub> می باشند. استحکام کششی، R<sub>m</sub>، میتواند به سرعت کرنش نیز بستگی داشته باشد، به هر حال در عمل آن معمولاً در سرعت کرنش های بسیار بالاتر از R<sub>p</sub> محاسبه می شود و عموماً دارای حساسیت کم به تغییرات سرعت کرنش است.

اساساً، تعیین تمامی پاسخها به سرعت کرنش مواد قبل محاسبه منابع خطای کلی مورد نیاز خواهد بود. بعضی از حدود داده ها در دسترس است و مثال های زیر میتواند برای تخمین عدم قطعیت برای برخی از کلاسهای مواد بکار رود.

مثال های نوعی از یک دسته اطلاعات مورد کاربرد برای تعیین پاسخهای مواد به محدوده سرعت کرنش مشخص شده در این استاندارد در جداول خ-۲ و خ-۳ داده شده است و خلاصه پاسخهای تنش قراردادی برای تعداد زیادی از مواد ضمن کنترل سرعت کرنش اندازه گیری شده که در جدول خ-۲ داده شده است. اطلاعات اولیه در خصوص تنوع فولادها تحت یک سرعت تنش تنظیم شده اندازه گیری شده که ارائه گردیده.

جدول خ-۲ مثال هایی از تغییرات تنش قراردادی در دمای محیط در محدوده مجاز سرعت کرنش این استاندارد

رواداری معادل ±/.	پاسخ تنش قراردادی سرعت کرنش %	متوسط مقدار $R_{p0.2}$ Mpa	ترکیب اسمی	مواد
۰/۰۵ ۰/۹	۰/۱ ۱/۸	۶۸۰ ۳۱۵	Cr-Mo-V- Fe(bal) C- Mn-Fe(bal)	فولاد فریتیک لوله فولادی صفحه فولادی (Fe 430)
۳/۴	۶/۸	۲۳۵	17Cr, 11Ni-Fe(bal)	فولاد آستنیتی (X5Cr Ni Mo 17-12-2)
۱/۴ ۰/۹۵	۲/۸ ۱/۹	۳۲۵ ۷۹۰	18Cr, 5Fe, 2Co-Ni(bal) 24Cr, 20Co, 3Ti 1.5Mo, 1.5Al-Ni(bal)	آلیاژهای پایه نیکل Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25-20

### خ-۲-۳ اندازه گیری مجموع عدم قطعیت

تأثیر وابستگی مواد به استحکام قراردادی در محدوده مجاز مشخص شده در جدول خ-۲ را می توان با متغیر های مستقل مواد داده شده در جدول خ-۱ برای بدست آوردن یک تخمین کلی عدم قطعیت برای مواد مختلف ترکیب نمود ، مانند آنچه در جدول خ-۳ نشان داده شده است.

برای این آنالیز، مقدار کلی تغییرات استحکام قراردادی در محدوده مجاز سرعت کرنش این استاندارد نصف شده و به صورت رواداری معادل بیان شده است، مانند :

برای فولاد زنگ نزن X5 Cr Ni Mo 17-12-2 استحکام قراردادی می تواند تا ۶/۸ درصد در محدوده مجاز تغییر کند لذا این معادل رواداری ۳/۴ درصد خواهد بود. بنابراین برای فولاد زنگ نزن X5 Cr Ni Mo 17-12-2 عدم قطعیت کلی به صورت زیر داده می شود:

$$\pm \sqrt{2^2 + 3.4^2} = \pm \sqrt{15.6} = \pm 3.9\%$$

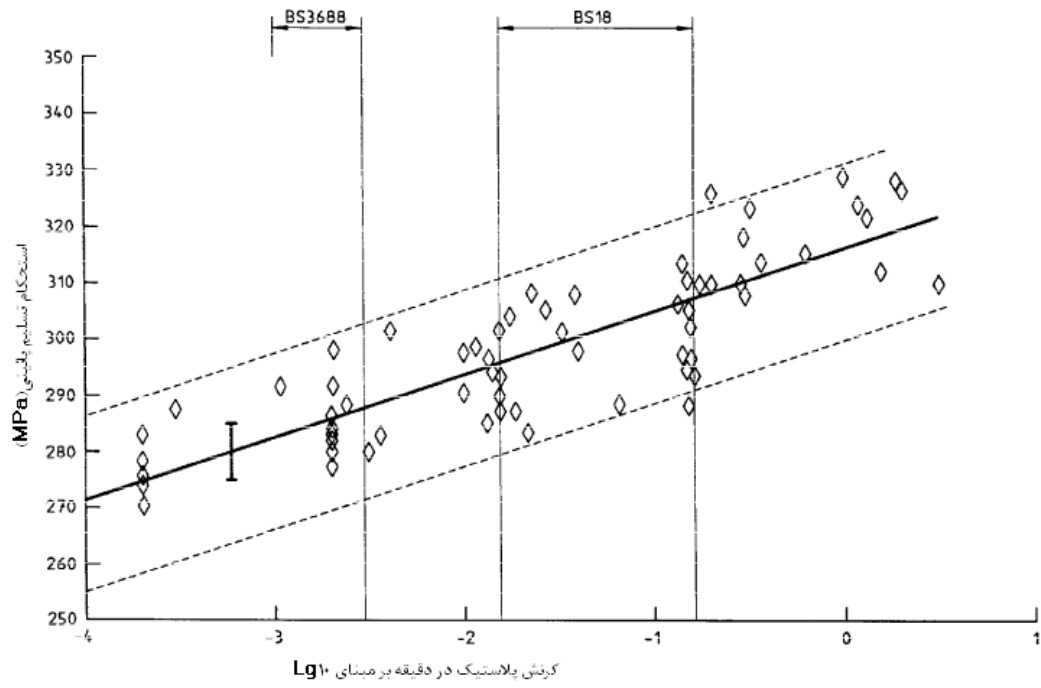
جدول خ-۳- مثال های از اندازه گیری مجموع عدم قطعیت مورد انتظار برای تعیین استحکام قراردادی در دمای محیط مطابق این استاندارد

اندازه گیری مجموع عدم قطعیت مورد انتظار $\pm\%$	مقادیر از جدول ط-۲ $\pm\%$	مقادیر از جدول ط-۱ $\pm\%$	متوسط مقدار $R_{p0.2}$ Mpa	مواد
$\sqrt{4.0}=2.0$ $\sqrt{4.8}=2.2$	۰/۰۵ ۰/۹	۲ ۲	۶۸۰ ۳۱۵	فولاد فریتیک لوله فولادی صفحه فولادی
$\sqrt{15.6}=3.9$	۳/۴	۲	۲۳۵	فولاد آستنیتی (X5Cr Ni Mo 17-12-2)
$\sqrt{6.0}=2.4$ $\sqrt{4.9}=2.2$	۱/۴ ۰/۹۵	۲ ۲	۳۲۵ ۷۹۰	آلیاژهای پایه نیکل Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25-2

### خ-۳ جمع بندی مطالب

کاربرد روش "منابع خطا" برای اندازه گیری عدم قطعیت در آزمون کشش در دمای محیط شرح داده شد و مثال هایی از چند مواد که پاسخ آن به متغیر های کشش شناخته شده بود داده شد. باید توجه نمود که محاسبه عدم قطعیت ممکن است برای اینکه متغیر وزنی مطابق با راهنمای بیان شده اندازه گیری عدم قطعیت محسوب شود نیاز به اصلاح داشته باشد و این هنگامی انجام میگردد که نظرات آزمایشگاههای اروپایی و گروه های کاری ISO تا حد مناسبی بهم نزدیک و نهایی شود. بعلاوه متغیر های دیگری میتواند در اندازه گیری خواص کششی تاثیر گذارد مانند انحناء آزمون کشش، نحوه گرفتن آزمون توسط دستگاه کشش، ویا روش کنترل دستگاه آزمون مانند کنترل با اکستنسومتر ویا کنترل بار/ سرعت حرکت فک ها که میتواند در اندازه گیری خواص کششی تاثیر گذارد. به هر حال از آنجائیکه اطلاعات کمی کافی در اختیار نمی باشد اضافه نمودن تاثیرات آنها به منابع خطا در حال حاضر امکان ندارد. همچنین باید مشخص نمود که این رویکرد منابع خطا تنها تخمینی از عدم قطعیت مربوط به تکنیک اندازه گیری را میدهد و برای پراکندگی ذاتی نتایج تجربی استناد به مواد ناهمگن مجاز نمی باشد.

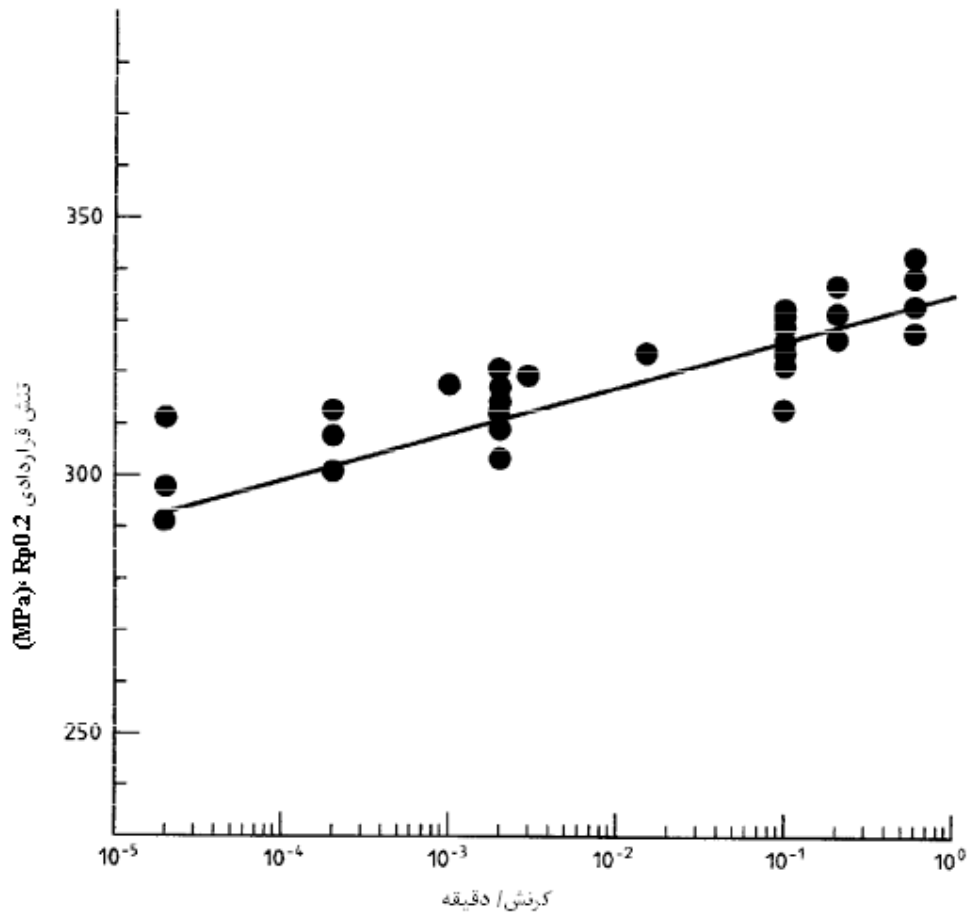
نهایتاً، این نیز باید مورد توجه قرار گیرد که وقتی مواد مرجع در دسترس قرار میگیرند آنها میانگین های مفیدی از اندازه گیری کلی عدم قطعیت روی هر دستگاه آزمون که در بر گیرنده تاثیر فک ها، انحناء و غیره را ارائه میدهد که تا کنون صورت کمی بخود نگرفته اند.



راهنما

حد اکثر خطای مورد انتظار در تنش

شکل خ-۱- تغییرات استحکام پائینی ( $R_{eL}$ ) در دمای اتاق برحسب تابعی از سرعت کرنش برای ورق فولادی



شکل خ-۲-اطلاعات آزمون کشش در دمای ۲۲ درجه سلسیوس برای Ni Cr 20 Ti



## پیوست د

### (اطلاعاتی)

#### درستی آزمون کشش - نتایج حاصل از برنامه های آزمون بین آزمایشگاهی

##### د-۱ علل عدم قطعیت در آزمون کشش

درستی نتایج آزمون کشش محدود به پارامتر های مربوط به مواد، آزمون، تجهیزات آزمایش، روش آزمایش و روش محاسبه خواص مکانیکی می شود. عمدتاً، موارد ذیل را میتواند بعنوان علل عدم قطعیت ذکر نمود:

- بعضی از درجه های ناهمگنی، که حتی در مواد حاصل از یک ذوب دیده می شود؛
- شکل هندسی آزمون، روش آماده سازی و رواداری ها؛
- روش گرفتن آزمون توسط فک دستگاه کشش و هم محوری نیروی اعمالی؛
- دستگاه آزمون و سیستم های متعلقه اندازه گیری (سفتی، حرکت، کنترل، روش کار)؛
- اندازه گیری ابعاد آزمون، نشانه گذاری طول میناء، طول میناء اولیه اکستنسایومتر، اندازه گیری نیرو و ازدیاد طول؛
- دمای آزمون و سرعت بار گذاری در مراحل آزمون؛
- مجموع خطا های انسانی و نرم افزاری در محاسبه خواص کششی.

الزامات و رواداری های این استاندارد اجازه کمی نمودن تاثیر تمام این پارامتر ها را نمی دهد. آزمون های بین آزمایشگاهی برای محاسبه کلی عدم قطعیت نتایج در شرایط نزدیک انجام آزمون صنعتی می تواند بکار رود. به هر حال جدا نمودن تاثیرات مربوط به مواد که ناشی از خطا های روش آزمون است را مجاز نمی باشد.

##### د-۲ روش

نتایج دو برنامه آزمون بین آزمایشگاهی (B و A) بعنوان مثالی از انواع عدم قطعیت که نوعاً حاصل از آزمایش مواد فلزی می باشند در جدول د-۱ و د-۲ داده شده است.

برای هر یک از مواد موضوع برنامه، یک عدد ثابت که تصادفی به هر آزمون داده شده انتخاب گردیده است. و با یک مطالعه اولیه همگنی آنها را مورد بازرسی قرار داده و اطلاعات تهیه شده از خواص مکانیکی آزمون ها روی یک الگوی سری مرتبط با آزمون ها نگهداری می شود.

آزمون های نامشخص (آزمون هایی که برای آزمون کشش و استفاده معمولاً آماده سازی می شوند) به آزمایشگاههای مربوطه فرستاده می شود. تنها الزام برای آزمون ها و آزمایش آنها انطباق با استاندارد مربوطه می باشد. پیشنهاد میگردد تا آنجا که امکان دارد آزمایشات در مدت کوتاه و توسط افراد و دستگاههای یکسان انجام شود.

در جداول د-۱ و د-۲ این سه نوع از خطاها بصورت ضرایب عدم قطعیت نسبی بیان شده است.

$$UC_r = \pm 2s_r / \bar{x} (\%)$$

$$UC_L = \pm 2s_L / \bar{x} (\%)$$

$$UC_R = \pm 2s_R / \bar{x} (\%)$$

که در آن

$\bar{x}$  متوسط کلی است؛

$s_r$  انحراف از استاندارد تکرار پذیری آزمایشگاهها است؛

$s_L$  تغییر پذیری تخمینی بین آزمایشگاهها است؛

$s_R$  درستی تخمینی روش آزمون است: قابلیت تکثیر انحراف استاندارد.

این کمیتها نزدیک به سطح اطمینان ۹۵٪ از  $\bar{x}$  میباشند. آنها برای هر یک از مواد آزمون شده و هر خواصی محاسبه شده است.

### د-۳ نتایج برنامه A

جزئیات در گزارش شرح داده شده است. مواد یک آلومینیوم نرم است، آلیاژ آلومینیوم عملیات حرارتی شده، یک فولاد کم آلیاژی، یک فولاد زنگ نزن آستنیتی، یک آلیاژ پایه نیکل و یک فولاد پر آلیاژ عملیات حرارتی شده. برای هر یک از مواد، شش آزمون که باید توسط شش آزمایشگاه انجام شود. در تمام حالات، آزمون استوانه ای با قطر ۱۲/۵ میلیمتر استفاده می شود. نتایج در جدول د-۱ خلاصه شده است. در مورد فولاد کم آلیاژی برای تنش تسلیم تنها ۰/۳٪ استحکام قراردادی گزارش گردیده. مقادیر ازدیاد طول بر اساس طول میناء برابر با پنج برابر قطر طول میناء محاسبه شده است.

### د-۴ نتایج برنامه B

جزئیات در گزارش شرح داده شده است. مواد

- دو ورق با مواد فولاد کم کربن مالپیل و فولاد زنگ نزن آستنیتی (ضخامت ۲/۵mm)
- سه نوع میل گرد: یک فولاد ساختمانی، یک فولاد زنگ نزن آستنیتی، یک فولاد استحکام بالای عملیات حرارتی شده (قطر ۲۰mm)

آزمونها برای دو مواد اول بر روی آزمون تخت انجام می شود (۱۸ آزمایشگاه همکار، ۵ آزمایش برای هر مواد). عرض آزمون تخت ۲۰mm و طول میناء اولیه ۸۰mm. نتایج در جدول د-۲ خلاصه شده است. هیچ تفاوتی بین استحکام تسلیم پایینی ( $R_{eL}$ ) و استحکام قراردادی ( $R_{p0.2}$ ) در مواد با نقطه تسلیم وجود ندارد. برای آزمون استوانه ای، مقادیر ازدیاد طول بر اساس طول میناء معادل پنج برابر قطر محاسبه می شود.

جدول د - ۱ نتایج آزمونهای کشش بین آزمایشگاهی

برنامه آزمون A

مواد	Aluminium	Aluminium	Carbon steel	Austenitic stainless steel	Nickel alloy	Martensitic stainless steel
	EC-H 19	2024-T 351	C 22	X 7 Cr Ni Mo 17-12-02	Ni Cr 15 Fe 8	X 12 Cr 13

استحکام تسلیم قراردادی (۰/۲٪) MPa

متوسط کلی	158,4	362,9	402,4	480,1	268,3	967,5
UC <sub>r</sub> (%)	4,12	2,82	2,84	2,74	1,86	1,84
UC <sub>L</sub> (%)	0,42	0,98	4,04	7,66	3,94	2,72
UC <sub>R</sub> (%)	4,14	2,98	4,94	8,14	4,36	3,28

استحکام تسلیم MPa

متوسط کلی	176,9	491,3	596,9	694,6	695,9	1 253,0
UC <sub>r</sub> (%)	4,90	2,48	1,40	0,78	0,86	0,50
UC <sub>L</sub> (%)	—	1,00	2,40	2,28	1,16	1,16
UC <sub>R</sub> (%)	4,90	2,66	2,78	2,40	1,44	1,26

ازدیاد طول بر اساس طول مبناء پنج برابر قطر و بر حسب درصد

متوسط کلی	14,61	18,04	25,63	35,93	41,58	12,39
UC <sub>r</sub> (%)	8,14	6,94	6,00	3,96	3,22	7,22
UC <sub>L</sub> (%)	4,06	17,58	8,18	14,36	7,00	13,70
UC <sub>R</sub> (%)	9,10	18,90	10,12	14,90	7,72	15,48

کاهش سطح مقطع بر حسب درصد

متوسط کلی	79,14	30,31	65,59	71,49	59,34	50,49
UC <sub>r</sub> (%)	4,86	13,80	2,56	2,78	2,28	7,38
UC <sub>L</sub> (%)	1,46	19,24	2,88	3,54	0,68	13,78
UC <sub>R</sub> (%)	5,08	23,66	3,84	4,50	2,38	15,62

جدول د - ۲ نتایج آزمونهای کشش بین آزمایشگاهی

برنامه آزمون B

مواد	Low carbon steel	Austenitic stainless steel	Constructional steel	Austenitic stainless steel	High strength steel
نوع فولاد	HR 3 (ISO)	X 2 Cr Ni 18-10	Fe 510 C (ISO)	X 2 Cr Ni Mo 18-10	30 Ni Cr Mo 16
آزمونه	Flat	Flat	Cylindrical	Cylindrical	Cylindrical

استحکام تسلیم قرار دادی ۰/۲ درصد MPa

متوسط کلی	228,6	303,8	367,4	353,3	1 039,9
UC <sub>r</sub> (%)	4,92	2,47	2,47	5,29	1,13
UC <sub>L</sub> (%)	6,53	6,06	4,42	5,77	1,64
UC <sub>R</sub> (%)	8,17	6,54	5,07	7,83	1,99

استحکام تسلیم MPa

متوسط کلی	335,2	594,0	552,4	622,5	1 167,8
UC <sub>r</sub> (%)	1,14	2,63	1,25	1,36	0,61
UC <sub>L</sub> (%)	4,86	2,88	1,42	2,71	1,32
UC <sub>R</sub> (%)	4,99	2,98	1,90	3,03	1,45

از دیاد طول بعد از شکست بر حسب در صد

	$L_0 = 80 \text{ mm}$		$L_0 = 5 \text{ d}$		
متوسط کلی	38,41	52,47	31,44	51,86	16,69
UC <sub>r</sub> (%)	10,44	3,81	6,41	3,82	7,07
UC <sub>L</sub> (%)	7,97	12,00	12,46	12,04	11,20
UC <sub>R</sub> (%)	13,80	12,59	14,01	12,65	13,26

کاهش سطح مقطع بر حسب در صد

متوسط کلی			71,38	77,94	65,59
UC <sub>r</sub> (%)			2,05	1,99	2,45
UC <sub>L</sub> (%)			1,71	5,26	2,11
UC <sub>R</sub> (%)			2,68	5,62	3,23

---

**ICS: 77.040.10**

صفحة: ٢٥

---