



فصلنامه

دانش آزمایشگاهی ایران

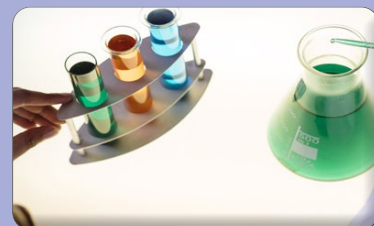
سال یازدهم ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۲ ■ شماره پیاپی ۴۳

ISSN 2538-3450



تعیین و ارزیابی منابع عدم قطعیت در آزمون کشش

حضور شبکه آزمایشگاهی و مراکز عضو در چهاردهمین نمایشگاه بین‌المللی فناوری نانو



ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری در آزمایشگاه‌ها با ارائه یک نمونه عینی



مروری بر اهمیت و طبقه‌بندی روش واکنش زنجیره پلیمرز در زمان واقعی و کاربرد آن در صنایع غذایی



ساخت نانوزیست کامپوزیت کیتوسان-هالوسیت به‌عنوان جاذب برای روش ریزاستخراج فیلم نازک



کالیبراسیون مرتبه بالا و آنالیز داده‌ها در کروماتوگرافی



نقش پایگاه داده COMAR برای مواد مرجع

نویسنده

فهیمه نوری کوهانی

دکتری فیزیک، دانشگاه قم

fahimehnoori3305@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

تعیین و ارزیابی منابع عدم قطعیت در
آزمون کشش

واژه‌های کلیدی

عدم قطعیت، دستگاه کشش، تکرارپذیری، عدم قطعیت نوع (A) و (B).

چکیده

اندازه‌گیری یک کمیت، به‌خصوص اگر این اندازه‌گیری با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی انجام شود، دچار خطاها و عدم قطعیت‌هایی در گزارش اندازه نهایی می‌شود؛ در نتیجه، باید برای به‌دست آوردن مقدار دقیق‌تر، عوامل ایجاد عدم قطعیت در مقدار نهایی، بررسی و ارزیابی شود. از این رو، در این مقاله پژوهشی-میدانی به بررسی عوامل ایجاد کننده خطا و عدم قطعیت در مقدار نهایی آزمون کشش که آزمونی پرکاربرد برای بررسی خواص مکانیکی مواد مختلف مانند فولاد در ساخت لوله‌های فولادی به‌منظور استفاده در انتقال آب، گاز و نفت بوده، پرداخته شده‌است. عدم قطعیت دستگاه به همراه عدم قطعیت حاصل از تکرارپذیری، بررسی و محاسبه شده‌است و در نهایت، تنش نهایی دستگاه کشش موجود در آزمایشگاه شرکت نورد لوله قائم قم بررسی و مقدار $72/62$ کیلوپاسکال با عدم قطعیت بسط یافته $0/63$ و با ضریب اطمینان 95 درصد محاسبه شد. همچنین با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، سهم عدم قطعیت تکرارپذیری نسبت به دیگر عوامل عدم قطعیت بیشتر است.

آزمایش کشش یکی از متداول ترین آزمایش های مکانیکی است که به منظور تعیین کمیت های سختی، استحکام و خواص شکل پذیری و چکش خواری مواد انجام می شود. در اصل، آزمایش کشش، بارگذاری نمونه با طول و سطح مقطع گیج مشخص و افزایش طول یا کرنش با نرخ ثابتی است تا نمونه دچار شکستگی^۱ شود. نیرویی که به طور معمول بار نامیده می شود باعث افزایش طول نمونه و افزایش طول گیج در طول آزمایش شده و این کار به منظور محاسبه ویژگی های مختلف مشخصه مواد انجام می شود. به طور معمول، نمونه ها دارای سطح مقطع مستطیلی یا دایره ای در ناحیه گیج هستند. تنش مهندسی که ماده در ناحیه گیج در هر لحظه از آزمایش تجربه می کند، با تقسیم نیروی وارد شده به نمونه بر سطح مقطع اولیه گیج به دست می آید و کرنش مهندسی با نسبت افزایش طول در گیج به طول اولیه گیج است [۱]. به طور معمول، در صنایع مختلف از جمله فولاد دستگاه آزمون کشش در آزمایشگاه مکانیکی آن وجود دارد؛ رویکرد این مقاله، بررسی علل مختلف بروز عدم قطعیت در آزمون کشش است. در آزمون کشش که به طور معمول با یک دستگاه یونیورسال انجام می شود، مقاومت کششی مقطع جوش لوله های فولادی برای مطالعه تعیین استحکام تسلیم، افزایش طول نقطه تسلیم، استحکام کششی، ازدیاد طول و کاهش سطح مقطع مورد بررسی قرار می گیرد [۲].

(وسط نمونه) است.

این آزمون به کمک یک دستگاه کشش^۸ انجام می شود. این دستگاه مجهز به دو فک متحرک و قدرتمند است. با قرار دادن نمونه استاندارد دمبلی شکل در دستگاه، فک ها شروع به دور شدن از هم و کشیدن نمونه می کنند. هم زمان رفتار ماده با یک رایانه رصد شده و خروجی به صورت یک نمودار روی صفحه پدیدار می شود. سطح مقطع گیج نسبت به سایر قسمت های نمونه در مرحله آماده سازی نمونه، کاهش می یابد تا تغییر شکل و شکست در این ناحیه موضعی شود [۳].

عدم قطعیت در اندازه گیری، ناشی از عوامل زیادی است. در بیشتر موارد، این مولفه ها را می توان از توزیع آماری نتایج یک سری اندازه گیری، تخمین و از طریق انحراف استاندارد ها مشخص کرد ولی از روش های دیگر به غیر از توزیع آماری مانند توزیع های احتمال فرضی بر پایه تجربه یا دیگر اطلاعات، تخمین زده می شوند که به روش اول نوع (A) و به روش دوم نوع (B) محاسبه عدم قطعیت گفته می شود [۴].

رابطه عمومی بین عدم قطعیت استاندارد مرکب $U_c(y)$ از یک مقدار (y) و عدم قطعیت عوامل مستقل x_1 و x_2 و ... و x_n که عدم قطعیت به آنها وابسته بوده به شکل زیر است (رابطه (۲)):

$$U_c(y(x_1, x_2, \dots)) = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_i^2 U(x_i)^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن:

$y(x_1, x_2, \dots)$ تابع چندین عوامل مختلف x_1, x_2, \dots و

C_i ضریب حساسیت با رابطه $C_i = \partial y / \partial x_i$ است.

دو قانون کلی و ساده برای ترکیب عدم قطعیت های

استاندارد وجود دارد:

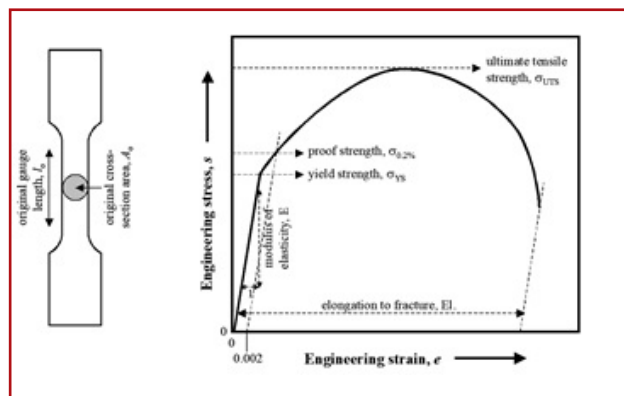
قانون اول برای مدل هایی که تنها شامل حاصل جمع و

تفریق کمیت ها هستند؛ به عنوان مثال، $y = p + q + r + \dots$

عدم قطعیت استاندارد مرکب به شکل رابطه (۳) ارائه می شود:

روش تحقیق

آزمون کشش یکی از آزمون های مخرب است که نمونه در معرض نیروی کششی تک بعدی تا نقطه شکست قرار می گیرد؛ این در حالی است که ازدیاد طول نیز به صورت هم زمان با نیروی اعمالی ثبت می شود. منحنی تنش کرنش در شکل (۱) نشان داده شده است. استحکام کششی با تقسیم بیشینه مقدار نیروی که نمونه در طول آزمون کشش تحمل می کند بر سطح مقطع اولیه نمونه محاسبه می شود [۳].



شکل (۱): منحنی تنش-کرنش و نمونه دمبلی شکل آماده شده بر اساس استاندارد [۳].

از نمودار تنش-کرنش فلزات، موارد تنش تسلیم^۲، مدول یانگ^۳، استحکام کششی^۴، تنش شکست^۵ و چقرمگی^۶ قابل استخراج است. مقدار تنش، (S) که با رابطه (۱) تعریف می شود، حاصل تقسیم نیروی وارد بر نمونه بر مساحت سطح مقطع نمونه است:

$$S = \frac{F}{A} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:

(F) نیروی کششی و (A) مساحت سطح مقطع گیج^۷

که با کالیبراسیون کردن آن، عوامل عدم قطعیت گواهی نامه کولیس نیز علاوه بر تکرارپذیری در خلاء، موثر خواهند بود. عامل مهم دیگر که در اندازه گیری با کولیس اهمیت دارد، تغییرات دما است؛ زیرا کولیس ابزاری برای اندازه گیری طول است و رابطه (۷) نشان می دهد که تغییرات دما باعث تغییر طول می شود.

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن:

(ΔT) تغییرات دما، (L_0) طول اولیه و (α) ضریب انبساط خطی است و برای فولاد مقداری برابر با $\frac{1}{K} \times 10^{-6}$ دارد. همیشه در محاسبه عدم قطعیت لازم است از روشی استفاده کرد که مقدار عدم قطعیت، کمترین مقدار خود را داشته باشد؛ بنابراین، به جای اینکه تکرارپذیری در همه عوامل بررسی شود، فقط برای عامل تنش بررسی شده است. برای هر کدام از ابعاد طول t و w ، رابطه عدم قطعیت به صورت رابطه (۸) با قانون اول عدم قطعیت بیان می شود:

$$U_w = \sqrt{U_{cal}^2 + U_{res}^2 + U_T^2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن:

(U_{res}) : عدم قطعیت زینه دستگاه کشش براساس گواهی کالیبراسیون، (U_{cal}) : عدم قطعیت گواهی کالیبراسیون و (U_T) : عدم قطعیت ناشی از تغییرات دما است. همچنین برای عامل نیرو نیز عدم قطعیتی براساس گواهی نامه کالیبراسیون به دست می آید (رابطه (۹)):

$$U_F = \sqrt{U_{cal}^2 + U_{res}^2} \quad \text{رابطه (۹)}$$

در نهایت، رابطه عدم قطعیت تنش با توجه به رابطه (۱) به صورت رابطه (۱۰) است:

$$U_\sigma = \bar{\sigma} \sqrt{\left(\frac{U_F}{F}\right)^2 + \left(\frac{U_A}{A}\right)^2} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

و روابط (۱۱) و (۱۲) مربوط به عدم قطعیت ترکیبی و گسترش یافته است:

$$U_{combined} = \sqrt{U_\sigma^2 + U_{Repet}^2} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$U_{expanded} = k \times U_{combined} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

که در آن:

(U_{Repet}) : عدم قطعیت تکرارپذیری تنش و (k) : ضریب پوشش هستند. پس از بیان تئوری عوامل ایجاد عدم قطعیت و روابط آنها، در بخش بعد، به محاسبه عدم قطعیت دستگاه کشش با اطلاعات به دست آمده پرداخته خواهد شد [۵].

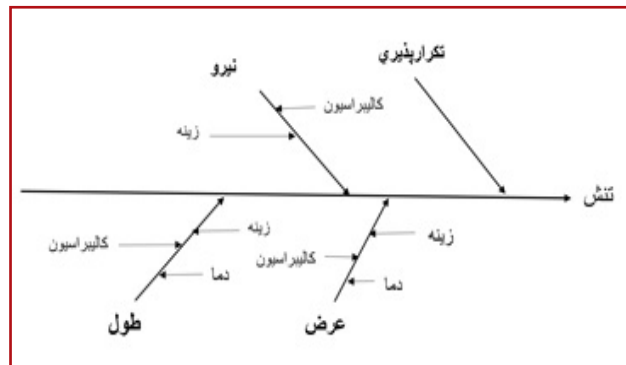
$$U_c(y(p, q, \dots)) = \sqrt{U(p)^2 + U(q)^2 + \dots} \quad \text{رابطه (۳)}$$

و قانون دوم برای مدل هایی است که تنها شامل حاصل ضرب و یا تقسیم می شوند؛ به عنوان مثال، $y = p \times q \times r \times \dots$ و یا $y = \frac{p}{q \times r \times \dots}$ در این صورت، عدم قطعیت استاندارد مرکب به شکل رابطه (۴) ارائه می شود:

$$U_c(y(p, q, \dots)) = y \sqrt{\left(\frac{U(p)}{p}\right)^2 + \left(\frac{U(q)}{q}\right)^2 + \dots} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن: $\frac{U(p)}{p}$ عدم قطعیت نسبی عامل است [۴].

برای محاسبه تنش نمونه از رابطه (۱) استفاده می شود؛ بنابراین، یک آزمون فرمول دار است و براساس رابطه دوم عدم قطعیت که برای فرمول های ضرب و تقسیم دار است، به بررسی عدم قطعیت آن پرداخته می شود. با توجه به رابطه تنش که با نیرو نسبت مستقیم دارد و با مساحت سطح مقطع نسبت عکس دارد، نیرو به طور معمول با دستگاه خوانش می شود و عدم قطعیت آن با تکرارپذیری و همچنین گواهی کالیبراسیون دستگاه قابل بررسی است. همچنین مساحت سطح مقطع نیز در عدم قطعیت نهایی تنش تاثیر دارد که به طور معمول، مستطیلی یا دایره ای است و ابعاد آن با ابزار کولیس بررسی می شود. اگر سطح مقطع مستطیلی در نظر گرفته شود، نمودار استخوان ماهی علل بروز عدم قطعیت این آزمون در شکل (۲) آورده شده است.



شکل (۲): نمودار استخوان ماهی عدم قطعیت آزمون کشش.

در نتیجه، براساس قانون دوم عدم قطعیت که بیان شد مساحت سطح مقطع مستطیلی با رابطه زیر به دست می آید:

$$A = w \times t \quad \text{رابطه (۵)}$$

و رابطه عدم قطعیت آن با استفاده از رابطه (۶) به دست می آید:

$$U_A = \bar{A} \sqrt{\left(\frac{U_w}{w}\right)^2 + \left(\frac{U_t}{t}\right)^2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

اندازه گیری عرض و طول نمونه با ابزار کولیس انجام می شود

نتایج و بحث

در شرایط یکسان به تعداد ۱۰ بار نمونه‌های آماده شده مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج به‌دست آمده از تکرار در اندازه‌گیری طول و عرض یک نمونه به تعداد ده بار در جدول (۲) آورده شده‌است. همچنین نیرویی که دستگاه برای نمونه‌های مشابه نمایش می‌دهد به تعداد ده مرتبه به صورت خوانش از دستگاه انجام شده‌است و در نهایت، به کمک رابطه تنش (رابطه (۱))، مقدار تنش به‌وجود آمده محاسبه شد. البته باید توجه داشت که در این مقاله، فقط به استحکام نهایی^۹ پرداخته شده‌است. با تجزیه و تحلیل نتایج، بعد از انجام محاسبات مربوط به انحراف استاندارد نتایج، عدم قطعیت تکرارپذیری را محاسبه و داده‌های مورد نظر در جدول (۱) ثبت شده‌است.

داده‌ها و نتایج استفاده شده در این مقاله، براساس نتایج آزمون کشش شرکت نورد لوله قائم قم به‌دست آمده‌است. از جمله موارد استفاده از آزمون کشش، ارزیابی فولاد مورد استفاده در زمینه تولید لوله‌های انتقال آب، نفت، گاز است. طبق استاندارد AWWA C200، فولاد مورد استفاده در آزمون کشش باید شکل دمبلی مشخصی برابر نمونه وجود داشته باشد و در این کارخانه به‌طور معمول از نمونه‌هایی با فولادهایی براساس استاندارد ASTM A570 با گرید ۴۵ و ۵۰ با ابعادی مطابق با استاندارد استفاده می‌شود [۶ و ۷]. تکرارپذیری، شامل عدم قطعیت آماری نوع (A) است.

جدول (۱): نتایج تکرارپذیری آزمون کشش در نقطه استحکام نهایی.

	w(mm)	t(mm)	F(N)	A = w × t	$\sigma = F/(w \times t)$ (kPa)
۱	۳۰	۶	۱۳۲۸۹	۱۸۰	۷۳/۸۳
۲	۳۰/۱	۶/۱۱	۱۳۲۹۱	۱۸۳/۹۱	۷۲/۲۷
۳	۲۹/۹	۶/۲	۱۳۲۹۲	۱۸۵/۳۵	۷۱/۷۰
۴	۳۰	۶/۱	۱۳۲۹۰	۱۸۳	۷۲/۶۲
۵	۳۰/۱	۶/۲	۱۳۲۹۰	۱۸۶/۶۲	۷۱/۲۱
۶	۲۹/۹	۶/۲	۱۳۲۹۱	۱۸۵/۳۸	۷۱/۶۹
۷	۳۰	۶/۱	۱۳۲۹۱	۱۸۳	۷۲/۶۳
۸	۳۰	۶	۱۳۲۹۰	۱۸۰	۷۳/۸۳
۹	۳۰	۶/۱	۱۳۲۹۰	۱۸۳	۷۲/۶۲
۱۰	۳۰	۶	۱۳۲۸۹	۱۸۰	۷۳/۸۳
میانگین	۳۰	۶/۱	۱۳۲۹۰/۲۰	۱۸۳/۰۳	۷۲/۶۲
انحراف از معیار	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۹۲	۲/۴۱	۰/۹۵
عدم قطعیت	۰/۰۲	۰/۰۲۶	۰/۲۹	۰/۷۶	۰/۳

با توجه به روابط (۸) عدم قطعیت در اندازه‌گیری عرض و طول و در نهایت، مساحت سطح مقطع در این جدول محاسبه شده‌است:

علاوه‌بر عدم قطعیت تکرارپذیری نمونه که ناشی از ابزار کولیس به‌دست می‌آید، مقادیر عدم قطعیت کالیبراسیون و زینه در گواهی کالیبراسیون در جدول (۲) آورده شده‌است و

جدول (۲): عدم قطعیت نمونه.

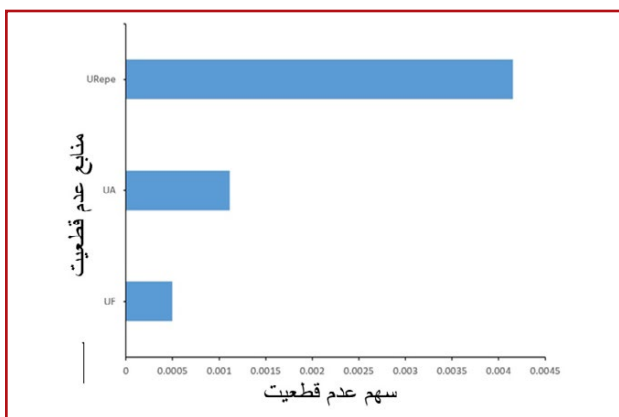
	میانگین (mm)	عوامل اولیه عدم قطعیت	نوع تابع توزیع	مقدار	بدون توزیع	عدم قطعیت ترکیب شده	بدون بعد	مساحت سطح مقطع
عدم قطعیت نمونه	t	کالیبراسیون	نرمال	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۱۱	۰/۲۰۴
		زینه	مستطیلی	۰/۰۱	۰/۰۰۲۹			
		دما	مستطیلی	۰/۰۰۰۰۶۷				
	w	کالیبراسیون	نرمال	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶			
		زینه	مستطیلی	۰/۰۱	۰/۰۰۲۹			
		دما	مستطیلی	۰/۰۰۰۳۳				

عدم قطعیت نیرو به کمک مقدار عدم قطعیت کالیبراسیون و زینه در گواهی کالیبراسیون دستگاه کشش در جدول (۳) آورده شده است:

همان‌گونه که بیان شد، تغییرات دما هنگام بررسی تغییرات طول بسیار موثر است که این تغییرات در اندازه‌گیری طول و عرض برای تغییر دمای ۱ درجه به کمک روابط (۸) و (۹) در جدول بالا محاسبه شده است. همچنین عوامل موثر بر

جدول (۳): عدم قطعیت نیرو.

بدون بعد	بدون توزیع	مقدار	نوع تابع توزیع	عوامل اولیه عدم قطعیت	میانگین (mm)	عدم قطعیت نیرو
	۶/۶۴۵	۱۳/۲۹	نرمال	cal		
۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲۹	۰/۰۱	مستطیلی	res	۱۳۲۹۰	F



شکل (۳): نمودار سهم عوامل ایجاد عدم قطعیت در آزمون کشش.

در نهایت، به کمک روابط (۱۲) و (۱۳) عدم قطعیت ترکیبی مقدار تنش نهایی $U_{combined} = 0.31$ و عدم قطعیت بسط یافته آن $U_{expanded} = 0.63$ به دست می‌آید. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، سهم عدم قطعیت ناشی از تکرارپذیری نسبت به عوامل دیگر بیشتر است که در شکل (۳) جدول سهم هر عامل عدم قطعیت در آزمون کشش آورده شده است.

نتیجه‌گیری

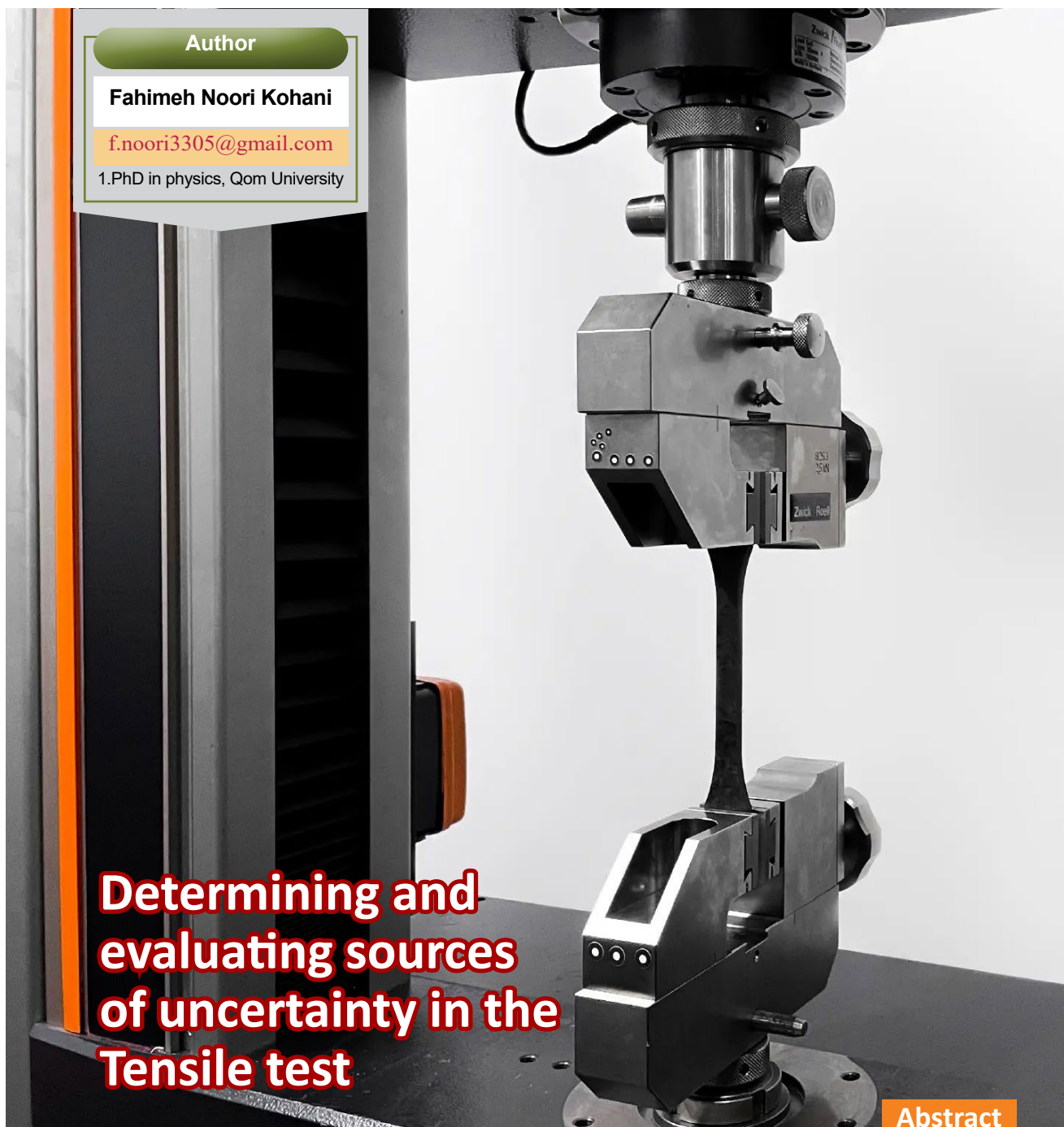
در این مقاله که حاصل مطالعه پژوهشی-میدانی است، به بررسی منابع عدم قطعیت آزمون کشش که آزمونی پرکاربرد به منظور بررسی خواص مکانیکی مواد مختلف است، پرداخته شد و به‌طور دقیق، عوامل ایجاد عدم قطعیت در این آزمون معرفی شده است. در نهایت، برای راستی‌سنجی و بررسی عوامل ایجاد عدم قطعیت از داده‌های دستگاه آزمون کشش در آزمایشگاه مکانیک شرکت نورد لوله قائم قم استفاده شد و تنش نهایی با مقدار $72/62$ کیلوپاسکال با عدم قطعیت بسط یافته 0.63 و با ضریب اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد. همچنین با توجه به اطلاعات به دست آمده، سهم عدم قطعیت تکرارپذیری نسبت به دیگر عوامل عدم قطعیت بیشتر است.

پی‌نوشت

1. Fracture
2. Yield Strength
3. Young's modulus
4. Ultimate tensile strength
5. Fracture strength
6. Toughness
7. Gage
8. Tensile
9. ultimate tensile strength (UTS)

مراجع

- [1] Tarafder S, Gupta KK. Estimation of uncertainty in mechanical testing.
- [2] ASTM I. Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products. ASTM A370. 2012.
- [3] Davis JR, editor. Tensile testing. ASM international; 2004.
- [4] Ellison SL, Williams A. Quantifying uncertainty in analytical measurement.
- [5] Gabauer W. The determination of uncertainties in tensile testing. Manual of Codes of Practice for the Determination of Uncertainties in Mechanical Tests on Metallic Materials. 2000 Sep.
- [6] Bambei, Jr JH, Keil B. Revision of the AWWA C200 Steel Water Pipe Manufacturing Standard: Consensus-Based Changes Mark Significant Improvements. In Pipelines 2013: Pipelines and Trenchless Construction and Renewals—A Global Perspective (pp. 398-410).
- [7] Kardak AA, Sinclair GB. Stress Concentration Factors for ASTM E8/E8M-16a Standard Round Specimens for Tension Testing. Journal of Testing and Evaluation. 2020 Jan 1;48(1):711-9.



Author

Fahimeh Noori Kohani

f.noori3305@gmail.com

1.PhD in physics, Qom University

Determining and evaluating sources of uncertainty in the Tensile test

Abstract

The measurement of a quantity has errors and uncertainties in the final size report, especially if this measurement is done with laboratory equipment. As a result, to obtain a more accurate value, attention is paid to the investigation and evaluation of the factors that create uncertainty in the final value. Therefore, in this research article, the factors and parameters that cause uncertainty in the final value of the tensile test, which is a widely used test for examining the mechanical properties of various materials such as steel in the construction of steel pipes for use in water, gas and oil transmission, are investigated. The device's uncertainty and the uncertainty resulting from the repeatability have been investigated and calculated. Finally, the ultimate stress of the tensile device in the laboratory of Qaem Pipe Rolling Company was investigated. The value of 72.62 kPa was calculated with an expanded uncertainty of 0.63 with a confidence factor of 95%. Also, according to the obtained information, the share of uncertainty of repeatability is more than other factors of uncertainty.

Keywords

Uncertainty, Tensile device, Repeatability, Type A and B uncertainty.



Iranian Journal of

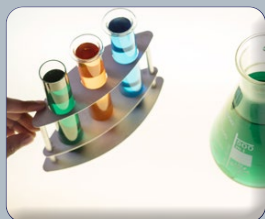
Laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 11 ■ Issue 3 ■ Fall 2023 ■ No.43



Determining and evaluating sources of uncertainty in the Tensile test



Evaluating of the measurement uncertainty in laboratories by presenting an objective example



An overview of the importance and classification of Real-Time PCR technique and its application in food industry



Preparation of a nano-biocomposite film based on halloysite-chitosan as the sorbent for thin film microextraction



High-Order Calibration and Data Analysis in Chromatography



The role of the COMAR database for reference materials