



اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی

کاربرد آزمون مهارت (Proficiency Test) در شناسایی منابع خطا در آزمایشگاه

دکتر مصطفی زاهدی

مدیر عامل شرکت داده های زمینی پارس

zahedimaz@yahoo.de

چکیده:

به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد و حصول اطمینان از اندازه گیری ها و کیفیت نتایج از منظر صحت و دقت در آزمون کشش مواد پلیمری قطعات تزریقی (Injection Molding) ویا ذوبی (Molded) تحت استاندارد ISO 527 ویا ASTM D 882 روش مشارکت در آزمون مهارت بین المللی (Proficiency test) برگزیده شد. نتایج بدست آمده از مرجع بی طرف (PT provider) در بخش کرنش (کرنش در نقطه تسلیم، کرنش در نقطه پارگی و کرنش در yield) به هیچ وجه رضایت بخش نبود ($Z.score > 10$) هرچند اندازه گیری ابعادی قطعات به مقدار زیادی همخوانی داشت. مطالعه گراف های Youden plot حاکی از آن بود که نتایج اعلام شده با خطاهای سیستماتیک و خطاهای تصادفی همراه است. در مطالعات به عمل آمده مشخص شد که دقت و صحت نتایج بشدت مشروط به رعایت دقیق شرایط آماده سازی نمونه تحت شرایط استاندارد می باشد. همچنین تعیین طول اولیه L در نمونه های دمبلی شکل برای تعیین میزان نهایی کرنش بسیار تاثیر گذار می باشد و علاوه بر آن میزان کرنش قطعات تزریقی در نقطه تسلیم و در نقطه پارگی تابعی از همسویی محل تزریق قطعات تزریقی و سمت و سوی حرکت فک و گیره دستگاه کشش است و در قطعات ذوبی برای محاسبه کرنش در نقطه پارگی ضریب پواسون یعنی ضریب نسبت کاهش ضخامت به عرض باید مد نظر قرار گیرد. پس از شناسایی منابع خطا و رفع آنها مجدداً در آزمون مهارت مشارکت گردید که اینبار نتایج کاملاً رضایت بخش بود ($Z.score < 1$). در بسیاری از آزمون ها مانند این آزمون بدون مشارکت در برنامه های آزمون مهارت و یا مقایسات آزمایشگاهی، منابع خطا براحتی آشکار نخواهند شد و آزمایشگاه قادر به اتخاذ اقدام اصلاحی مناسب نخواهد بود. بنابراین مهمترین مزیت شرکت در آزمونهای مهارت، شناسایی و کشف منابع خطا و مشکلات بالقوه در آزمایشگاه با توجه به امتیاز $Z.score$ بشمار می رود که شاخصی از ارزیابی عملکرد فنی خدمات آزمایشگاهی و تایید شایستگی انجام آزمون از طرف مرجع بیطرف می باشد.

کلمات کلیدی: آزمون مهارت، تست کشش منحنی تنش کرنش، گراف Youden، قطعات تزریقی، نسبت پواسون

۱- مقدمه:

یکی از مهم ترین و کهن ترین آزمونها برای تعیین خواص و ساختار مواد، آزمون کشش می باشد مطالعات و تحقیقات داوینچی و گالیله را باید سر منشاء شکل گیری این آزمون دانست [1] (شکل ۱)، مواد مختلف تحت تنش رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند. با پیدایش مواد پلیمری، مطالعه رفتار مواد پلیمری تحت تنش هم در بخش پژوهش و هم در بخش آزمایشگاهی از اهمیت ویژه ای برخوردار گردید و تحقیقات فراوانی از دیر باز تا کنون در خصوص تبیین عوامل موثر بر ساختار مواد پلیمری با استفاده از این آزمون صورت پذیرفته است [2-9]. برای ارزیابی خواص کششی قطعات پلیمری استاندارد ASTM D882 ویا ISO527 طراحی شده است [10-11]. از رفتار نمونه ویا قطعات تحت کشش منحنی تنش کرنش stress strain diagram طبق شکل ۲

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

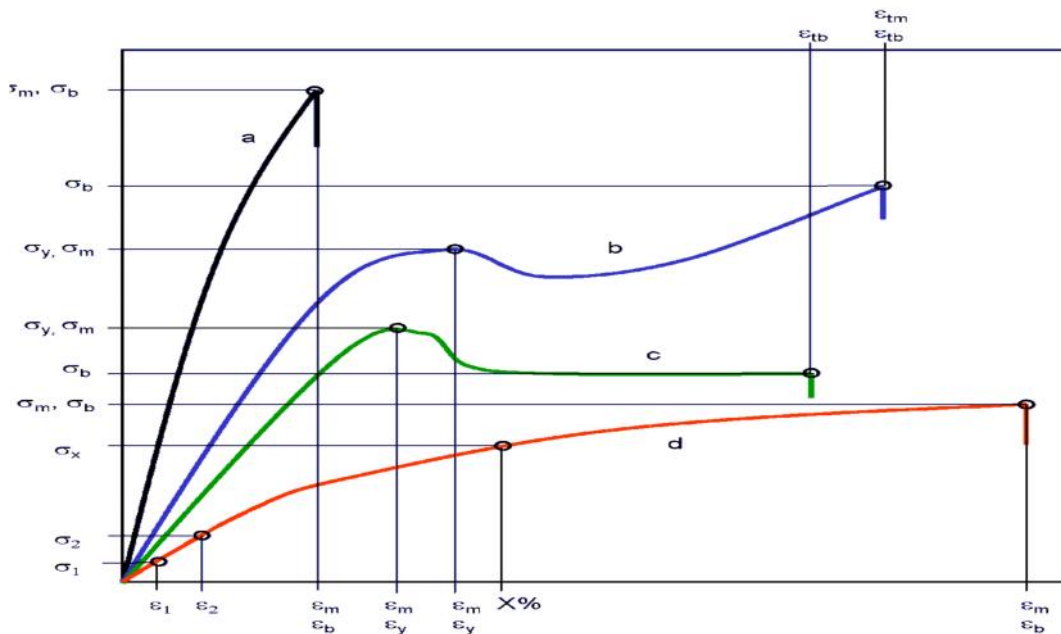
۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره‌وری و منابع انسانی

بدست می‌آید. که اطلاعات بسیار دقیق و متفاوتی از خواص ماده را برای کاربرد آن ماده مشخص می‌نماید. همانطوریکه از شکل ۲ مشخص است از منحنی رفتار مواد می‌توان به ویژگی‌های آنها پی برد. ماده a شکننده و غیر قابل انعطاف b و c در دسته مواد ترموپلاست ها با نقطه تسلیم و d در گروه الاستومرها بدون نقطه تسلیم قرار می‌گیرند. همچنین اطلاعاتی دیگری از قبیل مدول یانگ، ضریب افزایش طول از این منحنی بدست آورد.

انجام این تست در حین سادگی از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است و صحت و دقت نتایج به عوامل متعددی وابسته است. عدم توجه به این نکات می‌تواند نتایج را بشدت تحت تاثیر قرار دهد. پارامترهایی که از این تست بدست می‌آید متعدد و عوامل تاثیر گذار بر روی این پارامترها فراوان است.



شکل ۱: دستگاه کشش



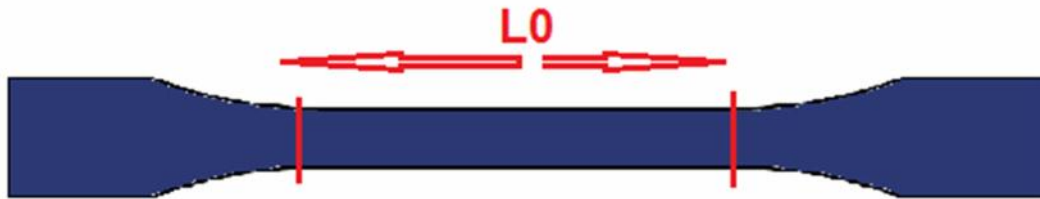
شکل ۲: منحنی تنش کرنش

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی

۲- تجربی

برای انجام آزمون ۷ قطعه نمونه دمبلی شکل تزریقی **Injection Mould** از سازمان برگزار کننده **PT provider** دریافت گردید [12]. آماده سازی طبق شرایط استاندارد صورت پذیرفت (۴۸ ساعت در دمای $C 23 \pm 2$ و رطوبت 50 ± 5). برای انجام آزمون دستگاه کشش **Instron4465** مورد استفاده قرار گرفت. قطعات پس از نشانه گذاری برای تعیین طول اولیه L_0 در دستگاه قرار گرفته و با سرعت 50 mm/min تا مرحله پارگی مورد کشش قرار می گیرد. بر اساس الزامات **EN ISO527-2** باید از میان نتایج هفت آزمون، نتیجه دو آزمون که از پراکندگی بیشتری برخوردار است به عنوان **pre test** انتخاب شود که توسط سازمان برگزار کننده **PT** از ارزیابی نهایی کنار گذاشته می شود. تمامی شش پارامتر درخواستی باید با ذکر مقدار عدم قطعیت اعلام شوند.



شکل ۳: نمونه دمبلی شکل تحت آزمون

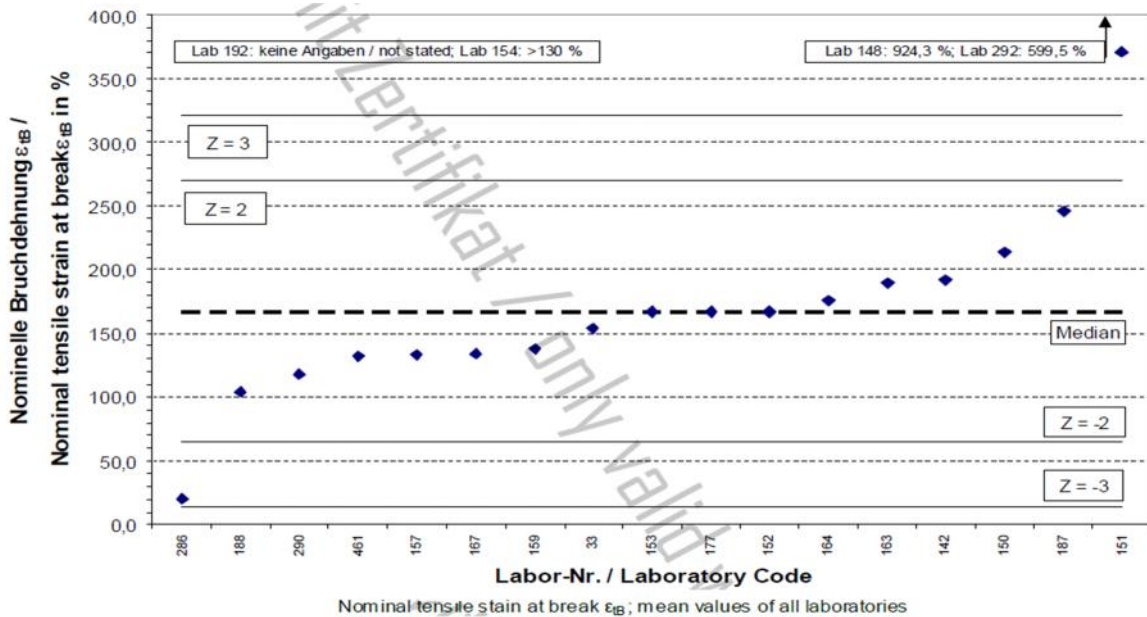
۳- ارزیابی نتایج

نتایج بدست آمده از مقایسات مهارت آزمون حاکی از آن بود که از میان ۶ نتیجه اعلام شده تنها پارامترهای مربوط به اندازه گیری تنش قابل قبول بوده و تمامی نتایج مربوط به کرنش بشدت پرت و غیر قابل قبول می باشد. جدول ۱ و شکل ۴ مقادیر **Z.score** پارامترهای آزمون و جایگاه آزمایشگاهها را با توجه به امتیاز **Z** نشان می دهد. همانطوری که مشاهده می شود آزمایشگاه شماره ۲۹۲ با مقدار کرنش در نقطه t_B با مقدار 59.5% نتایجی کاملا غیر قابل ارائه نموده است. دامنه بزرگ نتایج و عدم قطعیت بالا یکی دیگر از نشانه های تردید از صحت نتایج بشمار میرفت. ارزیابی گراف **Youden** حاکی از آن بود که نتایج هم از خطاهای سیستماتیک و هم از خطاهای تصادفی برخوردار است. در بازنگری مدیریتی تصمیم بر آن شد که از سازمان برگزار کننده مهارت آزمون، نمونه هایی با همان مشخصات قبلی درخواست گردد تا با تکرار آزمایشات به شناسایی منابع خطا پی برده و به رفع آن اقدام گردد. با دریافت نمونه ها آزمایشات تکرار و دلایل انحراف شدید از مقادیر تخصیص یافته مشخص گردید.

جدول ۱: مقادیر **Z.score** برای کلیه پارامترهای تست کشش

تنش در نقطه تسلیم Y	استحکام کششی M	استحکام در نقطه پارگی B	کرنش در نقطه تسلیم M	کرنش در نقطه t_B	کرنش در نقطه پارگی B
z.score=1	z.score=1	z.score=2	z.score=7	z.score=15	z.score=25

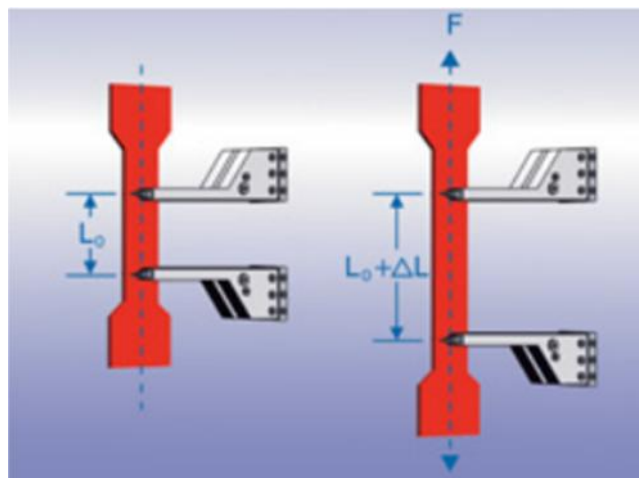
اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد
۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی



شکل ۴: پراکندگی نتایج آزمون آزمایشگاهها

نتیجه گیری :

در این پژوهش مشخص گردید که خواص کششی قطعات تزریقی (ضریب افزایش طول و استحکام کششی) به علت خواص **Anisotropic** به هنگام شکل دهی بشدت متغیر است و مقدار آنها وابسته به جهت تنش می باشد و مشخص گردید که چنانچه محل تزریق نمونه همسو در راستای محور حرکت فک و گیره در دستگاه کشش قرار گیرد، کمترین پراکندگی و بیشترین همخوانی با مقدار تخصیص یافته نمونه های استاندارد خواهد داشت. همچنین مشخص گردید که برای محاسبه ضریب افزایش طولی مقدار جابجایی **Extensometer** باید ملاک محاسبه قرار گیرد و مقدار تغییر طول نمونه L/L_0 زمانی ملاک محاسبه قرار می گیرد که خطوط نشانه گذاری شده بر روی نمونه از تغییرات **extensometer** فراتر نرود (شکل ۵) ، زیرا در بسیاری از مواقع شروع افزایش طول نمونه، خارج از محدوده **extensometer** آغاز می گردد. در این مواقع نتایج آزمون بدون محاسبه نسبت پواسون فاقد اعتبار است.

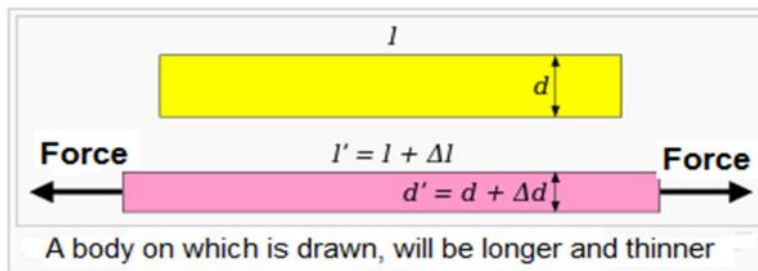


شکل ۵: تنظیم فاصله **extensometer** با مقدار نشانه طول اولیه

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی

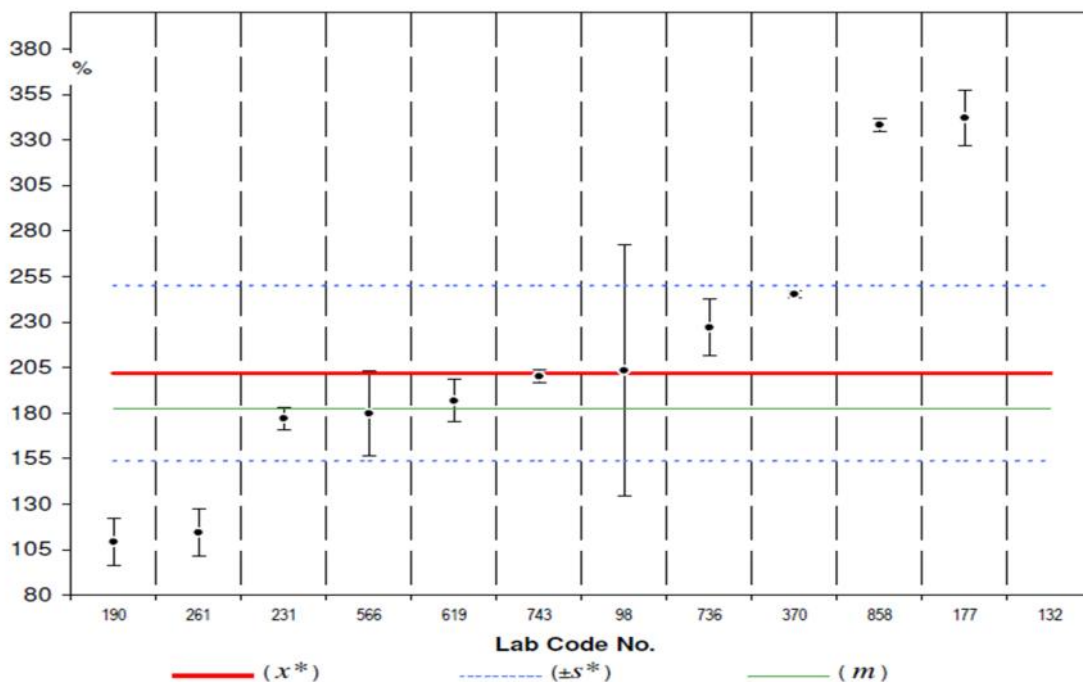
نسبت پواسون (Poisson's ratio) (μ) نسبت کرنش جانبی (عرضی) به کرنش محوری (طولی) را نسبت پواسون گویند. بر اثر اعمال تنش بر نمونه افزایش طول حادث خواهد شد (شکل ۶). افزایش طول متناسب با کاهش ضخامت و کاهش عرض همراه خواهد بود. در قطعات مستطیلی شکل که از قالب های ذوبی پانچ می گردند و نمونه های ایزوتروپیک Isotropic شروع افزایش طولی می تواند از هر نقطه ای آغاز گردد. در مواقعی که شروع افزایش طول نمونه، خارج از محدوده extensometer آغاز می گردد، باید این نسبت جهت تعیین ضریب افزایش طولی مد نظر قرار گیرد [13]. در صورت عدم رعایت این نکته مقادیر کرنش با انحراف همراه خواهد بود.



شکل ۶: مکانیزم افزایش طول بر اثر کاهش ضخامت و عرض نمونه

لذا جهت تأیید و صحه گذاری مطالب فوق، مجدداً در آزمون مهارت یک سازمان تامین کننده جدید [14] مشارکت گردید. آزمایشات طبق الزامات استاندارد انجام گردید. اینبار نتایج دریافتی طبق انتظار کاملاً رضایت بخش و امیدوار کننده بود. هم میزان پراکندگی که با دامنه مشخص می گردد و هم میزان میانگین از هم خوانی بسیار بالایی با مقادیر تخصیص (Assigned Value) یافته برخوردار بود (Lab. Cod 619) (شکل ۷ و ۸).

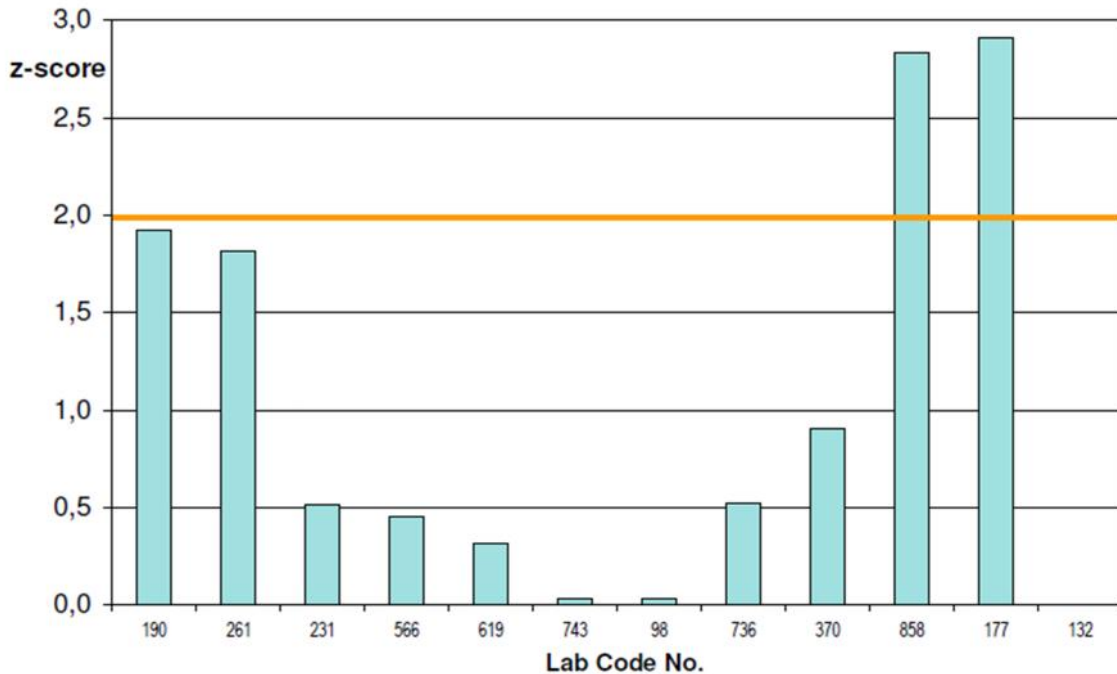
Tensile properties of plastic film - Tensile strain @ tensile strength ϵ_M
Sample A



شکل ۷: میزان پراکندگی نتایج آزمون آزمایشگاهها در پارامتر Tensile strain @ tensile strength (lab.cod 619)

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره‌وری و منابع انسانی



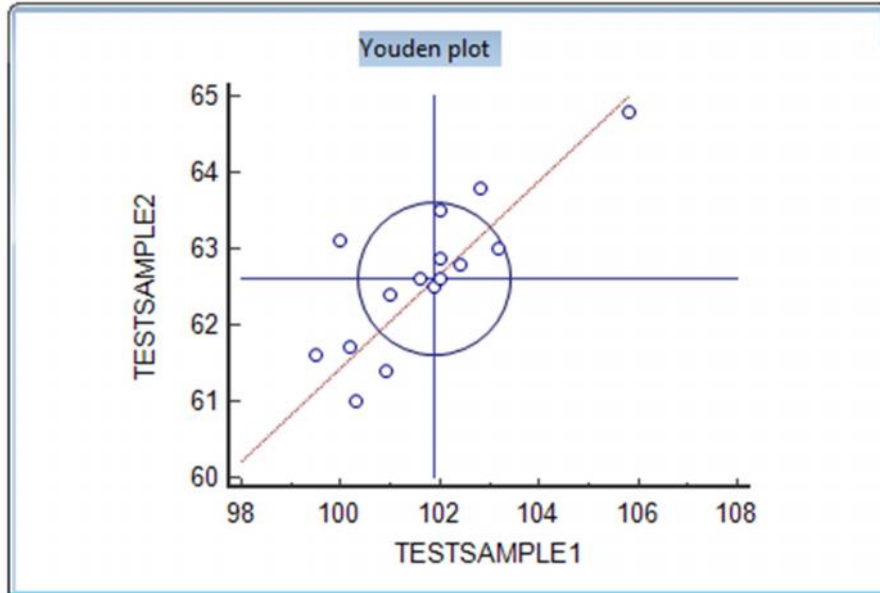
شکل ۸: مقادیر امتیاز Z.score در پارامتر Tensile strain (lab.cod 619)

با توجه به روشن شدن و صحه‌گذاری این مطلب، دستورالعمل روش اصلاحی انجام آزمون صادر و اجرایی گردید. این پژوهش نشان داد که مشارکت در آزمون مهارت یک ابزار حیاتی برای حفظ و نگهداری سطح اطمینان و ارزیابی عملکرد آزمایشگاه می‌باشد و مشارکت در PT برای آزمایشگاه بیشترین ارزش افزوده را خواهد داشت. چه آزمایشگاه برای اهداف تایید صلاحیت به شرکت در آزمون مهارت نیاز داشته باشد، چه بی‌نیاز باشد.

از جمله مزایای دیگر مشارکت در آزمون مهارت می‌توان به شناسایی آسان منبع خطا با توجه به گراف Youden plot اشاره نمود. این روش یک متد گرافیکی برای پیدا نمودن خطا از نوع سیستماتیک و خطای تصادفی می‌باشد [15]. معمولاً سازمانهای PT دو نمونه با مقادیر متفاوت ارسال می‌نمایند. در این مدل در محور افقی X نتایج اعلام شده از سوی آزمایشگاهها به ترتیب صعودی برای نمونه اول رسم میشود. در محور عمودی Y هم به همان منوال مقادیر اعلام شده از سوی آزمایشگاهها برای نمونه دوم درج می‌گردد. سپس با محاسبه مقدار میانگین برای X و Y، خطوط مربوطه بر روی محورهای مربوطه رسم می‌گردد. همچنین از محل تلاقی این دو خط به خط قطری به محل برخورد محورها رسم می‌گردد. از محل تلاقی خطوط میانگین دایره‌ای به شعاع 2s دو برابر انحراف استاندارد رسم می‌گردد (شکل ۹). تمامی نقاطی که در داخل این دایره قرار دارند نتایج قابل قبول پذیرش بوده نقاط خارج از دایره، نتایج پرت و غیر قابل قبول می‌باشند. نقاطی که در راستای قطر قرار دارند، دارای خطای سیستماتیک و نقاطی که عمود بر قطر میانی قرار دارند، دارای خطای تصادفی می‌باشند. با این روش بخوبی منبع خطا روشن می‌گردد و هر آزمایشگاه براحتی می‌تواند به رفع آنها اقدام نماید.

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی



شکل ۹: نحوه ترسیم گراف Youden

علاوه بر مزایای فوق مشارکت در PT می تواند جهت استفاده های ذیل نیز بکار گرفته شود

- ✓ تایید صلاحیت و شایستگی انجام آزمون آزمایشگاه
- ✓ ارزیابی عملکرد آزمایشگاه با روشهای کمی و معتبر آماری و مقایسه آزمایشگاههای مشابه
- ✓ مقایسه توانایی های کارکنان
- ✓ مقایسه روش ها و دستور العمل های مختلف یک آزمون
- ✓ تعیین دقت و درستی روش آزمون و عدم قطعیت آنها
- ✓ افزایش سطح آگاهی و شناسایی نیازهای آموزشی کارکنان
- ✓ بهبود عملکرد آزمایشگاه
- ✓ ارزیابی مواد مرجع استفاده شده یا تولیدی
- ✓ افزایش اعتماد در کارکنان، مدیریت و مشتریان خدمات آزمایشگاه
- ✓ افزایش اعتماد و رضایت نهادی های تایید صلاحیت و مراجع قانونی

جمع بندی:

مشارکت در مقایسات بین المللی PT امکان و فرصت بسیار مناسبی برای شناسایی مشکلات بالقوه و تصحیح آنها بعد از یک عملکرد ناموفق فراهم می آورد. با توجه به مشخص شدن مقادیر تخصیص یافته، اقلام PT را می توان برای استفاده از مقادیر مرجع داخلی، کنترل کیفیت داخلی، کالیبراسیون، آموزش کارکنان و تعیین دقت و درستی روش آزمون مانند این پژوهش استفاده نمود.

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد

۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی

مراجع:

1: Plastic: Determination of Tensile Properties
Zwick Roell, Helmut Fahrenholz, 2014

2: Siesler, H.W; Zahedi, M.
The Characterization of Polymer by Rheo-Optical Fourier Transform Infrared Spectroscopy
Journal of Macromol. Chem, 1992, 53, 89-103

3: Siesler, H.W; Zahedi, M.
Rheo optical Fourier Transform Infrared and Raman Spectroscopy of polymer
Appl. Spectroscopy, 1993-47(9), 1553

43: H.W. Siesler and Zahedi, M.
Variable Temperature rheo optical Fourier Transform infrared spectroscopy of polymer
John Wiley and Son Ltd. ISBN : 978-0-470-01662-6, 2007

5: Zahedi, M; Ahmadi, M; Nekoomanesh, M
Influence of Molecular weight Distribution on flow properties of commercial polyolefin's.
Journal of Applied polymer science, 2008, 108, 3565

6: Zahedi, M; Ahmadi, M; Nekoomanesh, M
Influence of Microstructure and Morphology stress-strain behavior of commercial High density polyethylene
Journal of Applied polymer science, 2008, 110, 624-631

7: Zahedi, M; Ahmadi, M; Nekoomanesh, M
Modeling of structure-properties relationship in polyolefin's using spline functions
The 1th. Scientific petrochemical conference, 1387, Tehran

8: مصطفی زاهدی

ضریب جهت گیری ملکولی پلیمرها به طریق نوری سیالی در جهت طولی
مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال نهم، شماره ۳۵، زمستان ۱۳۷۵

9: مصطفی زاهدی

ضریب جهت گیری ملکولی پلیمرها به طریق نوری سیالی در جهت عرضی
مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال دهم، شماره ۳۶، بهار ۱۳۷۶

10: ISO 527-2, 1993
Determination of tensile properties of plastic
Test condition for moulding and extrusion plastic

11: ASTM :D 882 - 02
Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting

12: Proficiency test
Mechanical testing of plastic, Final report
Institut für Eignungsprüfung GmbH
Am Erlenkamp 16-18, D 45657 Recklinghausen

اولین همایش سالیانه مشتریان شرکت پیشگامان کیفیت پاسارگاد
۹ آبان ۱۳۹۵ - تهران - موسسه مطالعات بهره وری و منابع انسانی

13: Limits to Poisson's ratio in isotropic materials – general result for arbitrary deformation
P. H. Mott and C. M. Roland Chemistry Division, Naval Research Laboratory, Code 6120,
Washington DC 20375-5342 (April 3, 2012)

14: OFI –Technologie & Innovation GmbH
Proficiency test Series, Interlaboratory Comparison
Austria-1030 Wien

15: Youden plot
www.medcalc.org
Easy to use statistical software