

آزمایشگاه مکانیک شکل‌دهی فلزات



پردیس مهندسی و فناوری‌های نوین-مجتمع کارگاهی و آزمایشگاهی			آدرس:
http://bitlab.shahroodut.ac.ir/Lab/ViewLab/6090			درگاه خدمت:
۱۳۹۶	سال تاسیس:	۰۲۳۳۲۳۰۰۲۵۸	تلفن:
آقای مهندس شهرام امیرعبداللهمیان	کارشناس:	آقای دکتر گردویی	مدیر:
<p>در این آزمایشگاه با اجرای آزمون‌های استاندارد، خواص مکانیکی مورد نیاز برای تحلیل و مدل‌سازی رفتار فلزات در تغییر شکل الاستیک-پلاستیک استخراج می‌شود. همچنین انواع فرایندهای شکل‌دهی حجمی و ورق‌بری لوله، تسمه، میله‌گرد و ورق فلزی و کامپوزیتی انجام می‌شود. امکان اجرای شکل‌دهی سرد و گرم (ایزوترمال) در این آزمایشگاه وجود دارد.</p>			معرفی اجمالی:

۱- دستگاه کشش-فشار ۶۰ تن سنتام



مشخصات:

- نوع سیستم عملکرد هیدرولیک (سرودرایور)
- دارای فک فشاری به قطر مفید 350 mm برای نصب قالبهای فلزی
- اندازه گیری نیرو با استفاده از لودسل متصل به فک
- مشخصات لودسل: با ظرفیت 600 kN، دقت 0.5%، عدد خوانده شده در بازه 2 تا 100% ظرفیت لودسل، درجه تفکیک $\pm \frac{1}{100000}$
- اندازه گیری جابجایی فک توسط انکودر دیجیتالی خطی
- مشخصات خط کش کدی: غیر تماسی، درجه تفکیک 0.001 mm و دقت mm 0.05
- کورس حرکتی 500 mm
- فاصله ستونها 650 mm
- قابلیت نصب لودسل با ظرفیت پایین و دقت بالا برای تستهای سبک

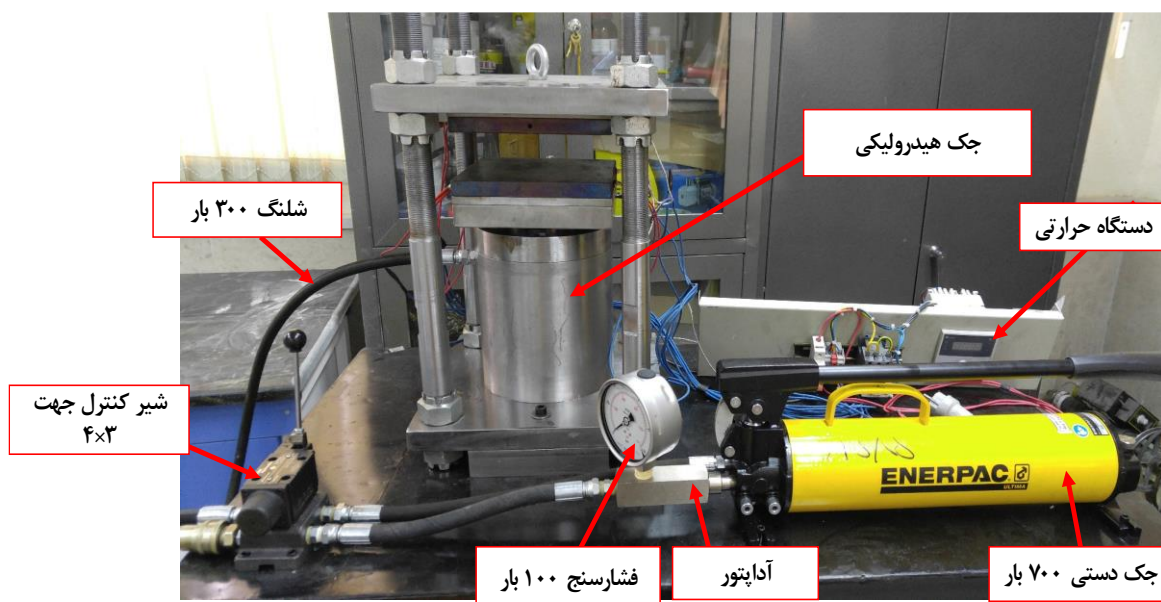
- قابلیت نصب اکستنسیومتر بر روی نمونه تست کشش
- محدوده سرعت تست در کشش و فشار: 0.01-200 mm/min
- امکان اجرای تست‌های رفت و برگشتی نیرو و جابجایی کنترل با تعداد سیکل محدود

کاربردها و قابلیت‌های موجود

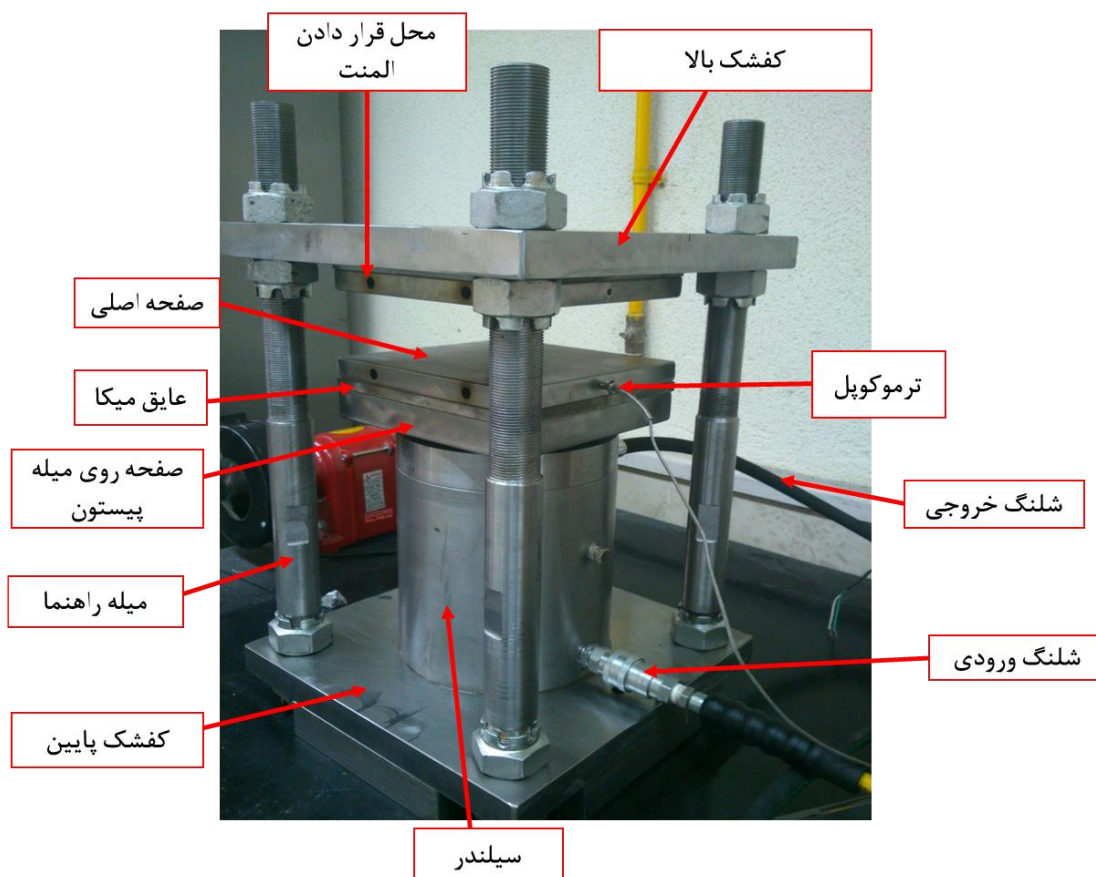
- اجرای آزمون تست کشش تک محوری مطابق استاندارد ASTM E8 برای نمونه ورق ، تسمه، میله گرد و لوله با ابعاد بزرگ و کوچک (subsize)
 - اجرای آزمون فشار محوری فلزات مطابق استاندارد ASTM E8
 - اجرای آزمون خمش سه و چهارنقطه ای مطابق استاندارد ASTM A190, A290, D790 , A370, D6272
 - استخراج مقاومت برشی اتصالات و چسب‌ها اجرای تست پوست‌کنی ASTM D1876-08 و برش مستقیم ASTM D4896
 - اندازه‌گیری مقادیر ثوابت کرنش سختی فلزات مطابق معیار توانی ASTM E646
 - اندازه‌گیری ضرایب ناهمسانگردی پلاستیک ورق‌های فلزی مطابق استاندارد ASTM E517
 - اندازه‌گیری قابلیت شکل‌پذیری ورق‌های فلزی با اجرای آزمون استاندارد ناکازیمما مطابق استاندارد ASTM E2218-15 و ترسیم منحنی های حد شکل‌دهی FLD
 - اجرای روش‌های متداول شکل‌دهی شامل خم‌کاری، اکستروژن، برشکاری، فورج و ... با امکان ارائه منحنی نیرو-جابجایی فرایند
- برای دسترسی به کاتالوگ کامل به اینک زیر مراجعه کنید:

https://iranlabexpo.ir/resource/ir_products/files/others/5/1/ma_in_13b222cd52cd1fcb77c26de5177ee7a9827.pdf

۲- پرس گرم ۱۰ تن برای ساخت ورق‌های کامپوزیتی لایه‌ای



قالب پرس گرم هیدرولیکی



اجزاء قالب پرس گرم

مشخصات :

عملگر هیدرولیکی دستی با ظرفیت: 100 kN

دارای سیستم کنترل دما با دقت $\pm 5^{\circ}\text{C}$ در محدوده $25 - 350^{\circ}\text{C}$

ابعاد میزکار: 200mm × 200 mm

کورس حرکتی: 80 mm

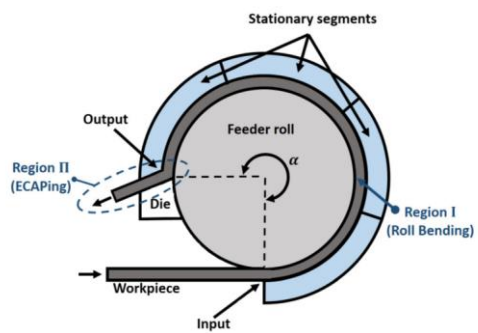
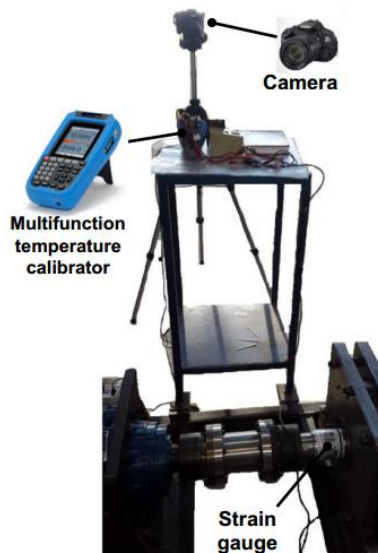
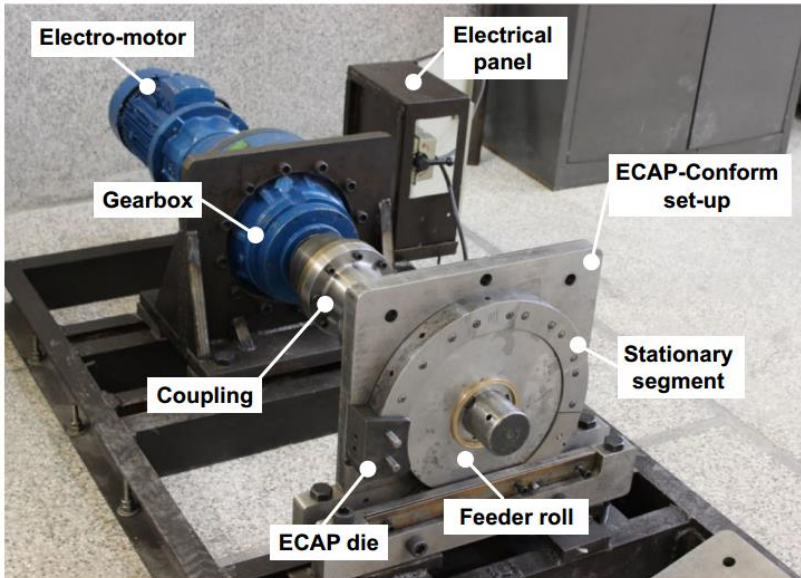
کاربردها و قابلیت‌های موجود :

برای ساخت کامپوزیت‌های چند لایه، پس از لایه‌چینی اولیه، ورق‌ها را در دما، فشار و زمان مناسب تحت پرس قرار می‌دهند. این پرس گرم هیدرولیکی با نیروی نامی 10 ton.f به کمک یک جک هیدرولیک دستی با ظرفیت 700 bar و سیستم حرارت‌دهی الکتریکی با ۸ المنت فشنگی در صفحات قالب بالا و پایین که از جنس فولاد گرم‌کار می‌باشد برای عایق‌بندی صفحات پرس، از دو تسمه عایق میکا مورد استفاده قرار گرفت. از این پرس می‌توان برای کاربردهای زیر استفاده کرد:

- تولید ورق‌های کامپوزیتی فیبر فلزی در دما و فشار مشخص
 - فشردن سازی پودرها در دمای مشخص
 - شکل دهی نمونه‌های کوچک فلزی و غیر فلزی با سرعت پایین و دمای کنترل شده
- برای اطلاع بیشتر به لینک زیر مراجعه کنید:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-018-2766-3>

۳- دستگاه اکستروژن پیوسته دورانی - Conform Extrusion



مشخصات :

موتور سه فاز با توان 4 kW

دارای گیربکس کاهنده با سرعت دورانی خروجی 2.5 RPM

دارای قابلیت کنترل سرعت دورانی بین محدوده 2.5 RPM تا 10 RPM

قابلیت اندازه‌گیری گشتاور با نصب کرنش سنج بر روی شفت مرکزی

قابلیت اندازه‌گیری و کنترل دمای قالب و فرایند در محدوده 25 °C تا 400 °C

امکان طراحی و نصب قالب اکستروود با شکل دهانه دلخواه

کاربردها و قابلیت‌های موجود :

استفاده از دستگاه ماشین‌آلات یک غلتکی برای شکل‌دهی پیوسته فلزات، فشرده کردن پودرها و مواد ضایعاتی از نظر اقتصادی بسیار پرکاربرد است. دستگاه فوق برای اکستروژن چرخشی میله‌گرد تیتانیومی، فولادی، آلومینیومی و مسی در دمای بالاتر از دمای محیط با طول بلند طراحی و ساخته شده است. از این دستگاه می‌توان برای تولید مواد فلزی فوق ریز دانه (Ultrafine grain) و پر استحکام به روش ایکپ-کانفرم از جنس تیتانیوم با کاربردهای مهندسی پزشکی در ساخت ایمپلنت‌ها نیز استفاده کرد.

برای اطلاع بیشتر به مقالات زیر مراجعه کنید:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751616123004770>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-022-07685-5>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-020-06395-3>

۴- دستگاه جوش مقاومتی نقطه‌ای Spot welder



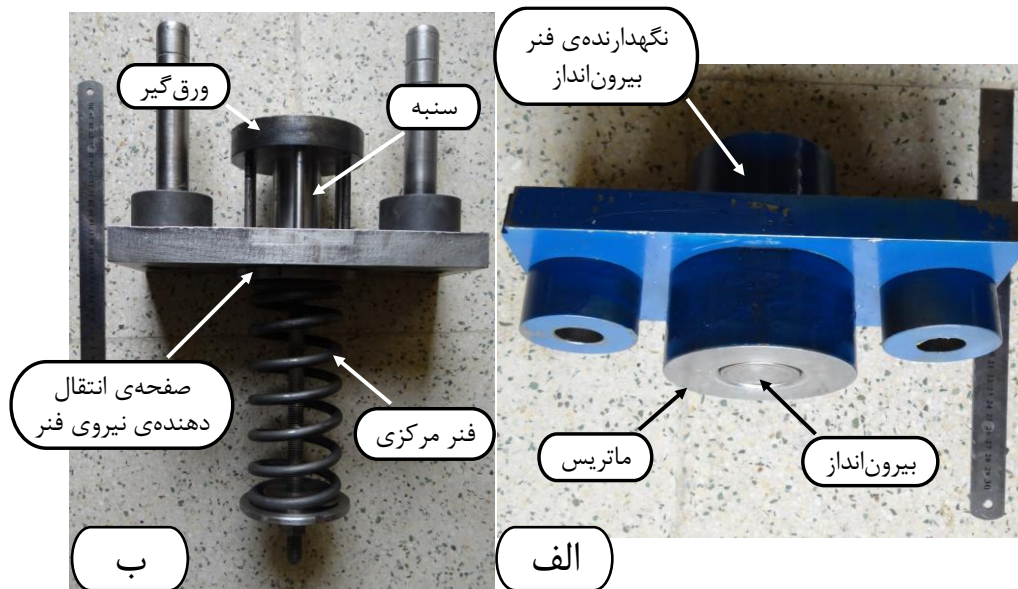
مشخصات :

Input Voltage (V)	AC230/415 ±15%
Input Power (KVA)	35
Frequency (Hz)	50/60
Maximum Current (A)	14,000
Plate Thickness (mm)	–
Duty Cycle (%)	50
Weight (Kg)	310
Dimensions (mm)	690 x 1170 x 1910

کاربردها:

جوشکاری نقطه‌ای، یکی از انواع جوشکاری مقاومتی است که از آن برای جوشکاری ورق‌ها استفاده می‌شود. به‌طور متوسط، ضخامت ورق‌هایی که با این روش جوشکاری می‌شوند، بین ۰/۵ تا ۳ میلی‌متر است. در این نوع جوشکاری از دو الکترود مسی مشابه برای متمرکز کردن جریان بر روی قطعه کار و همچنین وارد کردن فشار روی قطعه کار استفاده می‌شود. نتیجه کار، خال جوشی است که به سرعت تا نقطه ذوب آن گرم می‌شود و با قطع جریان در آن نقطه، دو قطعه کار به هم متصل می‌شوند. مقدار گرمای تولیدی به میزان و مدت زمان انتقال جریان بستگی دارد. شدت جریان و مدت زمان عبور جریان توسط عواملی نظیر جنس و ضخامت قطعه کار و همچنین نوع الکترودها، انتخاب می‌شود. این دستگاه قابلیت کنترل دقیق جریان، فشار الکترود و زمان حرارت دهی را در سه سیکل پیش گرم، جوشکاری و پس گرم دارد.

۵- قالب کشش عمیق ورق‌های فلزی



مشخصات:

برای قطر بلانک تا ۱۰۰ mm و ارتفاع کشش تا ۸۰ mm

نیروی ورق‌گیر ۵۰۰۰ kN با فنر

شرح عملکرد

کشش عمیق یکی از مهمترین فرایندهای شکل دادن ورق‌های فلزی می‌باشد و یک فرایند کشش - فشاری است، در این فرایند بلانک اولیه به وسیله اعمال نیرو از طرف سنبه، به داخل ماتریس رانده می‌شود، معمولاً ضخامت قطعه شکل داده شده با ضخامت ورق اولیه برابر است.

فرایند کشش عمیق را می‌توان از جهات مختلف دسته‌بندی کرد که در زیر یک مورد از آن را ملاحظه می‌کنید. فرایند کشش عمیق را می‌توان از نظر ضخامت قطعه به دست آمده به دو دسته تقسیم بندی کرد:

- کشش عمیق بدون کاهش ضخامت ورق

- کشش عمیق با کاهش ضخامت ورق

موارد کاربرد در صنعت

قطعات تولید شده از این فرایند کشش عمیق در صنایع خودرو سازی، الکترونیک، بسته بندی مواد غذایی و غیره کاربرد فراوانی دارد.

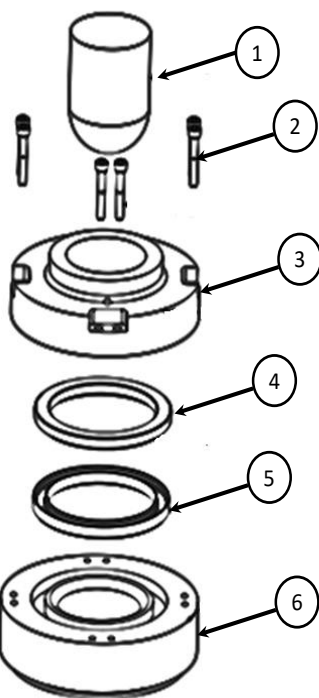
برای تولید ظروف استوانه‌ای، مخازن گاز، بدنه‌ی باتری-های خشک، قوطی‌های کنسرو و ... از عملیات کشش عمیق استفاده می‌کنند.

برای اطلاع بیشتر به مقالات زیر مراجعه کنید:

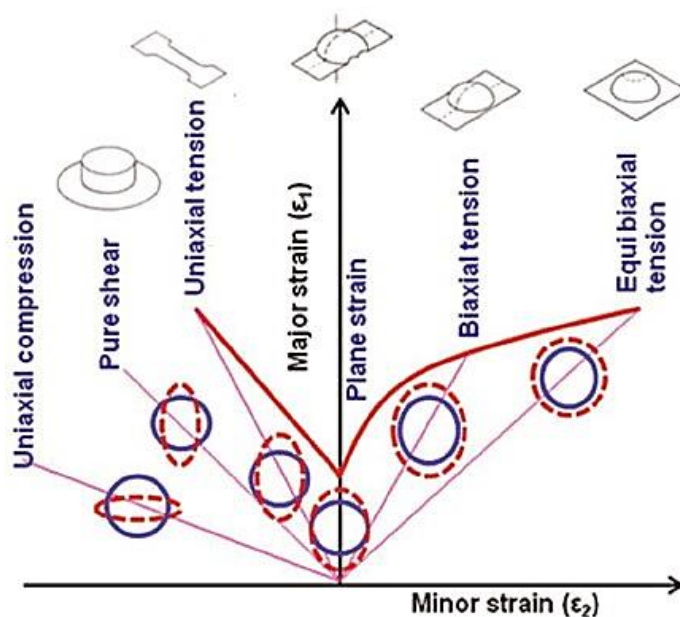
https://jcarme.sru.ac.ir/article_583.html

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002074031630159X>

۶- ستاپ ناکازيما براي استخراج منحنی حد شکل‌دهی ورق‌های فلزی (FLD)
در دماهای مختلف



شماره قطعه	نام قطعه
۱	سنبه
۲	پیچ
۳	نگهدارنده ورق
۴	ترمز
۵	ترمز
۶	ماتریس



مشخصات:

- قالب کشش سنبه سرکروی
- قطر سنبه: 85 mm
- قابلیت اندازه‌گیری و کنترل دما در محدوده 25 °C تا 400 °C
- ضخامت قابل کشش: 0.5 mm تا 2 mm
- دارای یاتاقان‌های کروی جهت حذف خطای عدم توازی سطوح
- ترسیم FLD مطابق استاندارد ASTM E2218-15

کاربرد:

در صنایع خودرو، صنایع هوایی، دریایی و صنایع نظامی توجه دوچندانی معطوف به فرآیندهای شکل‌دهی ورق‌های فلزی شده است. بررسی شکل‌پذیری ورق‌های فلزی با استفاده از منحنی‌های حد شکل‌دهی (FLD) انجام می‌گیرد. این منحنی‌ها ترکیب کرنش‌هایی را که یک ورق می‌تواند تحمل کند، نشان داده و یک مرز بحرانی برای گلوبی شدن بدست می‌دهند.

یکی از روش‌های تجربی معتبر برای به دست آوردن منحنی حد شکل‌دهی، آزمون ناکازیما (Nakazima test) است. بر این اساس که ابتدا روی نمونه‌ها گریدهای دایروی با قطر

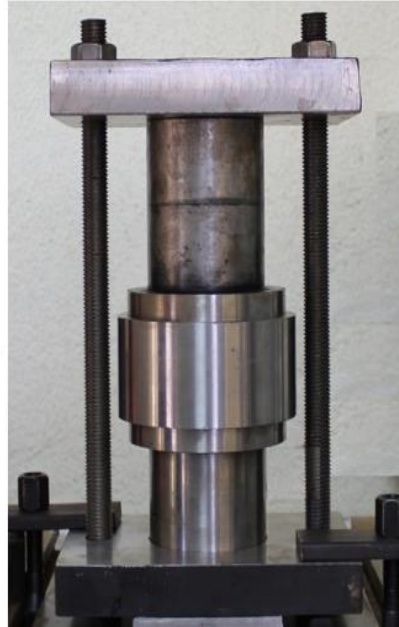
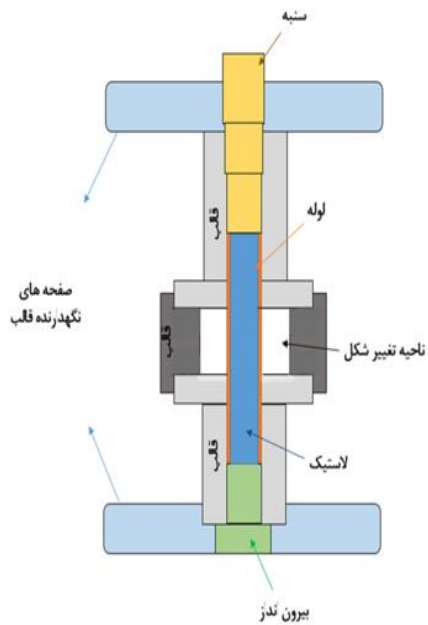
مشخص حک می شود و ورق روی ماتریس قرار می گیرد. سپس ورق گیر آن را محکم نگه داشته و سنبه سر نیم کروی به ورق فشار وارد می کند تا حدی که پارگی رخ دهد. پس از پارگی ورق، دایره ها تبدیل به بیضی خواهند شد که با اندازه گیری قطر کوچک و بزرگ بیضی و با استفاده از روابط مربوطه، کرنش های اصلی و فرعی بدست خواهد آمد.

برای اطلاع بیشتر به منابع زیر مراجعه کنید:

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1243/09544054JEM1430>

<https://www.zwickroell.com/industries/materials-testing/sheet-metal-forming/cupping-test/forming-limit-curve-flc-iso-12004>

۷- قالب شکل‌دهی لوله با بالشتک کشسان



نمونه‌های تولید شده به کمک قالب بالشتک کشسان

مشخصات:

قطر خارجی لوله مورد استفاده ۳۸ mm و طول لوله ۱۵۰ mm
 قطعات قالب فوق از جنس فولاد CK۴۵ می‌باشد که با عملیات تراشکاری ساخته، سختکاری و سطح آن پرداخت شده است.

شرح عملکرد

نحوه عملکرد مجموعه قالب انبساط‌دهی لوله به این شرح است که ابتدا لوله درون قالب قرار می‌گیرد. سپس لاستیک درون لوله جایگذاری و پس از بستن قالب به صورت کامل، سنبه در درون لوله و بر روی سطح بالایی لاستیک قرار می‌گیرد. در انتها با به حرکت در آوردن رم پرس با یک سرعت ثابت، نیروی اعمالی مورد نیاز برای فشردن لاستیک توسط سنبه تامین می‌گردد. با ایجاد فشار داخلی، لوله در ناحیه شبکه‌بندی شده انبساط می‌یابد. این افزایش فشار تا حدی ادامه می‌یابد که میزان جابه‌جایی داده شده به دستگاه اتمام پذیرد.

موارد کاربرد در صنعت

شکل دهی لوله‌ها به مقاطع پیچیده

خمکاری لبه‌های فلنچی بدون پارگی و چین خوردگی

شکل دهی ورقهای پوشش داده شده و سطوحی که لایه خاص و حساسی روی آنها قرار دارد.

شکل دادن قطعاتی که دهانه تنگتر از بدنه دارند

در صنایعی که محصولات تولیدی به لحاظ شکلی پیچیده و متفاوت هستند

قطعات تولیدی که تیراژ پایینی دارند

قطعاتی که نیاز به دقت و کیفیت سطح بالایی دارند

صنایع هوافضا و خودروسازی

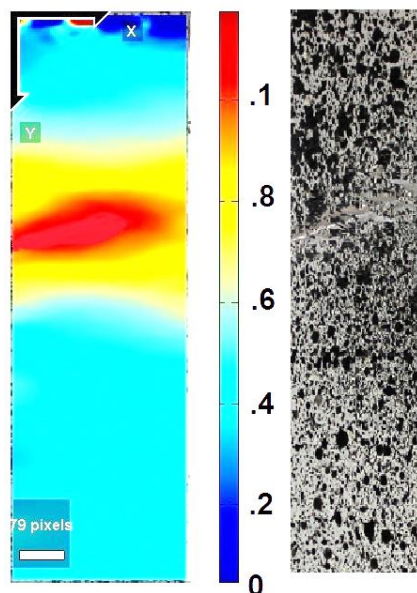
برای اطلاع بیشتر به منابع زیر مراجعه کنید:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-1425-4>

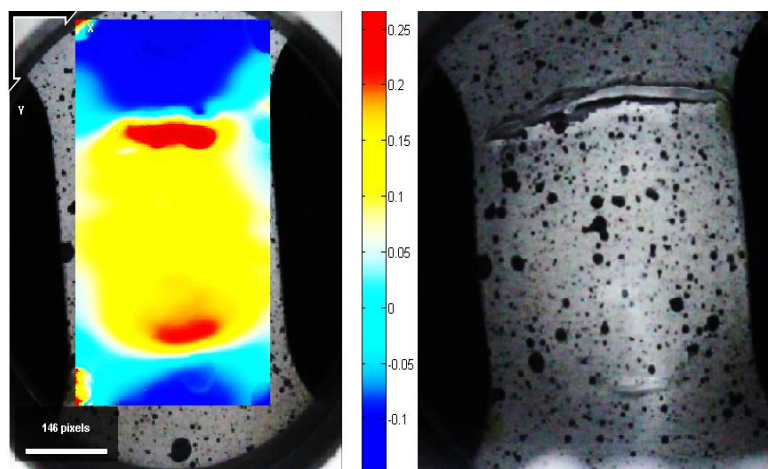
<https://mme.modares.ac.ir/article-15-6684-en.html>

۸- تجهیزات آنالیز کرنش به روش DIC





نمونه کشش تک محوره آنالیز شده با روش پیوستگی تصاویر دیجیتال



نمونه کشش خارج صفحه ای آنالیز شده با روش پیوستگی تصاویر دیجیتال

شرح عملکرد:

قطعات برش شده از ورق پس از پلیسه زدایی و تمیزکاری اولیه با استفاده از اسپری سفید و مشکی مش بندی تصادفی می شود. در حین شکل دهی این قطعات تصویر از زیر قالب با استفاده از یک آینه با زاویه استقرار ۴۵ درجه به لنز دوربین منعکس می شود. با آنالیز فریم به فریم فیلم دریافتی به روش پیوستگی تصاویر دیجیتال تحلیل کرنش در قطعه تا رسیدن به آستانه پارگی انجام میگیرد. نتایج به صورت کانتور رنگی نقاط هم کرنش در قطعه (برای ۶۰ تصویر در ثانیه) قابل ارائه است.

موارد کاربرد در صنعت:

بررسی قابلیت شکل‌دهی (Formability) ورق‌های فلزی در صنایع خودرو سازی، هوافضا و نظامی با هدف پیش‌بینی سلامت محصول و طراحی مراحل شکل‌دهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از روش آنالیز تصاویر دیجیتال گام موثری در اندازه‌گیری مولفه‌های فرآیند به صورت Offline و Online می‌باشد که در سال‌های اخیر توجه صنعتگران و پژوهشگران به خود معطوف داشته است. از مهمترین کاربردهای این روش در تخمین عمر خستگی سازه‌های مکانیکی به صورت تجربی و پیش‌بینی منحنی حدشکل‌دهی ورق‌های فلزی می‌باشد. استفاده از این روش در کنترل و اندازه‌گیری رشد ترک در روش‌های تحلیل مکانیک شکست سازه‌ها روز افزون شده است.