



نحوه مشخص کردن دستگاه پرس گرم هیدرولیک آزمایشگاه، قالب، ظرفیت نیرو، کنترل دما و سیستم خنک کاری برای آماده سازی نمونه آزمون از نظر فنی قابل دفاع.

جمع بندی انتخاب دستگاه: برای ISO 293:2023، الزامات تعیین کننده پرس صرفاً داشتن یک «پرس گرم» نیست. سیستم باید حداقل فشار حفره 12 MPa را تأمین کند، فشار مشخص شده را در محدوده $\pm 10\%$ نگه دارد، صفحات پرس را تا حداقل 320°C گرم کند، یکنواختی دمای سطح قالب را هنگام گرمایش در محدوده $\pm 2^{\circ}\text{C}$ و هنگام خنک کاری در محدوده $\pm 4^{\circ}\text{C}$ حفظ کند و روش خنک کاری انتخاب شده را اجرا نماید. پلتفرم پرس گرم هیدرولیک AHP معماری صحیح دستگاه برای این کاربرد است.

1. استاندارد ISO 293:2023 چه مواردی را کنترل می‌کند؟

استاندارد ISO 293:2023 آماده‌سازی نمونه‌های آزمون و ورق‌های ترموپلاستیک قالب‌گیری شده به روش تراکمی را تعریف می‌کند؛ این ورق‌ها می‌توانند در مراحل بعدی ماشین‌کاری یا پانچ شوند. هدف، تکرارپذیری وضعیت نمونه آزمون است: قالب‌گیری تراکمی برای دستیابی به نمونه‌های آزمون همگن و همسانگرد به کار می‌رود، مشروط بر اینکه ماده اولیه ذاتاً امکان ایجاد چنین شرایطی را داشته باشد. ویرایش 2023 همچنین تأکید می‌کند که خنک‌کاری در ناحیه تبلور، تأثیر زیادی بر پلیمرهای نیمه‌بلورین و بلورین مانند PP، PE و PB دارد؛ بنابراین کنترل خنک‌کاری یک متغیر آماده‌سازی و conditioning نمونه آزمون است، نه صرفاً یک عملکرد فرعی دستگاه.

این سند برای ترموپلاستیک‌های تقویت‌شده قابل‌کاربرد نیست. برای هر پلیمر، دمای قالب‌گیری و روش خنک‌کاری همچنان باید از استاندارد مربوط به ماده یا از توافق میان طرف‌های ذی‌نفع تعیین شود. بنابراین، ISO 293 محدوده توانمندی پرس و منطق آماده‌سازی را تعریف می‌کند، اما یک دستورالعمل عمومی دما/فشار برای همه ترموپلاستیک‌ها ارائه نمی‌دهد.

2. الزامات پرس که مستقیماً مشخصات دستگاه را تعیین می‌کنند

پیامد مهندسی	الزام ISO 293:2023	پارامتر
نیرو باید بر اساس مساحت حفره قالب، نه اندازه صفحات پرس، تعیین شود.	$12 \text{ MPa} \leq$	توانمندی فشار حفره
فشار هیدرولیک حلقه‌بسته یا پایش‌شده به‌شدت ترجیح داده می‌شود.	در محدوده $10 \pm \%$ فشار مشخص‌شده	پایداری فشار
ویرایش 2023 سطح توانمندی موردنیاز را از مقدار قدیمی 240°C افزایش داده است.	حداقل 320°C	حداکثر دمای صفحات پرس

به طراحی یکنواخت صفحات، ناحیه بندی مناسب گرم کن ها و جانمایی تأیید شده حسگر نیاز دارد.

هندسه کانال های خنک کاری و تعادل جریان سیال خنک کننده اهمیت حیاتی پیدا می کنند.

کنترل پیوسته را می توان در مرکز بین صفحات بالایی و پایینی انجام داد؛ ایجاد سوراخ های ترموکوپل در قالب مجاز است.

تمام نقاط سطح قالب در محدوده $\pm 2^{\circ}\text{C}$ یکنواختی دما - گرمایش

تمام نقاط سطح قالب در محدوده $\pm 4^{\circ}\text{C}$ یکنواختی دما - خنک کاری

مطابق ISO 293 توانمندی خنک کاری

خنک کاری کوئنچ - روش C

نزدیک به ماده قالب گیری شده اندازه گیری دما

Table – Cooling methods

Cooling method	Average cooling rate (see 3.5)	Cooling rate (see 3.6)	Remarks
	$\text{K} \cdot \text{min}^{-1}$	$\text{K} \cdot \text{h}^{-1}$	
A	10 ± 5		Quench cooling Slow cooling
B	15 ± 5		
C	60 ± 30		
D		$5 \pm 0,5$	

3. تعیین اندازه نیرو: رایج‌ترین اشتباه در انتخاب پرس

ISO 293 فشار را به صورت متعارف، حاصل تقسیم نیروی گیربندی بر مساحت حفره قالب تعریف می‌کند. بنابراین حداقل نیروی مورد نیاز برابر است با:

$$F_{min} [kN] = 12 [N/mm^2] \times A_{cavity} [mm^2] \div 1000$$

کلاس عملی پرس*	حداقل نیرو در 12 MPa (kN)	مساحت (mm ²) حفره نمونه
کلاس نامی $150 \text{ kN} \leq$	120.0	حفره مربعی $100 \text{ mm} \times 100$ 10,000
کلاس نامی $200 \text{ kN} \leq$	172.8	حفره مربعی $120 \text{ mm} \times 120$ 14,400
کلاس نامی $300 \text{ kN} \leq$	270.0	حفره مربعی $150 \text{ mm} \times 150$ 22,500
کلاس نامی $350 \text{ kN} \leq$	346.8	حفره مربعی $170 \text{ mm} \times 170$ (293:2023) 28,900
کلاس نامی $400 \text{ kN} \leq$	377.0	حفره دایره‌ای $\varnothing 200 \text{ mm}$ 31,416

*کلاس عملی، ابزاری برای کمک به انتخاب مهندسی است و الزام ISO محسوب نمی‌شود؛ تعیین اندازه نهایی باید محدوده نیروی قابل استفاده اعلام شده از سوی سازنده دستگاه و حاشیه فرایند را نیز دربرگیرد.

مثال مهم: یک حفره $100 \text{ mm} \times 100$ صرفاً برای رسیدن به 12 MPa به 120 kN نیرو نیاز دارد. یک پرس 100 kN تنها به 10 MPa می‌رسد و بنابراین برای این حفره، پایین‌تر از حداقل ISO 293:2023 است. یک پرس هیدرولیک 150 kN در همین حفره قابلیت نامی 15 MPa را فراهم می‌کند. در مقابل، یک حفره $170 \text{ mm} \times 170$ در فشار 12 MPa به 346.8 kN نیاز دارد؛ بنابراین اگر فشار بر اساس کل مساحت حفره $170 \times 170 \text{ mm}$ محاسبه شود، پرس 300 kN کافی نیست.

4. کدام معماری دستگاه AHP مناسب است؟

هنگامی که تکرارپذیری فشار مطابق ISO 293 و خنک‌کاری کنترل‌شده مورد نیاز است، پلتفرم مناسب AHP، پرس گرم هیدرولیک است، نه پرس گرم دستی. برای مثال، به توضیحات زیر درباره برخی محدوده‌های نیرو در پرس‌های گرم ما توجه کنید و هنگام ثبت سفارش، مساحت دقیق نمونه را در نظر بگیرید.

نیروی نامی AHP	حداکثر مساحت حفره در 12 MPa (mm ²)	ضلع معادل مربع	توضیح انتخاب
50 kN	4,167	64.5 mm × 64.5	برای حفره ورق 100 mm × 100 mm مطابق سبک ISO در فشار 12 MPa بسیار کوچک است.
100 kN	8,333	91.3 mm × 91.3	همچنان از 120 kN مورد نیاز برای حفره 100 mm × 100 mm کمتر است.
150 kN	12,500	111.8 mm × 111.8	برای حفره 100 mm × 100 mm مناسب است، مشروط به پیکربندی دما/خنک‌کاری.
200 kN	16,667	129.1 mm × 129.1	حاشیه نیروی بیشتری برای قالب‌های آزمایشگاهی متوسط فراهم می‌کند.
300 kN	25,000	158.1 mm × 158.1	نمی‌تواند روی کل حفره 170 mm × 170 mm به 12 MPa برسد؛ حفره بزرگ‌تر به پرس با نیروی بیشتر یا پرس سفارشی نیاز دارد.

5. سیستم حرارتی: 320°C تنها نخستین الزام است

یک سیستم دمای منطبق باید فراتر از رسیدن به 320°C عمل کند. استاندارد ISO 293:2023 اختلاف دما میان نقاط سطح قالب را هنگام گرمایش به $\pm 2^{\circ}\text{C}$ و هنگام خنک کاری به $\pm 4^{\circ}\text{C}$ محدود می کند. این الزام باعث می شود ساختار صفحات، توزیع گرم کن ها، محل حسگر، کیفیت تماس قالب و تقارن کانال های خنک کاری، همگی بخشی از زنجیره کیفیت نمونه آزمون باشند.

- از اندازه گیری مستقل دما در نزدیکی ماده قالب گیری شده استفاده کنید. استاندارد، ایجاد سوراخ های کور ترموکوپل در قالب را صراحتاً پیش بینی کرده است.
- یکنواختی سطح را در سراسر ناحیه مفید قالب گیری اعتبارسنجی کنید، نه فقط در محل حسگر کنترلر.
- از کانال های متعادل خنک کننده و راهبرد تکرارپذیر کنترل جریان استفاده کنید. ISO 293:2023 ایجاب می کند نرخ جریان سیال انتقال حرارت برای روش خنک کاری مشخص، در یک آزمون بدون ماده در قالب از پیش تعیین شود.
- برای پلیمرهای نیمه بلورین، کنترل نرخ خنک کاری را به عنوان پارامتر کنترل ساختار ماده در نظر بگیرید، زیرا سابقه تبلور بر خواص فیزیکی نهایی اثر می گذارد.

6. انتخاب قالب وضعیت تنش نمونه آزمون را تغییر می دهد

استاندارد ISO 293:2023 میان قالب های فلش (picture-frame) و قالب های مثبت تمایز قائل می شود. انتخاب قالب صرفاً یک موضوع هندسی نیست؛ این انتخاب مشخص می کند که آیا فشار در زمان خنک کاری روی پلیمر باقی می ماند یا خیر و در نتیجه ضخامت، چگالی، تنش داخلی و تشکیل حفره را تغییر می دهد.



Figure 1 — Schematic diagrams of flash mould (picture frame mould)



Figure 2 — Schematic diagram of positive mould

شکل 1: قالب فلش و شکل 2: قالب مثبت. این تصاویر برای بازبینی داخلی تحریریه درج شده‌اند. پیش از انتشار این شکل‌ها در یک وب‌سایت عمومی، باید مجوز بازتولید ISO تأیید شود.

نوع قالب	فشار هنگام خنک‌کاری	مزیت اصلی	محدودیت مهم / نکته طراحی
فلش / picture-frame	فشار روی قاب اعمال می‌شود، نه روی پلیمر	تنش داخلی کم و قابل مقایسه؛ قالب‌گیری اقتصادی ورق	مرکز ورق ممکن است در اثر جمع‌شدگی اندکی نازک‌تر شود؛ میله‌های مستقیم ممکن است آثار فرورفتگی/حفره داشته باشند؛ برای ماشین‌کاری از ناحیه مرکزی ورق استفاده کنید.
قالب مثبت	با صرف‌نظر از اصطکاک، فشار کامل قالب‌گیری روی پلیمر حفظ می‌شود	قطعات قالب‌گیری شده متراکم، سطوح تخت و کاهش حفره‌ها	ضخامت/تنش/چگالی به شدت به جرم شارژ، لقی‌های قالب، فشار و سابقه خنک‌کاری وابسته است.

برای قالب‌های فلش، ISO 293:2023 صفحات بالایی و پایینی با ضخامت تقریبی 4-5 mm، از فولاد پولیش‌شده یا برنج آبکاری‌شده با کروم، مشخص

می‌کند و استفاده از فویل انعطاف‌پذیر آلومینیومی یا پلی‌استر را برای کاهش چسبندگی مجاز می‌داند. استفاده از ماده رهاساز مجاز نیست. حاشیه پیرامونی بیرونی 20 mm از ورق قالب‌گیری شده از ناحیه اصلی آزمون حذف می‌شود. برای قالب‌های مثبت، استاندارد راهنمایی H7g6 را برای حفره دایره‌ای توصیه می‌کند؛ برای حفره‌ای با قطر 200 mm، این مقدار با محدوده لقی اعلام‌شده 15-90 μm مطابقت دارد. استفاده از پین‌های بیرون‌انداز مجاز است.

7. جزئیات ساخت قالب که بر اعتبار آزمون اثر می‌گذارند

- مواد قالب باید هم در برابر دمای قالب‌گیری و هم فشار قالب‌گیری مقاومت کنند.
- زبری توصیه‌شده سطح تماس Ra 0.16 است؛ آبکاری کروم می‌تواند جدایش را بهبود دهد.
- برای نمونه‌های آزمون کوچک، ایجاد شیب 2° به شدت توصیه می‌شود.
- ISO 293:2023 فولاد آلیاژی عملیات حرارتی شده با استحکام کششی 2,200 MPa را عموماً رضایت‌بخش می‌داند؛ برای PVC، فولاد زنگ‌نزن مارتنزیتی عملیات‌دیده با استحکام 1,050 MPa توصیه می‌شود.
- برای بیشتر انواع نمونه آزمون ISO 293:2023، ISO 20753 اشاره می‌کند که یک حفره مثبت مربعی 170 mm × 170 mm می‌تواند برای یک آزمون به‌ازای هر قالب‌گیری، نمونه‌های آزمون کافی فراهم کند؛ باین‌حال، این اندازه حفره پیامد مهمی برای نیروی پرس دارد و در حداقل فشار ISO 293 به 346.8 kN نیرو نیازمند است.

8. توالی کنترل فرایند و مواردی که دستگاه باید ثبت کند

روش آماده‌سازی نمونه آزمون فقط یک چرخه پرس نیست. ISO 293:2023 وضعیت ماده، نوع قالب، سابقه حرارتی، سابقه فشار و سابقه خنک‌کاری را متغیرهای کنترل‌شده در نظر می‌گیرد. بنابراین، یک توالی آماده‌سازی از نظر فنی قابل دفاع باید به‌صورت یک دستورالعمل فرایندی قابل ردیابی نوشته و اجرا شود، نه صرفاً به‌عنوان عملیات ساده «گرم‌کردن و پرس‌کردن».

8.1 پیش از شروع، شرایط قالب‌گیری ویژه ماده را تعیین کنید

ISO 293:2023 برای همه ترموپلاستیک‌ها یک دمای قالب‌گیری یا روش خنک‌کاری عمومی تعیین نمی‌کند. دمای قالب‌گیری موردنیاز و روش خنک‌کاری قابل‌اعمال از استاندارد بین‌المللی مربوط به ماده یا از توافق میان طرف‌های ذی‌نفع به دست می‌آید. این موضوع به‌ویژه برای پلیمرهای نیمه‌بلورین مانند PE و PP اهمیت دارد، زیرا نرخ خنک‌کاری در ناحیه تبلور می‌تواند خواص نهایی نمونه آزمون را به‌طور چشمگیری تغییر دهد.

8.2 ماده قالب‌گیری را آماده و خشک کنید

برای مواد دانه‌ای، ابتدا شرایط خشک‌کردن مندرج در استاندارد مربوط به ماده یا دستورالعمل تأمین‌کننده ماده را رعایت کنید. اگر دستورالعمل خشک‌کردن موجود نباشد، ISO 293:2023 یکی از این دو روش را مشخص می‌کند: $24 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ در $70 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ در آون معمولی، یا $16 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ در $80 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ در آون خلأ. ماده خشک‌شده باید پیش از قالب‌گیری در برابر جذب رطوبت محافظت شود.

قالب‌گیری مستقیم از گرانول‌ها، در صورتی‌که بتوان ورقی به‌اندازه کافی همگن تولید کرد، روش استاندارد است. ورق باید عاری از بی‌نظمی‌های قابل مشاهده سطحی و عیوب داخلی باشد. هنگامی‌که گرانول یا پودر همگنی کافی ایجاد نمی‌کند، ممکن است استفاده از مسیر پیش‌فرم ضروری باشد؛ پلیمر نباید در هیچ مرحله پیش‌فرآوری از نظر حرارتی یا مکانیکی تخریب شود.

8.3 قالب را آماده و سطوح قالب‌گیری را بررسی کنید

با توجه به وضعیت موردنیاز نمونه آزمون، یک قالب فلش (picture-frame) یا قالب مثبت انتخاب کنید. سطوح قالب در تماس با پلیمر باید پولیش شوند؛ ISO 293:2023 زبری سطح $Ra 0.16$ را توصیه می‌کند. برای تسهیل جدایش می‌توان از آبرکاری کروم استفاده کرد و برای نمونه‌های آزمون کوچک، شیب 2° به‌شدت توصیه می‌شود. در قالب‌های فلش، برای جلوگیری از چسبندگی می‌توان از فویل انعطاف‌پذیر آلومینیومی یا پلی‌استر استفاده کرد، اما ماده رهاساز مجاز نیست.

در قالب‌های مثبت، فشار در زمان خنک‌کاری روی پلیمر حفظ می‌شود. استاندارد برای یک جفت قالب نر/ماده دایره‌ای، انطباق H7g6 را توصیه می‌کند؛ برای حفره دایره‌ای با قطر 200 mm، محدوده لقی اعلام‌شده 15 μm تا 90 μm است. می‌توان سوراخ‌هایی برای اندازه‌گیری دما ایجاد کرد تا دما در نزدیکی ماده قالب‌گیری‌شده اندازه‌گیری شود، نه اینکه فقط از روی حسگر دور از گرم‌کن استنباط شود.

8.4 پیش از بارگذاری ماده، پرس را راه‌اندازی و واجد شرایط کنید

پیش از هر برنامه آماده‌سازی مشخص، تأیید کنید که پرس می‌تواند فشار حفره حداقل 12 MPa ایجاد کند و فشار انتخاب‌شده را در طول چرخه قالب‌گیری در محدوده $\pm 10\%$ حفظ نماید. همچنین تأیید کنید که صفحات پرس می‌توانند حداقل به 320°C برسند و تغییرات دمای سطح قالب هنگام گرمایش در محدوده $\pm 2^\circ\text{C}$ و هنگام خنک‌کاری در محدوده $\pm 4^\circ\text{C}$ است. این موارد الزامات سیستم دستگاه هستند، نه اهداف اختیاری فرایند.

برای روش خنک‌کاری انتخاب‌شده، نرخ جریان سیال انتقال حرارت را در یک آزمون بدون ماده قالب‌گیری از پیش تعیین کنید. این کار توانمندی سیستم خنک‌کاری را از پاسخ حرارتی شارژ یک پلیمر خاص جدا می‌کند و برنامه خنک‌کاری را تکرارپذیر می‌سازد.

8.5 ماده را بارگذاری و پیش‌گرمایش را تحت فشار تماس آغاز کنید

ماده آماده‌شده را در قالب پیش‌گرم‌شده به‌گونه‌ای قرار دهید که پرشدن یکنواخت و مواجهه حرارتی مناسب را ایجاد کند. ابتدا پرس را با فشار تماس ببندید؛ فشار تماس، فشاری کم است که قالب را در حین گرم‌شدن ماده تا دمای قالب‌گیری مشخص‌شده بسته نگه می‌دارد، بدون آنکه عمداً جریان کامل ماده را تحمیل کند. ISO 293:2023 زمان پیش‌گرمایش را مدت‌زمان لازم برای رسیدن ماده داخل قالب به دمای قالب‌گیری، درحالی‌که فشار تماس حفظ می‌شود، تعریف می‌کند.

دمای مورد استفاده برای کنترل فرایند باید در نزدیک‌ترین موقعیت عملی به ماده قالب‌گیری‌شده اندازه‌گیری شود. بنابراین دستورالعمل دستگاه باید نقطه تنظیم گرم‌کن صفحه را از دمای واقعی ناحیه قالب/ماده متمایز کند.

8.6 فشار کامل قالب‌گیری را اعمال و شرایط قالب‌گیری را حفظ کنید

پس از رسیدن ماده به دمای قالب‌گیری مشخص‌شده، فشار کامل قالب‌گیری را اعمال کنید. زمان قالب‌گیری، مدت‌زمانی است که طی آن فشار کامل اعمال و دمای قالب‌گیری حفظ می‌شود. در این مرحله، فشار واقعی باید در محدوده $\pm 10\%$ فشار مشخص‌شده باقی بماند. فشار، دمای قالب و زمان قالب‌گیری باید به‌عنوان متغیرهای دستورالعمل ذخیره و برای ردیابی ثبت شوند.

دمای دقیق قالب‌گیری، مدت پیش‌گرمایش و مدت قالب‌گیری به شرایط فرایندی وابسته به ماده بستگی دارند. ISO 293:2023 ایجاب می‌کند شرایط ویژه ماده از استاندارد قابل‌اعمال ماده یا از روش توافق‌شده به دست آید؛ این موارد نباید با یک دستورالعمل عمومی زمان/دما برای همه پلیمرها جایگزین شوند.

8.7 روش خنک‌کاری مشخص‌شده را به‌عنوان بخشی کنترل‌شده از چرخه قالب‌گیری اجرا کنید

خنک‌کاری یک مرحله فرایندی کنترل‌شده است، زیرا می‌تواند بلورینگی، تنش پسماند، چگالی و خواص مکانیکی را تغییر دهد. ISO 293:2023 هشت روش خنک‌کاری را استاندارد می‌کند و میان نرخ خنک‌کاری متوسط (غیرخطی) و نرخ خنک‌کاری کنترل‌شده (خطی) تمایز قائل می‌شود. بنابراین روش انتخاب‌شده باید به‌عنوان بخشی از آماده‌سازی نمونه آزمون برنامه‌ریزی و مستندسازی شود و نباید به‌صورت مرحله کنترل‌نشده «خنک‌کردن تا زمان امکان جابه‌جایی ایمن» در نظر گرفته شود.

برای نرخ خنک‌کاری متوسط، نرخ بر اساس دمای قالب‌گیری، دمای خروج از قالب و زمان خنک‌کاری ارزیابی می‌شود. برای نرخ خنک‌کاری کنترل‌شده، جریان سیال خنک‌کننده تنظیم می‌شود تا نرخ مشخص‌شده در محدوده دمایی تعریف‌شده و در محدوده تolerانس آن حفظ شود. برای خنک‌کاری کوئچ روش ISO 293:2023، C به دو پرس نیاز دارد؛ یکی برای گرمایش/قالب‌گیری و دیگری برای خنک‌کاری؛ بنابراین زمان انتقال و جابه‌جایی ایمن قالب بخشی از مفهوم تجهیزات محسوب می‌شود.

8.8 فقط در شرایط انتهایی مشخص شده خنک کاری، قالب گیری را انجام دهید

دمای خروج از قالب، دمای قالب یا صفحه پرس در پایان دوره خنک کاری است که در نزدیکی ماده قالب گیری شده اندازه گیری می شود. بنابراین خروج از قالب باید با رسیدن به نقطه پایانی حرارتی مشخص شده فعال شود، نه صرفاً بر اساس زمان سپری شده. دمای خروج از قالب و روش خنک کاری انتخاب شده باید در سوابق آماده سازی نمونه آزمون درج شوند.

8.9 پیش از ماشین کاری یا آزمون، ورق قالب گیری شده یا نمونه آزمون را بازرسی کنید

پس از خنک کاری و خروج از قالب، پیش از پذیرش ورق برای ماشین کاری/پانچ یا آزاد سازی نمونه آزمون قالب گیری شده مستقیم برای آزمون، وضعیت سطح و انطباق ابعادی را بررسی کنید. هر آماده سازی دارای عیب قالب گیری، عدم انطباق ابعادی یا شواهد تخریب پلیمر را مردود کنید. برای ورق های قالب گیری شده در قالب فلش، نمونه های آزمون باید از ناحیه مرکزی تأیید شده آزمون برداشته شوند، نه از حاشیه پیرامونی بیرونی 20 mm.

8.10 دستورالعمل کامل آماده سازی را ثبت کنید

سوابق آماده سازی باید ماده، هندسه نمونه آزمون/ورق، نوع قالب، آرایش سطح/فویل، شرایط خشک کردن، آماده سازی پیش فرم در صورت استفاده، دمای قالب گیری، زمان پیش گرمایش، فشار قالب گیری، زمان قالب گیری، روش خنک کاری، شرایط کنترل نرخ خنک کاری، دمای خروج از قالب و هر مشاهده مرتبط را مشخص کنند. این متغیرها حداقل داده های فنی لازم برای باز تولید سابقه حرارتی و فشاری نمونه آزمون هستند.

توالی کنترل آماده سازی نمونه آزمون مطابق ISO 293:2023 برای پیکربندی پرس گرم هیدرولیک AHP.

مرحله	نقطه کنترل	الزام / اقدام	موارد قابل ثبت
-------	------------	---------------	----------------

1	شرایط ماده	استاندارد ماده / دستورالعمل خشک کردن تأمین کننده؛ خشک کردن جایگزین: $24 \text{ h} \pm$ 1 h در $70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ، یا $16 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ در $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ در آون خلأ	دمای خشک کردن، زمان، نوع آون
2	آماده سازی قالب	نوع صحیح قالب؛ سطوح تماس پولیش شده؛ عدم استفاده از ماده رهاساز برای قالب فلش؛ نقطه حسگر نزدیک ماده	شناسه/نوع قالب، فویل، وضعیت سطح
3	تأیید صلاحیت پرس	فشار حفره قابل دسترس $\leq 12 \text{ MPa}$ ؛ حفظ فشار در محدوده $\pm 10\%$ ؛ توانمندی صفحات $\leq 320^\circ\text{C}$	مساحت حفره، نقطه تنظیم نیرو، نمودار فشار
4	یکنواختی حرارتی	تغییرات سطح قالب هنگام گرمایش $\geq \pm 2^\circ\text{C}$ و هنگام خنک کاری $\geq \pm 4^\circ\text{C}$	نقشه دما / سوابق اعتبارسنجی
5	پیش گرمایش	فشار تماس تا رسیدن ماده به دمای قالب گیری مشخص شده حفظ شود	زمان پیش گرمایش و دمای واقعی ناحیه قالب
6	قالب گیری	فشار کامل اعمال شود و دمای قالب گیری حفظ گردد	فشار، دما، زمان قالب گیری
7	خنک کاری	استفاده از روش خنک کاری مشخص شده ISO 293؛ تعیین قبلی جریان خنک کننده؛ کنترل نرخ در صورت لزوم	روش خنک کاری، تنظیم جریان، منحنی خنک کاری
8	خروج از قالب	خنک کاری در دمای خروج از قالب مشخص شده و اندازه گیری شده در نزدیکی ماده پایان یابد	دمای خروج از قالب
9	بازرسی و آزادسازی	فقط قطعات/ورق های قالب گیری شده منطبق و بدون عیب پذیرفته شوند؛ از ناحیه آزمون تأیید شده استفاده شود	ابعاد، پذیرش ظاهری، مشاهدات

9. چرا یک «پرس ISO 293» قدیمی ممکن است دیگر کافی نباشد؟

ویرایش 1986 در آرشیو مورد
ارائه شده

ویرایش 2023

پیامد دستگاه

حد اقل فشار حفره	10 MPa	12 MPa	20% افزایش در حد اقل توانمندی فشار.
حد اقل توانمندی دمای صفحات	240 °C	320 °C	پرس‌های قدیمی محدود شده به حدود 240 °C-300 °C ممکن است الزام فعلی را برآورده نکنند.
روش‌های خنک‌کاری	4 روش	8 روش	دستگاه فعلی باید از چارچوب گسترده‌تر و اصلاح شده کنترل خنک‌کاری پشتیبانی کند.
ضخامت صفحه قالب فلش	حدود 1-2 mm	حدود 4-5 mm	راهنمای سخت‌افزار قالب تغییر کرده است.
گزینه خشک‌کردن پیش‌فرض در صورت نبود دستورالعمل	24 h $\pm$ 1 h در 70 °C $\pm$ 2 °C	همان گزینه آون به علاوه 16 h $\pm$ 1 h در 80 °C $\pm$ 2 °C در آون خلأ	گزینه آون خلأ اضافه شده است.

10. چک‌لیست پیشنهادی استعلام AHP / FAT برای پیکربندی ISO 293:2023

- نیروی نامی هیدرولیک بر اساس مساحت واقعی حفره انتخاب شده باشد تا فشار $\leq 12 \text{ MPa}$ در حفره قالب فراهم شود.
- پایش و کنترل فشار، پایداری $\pm 10\%$ یا بهتر را در فشار قالب‌گیری مشخص شده نشان دهد.
- صفحات پرس در پیکربندی ارائه شده برای حد اقل 320 °C رتبه‌بندی شده باشند.
- نقشه‌برداری دمای سطح قالب، تغییرات $\geq \pm 2 \text{ °C}$ را هنگام گرمایش در ناحیه مفید نشان دهد.
- نقشه‌برداری خنک‌کاری، تغییرات $\geq \pm 4 \text{ °C}$ را هنگام خنک‌کاری در ناحیه مفید نشان دهد.
- مدار خنک‌کاری آبی، منطق شیر/کنترل و ظرفیت چیلر برای روش خنک‌کاری انتخاب شده ISO 293 اندازه‌گذاری شده باشند.
- تنظیم جریان سیال خنک‌کننده قابل تعیین قبلی و تکرارپذیر باشد.

- امکان اندازه‌گیری ترموکوپل در نزدیکی ماده قالب‌گیری‌شده یا در محل مرکزی مشخص‌شده صفحه پرس وجود داشته باشد.
- PLC دستورالعمل پیش‌گرمایش، فشار/زمان قالب‌گیری، پروفایل دما و توالی خنک‌کاری را ذخیره کند؛ برای ردیابی، ثبت داده توصیه می‌شود. در صورت نیاز به ثبت داده، دستگاه به همراه رایانه و نرم‌افزار تأمین خواهد شد.
- اگر خنک‌کاری کوئچ روش C موردنیاز است، آرایش دوپرسه یا فرایند معادل اعتبارسنجی‌شده و منطبق با الزام استاندارد برای استفاده از دو پرس در پیشنهاد قیمت لحاظ شود.
- نوع قالب (فلش یا مثبت)، ابعاد حفره، فویل، پرداخت سطح، سوراخ‌های حسگر دما و آرایش بیرون‌انداز در همان استعلام مشخص شوند.

11. جمع‌بندی مهندسی

برای ISO 293:2023، پرس آزمایشگاه بخشی از سیستم اندازه‌گیری است. اگر نیرو کمتر از مقدار لازم باشد، دمای صفحات پایین باشد، دمای سطح یکنواخت نباشد یا خنک‌کاری کنترل نشود، ورق حاصل می‌تواند مورفولوژی، چگالی، تنش پسماند یا میزان حفره متفاوتی داشته باشد؛ در این صورت نتایج آزمون کشش، ضربه، DSC یا سایر آزمون‌های ماده در مراحل بعدی ممکن است دیگر نمایانگر وضعیت استاندارد شده موردنظر نمونه آزمون نباشند.

برای AHP PLASTIK MAKINA، راهکار فنی صحیح، پرس گرم هیدرولیکی است که بر اساس مساحت قالب مشتری و خانواده پلیمر طراحی شده باشد. یک پلتفرم 150 kN یا 200 kN می‌تواند برای حفره 100 mm × 100 mm مناسب باشد، درحالی‌که قالب‌های ورق بزرگ‌تر به نیروی متناسباً بیشتری نیاز دارند. برای حفره 170 mm × 170 mm، حداقل فشار ISO به‌تنهایی تقریباً 347 kN نیرو لازم دارد؛ بنابراین انتخاب قابل دفاع، یک سیستم هیدرولیک کلاس $400 \text{ kN} \leq$ یا سفارشی است. بسته حرارتی نیز باید برای حداقل 320 °C و یکنواختی اعتبارسنجی‌شده گرمایش/خنک‌کاری مشخص شود و خنک‌کاری کنترل‌شده با آب با روش خنک‌کاری انتخاب‌شده ISO 293:2023 مطابقت داشته باشد.

[Hot Press \(Hydraulic Type\)](#)

آوا هونام پلیمر