

دستگاه

5.1 دستگاه دوخت حرارتی:

- 5.1.1 فک‌های دوخت—دو فک گرم‌شونده با سطوح دوخت مسطح. برای اجرای روش A استفاده از دو فک گرم‌شونده الزامی است. روش B تنها زمانی می‌تواند با یک فک گرم‌شونده اجرا شود که کاربرد موردنظر، شبیه‌سازی دستگاه‌های دوخت تجاری با پیکربندی مشابه باشد.
- 5.1.1.1 کنترل دمای فک—هر فک باید کنترل دمای مستقل داشته باشد. حداقل دقت توصیه‌شده برای کنترل، 6°C است.
- 5.1.1.2 پوشش‌ها یا روکش‌های فک—استفاده از پوشش‌ها یا روکش‌های نجسب یا تراکم‌پذیر فک، مانند TFE-فلوروکربن، پارچه شیشه‌ای آغشته به TFE-فلوروکربن، لاستیک سیلیکونی یا سایر لاستیک‌های مقاوم به حرارت، فیلم پلی‌استر و غیره مجاز است؛ اگرچه در برخی موارد ممکن است شرایط آزمون به تنظیم نیاز داشته باشد.
- 5.1.1.3 سطوح دوخت فک باید قابلیت هم‌راستا شدن به‌صورت موازی را داشته باشند.
- 5.1.1.4 قابلیت تعویض سریع فک با فک‌های دندانه‌دار یا سایر انواع فک، برای افزایش دامنه شبیه‌سازی آزمون دستگاه مطلوب است.
- 5.1.2 زمان ماند—کنترل و نمایش متغیر زمان ماند، با محدوده حداقل 100 تا 10 ms 000.
- 5.1.2.1 زمان بسته‌شدن فک باید مستقیماً اندازه‌گیری شود (برای مثال از طریق خروجی حسگر نیرو، میکروسوئیچ، روش نوری و غیره) و کنترل نیز بر همان اساس انجام گیرد.
- 5.1.2.2 دقت کنترل زمان ماند باید 6 ms 10 یا بهتر باشد.
- 5.1.3 فشار—کنترل متغیر، همراه با نمایش فشار دوخت.
- 5.1.3.1 دستگاه‌هایی که فقط دارای فشارسنج هوا هستند و فشار دوخت باید از روی آن محاسبه شود، باید به نوموگراف‌هایی مجهز باشند که فشار دوخت را مستقیماً از روی اندازه‌گیری‌های فشار هوا نشان دهند.

نمونه آزمون

- 6.1 تعداد نمونه‌های آزمون باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که تعیین مناسب عملکرد نماینده امکان‌پذیر باشد. هنگامی که استحکام دوخت حرارتی در مجموعه‌ای از دماهای دوخت اندازه‌گیری می‌شود، برای تعیین مقدار میانگین هر ماده در هر دما، حداقل سه تکرار باید استفاده شود. هنگامی که اندازه‌گیری‌ها بخشی از مجموعه‌ای نیستند که انتظار می‌رود روند قابل تشخیصی داشته باشد، باید حداقل پنج تکرار به کار گرفته شود.

6.2 هنگام برنامه‌ریزی تعداد نمونه‌های آزمون موردنیاز، توجه داشته باشید که از هر دوخت حرارتی فقط باید یک آزمون استحکام انجام شود.

6.3 نمونه‌های آزمون برای دوخت حرارتی را می‌توان با برش ماده آزمون به قطعاتی به ابعاد 15 در 6 [15 cm در 6 in] آماده کرد. جهت عرضی و سمت دوخت هر قطعه را علامت‌گذاری کنید. دو قطعه‌ای را که قرار است به هم دوخته شوند، روی یکدیگر قرار دهید؛ به‌گونه‌ای که جهت‌های عرضی موازی باشند و سطوح دوخت روبه‌روی یکدیگر قرار گیرند. اگر قرار است گروهی از نمونه‌های آزمون پیش از دوخت آماده شود، منگنه کردن جفت‌ها مناسب است؛ البته باید دقت شود منگنه‌ها در نواحی دوخت و ناحیه‌ای که بعداً نوار آزمون از آن بریده می‌شود، قرار نگیرند. نمونه‌های آزمون را به‌گونه‌ای بدوزید که فک‌ها موازی با جهت عرضی باشند. سپس نواری برای آزمون استحکام دوخت، عمود بر دوخت و از مرکز آن بریده می‌شود و دوخت با کشیدن نوار در جهت دستگاهی وب، جدا خواهد شد.

6.4 به‌جای دوختن یک نمونه آزمون عریض و سپس بریدن نوار برای آزمون استحکام، می‌توان نوارهایی با عرض مناسب برای آزمون استحکام را در جهت دستگاهی برش داد و آن‌ها را یا به نوارهایی از ماده مشابه یا به نوارهای غیرمشابه دوخت. سپس نوار دوخته‌شده را می‌توان بدون آماده‌سازی بیشتر از نظر استحکام آزمون کرد. این روش جایگزین برای آزمون‌های تک‌الزامی است. مقایسه‌ها باید فقط میان نمونه‌های آزمونی انجام شود که با روش یکسان دوخته شده‌اند.

6.4.1 هنگام استفاده از دستگاه‌های دوختی که بدون دخالت اپراتور، نوار نمونه آزمون را به‌طور خودکار بارگذاری و دوخت می‌کنند، دوخت مواد غیرمشابه با آماده‌سازی یک نوار نمونه آزمون مرکب از دو ماده مورد دوخت انجام می‌شود؛ دو ماده در مرکز به یکدیگر چسبانده می‌شوند. برای جزئیات متناسب با دستگاه مورد استفاده، به توصیه‌های سازنده دستگاه مراجعه کنید.

NOTE 4—احتیاط: هنگام تغییر از دوخت عریض به دوخت نواری، ضریب سطح دوخت را در محاسبه فشار دوخت تنظیم کنید.

6.4.2 عرض‌های رایج نوار عبارت‌اند از 25 mm (1.00 in.) و 15 mm (0.59 in.).

6.5 اگر ماده ناهمسانگرد باشد و انتظار رود داده‌ها برای شرایطی کاربرد داشته باشند که در آن دوخت ممکن است در جهت عرضی تحت تنش قرار گیرد، نمونه‌های آزمونی که عمود بر نمونه‌های شرح‌داده‌شده در 6.3 بریده شده‌اند نیز باید تهیه شوند.

روش اجرا

7.1 کالیبراسیون و هم‌راستاسازی—پیش از شروع آزمون، اطمینان حاصل کنید که دستگاه دوخت حرارتی به‌درستی کالیبره شده و فک‌ها برای موازی‌بودن

همراستا شده‌اند.

7.2 شرایط دوخت برای آزمون دوخت‌پذیری حرارتی، چه استحکام نهایی دوخت و چه هات‌تک، باید برای همه سازندگان و انواع دستگاه‌های دوخت حرارتی در محدوده‌های مشخص‌شده زیر باشد.

7.2.1 روش A، دوخت‌پذیری سطحی: دوخت‌پذیری سطح وب به‌عنوان تابعی از دمای فصل مشترک.

7.2.1.1 دما—هر دو فک باید روی دمای یکسان تنظیم شوند.

7.2.1.2 زمان ماند—زمان ماند باید به‌اندازه‌ای طولانی باشد که فصل مشترک دوخت به دمای مشخص فک‌ها برسد. این زمان به ضخامت و ساختار وب و همچنین عوامل مربوط به پیکربندی فک‌ها بستگی دارد. زمان‌های ماند حداقل معمول (بدون پوشش نجسب فک):

فیلم‌ها: 25μ (1 mil) و کمتر: زمان ماند، 500 ms (.5 s).

فیلم‌ها: 1 تا 64μ (2.5 mil): زمان ماند، 1000 ms (1 s).

حداقل زمان ماند موردنیاز را می‌توان با انجام چند چرخه آزمایشی دوخت تعیین کرد. به پیوست A3.1 مراجعه کنید. این روش معمولاً برای فیلم‌های ضخیم‌تر، ساختارهای حاوی کاغذ یا فویل، یا هنگام استفاده از پوشش‌های نجسب فک ضروری خواهد بود.

7.2.1.3 فشار دوخت—فشار را در محدوده 138–413 kPa (20–60 psi) تنظیم کنید. برای بررسی اثر فشار بر استحکام دوخت حرارتی، به پیوست X1 مراجعه کنید.

7.2.1.4 پیکربندی فک—از فک‌های فلزی مسطح، بدون روکش یا روکش‌دار (مطابق 5.1.1.2) استفاده کنید. فک‌ها می‌توانند از جنس فولاد، مس یا آلومینیوم باشند. انتخاب فلز و همچنین استفاده از روکش، ممکن است بر حداقل زمان ماند موردنیاز برای رسیدن فصل مشترک به تعادل با دمای فک اثر بگذارد.

7.2.2 روش B، دوخت‌پذیری وب—دوخت‌پذیری تحت شرایط تجاری.

7.2.2.1 دما—انتخاب تنظیم دمای هر فک (از جمله فک گرم‌نشده) به کاربرد داده‌ها بستگی دارد. در صورت نبود دلایل مخالف، توصیه می‌شود هر دو فک روی دمای یکسان تنظیم شوند.

7.2.2.2 زمان ماند—برای شبیه‌سازی دوخت با سرعت بالا یا سایر فواصل زمانی بسته‌شدن فک، بسته به کاربرد خاص، زمان ماند را روی 100 ms تنظیم کنید.

7.2.2.3 فشار دوخت—فشار را در محدوده

138-413 (20-60 psi) kPa یا در سطح دیگری، بسته به کاربرد خاص، تنظیم کنید. برای بررسی اثر فشار بر استحکام دوخت حرارتی، به پیوست X1 مراجعه کنید.

7.2.2.4 پیکربندی فک—همانند کاربرد تجاری مورد شبیه‌سازی باشد. در صورت نبود اطلاعات خاص در این زمینه، استفاده از فک‌های فولادی مسطح با روکش پارچه شیشه‌ای آغشته به TFE-فلوروکربن توصیه می‌شود.

7.2.3 چسبیدن نمونه آزمون به فک‌ها—نمونه‌های آزمونی دارای سطح دوخت حرارتی که دامنه ذوب آن به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از سطح مقابل است، معمولاً می‌توانند در بیشتر محدوده دمای دوخت موردنظر، مستقیماً با فک‌های فلزی بدون روکش دوخته شوند.

7.2.3.1 اگر نمونه آزمون در سراسر ضخامت همگن باشد یا ساختار ABA داشته باشد، آن را در طول چرخه دوخت داخل قطعه‌ای تاخورد از فیلم پلی‌استر 10-15 μ m (تقریباً 0.5 mil) قرار دهید تا از چسبیدن آن به فک‌ها جلوگیری شود. روش دیگر، پوشاندن فک‌ها با پارچه شیشه‌ای آغشته به TFE-فلوروکربن (3 mil 75 μ m) یا نوار است. به پیوست A2 مراجعه کنید.

7.3 منحنی دوخت حرارتی—برای ایجاد منحنی، دما معمولاً در فواصل 5-10 ° تغییر داده می‌شود؛ اگرچه برای تعیین نقاط بیشینه یا سایر ویژگی‌ها، ممکن است در برخی نواحی گام‌های کوچک‌تری مطلوب باشد. نخستین نقطه دما معمولاً تقریباً در دمای آغاز دوخت قرار دارد. معمولاً آزمون با افزایش سطوح دما ادامه می‌یابد تا وب دچار کشیدگی بیش از حد، تغییر شکل، جمع‌شدگی یا سوختگی کامل شود.

7.3.1 در هر دمای انتخاب‌شده فک، حداقل سه دوخت ایجاد کنید.

7.4 اندازه‌گیری‌های تک‌نقطه‌ای (آزمون کنترل کیفیت)—برای دستورالعمل انتخاب دما، به پیوست A1 مراجعه کنید.

7.5 آماده‌سازی—تا زمانی که استحکام دوخت دیگر با گذشت زمان تغییر نکند، نباید آن را آزمون کرد. در طول دوره آماده‌سازی، جو استاندارد آزمایشگاه با دمای 23 °C و رطوبت نسبی 50 % را حفظ کنید. 7.6 آزمون استحکام—به روش‌های آزمون F 88 مراجعه کنید.

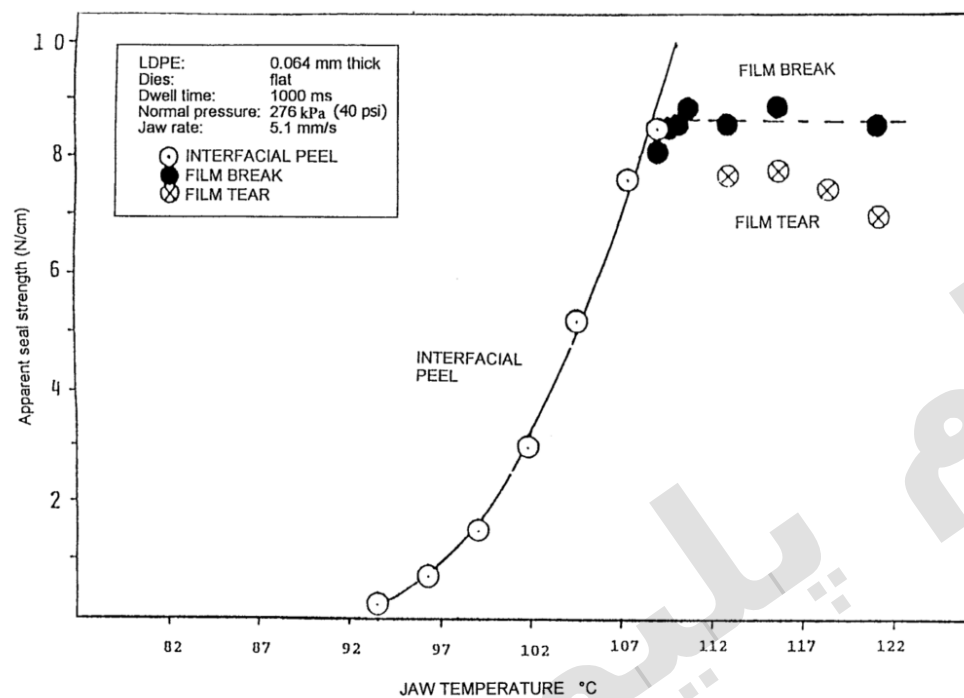
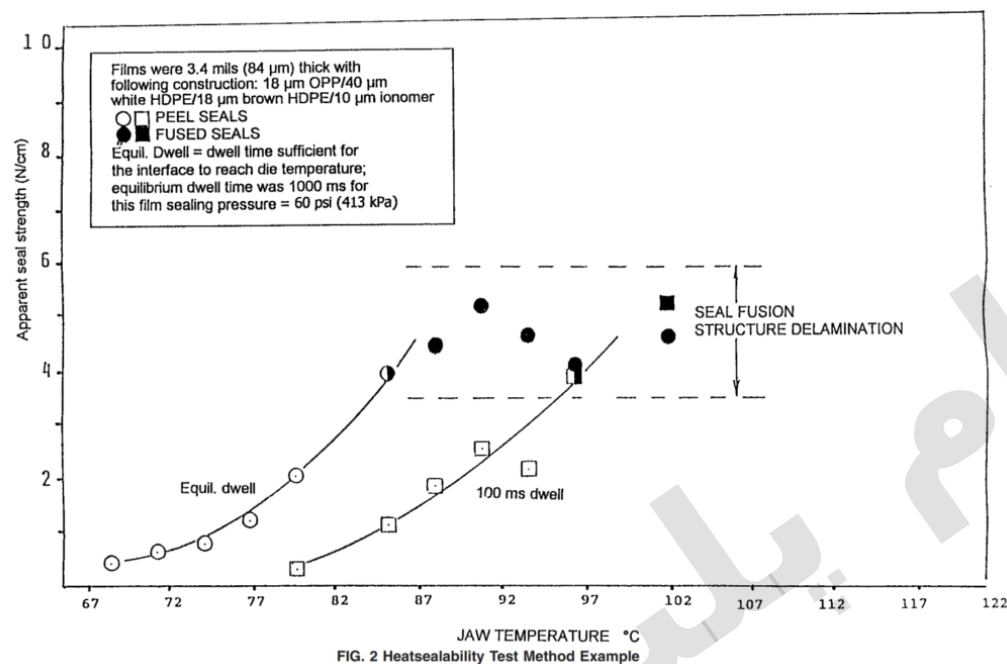


FIG. 1 Failure Modes of Seals made with LDPE Film



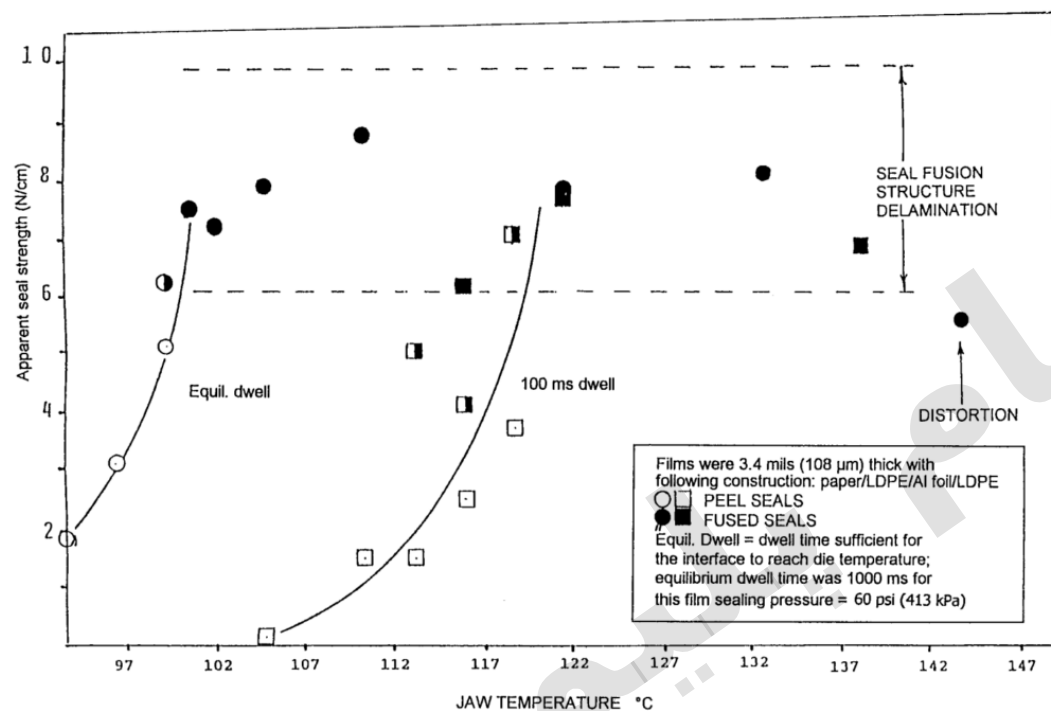


FIG. 3 Heatsealability Test Method Example

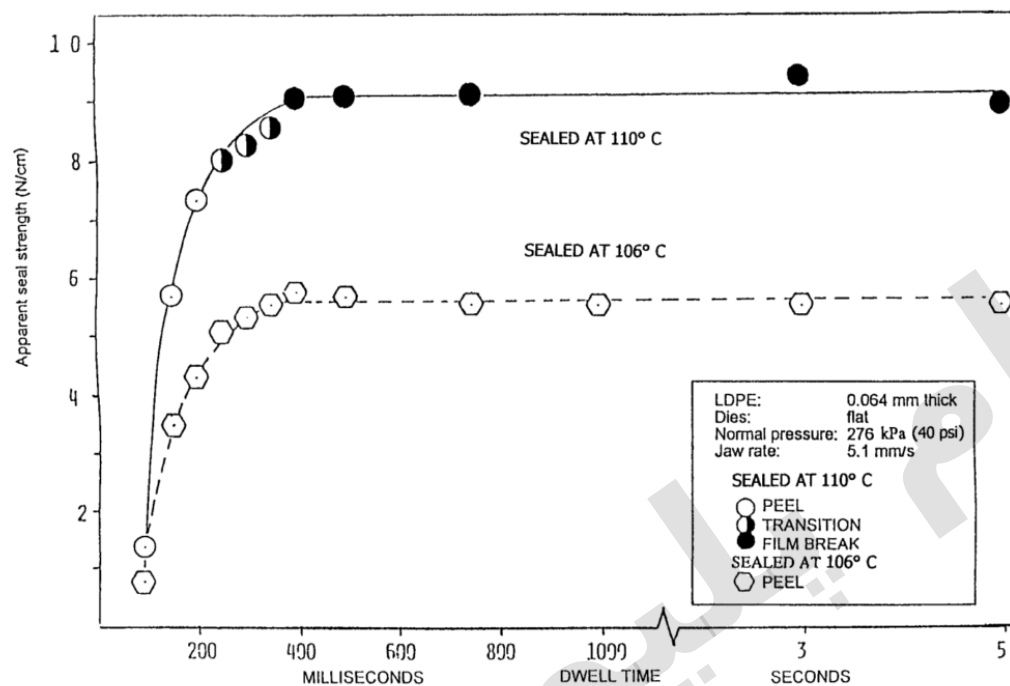


FIG. A3.1 Effect of Dwell Time on the Seal Strength of LDPE Film



دستگاه آزمون دوخت حرارتی (هات تک)

دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی نقش مهمی در آزمون مواد بسته‌بندی ایفا می‌کند و اطمینان می‌دهد که دوخت‌های بسته‌بندی انعطاف‌پذیر، الزامات صنعت را از نظر کیفیت و دوام برآورده می‌کنند. این دستگاه در صنایعی مانند بسته‌بندی مواد غذایی، داروسازی، تجهیزات پزشکی و الکترونیک ضروری است. دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی با کنترل عوامل اساسی مانند دما، فشار و زمان، فرایند دوخت را در شرایط کنترل‌شده بازسازی می‌کند. عملکرد دوخت حرارتی مستقیماً بر کارایی، ایمنی و یکپارچگی کلی بسته‌بندی اثر می‌گذارد.

۱. کاربرد دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی

دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی ابزاری ضروری است که در صنایع مختلف برای ارزیابی دوخت‌پذیری حرارتی مواد مانع انعطاف‌پذیر، از جمله ترموپلاستیک‌ها، فیلم‌ها، لمینیت‌ها و مواد کامپوزیتی استفاده می‌شود. مواد بسته‌بندی در بخش‌های غذایی، دارویی و پزشکی به دوخت‌هایی نیاز دارند که علاوه بر محکم‌کردن محتویات، از آن‌ها در برابر عوامل خارجی مانند هوا، رطوبت و آلودگی نیز محافظت کنند.

دستگاه‌های دوخت حرارتی آزمایشگاهی برای آزمون و بهینه‌سازی شرایط دوخت حرارتی مواد مختلف طراحی شده‌اند. این دستگاه‌ها با تنظیم سه پارامتر مهم—دما، فشار و زمان—به تولیدکنندگان امکان می‌دهند به نتایج بهینه دوخت دست یابند. یک دوخت مؤثر، هم ایمنی محصول و هم سهولت استفاده

مصرف کننده را تضمین می کند؛ زیرا بسته بندی هایی که به خوبی دوخته نشده اند ممکن است به فساد یا آلودگی محصول منجر شوند.

II. ویژگی های فنی دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی

عملکرد دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی به کنترل دقیق دما، فشار و زمان وابسته است. ویژگی های فنی زیر برای انجام آزمون دقیق و دستیابی به نتایج یکنواخت بسیار مهم هستند:

- **کنترل دما:** کنترل کننده دمای تناسبی، انتگرالی و مشتقی (P.I.D.) تنظیم دقیق حرارت را تضمین می کند. ساختار آلومینیومی فک های دوخت بالایی و پایینی، اتلاف حرارت را به حداقل رسانده و یکنواختی را در سراسر سطح دوخت حفظ می کند.
- **ثبات فشار:** میله دوخت هدایت شده، فشار پایدار و یکنواختی را در سراسر فرایند دوخت فراهم می کند و در نتیجه دوخت هایی یکنواخت ایجاد می شوند.
- **دقت زمان:** زمان سنج دقیق که با حسگر مجاورت همگام شده است، یکنواختی زمان دوخت با حرکت فک را تضمین می کند. این دقت برای دستیابی به نتایج تکرارپذیر در محیط های آزمون آزمایشگاهی ضروری است.
- **ویژگی های ایمنی کاربر:** برای تضمین ایمنی اپراتور، دستگاه های دوخت حرارتی به ویژگی هایی مانند پوشش های ضد سوختگی مجهز هستند و امکان شروع عملکرد به صورت دستی یا با کلید پایی را فراهم می کنند تا تماس مستقیم با سطوح داغ به حداقل برسد.

III. ASTM F2029: استاندارد آزمون دوخت حرارتی

هنگام انجام آزمون ها با استفاده از دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی، پیروی از استانداردهای معتبر ضروری است تا نتایج یکنواخت و قابل اعتماد باشند. یکی از استانداردهای پرکاربرد، **ASTM F2029** است. این استاندارد روش های ایجاد دوخت های حرارتی آزمایشگاهی را برای تعیین دوخت پذیری حرارتی مواد مانع انعطاف پذیر مشخص می کند.

ASTM F2029 و اهمیت آن

ASTM F2029 رویکردی ساختاریافته برای آزمون ارائه می‌دهد و عوامل مهمی را که باید در طول فرایند دوخت حرارتی کنترل شوند، یعنی دما، زمان و فشار، مشخص می‌کند. مطابق (ASTM F2029-16(2021)، از این استاندارد برای اندازه‌گیری استحکام دوخت مواد انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود تا اطمینان حاصل شود فرایند دوخت حرارتی، دوخت‌هایی محکم و قابل‌اعتماد ایجاد می‌کند. این استاندارد همچنین دستورالعمل‌هایی برای آماده‌سازی نمونه‌های آزمون، راه‌اندازی دستگاه دوخت حرارتی و ارزیابی کیفیت دوخت‌های حاصل ارائه می‌دهد.

رعایت ASTM F2029 برای تولیدکنندگان فعال در صنایع تحت مقررات، مانند صنایع غذایی و دارویی، اهمیت زیادی دارد. این استاندارد معیاری برای ارزیابی یکپارچگی دوخت مواد بسته‌بندی فراهم می‌کند و به تولیدکنندگان کمک می‌کند فرایندهای دوخت خود را بهینه کرده و اطمینان یابند محصولاتشان الزامات قانونی را برآورده می‌کنند.

IV. فرایند آزمون با دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی

برای انجام آزمون دوخت حرارتی با استفاده از **دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی**، نمونه‌ای از ماده بسته‌بندی بین دو فک دوخت موازی قرار می‌گیرد. مراحل زیر فرایند معمول آزمون را شرح می‌دهند:

1. **قرار دادن نمونه:** نمونه ماده را بین فک‌های دوخت گرم‌شونده قرار دهید و از هم‌راستایی یکنواخت آن اطمینان حاصل کنید.
2. **تنظیم پارامترها:** دما، فشار و زمان موردنظر دوخت را مطابق نوع ماده و استانداردهای آزمون تنظیم کنید. دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی امکان تنظیم دقیق این پارامترها را فراهم می‌کند.
3. **فرایند دوخت:** هنگامی که فک‌ها به دمای از پیش تنظیم‌شده می‌رسند، فک بالایی به وسیله یک سیلندر گازمحور به سمت پایین و روی نمونه رانده می‌شود و برای مدت زمان تنظیم‌شده فشار اعمال می‌کند.
4. **تکمیل دوخت:** پس از سپری شدن زمان تعیین‌شده، فک بالایی به موقعیت اولیه خود بازمی‌گردد و دوخت تکمیل می‌شود. کل فرایند به‌دقت کنترل می‌شود تا پارامترهای یکسانی روی هر نمونه اعمال شوند و نتایجی تکرارپذیر و قابل‌اعتماد به دست آید.

۷. اهمیت آزمون دوخت حرارتی

آزمون دوخت حرارتی یک اقدام مهم در کنترل کیفیت است، به ویژه در صنایعی که یکپارچگی بسته بندی اهمیت زیادی دارد. **دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی** به تولیدکنندگان امکان می دهد فرایندهای دوخت حرارتی خود را به دقت تنظیم کنند و اطمینان یابند که دوخت ها برای تحمل جابه جایی، حمل و نقل و انبارش به اندازه کافی محکم هستند، اما آن قدر قوی نیستند که بازکردن بسته بندی برای مصرف کنندگان دشوار باشد.

تولیدکنندگان با کنترل و آزمون استحکام دوخت می توانند از مشکلاتی مانند نشتی، آلودگی و فساد محصول جلوگیری کنند. آزمون دوخت حرارتی همچنین به شناسایی شرایط ایده آل دوخت مواد خاص کمک می کند؛ موضوعی که می تواند بهره وری بسته بندی را افزایش داده و ضایعات مواد را کاهش دهد.

۷.۱. روش های ارزیابی دوخت

پس از فرایند دوخت حرارتی، کیفیت دوخت با روش های مختلف و بر اساس کاربرد و ماده ارزیابی می شود. روش های رایج ارزیابی عبارتند از:

- **بازرسی بصری:** روشی ساده برای بررسی یکنواختی و پیوستگی دوخت.
- **آزمون نشت هوا:** این روش با شناسایی نشتی ها به وسیله هوای تحت فشار، یکپارچگی دوخت را اندازه گیری می کند.

۷.۲. پارامترهای کلیدی دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی

پارامترهای اصلی مؤثر بر عملکرد **دستگاه دوخت حرارتی آزمایشگاهی** عبارتند از:

- **دمای دوخت:** از دمای محیط تا 300°C ، با انحراف $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.
- **زمان دوخت:** قابل تنظیم از 0.1 ثانیه تا 9999 ساعت.

- **فشار دوخت:** از 0.15 تا 0.7 MPa، که دامنه گسترده‌ای از تنظیمات را برای مواد مختلف فراهم می‌کند.
- **اندازه فک دوخت:** 330 mm x 10 mm (L x W).
- **الزامات توان:** AC 220V, 50Hz.
- **فشار گاز:** با فشار گاز 0.7 MPa کار می‌کند و از طریق شیلنگ PU متصل می‌شود.