



Dynamic Mechanical Analyzer DMA Q850



توضیحات دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی (مکانیکی حرارتی) DMA Q850

دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی (مکانیکی حرارتی) DMA Q850 ساخت شرکت TA Instruments و یکی از بهترین دستگاه های آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی می باشد. دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850 در بازه ی دمایی -۱۵۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس کار می کند. بازه ی نیرویی که دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA به نمونه وارد می کند از N ۰,۰۰۰۱ تا N ۱۸ بوده و دارای دقت N ۰,۰۰۰۰۱ است. دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850 خواص ویسکوالاستیسیته را با استفاده از تست های نوسانی دینامیکی یا انتقالی اندازه میگیرد. رایجترین تست موجود تست نوسانی دینامیکی است که طی آن یک استرس (ضربه یا فشار) سینوسی یا کشیدگی اندازه گیری می شود. منظور از اندازه گیری ها در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی گرمایی، اختلاف فازی دلتا بین دو موج سینوسی است. تاخیر فازی در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850، برای موادی که کاملاً الاستیک هستند ۰ درجه خواهد بود و برای موادی که کاملاً ویسکوز هستند ۹۰ درجه خواهد بود. و بنابراین مواد ویسکوالاستیک اختلاف فازی حد واسطی را در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMTA Q850 نمایش می دهند. دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850 دارای کلمپ های محکم و سبک جهت پردازش نمونه ها می باشد. دستگاه آنالیز مکانیکی - دینامیکی DMA Q850 دارای سیستم اپتیکی با دقتی نانومتری به جهت اندازه گیری جابه جایی ها می باشد. از طرفی دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA بسته به کاربرد های مختلف دارای سیستم خنک کننده گازی، نیتروژنی و یا چیلر هوای ACS-3 می باشد که تمامی مواردی که ذکر شد محصولات DMA شرکت TA Instruments را به شاخص ترین دستگاه های آنالیز حرارتی حال حاضر جهان، تبدیل کرده است.



دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 از جمله پرفروشترین دستگاه های آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی DMA می باشد. این محصول DMA به صورتی هنرمندانه، غیر تماسی و با تکنولوژی درایور خطی به منظور کنترل دقیق استرس و یاتاقان هوا برای ایجاد اصطکاک کم تعبیه شده است. میزان کشش نمونه ها در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 به وسیله ی تکنولوژی رمز گزاری اپتیکی که دقت و حساسیت بالایی دارند اندازه گیری می شود. با طراحی بی نظیری که این دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA دارد، دستگاه آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی DMA Q800 در بین رقبا به صورت قدرتمندی ظاهر شده و برای نمونه هایی که ویسکوزیته بالایی دارند همچون کامپوزیت ها، ایده آل می باشند.



مد های تغییر شکل و ساینز نمونه در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA

DUAL / SINGLE CANTILEVER	
	8/4 MM (L), UP TO 15MM (W) AND 5MM (T)
	20/10 MM (L), UP TO 15MM (W) AND 5MM (T)
	35/17.5 MM (L), UP TO 15MM (W) AND 5MM (T)
3-POINT BEND	
	5,10,OR15 MM (L), UP TO 15MM (W) AND 7MM (T)
	20 MM (L), UP TO 15MM (W) AND 7MM (T)
	50 MM (L), UP TO 15MM (W) AND 7MM (T)
TENSION	
FILM/FIBER	5 TO 30 MM (L), UP TO 8MM (W) AND 2MM (T)
FIBER	5 TO 30 MM (L), 5 DENIER(0.57TEX)TO 0.8 MM DIAMETER
SHEAR	10 MM SQUARE, UP TO 4MM (T)
COMPRESSION	15 AND 40 MM DIAMETER, UP TO 10MM (T)
SUBMERSION	
TENSION	FIXED AT 15 MM (L), UP TO 8MM (W) AND 2MM (T)
COMPRESSION	25 MM DIAMETER, UP TO 10MM (T)
3-POINT BEND	5, 10, OR 15MM (L), UP TO 15MM (W) AND 7MM (T)

آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA یک روش تکنیکی برای اندازه گیری خواص مکانیکی بازه ی گسترده ای از مواد است. بسیاری از مواد شامل پلیمرها، رفتار دو گانه ای به صورت یک جامد الاستیک و یک مایع غلیظ دارند. دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA به نسبت دستگاه های تست مکانیکی دیگر در دو مورد، تفاوت دارد. اول آن که دستگاه های تست کششی معمولی فقط در مولفه های الاستیک تمرکز می کنند، در صورتی که در بسیاری از کاربردها مولفه های غیر الاستیک و یا ویسکوزنقش حیاتی دارند به طور مثال، این مولفه ی ویسکوز هست که خواصی مانند مقاومت ضربه را مشخص می کند. دوم آن که دستگاه تست کششی در درجه اول خارج از محدوده ی ویسکوالاستیکی خطی، کار می کند. اما دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 در درجه ی اول در ناحیه ی ویسکوالاستیک خطی کار می کند و بنابراین حساسیت بیشتری به ساختار دارد.

دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 خواص ویسکوالاستیسیته را با استفاده از تست های نوسانی دینامیکی یا انتقالی اندازه میگیرد. رایجترین تست موجود تست نوسانی دینامیکی است که طی آن یک استرس (ضربه یا فشار) سینوسی یا کشیدگی اندازه گیری می شود. منظور از اندازه گیری ها در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی گرمایی DMA، اختلاف فازی دلتا بین دو موج سینوسی است. تاخیر فازی در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800، برای موادی که کاملاً الاستیک هستند ۰ درجه خواهد بود و برای موادی که کاملاً ویسکوز هستند ۹۰ درجه خواهد بود. و بنابراین مواد ویسکوالاستیک اختلاف فازی حد واسطی را در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMTA Q800 نمایش می دهند.

در مدول های فشاری، مدول مختلط، با محاسبه ی اندازه گیری می شود، مدول ذخیره، مولفه ی الاستیک می باشد و به سختی نمونه در دستگاه آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی موجود، مربوط می شود. مدول، مولفه ی ویسکوز است و به توانایی نمونه برای از بین بردن انرژی مکانیکی در طول حرکت مولکولی، مربوط می شود. تاثرات اختلاف فازی یا تاثرات دلتا پارامتر معمول دیگری است که اطلاعاتی را در رابطه ی بین کامپوننت های الاستیک و غیر الاستیک در حین آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی، می دهد.

تست های انتقالی در دستگاه DMTA، شامل Stress and creep relaxation می شوند. در مورد تست Creep یک نیروی فشاری به یک نمونه در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی اضافه و ثابت نگه داشته می شود تا زمانی که تغییر شکل با توجه به تغییر زمان، اندازه گیری شود. بعد از آن که زمان گذشت فشار در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 برداشته شده و زمان ریکاوری اندازه گیری می شود. در Stress relaxation تغییر شکلی به واسطه ی دستگاه آنالیز مکانیکی - دینامیکی به نمونه اضافه می شود و ثابت نگه داشته می شود، کاهش استرس برای حفظ کردن آن تغییر شکل در طول زمان لازم می باشد.

مدهای تغییر حالت در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

خمش از یک طرف و یا از دو طرف در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

در این حالت نمونه یا در دو انتهای این محصول DMA، محکم قرار داده شده و به مرکز منعطف می شود (Dual Cantilever) و یا خمش در یک انتهای دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 انجام می گیرد)

single cantilever) این خمش با هدف اصلی ارزیابی ترموپلاستیک ها و مواد با دمپ بالا استفاده می شود. از طرفی مد دوگانه برای مطالعه ی ترموستات متصل شده به دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA مناسب می باشد. یک کلمپ پودری هم برای مشخصه یابی انتقالات در مواد پودری مورد استفاده قرار می گیرد.

خمش سه نقطه ای در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

در این مد، نمونه در دو انتهای دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 قرار داده شده و نیرویی هم به مرکز آن وارد می شود. خمش سه نقطه ای حالت خاصی از تغییر شکل است که در طی آن تاثیرات کلمپ حذف می شود. کلمپ های ۵۰ و ۲۰ میلیمتری در دستگاه آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی موجود اصطکاک پائینی را فراهم کرده و این موضوع دقت بالایی را برای غلتک بلبرینگ فراهم می آورد.

حالت برشی در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

در این حالت، دو قطعه با سایز مساوی و با مواد ثابت بین یک صفحه ی ثابت و یک صفحه ی قابل حرکت در دستگاه DMA قرار می گیرند. این مد برای ژل ها، چسب ها، رزین های با ویسکوزیته بالا و مواد با دمپ بالا مناسب می باشد.

حالت فشاری در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

در این حالت، نمونه روی یک سطح مسطح در دستگاه آنالیز DMA قرار می گیرد و یک صفحه ی نوسانی به آن نیرو وارد می کند. این حالت فشاری برای مواد مدوله شده ی حد پایین و یا متوسط مورد استفاده قرار می گیرد. این مد همچنین برای بررسی انبساط و انقباض و تست کششی لایه های چسبنده می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

حالت کششی در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

در این حالت نمونه در حالت کششی بین دو کلمپ ثابت و کششی در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA قرار می گیرد. در این حالت تجهیزات به گونه ای در کنار هم قرار می گیرند که از هرگونه لرزش و خزش در نمونه جلوگیری شود. کلمپ ها در این حالت هم برای فیلم ها و هم برای فیبر ها مناسب می باشند.

گیره های شناور در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

کلمپ های مخصوص کشش فیلم، فشار و خمش سه نقطه ای همگی در این محصول DMA موجود می باشد. این کلمپ ها به نمونه این اجازه را می دهند که در یک محیط سیال با دمای بالاتر از ۸۰ درجه ی سلسیوس مورد آزمایش و آنالیز قرار بگیرند.

تجهیزات موجود در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

• موتور درایو دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA

دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 از یک موتور درایو مستقیم و غیر اتصالی استفاده می کند که برای ایجاد نوسانات و یا نیروی استاتیکی مورد نیاز، استفاده می شود. این موتور از کامپوزیت های با کیفیت عالی ساخته شده است که انطباق پذیری پایین داشته و به صورت ترموستاتی است که میزان بالا روی دما را حتی زمانی که دامنه ی ارتعاشی و نیروی دفورم شوندگی زیاد باشد، کاهش می دهد. الکترونیک پیچیده آن باعث می شود که جریان موتور به سرعت تنظیم شود. این موتور می تواند نیروهای قابل تجدید را در یک بازه ی گسترده انتقال داده و نیرو را به سرعت تغییر دهد. به این ترتیب این محصول DMA قادر خواهد بود که طیف عظیمی از خواص مواد را اندازه بگیرد.

• بلبرینگ هوای دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

موتور درایو غیر اتصالی، نیرو را مستقیماً به یک اسلاید بلبرینگ هوای مستطیلی منتقل می کند. اسلاید ها شامل بلبرینگ های هوای با جنس کربن متخلخل است که شامل دو دسته ی چهارتایی می شود که در قسمت بالا و پایین اسلاید قرار گرفته است. هوای تحت فشار یا جریانات نیتروژن که به بلبرینگ وارد می شوند یک سطح دارای اصطکاک تشکیل می دهند که به شناور بودن اسلاید کمک می کند. اسلایدی که متصل می شود به شفت درایو و کلمپ نمونه، می تواند به صورت عمودی به اندازه ی ۲۵ میلیمتر حرکت کند و از طرفی شکل مستطیلی آن از هر گونه پیچشی در نمونه جلوگیری می کند، تحت این شرایط، مواد خیلی ضعیف مانند فیلم ها و فیبر ها می توانند به آسانی ساختار بندی شوند.

• کوره دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

دستگاه آنالیز دینامیکی مکانیکی گرمایی DMA از یک کوره Bifilar Wound تشکیل شده است که حرکتی خودکار دارد. طراحی کوره ترکیب شده با خنک کننده ی گازی، کاربر را برای کنترل دمایی دقیق، در طول بازه ی دمایی کامل هم در حوزه ی گرمایشی و هم سرمایشی و هم عملکرد غیر همدمایاری می کند. از طرفی حرکت خودکار کوره چیدمان آزمایشگاهی را برای ما آسان می کند.

• رمز گزار نوری دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

دستگاه رمز گزار اپتیکی خطی، برای اندازه گیری جابه جایی ها در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA مورد استفاده قرار می گیرد. بر اساس الگوهای پراش نوری در طول توری ها (یکی قابل حرکت و دیگری ثابت)، رمزگزاری اپتیکی دقت منحصر به فردی را در مقایسه با تکنولوژی معمولی LVDT، فراهم کرده است. رمز گزار اپتیکی دارای دقت نانومتری بوده و می تواند دامنه های خیلی کوچک را با این دقت بالا اندازه گیری کند. ترکیب این سیستم با موتور درایو غیر اتصالی و تکنولوژی بلبرینگ هوا دقت مدولاسیون و حساسیت را در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMTA بالا برده و اجازه ی بررسی بازه ی عظیمی از ماده ها را به کاربر می دهد.

• کلمپ های نمونه با جرم پایین و استحکام بالا در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 تشکیل شده است از کلمپ های نمونه ی متنوع برای مدهای تغییر حالت مختلف. کلمپ ها به گونه ای بهینه سازی شده اند که با استفاده از آنالیزهای المنتی محدود، بیشترین استحکام را برای ما فراهم می آورند. این کلمپ ها جرم کمی دارند و با یک اتصال ساده به شفت درایو، متصل می شوند. کلمپ ها به راحتی استفاده و تنظیم می شوند و هر کدام از آن ها به صورت منحصر به فرد کالیبره شده و دقت داده ها را تامین می کند. با استفاده از این کلمپ ها رنج عظیمی از نمونه ها آنالیز می شوند. استحکام بالای آن ها انطباق کلمپ را کاهش داده و جرم کم هم تعادل دمایی سریع را برای کاربر محقق می کند. این طراحی ساده و ظریف کلمپ ها، زمان مورد نیاز برای تغییر کلمپ ها و بارگزاری نمونه ها را کاهش می دهد.

• محفظه ی آلومینیومی محکم در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

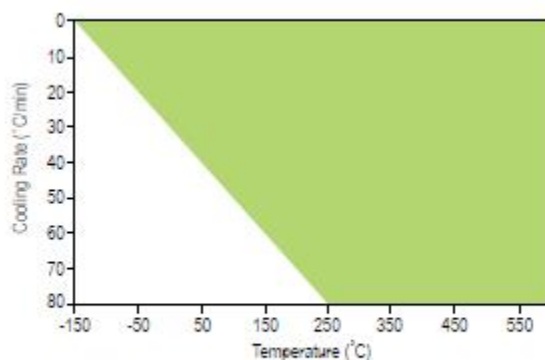
همه ی قطعاتی که تاکنون بیان شد، شامل موتور درایو، اسلاید بلبرینگ هوا و رمزگزار اپتیکی، داخل یک محفظه ی آلومینیومی قرار گرفته اند که می توانند دما را کنترل کنند. محفظه ی آلومینیومی محکم انطباق سیستم را کاهش داده و محفظه ی کنترل دمایی داده هایی با دقت بالا را برای ما فراهم می کند.

وسایل جانبی محصولات DMA

• دستگاه خنک کننده ی گازی در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

وسیله ی جانبی سرمایشی گازی (GCA) نرخ عملکرد دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 را تا -۱۵۰ درجه سلسیوس کاهش می دهد. این محصول DMA از گاز نیتروژن سرد تولید شده، به واسطه ی تبخیر کنترل شده ی نیتروژن مایع، استفاده می کند. پر شدن اوتوماتیکی تانک GCA می تواند به نحوی برنامه ریزی شود که بعد از آن که اسکن کامل شد، اتفاق بیافتد.

GCA در تمام حوزه ی کاری دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 یعنی از -۱۵۰ درجه سلسیوس تا ۶۰۰ درجه سلسیوس، نرخ سرمایش کنترل شده یا بالیستیک دارد. در عمل، بیشترین حد سرمایشی تابعی از کلمپ متصل شده و مشخصات حرارتی نمونه است. شکلی که در زیر نشان داده شده است بازه ی سرمایشی کنترل شده را بر حسب دما نشان می دهد.



* Actual performance may vary slightly depending on laboratory conditions and the clamping system installed.

• کولر خنک کننده ی نیتروژن (NPC) در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

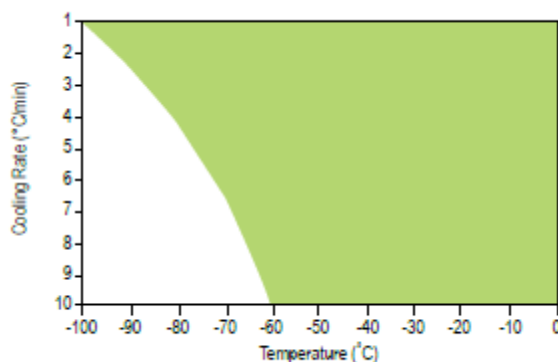
کولر خنک کننده ی نیتروژن جایگزین خلاقانه ای برای آن دسته از آزمایشات با استفاده از دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA است که در دمای پایین انجام می گیرند. NPC عملیات سرمایشی و کنترل دمایی را در دماهایی پایین تر از -۱۶۰ درجه سلسیوس با نمونه هایی با هندسه های متفاوت، انجام می دهد. همچنین این دستگاه انتخاب ایده آلی برای کاهش زمان افت دمایی بین آزمایش های متوالی است. یک مخزن پر شده ی ۲,۵ لیتری نیتروژن مایع به همراه تغییر دهنده ی دمایی، گاز نیتروژن (۲ بار تا ۸ بار، ۳۰) را قبل از ورود به آون دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 خنک می کند. دستگاه NPC، کوچک، اقتصادی و موثر برای آزمایشگاههایی است که نیاز پایه ای به سرمایش دارند. فروش دستگاه DMA در کنار این سیستم خنک کننده ی نیتروژن بازه ی عملکرد کاربر را بالا می برد.



• سیستم چیلر هوای ACS-3 در دستگاه آنالیز مکانیکی - دینامیکی DMTA

سیستم چیلر هوای ACS-3 یک سیستم خنک کننده ی جریان گازی بی همتا است که این امکان را به دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 می دهد که در دمایی پایین تر از -۱۰۰ درجه سلسیوس کار کند. این سیستم با یک کومپرسور آبخاری سه مرحله ای تجهیز شده است، این سیستم بدون نیاز به نیتروژن مایع کنترل دمای محیطی را تا دمای پایین فراهم می آورد. دستگاه ACS-3 برای کنترل سرمایشی به هوای فشرده شده به میزان ۲۰۰ bar و ۲۰۰ نیاز دارد. کوچک بودن، ساکت بودن و سادگی کاربرد، این دستگاه را به دستگاهی مناسب برای محیط

های آزمایشگاهی که به بازه ی سرمایشی مطلوب نیاز دارند، تبدیل کرده است. فروش دستگاه DMA همراه با این چیلر هوا کارایی سرس دستگاه های آنالیز DMA را دو چندان کرده است.



• DMA-RH در دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800

وسیله ی جانبی جدید DMA-RH به خواص مکانیکی یک نمونه اجازه می دهد که تحت کنترل و با شرایط متغیر چه از لحاظ دمایی و چه از لحاظ رطوبت نسبی، آنالیز شود. که این محصول به همراه سایر محصولات DMA به فروش می رسد.

این دستگاه DMA-RH یک دستگاه کاملاً مستقل هست و شامل مولفه های سخت افزاری زیر می باشد :

۱. چمبر نمونه در جایگاه کوره ی استاندارد در داخل دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q800 قرار می گیرد. المان های Peltier در داخل چمبر به دقت دما را تا کنترل می کنند، چمبر نمونه شامل کلمپ های استاندارد (کشش، کانتلیور، و خمش ۳ نقطه ای) می باشد. این چمبر این قابلیت را به سیستم می دهد که به سرعت به حالتی با کوره ی استاندارد برگردد.
۲. خط انتقال بخار گرمایشی در دمایی بالاتر از دمای نقطه ی شبنم یک گاز مرطوب فرار داده شده است تا با این روش از تراکم جلوگیری کرده و نتایج مطلوبی را به دست دهد.
۳. DMA-RH شامل مرطوب کننده و الکترونیکی می باشد که به طور پیوسته دما و رطوبت چمبر نمونه را کنترل می کند.

DMA-RH	
Temperature Range	5 to 120 °C
Temperature Accuracy	±0,5 °C
Heating/Cooling Rate	Max ± 1 °C/min
Humidity Range	See humidity range Chart.
Humidity Accuracy	5 – 90% RH: ±3% RH
Humidity Ramp Rate	> 90% RH: ±5% RH
(both Increasing and decreasing)	2% RH/min (fixed)

مشخصات دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی (مکانیکی حرارتی) DMA Q850

DMA Q850	ویژگی های دستگاه
18 N	ماکزیمم نیرو
0.0001 N	مینیم نیرو
0.00001 N	رزولوشن نیرو
0.001 to 200 Hz	رنج فرکانس
±0.005 to 10,000 µm	رنج تغییر شکل دینامیک
0.1nm	رزولوشن کششی
10 ³ to 3×10 ¹² Pa	رنج ماژول
± 1 %	دقت ماژول
0.0001	حساسیت Tan δ
0.00001	رزولوشن Tan δ
Standard Furnace: -160°C to 600°C RH Accessory: 5°C to 120°C	رنج دمایی
YES	Time-Temperature Superposition

مشخصات فنی دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی (مکانیکی حرارتی) DMA

Q850

سیستم نصب شده	رنج دمایی	نرخ گرمایش/سرمايش	گازهای موجود
Standard Furnace	-160°C to 600°C	20°C/min Heating 10 °C/min Cooling	Air, nitrogen, argon, helium
DMA-RH Accessory	5°C to 120°C	±1 °C/min	Controlled humidity 5% to 95% RH

کاربردهای دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی (مکانیکی حرارتی) DMA Q850

- اندازه گیری TG مواد پلیمری با استفاده از دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850
- تاثیر فرکانس روی مدول ها و دمای انتقال شیشه در پلی اتیلن ترپتالات (polyethylene terephthalate (Pet) با استفاده از دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850
- تاثیر Carbon Black در الاستومرها با استفاده از دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850
- پیشبینی نحوه ی عملکرد مواد با استفاده از جایگزاری دما / زمان با استفاده از دستگاه آنالیز مکانیکی دینامیکی DMA Q850