به نام خدا

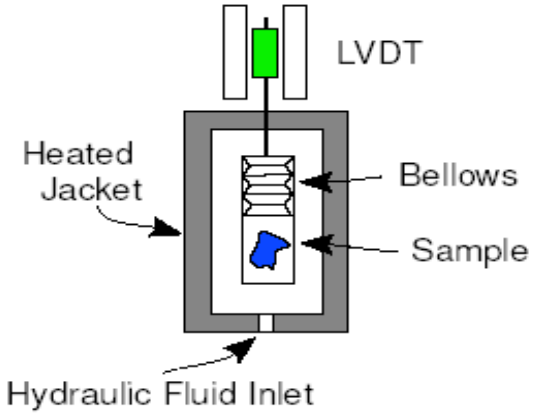
انقباض پلیمرها
Shrinkage

مقدمه

در فرایند تزریق ترموپلاستیک ها ابعاد قطعه قالب گیری شده در هنگام سرمایش (Cooling) به علت تغییر دانسیته تغییر می کند . اغلب از این تغییرات به عنوان shrinkage (جمع شدگی) تعبیرمی شود. درک نمودار PVT برای به دست آوردن مقدار انقباض می تواند کمک شایانی در درک عوامل موثر بر انقباض و در نهایت پیدا کردن هر چه دقیقتر مقدار انقباض نماید.

دیلاتومتری

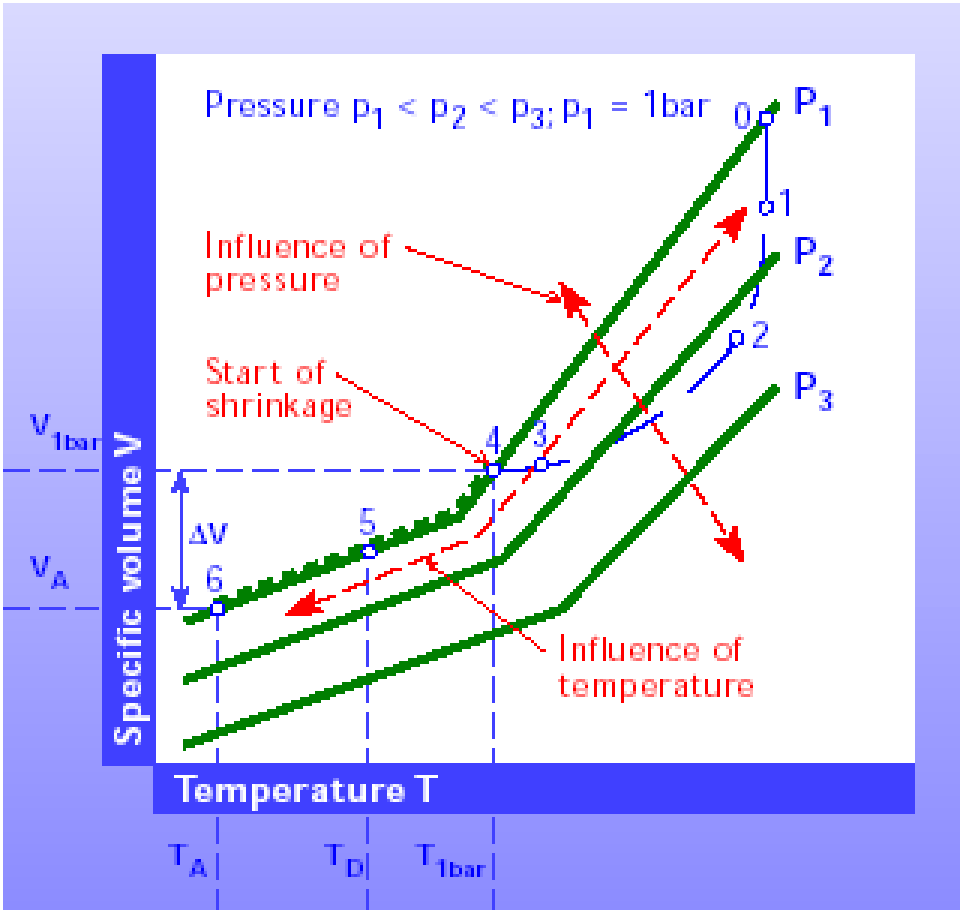
معمولاً برای دستیابی به چنین نمودارهایی از دستگاهی به نام دیلاتومتر که با استفاده از یک لوله مویین افزایش حجم مخصوص پلیمر به صورت تابعی از درجه حرارت را اندازه گیری می کند استفاده می کنند.
در درجه حرارت انتقال شیشه ای شیب تغییر حجم مخصوص، با دما تغییر می کند.



در این دستگاه از یک سیال هیدورلیک برای تامین فشار بر روی قطعه استفاده می گردد. تغییرات حجم پلیمرو مایع در مقابل تغییرات دما منجر به تغییر خطی قسمت فنری شکل دستگاه می شود که به کمک یک مبدل تغییرات خطی مکانی (LVDT) ، می توان این تغییرات خطی را محاسبه کرد.
انتخاب مایع در این نوع دیلاتومتری بسیار با اهمیت است زیرا نباید مایع در محدوده دمائی مورد نظر تغییر حالتی داشته باشد همچنین نباید هیچگونه واکنشی با پلیمر داشته باشد.

نمودارهای PVT

برای هر ماده رابطه بین فشار،دما و حجم وجود دارد.امروزه اغلب تولیدکنندگان عمده و معتبر مواد پلاستیکی این اطلاعات را ارائه می دهند. این نمودار به صورت زیر می باشد.



۱ ← پرشدن قالب

۱-۲ ← فشردن packing

۲-۳ ← فشار نگه دارنده holding pressure

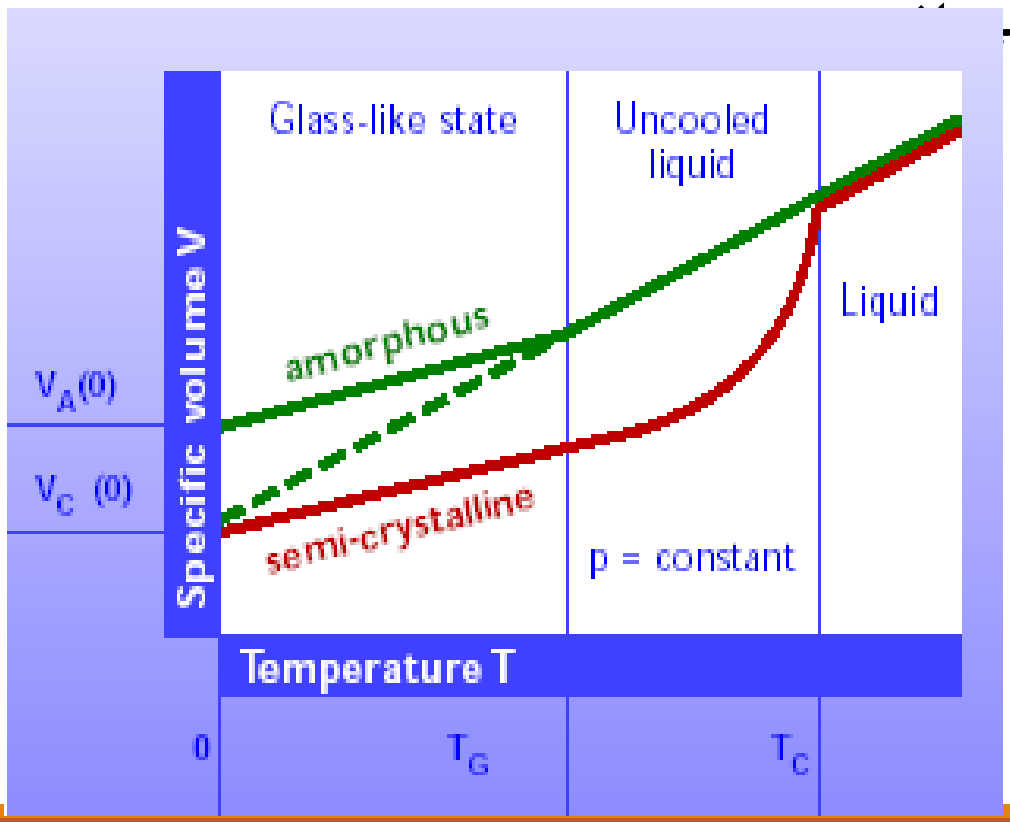
۲-۴ ← کاهش فشار تا فشار محیط

۵-۶ ← cooling تا خارج شدن قطع از قالب (دمای demolding)

۵-۶ ← cooling تا دمای محیط

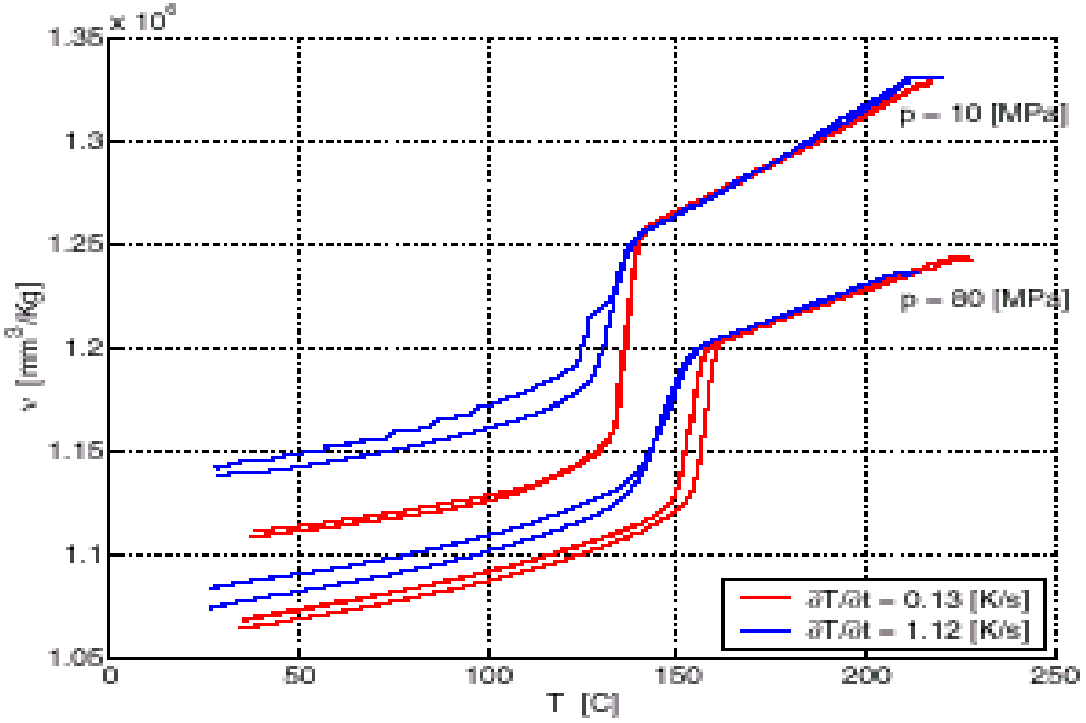
مقایسه نمودار PVT در پلیمرهای آمورف و نیمه کریستالی

در پلیمرهای نیمه کریستالی افت حجم مخصوص به علت وجود قسمتهایی با دانسیته بالاتر کریستالها بیشتر خواهد بود و در هنگام نقطه ذوب همانطور که در شکل نشان داده شده است منحنی تقریباً با یک محدوده دمائی ثابت (دمای ذوب) در T_m افت می کند. البته T_m معمولاً یک رنجی از دما را خواهد داشت که به علت تفاوت توزیع جرم ملکولی و در نتیجه اندازه ساختارهای کریستالی در پلیمر م



مقایسه نمودار PVT در سرعت های مختلف Cooling یا Heating

همچنین سرعت Cooling یا Heating نیز موجب جابجائی منحنی PVT در فشار یکسان می گردد.
در هنگام Cooling با سرعت بالا به علت اینکه زنجیرها فرصت کافی برای از دست دادن حجم آزاد را ندارند و یا در پلیمرهای نیمه کریستال فرصت لازم برای در کنار هم قرار گرفتن زنجیرها وجود ندارد منحنی PVT به سمت بالا و سمت چپ همانطور که در شکل مشخص است شیفت می کند.



روند افزایش سرعت cooling

محاسبه
با استفاده از نمودارهاي

خواص PVT بسیاری ازپلیمرها را می توان با استفاده از معادله Tait که به صورت نیمه تجربی (Empirical) بدست آمده، در موارد مختلف فشار و دما بدست آورد.

بنابراین به نظر می رسد با استفاده از دستگاه دیلاتومتری دیاگرامهای فشار، حجم و دما به صورت تجربی بدست آیند و سپس با انطباق معادلات مربوطه و حل آنها ثوابت معادله کلی PVT برای هر پلیمر تعیین گردد. البته لازم به ذکر است که برخی از دستگاهها علاوه بر ارائه نمودار PVT می توانند بر اساس نرم افزارهای مجهز معادلاتی را (همچون Tait) بر منحنی منطبق سازند.

$$Tait\ equation: \upsilon(T,p) = \upsilon_0(T)\left\{1 - C\ln\left(1 + \frac{p}{B(T)}\right)\right\} + \upsilon_t(T,p)$$

For $T > T_t$:

$$\upsilon_0(T) = b_{1m} + b_{2m}\overline{T}$$
$$B(T) = b_{3m}e^{-b_{4m}\overline{T}}$$
$$\upsilon_t(T,p) = 0$$

For $T < T_t$:

$$\upsilon_0(T) = b_{1s} + b_{2s}\overline{T}$$
$$B(T) = b_{3s}e^{-b_{4s}\overline{T}}$$
$$\upsilon_t(T,p) = b_7 e^{(b_8\overline{T} - b_9 p)}$$

$p = pressure$ $T = temperature$

$T_t = b_5 + b_6 p = transition\ temperature$

$\overline{T} = T - b_5$ $C = 0.0894 (universal\ constant)$

محاسبه shrinkage خطی از روی جمع شدگی حجمی (S_V)

$$S_V = \frac{V_C - V_P}{V_C}$$

V_C : volume of cold cavity

V_P : molded part volume

$$S_V = 1 - (1 - S_L)(1 - S_W)(1 - S_S)$$

S_L : longitudinal shrinkage

S_W : shrinkage of width

S_S : shrinkage of thickness

و همچنین می توان جمع شدگی خطی را به صورت زیر تعریف نمود:

$$S_l = \frac{L_W - L_F}{L_W}$$

S_L:linear shirinkage

L_W:dimension of cold cavity

L_F:dimension of molded part

از آنجائیکه قطعه در حالت عادی از همه جهات به صورت یکنواخت shrink نمی کند پس به صورت فرم کلی نمی توان جمع شدگی حجمی را بدون مانع به جمع شدگی خطی مرتبط کرد. جمع شدگی حجمی بیشتر در ضخامت دیواره های قطعه صورت می گیرد. حتی اگر قالب در هیچ جهتی محدود نشود این واقعیت وجود دارد که لایه های قالب از خارج به داخل سرد می شوند و این به معنای آنست که جمع شدگی در جهتهای طول و عرض قطعه محدود می باشد.

$S_s = 0.9 - 0.95 \times S_v$ shrinkage over thick ness

$S_{l,w} = 0.1 - 0.05 \times Sv$ shrinkage over length or width