



液态硅橡胶微注塑成型新方法

New method for LSR micro-molding

■ 治明 编译

对注塑加工企业来说，X-melt 技术的优势是不需要使用价格昂贵的、用途有限的专用设备，使用一台生产设备就能进行微成型加工，而且还能进行单腔标准成型加工。

恩格尔公司开发的 X-melt 技术（也称膨胀注塑成型技术）最初用于填充需要极快注塑速度的薄壁制品。利用 X-melt 技术可帮助注塑企业获得比注塑设备机械速率更高的极高注塑速率（如果认为这不可能，继续阅读）。最近，恩格尔进一步拓宽了 X-melt 技术的应用范围，包括使之用于液态硅橡胶（LSR）的低压微成型。

工作方式及原理

X-melt 技术为膨胀注塑成型技术。它主要利用塑料熔体和未固化液态硅橡胶的固有压缩性能。本质上，该方法首先在螺杆前端积累注射体积，然后注塑螺杆移动至其最终的向前注射位置，同时通过冷流道（热塑性塑料使用热流道）阀式浇口喷嘴保持材料位置不变。使用预注射阶段压缩液态

硅橡胶（LSR）建立弹性能量或储存能量。能量大小由 X-melt 压力（设定预注射压力）以及注射单元缓冲结构或弹簧决定。

与不可压缩的其它液态材料不同，液态硅橡胶（LSR）根据材料硬度和供应商的不同，可压缩 5%~7%。在 X-melt 工艺中，在设定时间内保持液态硅橡胶为压缩状态，从而使注射单元和冷

流道中的液态硅橡胶材料达到稳定态。达到 X-melt 的设定时间以后, 阀式浇口打开, 材料“喷泉”释放并瞬间膨胀进入型腔。当成型制品填充时, 压力达到停止填充的平衡点, 然后阀式浇口关闭。

图 1 中的绿线表示注射压力。图中表明 X-melt 压力为 2800 psi, X-melt 保持时间为 1.6 秒。图还说明当材料释放进入型腔后压力迅速下降。曲线底部是平衡点或残余压力。由于 X-melt 技术不使用传统的保压压力或时间, 在这里变成保压序列。图中的白色垂线表示循环周期中阀式浇口的闭合点。可以通过提高或降低 X-melt 压力设定值, 也可以通过提高或降低缓冲机构长度, 达到提高或降低平衡点的目的。

这能有效提高或降低工艺的保压压力。可以提高或降低阀式浇口定时调整工艺的保压时间。最终形成一种不再依赖螺杆位置进行精度调整的工艺。X-melt 技术基础是固定压力 + 固定模口 = 可重复流速。

重要性分析

考虑使用 12mm 直径注射螺杆和 0.010 克注射量的微注塑成型应用场合。这将产生 0.0031 英寸的总注射行程, 虽然这种条件会造成重复性不好, 但是也要考虑计量过程中相关的精密计量行程和精密材料压力。考虑到螺杆位置仅变化 0.0005 英寸就相当于总注射量变化 15%。由于 X-melt 技术取决于达到设定压力并且取决于设定时间内打开阀式浇口或注射喷嘴, 螺杆位置不再重要。

同时, 由于存在计量压力变化, 该技术不用考虑这种变化。在许多微注塑成型应用领域, 打开或关闭安装在加料口的计量阀要引入比总注射量更

多的材料。

液态硅橡胶微注射成型始终面临精确计量的困扰, 为此常需要专用设备。由于标准工艺与位置有关, 因此每一次循环都必须纳入计量步骤, 这样才能确保注射的起点一致。X-melt 技术与螺杆位置无关, 因此在要求计量循环之前可以模塑多次注射。这意味着计量周期更长, 螺杆旋转更久, 最终使混合物更均匀, 颜色分散更佳。

X-MELT 技术应用

在最近的一次应用研究中, 恩格公司通过液态硅橡胶在四腔模具中

的应用对比了 X-melt 技术和标准的注射工艺。本研究所用设备为恩格器的 evictory 80/30 US 混合动力无拉杆设备 (图 2)。该设备的特色在于伺服电动注射单元和伺服控制锁模和顶出机构液态系统。塑化组件为标准型液态硅橡胶 (LSR) 注塑螺杆 (18mm 直径) 和水冷机筒。X-melt 技术的唯一设备要求是电气伺服驱动注射 (在预压缩位置锁定螺杆, 阀式浇口打开时不会发生前进运动) 和 X-melt 膨胀成型软件包。

所选模具为美国 Roembke 制造

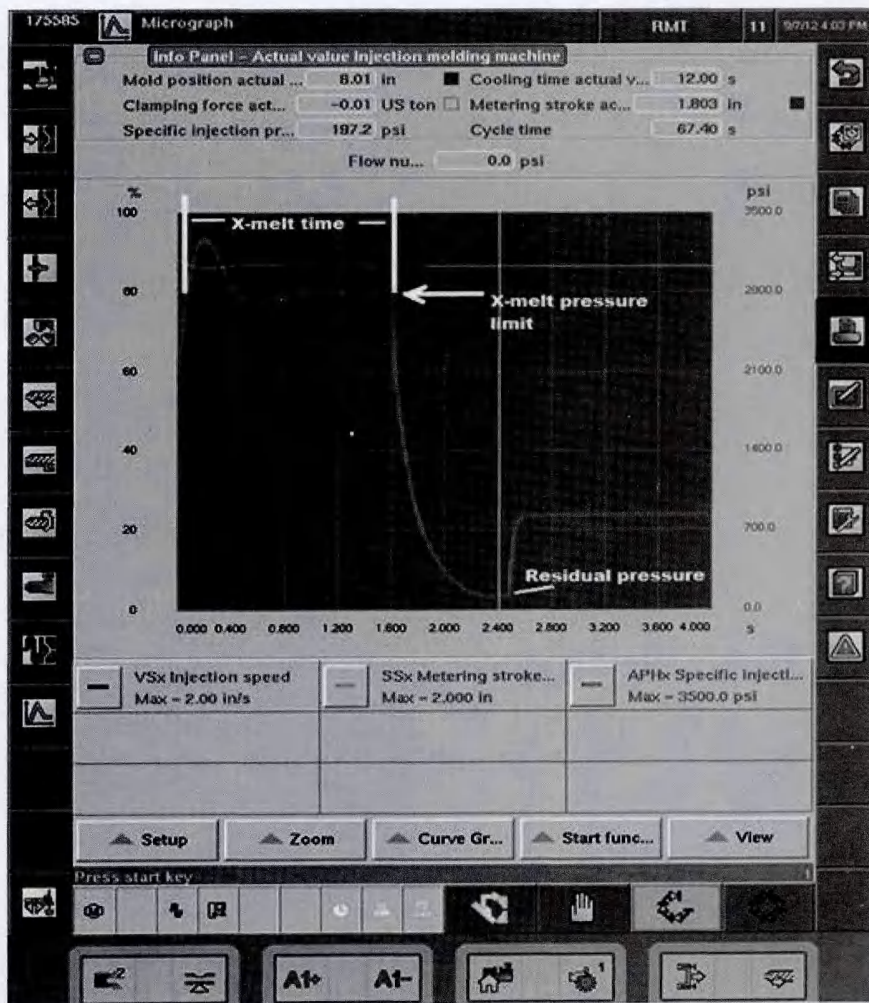


图 1 图中绿线表示液态硅橡胶 (LSR) 材料的压力。X-melt 预注射压力为 2800 psi, 在整个注射过程中保持 1.6 秒的时间实现压力稳定。当材料释放膨胀进入型腔, 压力迅速下降, 直至填充结束、阀式浇口闭合时的平衡剩余压力。

和设计公司提供的四腔、阀式浇口、冷流道模具。加工产品为重 0.1280 克的医用伞形阀。总注射量为 0.5119 克。

虽然 X-melt 技术可以实现非常小的注射量,但是研究的首要目的是对比 X-melt 技术与稳定的传统型注射工艺。第二目的是验证 X-melt 技术的主要改进。

在本研究中,进行了 100 次注射,并随机选择了 20 次进行重量研究。对于传统的注射来说,0.0013 克总重量和 0.126% 平均偏差标明该工艺为非常稳定且可再现的工艺(参见图 3)。

本研究的第二部分是使用配置 X-melt 功能的设备重复 100 次注射。从图 4 的结果可以看出,注射之间的一致性显著提高。总变化范围从 0.0013 克降低到 0.0004 克,平均偏差从 0.126% 降低到 0.039%。

为了更好的解释这些结果,我们需要了解试验各个部分的结果。标准型工艺加工的产品重量范围为 0.004 克。这些结果实际代表了螺杆位置的重复能力。0.004 克范围意味着螺杆位置偏离平均值的变化量为 0.006 英寸。它为本研究所用注射设备的有效重复能力。

注射量的大小对上述重复能力没有影响,但是随着注射量的下降,该变化范围占总注射量大小的百分比将会增加。例如,如果注射量大小降低到 0.250 克,那么 0.004 克的变化范围将意味着偏离平均值的 0.8%。由于 X-melt 技术与螺杆位置的重复能力没有关联,因此不考虑总注射体积,偏离平均值的百分比仍然相同。

X-MELT 的性能与限制因素

为了充分了解 X-melt 技术,我们必须了解其性能与限制因素。上述研究表明 X-melt 可以成型注射量高达

0.5 克的液态硅橡胶材料。该工艺已经使用小至 0.015 克的注射量进行了测试,其偏离平均值的百分比结果更小。

应从理论和实践两个方面对限制因素进行讨论。理论限制因素是使用 X-melt 技术时,特定注射单元能够达到的最大注射体积。使用 18mm 螺杆的试验设备可以成型最大注射量为 28.68 克。在 4000psi 压力条件下,材料达到最大压缩值 6%。这就意味着最大填充能力为 1.721 克。

就该点来说,平衡压力将为 0psi,但是为了保持足够的剩余压力,只能最大使用 85% 的填充能力。

因此,在测试设备上使用 X-melt 技术的理论注射量极限将为 1.463 克。可以将实际极限视为 X-melt 技术不再体现明显优势的点。

与早期的讨论一样,当使用标准型位置控制注射工艺时,注射量大小不影响螺杆位置的重现性。这意味着

随着注射量减少,同样的螺杆位置范围偏离平均值的百分比将会增加。

反之亦然:当注射量增加,同样的螺杆位置范围偏离平均值的百分比范围将会变小。

案例研究所用的注射量大小为 0.5119 克,标准型工艺产生的平均偏差为 0.126%。如果同样范围的前提下将注射量大小增加到 1.03 克,偏离平均值的结果将为 0.063%。对整个 X-melt 技术来说这不再被认为是显著的技术进步。对测试设备来说,X-melt 技术的实际限制值将为大于 1.1 克的注射量。

X-MELT 的技术优势

除上述案例说明的提高各次注射之间的一致性以外,X-melt 技术的优势在于它是标准型液态硅橡胶注射成型设备的外增软件。这相当于它可以根据需要打开或关闭。我们证实测试设备上的 X-melt 实际限制为最高达



图 2 研究使用了一台恩格尔 e-victory 80/30 混合动力无拉杆设备。X-melt 为外加软件,不需要对硬件进行改动。不需要时可以关闭软件。

1.10 克的注射量,但是关闭 X-melt 软件,该设备可以运行最大注射量为 28 克的标准型注射工艺。

这种情况不再是专为微成型而设计的设备。为微成型开发的设备一般为非常小的注射螺杆或柱塞式注射系统。这些设备拥有非常明确的注射体积限制,且不对设备进行物理改变的情况下很难改变。

对注塑加工企业来说, X-melt 技术的优势是不需要使用价格昂贵的、用途有限的专用设备,使用一台生产设备就能进行微成型加工,而且还能进行单腔标准成型加工。

与标准型微注塑成型工艺相比,使用 X-melt 技术还提高了计量性能。根据螺杆直径的不同,注射量低于 0.2 克的标准注射工艺可以使用仅有 0.003~0.006 英寸的注射行程。这就意味着在计量过程中螺杆实际上没有旋转。计量所用的信号持续时间不到 1 秒,这就使螺杆内不发生材料混合,并且很少量的材料运动通过静态混合器。如果在液态硅橡胶工艺中增加颜料的第三料流,颜料分散将会非常差。

有了 X-melt 技术,在需要计量之前,可以完成多个周期。这就考虑到了更为稳定的计量序列,最终得到更好的材料混合和更好的第三料流组分分散。

由于 X-melt 为液态硅橡胶加工领域的新技术,恩格尔现有四家使用该技术进行开发和生产的客户。热塑性塑料使用的 X-melt 技术是更为成熟的技术,拥有超过 30 台配备 X-melt 软件的现场设备。

图 3 利用标准型 LSR 注射工艺进行 100 次注射,随机抽取的 20 次注射重量样本。

1	0.5146	11	0.5151
2	0.5153	12	0.5152
3	0.5154	13	0.5154
4	0.5154	14	0.5149
5	0.5148	15	0.5148
6	0.5149	16	0.5148
7	0.5154	17	0.5146
8	0.5159	18	0.5148
9	0.5157	19	0.5150
10	0.5158	20	0.5151
Mean			0.51515
Upper			0.51590
Lower			0.51460
Range			0.00130
Deviation			0.126%

图 4 打开 X-melt 工艺,不需要改变设备或模具,获得非常一致的注射重量结果。

1	0.5120	11	0.5120
2	0.5119	12	0.5121
3	0.5118	13	0.5118
4	0.5119	14	0.5118
5	0.5117	15	0.5120
6	0.5118	16	0.5118
7	0.5119	17	0.5118
8	0.5121	18	0.5117
9	0.5118	19	0.5118
10	0.5118	20	0.5117
Mean			0.51186
Upper			0.51210
Lower			0.51170
Range			0.00040
Deviation			0.039%