

4 测试项目

测试项目包括：模具冷却液流动状态、模具温度均匀性、注射速度范围、多型腔平衡、压力损失、保压压力、浇口凝固时间、冷却时间、锁模力。

具体测试项目由供需双方协商确定，具体测试流程见图 1。



图 1 测试流程

测试应在环境、设备等条件符合生产要求的前提下进行。

5 测试方法

5.1 模具冷却液流动状态

5.1.1 测试目的

通过模具冷却通道直径、冷却液温度、冷却液体积流量等信息来计算冷却液在冷却通道中的雷诺数，并通过雷诺数来判断冷却液在冷却通道中流动状态的过程。

5.1.2 测试参数

5.1.2.1 用卡尺测量并记录模具各冷却回路通道直径 D ，单位为米（m）。

5.1.2.2 用测温仪测量并记录模具各冷却回路冷却液温度 T ，单位为摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

5.1.2.3 用压力计测量并记录模具各冷却回路冷却液压力 P ，单位为兆帕斯卡（MPa）。

5.1.2.4 用流量计测量并记录模具各冷却回路冷却液体积流量 Q ，单位为立方米每秒（ m^3/s ）。

5.1.3 评价模具冷却液流动状况

5.1.3.1 按照公式（1）计算：

$$Re = \frac{4Q}{\pi v D} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Re ——雷诺数，流体惯性力与黏性力比值的无量纲数；

v ——与冷却液温度 T 对应的运动黏度，单位为平方米每秒（ m^2/s ）。

5.1.3.2 雷诺数 Re 宜大于 4000。

5.2 模具温度均匀性

5.2.1 测试目的

通过测量模具型芯和型腔不同位置的温度，并计算最大、最小温度差，来判断模具温度均匀性。

5.2.2 测试步骤

5.2.2.1 确定和标识模具型芯和型腔各温度测试点，测试点应考虑模具结构、水路布局，测试点间距宜选择 30 mm ~50 mm，根据模具结构的差异可适当调整测试点间距。

5.2.2.2 在模具工作状态下用测温仪在指定的测试点连续测量 3~5 次，获得各测温位置的温度值并取平均值。

5.2.3 评价模具冷却均匀性

5.2.3.1 按照公式 (2) 计算：

$$T_{\text{Imbalance}} = T_{\text{max}} - T_{\text{min}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$T_{\text{Imbalance}}$ ——模具各测温点最大温度差，单位为摄氏度 (°C)；

T_{max} ——各测温点温度平均值的最大值，单位为摄氏度 (°C)；

T_{min} ——各测温点温度平均值的最小值，单位为摄氏度 (°C)。

5.2.3.2 最大温度差宜小于 5°C (具体差值可以按模具尺寸分)。

5.3 注射速度范围

5.3.1 测试目的

通过测试熔体有效黏度随剪切速率的变化规律，从而找出有效黏度对剪切速率低敏感的注射速度范围。

5.3.2 测试步骤

5.3.2.1 设定料筒各段温度，确保熔体温度为材料生产厂家推荐温度的中间值。

5.3.2.2 采用一级注射，注射压力设定为塑料注射机最大注射压力的 90%。

5.3.2.3 注射时间设定为足够长，确保实际注射时间小于设定注射时间。

5.3.2.4 保压压力设定为 0。

5.3.2.5 保压时间设定为 0。

5.3.2.6 冷却时间设定为足够长，确保制品顺利顶出。

5.3.2.7 设定储料终止位置，确保有足够熔体充满模具型腔。

5.3.2.8 设定注射终止位置，使模具 95%~98% 填满。

5.3.2.9 以最高注射速度 90% 进行注射，记录第 3 模的实际峰值压力 P_{peak} 和实际注射时间 t_{inj} 。

5.3.2.10 以 5% 的幅度逐步降低注射速度，分别记录各注射速度对应的峰值压力 P_{peak} 与实际注射时间 t_{inj} 。

5.3.3 评价注射速度范围

5.3.3.1 分别按照公式 (3) 和 (4) 计算有效黏度和剪切速率：

$$\eta = P_{\text{peak}} \times t_{\text{inj}} \times \lambda \dots\dots\dots (3)$$

$$\gamma = \frac{1}{t_{\text{inj}}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

η ——有效黏度，单位为泊（Pa·S）；

γ ——剪切速率，单位为 1/秒（s⁻¹）；

P_{peak} ——峰值压力，单位为帕斯卡（Pa）；

t_{inj} ——实际注射时间，单位为秒（s）；

λ ——增强比，全电动塑料注射机 λ 取 1，液压塑料注射机 λ 取 10。

5.3.3.2 根据剪切速率、有效黏度值，绘制有效黏度随剪切速率变化曲线图，如图 2 所示。

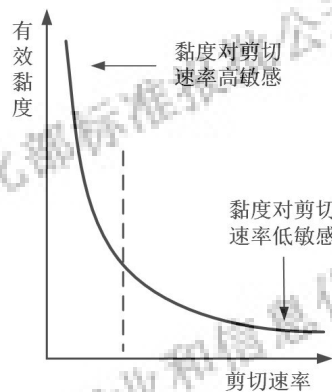


图 2 有效黏度随剪切速率变化曲线

5.3.3.3 根据有效黏度随剪切速率变化曲线，宜选择曲线上较平缓的点对应的注射速度作为适宜注射速度 v_{opt} 。

5.4 多型腔平衡

5.4.1 测试目的

测试一模多腔模具各型腔的充填均衡性。

5.4.2 测试步骤

5.4.2.1 注射速度设定为 v_{opt} 。

5.4.2.2 注射压力设定为 v_{opt} 对应的峰值压力的 K 倍， K 宜取 1.1~1.2，注射压力不宜大于塑料注射机最大注射压力的 90%。

5.4.2.3 保压压力设定为 0。

5.4.2.4 保压时间设定为 0。

5.4.2.5 调整注射终止位置，做不同充填量的短射试验，每组短射样品宜取 3~5 模次。

5.4.2.6 按制品质量的公差要求选择合适的电子秤，对各型腔制品进行称重。

5.4.3 评价多型腔平衡

5.4.3.1 按照公式（5）计算不同充填量短射试验的不平衡度：

$$w = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{m_{\max}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

w ——不平衡度；

m_{\max} ——每组短射样品质量最大值，单位为克（g）；

m_{\min} ——每组短射样品质量最小值，单位为克（g）。

5.4.3.2 单重小于 5 g 的产品，不平衡度不宜大于 5%；单件质量大于 5 g 的产品，不平衡度不宜大于 3%。

5.5 压力损失

5.5.1 测试目的

测试熔体流经喷嘴、流道、浇口、制品不同部位的压力损失。

5.5.2 测试步骤

5.5.2.1 注射速度设定为 v_{opt} 。

5.5.2.2 注射压力设定为 v_{opt} 对应的峰值压力的 K 倍， K 宜取 1.1~1.2，注射压力不宜大于塑料注射机最大注射压力的 90%。

5.5.2.3 设定储料终止位置，确保有足够熔体充满模具型腔。

5.5.2.4 保压压力设定为 0。

5.5.2.5 保压时间设定为 0。

5.5.2.6 调整注射位置，分别记录熔体到达喷嘴、主流道、分流道、浇口以及模具型腔不同位置的峰值压力，并计算各部分压力损失值。

5.5.3 评价压力损失

型腔充填至 95% 时，总压力损失宜小于塑料注射机最大注射压力的 80%；浇口处压力损失宜小于总压力损失的 50%。

5.6 保压压力

5.6.1 测试目的

通过观察制品外观、尺寸等质量随保压压力的变化，获得制品合格时的保压压力范围。

5.6.2 测试步骤

5.6.2.1 注射速度设定为 v_{opt} 。

5.6.2.2 注射压力设定为 v_{opt} 对应的峰值压力的 K 倍， K 宜取 1.1~1.2，注射压力不宜大于塑料注射机最大注射压力的 90%。

5.6.2.3 设定储料终止位置，确保有足够熔体充满模具型腔。

5.6.2.4 设定注射终止位置，使模具 95%~98% 填满。

5.6.2.5 保压速度设定为合适值，对于全电动塑料注射机而言，保压速度不宜小于 30mm/s，对于液压机而言，保压速度不宜小于塑料注射机最大保压速度的 30%。

5.6.2.6 保压时间设定为足够大，确保保压结束时浇口已冻结。

5.6.2.7 逐步增加保压压力，注射并观察制品质量，直到获得合格制品时的保压压力范围(P_{\min} , P_{\max})。

5.7 浇口凝固时间

5.7.1 测试目的

通过测试制品质量随保压时间的变化规律，找出制品质量不随保压时间变化的点。

5.7.2 测试步骤

5.7.2.1 注射速度设定为 v_{opt} 。

5.7.2.2 注射压力设定为 v_{opt} 对应的峰值压力的 K 倍， K 宜取 1.1~1.2，注射压力不宜大于塑料注射机最大注射压力的 90%。

5.7.2.3 设定储料终止位置，确保有足够熔体充满模具型腔。

5.7.2.4 设定注射终止位置，使模具 95%~98% 填满。

5.7.2.5 保压速度设定为合适值，对于全电动塑料注射机而言，保压速度不宜小于 30mm/s，对于液压机而言，保压速度不宜小于塑料注射机最大保压速度的 30%。

5.7.2.6 取保压压力范围(P_{\min} , P_{\max})的中间值作为最优保压压力 P_{opt} 。

5.7.2.7 逐步增加保压时间，注射获得制品，按制品质量的公差要求选择合适的电子秤，对制品进行称重，并记录不同保压时间下制品的质量。

5.7.3 评价浇口凝固时间

5.7.3.1 绘制制品质量随保压时间变化曲线，如图 3 所示。

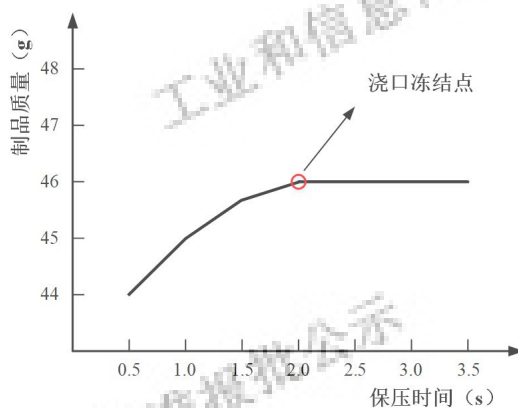


图 3 制品质量随保压时间变化趋势

5.7.3.2 制品质量不随保压时间变化的最小保压时间即为浇口凝固时间 t_{opt} 。

5.8 冷却时间

5.8.1 测试目的

分析制品外观和尺寸随冷却时间变化的趋势，获得制品合格的最短冷却时间。

5.8.2 测试步骤

5.8.2.1 注射速度设定为 v_{opt} 。

- 5.8.2.2 注射压力设定为 v_{opt} 对应的峰值压力的 K 倍, K 宜取 1.1~1.2, 注射压力不宜大于塑料注射机最大注射压力的 90%。
- 5.8.2.3 设定储料终止位置, 确保有足够熔体充满模具型腔。
- 5.8.2.4 设定注射终止位置, 使模具 95%~98% 填满。
- 5.8.2.5 保压速度设定为合适值, 对于全电动塑料注射机而言, 保压速度不宜小于 30mm/s, 对于液压机而言, 保压速度不宜小于塑料注射机最大保压速度的 30%。
- 5.8.2.6 保压压力设定为 P_{opt} 。
- 5.8.2.7 保压时间设定为 t_{opt} 。
- 5.8.2.8 冷却时间设置为浇口凝固时间测试中对应的冷却时间。
- 5.8.2.9 逐步缩短冷却时间, 注射得到制品, 检查制品是否合格及流道凝料能否顺利取出, 直到制品出现问题为止。

5.8.3 评价冷却时间

制品无缺陷的最短冷却时间为最优冷却时间 $t_{cooling}$ 。

5.9 锁模力

5.9.1 测试目的

分析制品质量随锁模力的变化趋势, 获得最小锁模力。

5.9.2 测试步骤

- 5.9.2.1 注射速度设定为 v_{opt} 。
- 5.9.2.2 注射压力设定为 v_{opt} 对应的峰值压力的 K 倍, K 宜取 1.1~1.2, 注射压力不宜大于塑料注射机最大注射压力的 90%。
- 5.9.2.3 设定储料终止位置, 确保有足够熔体充满模具型腔。
- 5.9.2.4 设定注射终止位置, 使模具 95%~98% 填满。
- 5.9.2.5 保压速度设定为合适值, 对于全电动塑料注射机而言, 保压速度不宜小于 30mm/s, 对于液压机而言, 保压速度不宜小于塑料注射机最大保压速度的 30%。
- 5.9.2.6 保压压力设定为 P_{opt} 。
- 5.9.2.7 保压时间设定为 t_{opt} 。
- 5.9.2.8 冷却时间设定为 $t_{cooling}$ 。
- 5.9.2.9 按机台的最大锁模力, 从上限到下限等差分段, 由高到低调整锁模力进行试模并获得制品。
- 5.9.2.10 对不同锁模力下的制品进行称重。

5.9.3 评价锁模力

- 5.9.3.1 绘制制品质量随锁模力变化曲线, 如图 4 所示。

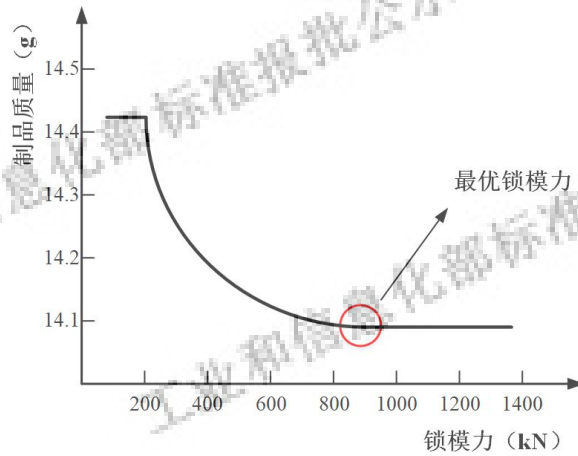


图 4 制品质量随锁模力变化曲线

5.9.3.2 当制品质量变化量超过塑料注射机重复精度误差时，对应的锁模力为最优锁模力 F_{clamp} 。

6 试模记录

模具测试完成后，应进行试模参数的记录，内容包括：模具参数、注射机参数、材料参数、制品参数等基本信息，料筒温度、注射参数、保压参数、冷却参数等设定项目，残料位置、射胶峰压、保压切换压力等监测项目，以及模具问题点描述，产品问题点描述，改善措施等。试模记录表示例见附录 A。

附录 A

(资料性)

试模记录表

表A.1给出了试模记录表的示例。

表A.1 试模记录表

试模参数记录表														
基本信息	模具参数	模具段数		模腔数		模具长 mm		模具宽 mm		模具厚 mm				
		复位方式		顶出次数		射嘴球径 mm		射嘴孔径 mm		顶出行程 mm				
		顶棍间距 mm		顶出力 KN		顶棍数量		模具质量 Kg						
	注射机参数	注射机型号			注射机厂家			螺杆直径 mm		最大注射压力 MPa				
		增强比			螺杆长径比			螺杆压缩比		最大注射速度 mm/s				
材料参数	胶料种类		胶料牌号		胶料颜色		烘料方式		烘料温度 ℃		烘料时间 h			
制品参数	总质量 g		产品质量 g											
设定项目	料筒温度参数													
	加热区域	HN	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
	温度值 ℃													
	热流道温度参数													
	编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	温度值 ℃													
	注射参数						保压参数							
	段数	1	2	3	4	5	6	段数	1	2	3	4	5	6
	压力 MPa							压力 MPa						
	速度 mm/s							速度 mm/s						
	位置 mm							时间 s						
	保压切换	保压切换方式			保压切换时间 s			保压切换位置 mm			保压切换压力 MPa			
	储料参数						射退参数							
	段数	1	2	3	4	5	6	储料前	减压距离 mm		减压速度 mm/s			
	螺杆转速 RPM							储料后	减压距离 mm		减压速度 mm/s			
背压 MPa							其它参数							
位置 mm							注射时间 s				冷却时间 s			
监测项目	残料位置 mm		保压切换位置 mm			储料终止位置 mm		射胶峰压 MPa						
	保压切换压力 MPa		注射时间 s			储料时间 s		开模时间 s						
	合模时间 s		取件时间 s			工艺停顿时间 s		周期时间 s						
模具问题点描述:														
产品问题点描述:														
改善措施:														