

今日之塑料

塑料制造生产力杂志

选择“合适的”热电偶：

今天的选择更多

大多数加工企业每天都在使用热电偶，这是理所当然的。很多加工企业不知道有哪些可用的型号，或者不知道如何针对作业选择最佳热电偶。本文介绍供应商的观点，告诉你该选择何种类型的传统热电偶和新型热电偶，新型热电偶能大大提高精确度，有助于节省能源，提高产量，改进产品质量。

由Nanmac公司J. Nanigian供稿

在大多数塑料加工过程中，精确控制温度是保证生产速度和产品质量的关键。在很多加工过程中，产生和消除热量需要消耗大量能源，为了控制能源成本，必须很好地控制温度。在温度控制过程中，很多问题可以通过一种最基本、最常用的温度控制工具来解决，那就是热电偶。假如不能精确测量要控制的温度，那么世界上所有复杂的电子硬件和软件都无法实现这一目标。为此，需要针对特定的检测任务正确使用合适的热电偶。

本文旨在向那些可能不熟悉目前所用的大量热电偶的人士提供最新信息，着重介绍它们在注塑成型、挤塑成型和吹塑成型中的应用。本文将论述供此类加工使用的两种主要传统热电偶，以及最近推出的几种新产品。某些新产品使你首次能测量模内部件的温度。

适用于挤塑成型的管形热电偶

图1说明卡口式热电偶，常用于测量挤出机料筒和成型机喷嘴的温度。通常，这是外径为3/8英寸的不锈钢管状热电偶，有一个电气接地热电偶结。它装有弹簧，确保与盲孔底部之间具有良好的热解除。有时尖头部分采用银合金制成，以提高接触性能和热流特性。

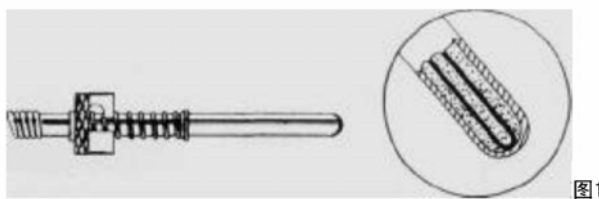


图1

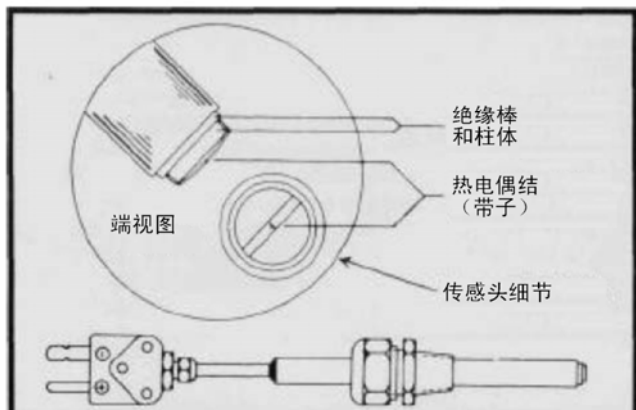


图2



图3

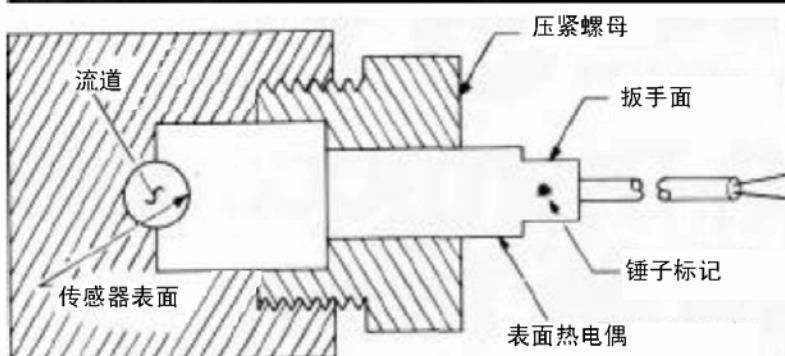


图4 热分流系统是成型模表面热电偶的很多应用领域之一。注意热电偶由两部分构成，便于单向安装。

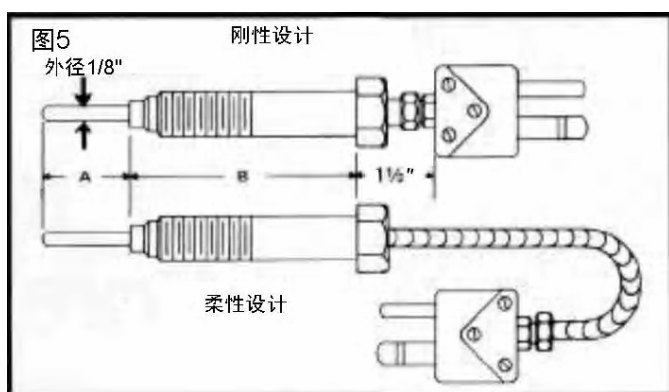


图5 传统熔体热电偶通常是直径为1/8英寸的不锈钢护套热电偶(A)，外面套上耐用的螺纹套管(B)。

此类小型热电偶组件的最大安装深度为 P/a 英寸，安装较浅，螺纹接套盖、热圆筒附近的气流、热电偶相对于热圆筒顶部、底部和侧面的位置均会导致固有误差。卡口式热电偶受控测试（参看1）表明存在下列误差：

- 采用传统的扭转锁式热电偶时，门窗敞开造成的气流、热圆筒附近的空气循环和冷却气体均会使安装深度为 $1/2$ 的热电偶造成高达 90°F 的误差。
- 将热电偶置于热圆筒顶部、底部或侧面即可观测到 7°F - 36°F 的误差。用于将热电偶安装在壁内的螺纹接套也会产生测量误差。在此试验中，所有热电偶的安装深度均为 $1/2$ 英寸。

- 安装深度为 $1/2$ 吋时，测量误差为 18°F 。安装深度为 $1/2$ 英寸吋时，误差下降到 4°F 左右。

对于安装较浅的传统卡口式热电偶，这些误差加起来高达 90°F ，甚至更高。因此，显然需要一种更精确的温度传感器，尤其是在安装深度小于或等于 $1/2$ 的应用场合。

安装深度较小的新产品

新推出的热电偶之一是直角带状热电偶，专门用来消除温度梯度造成的传导误差。该产品是绝热探头，用于测量实际局部温度，不受传导效应的影响。受控梯度试验表明该产品的温度误差极小，以致无法用仪器测出来。此外，响应时间只有几毫秒。

图2说明直角热电偶的基本特性。请注意传感元件包括非屏蔽带状热电偶元件和陶瓷套管。热电偶结附近的带与热源平面平行，因此热电偶结和延伸带同时受热，将传导误差减小到最低限度。由于带状设计与受热盲孔底部之间具有最大的接触面积，因此响应时间很快。图3说明采用带状传感元件的典型卡口式热电偶。这种热电偶专用于替代传统的卡口式热电偶，保留了现有的安装固定装置。

针对模腔设计的新产品

直到最近，人们才能用热电偶测量模腔内的温度。在注塑过程中，非常重要的两种温度分别是模具表面温度和部件温度。模具表面温度可用于精确计算在此过程中向模具内壁传热的速度和传热总量。此信息可直接用于控制模具的加热和冷却。

金属表面温度传感器的主要要求如下：1) 必须与内表面齐平；2) 必须是二维元件；3) 必须有几十秒的响应时间；以及 4) 必须与模腔内壁的热特性匹配。

测量部件温度时，温度传感器必须具备上述特性中的三个。传感器的热特性不必与模具内壁的热特性匹配，而是必须与内壁绝热，也就是说它必须是绝热探头。位于注塑模腔表面的非绝热探头检测流进模腔的塑料的温度。

• **模腔表面热电偶：**为了具有相同的热特性，专门为测量金属内壁表面温度而设计的热电偶套管采用与模腔内壁相同的材料制成，可以是不锈钢、碳钢、铜或钼。这些热电偶采用的热元件呈扁平状薄带形，位于传感头部位。这一特性决定了可以用极薄的云母绝缘片达到绝热目的。

传感头的热电偶结通过摩擦作用形成，因此当熔体从一个带状元件流动到另一个带状元件时，就形成热电偶结。由于热电偶结是通过摩擦作用形成的，所以当旧的热电偶结在使用过程中不断磨损时，侵蚀作用会自动生成新的热电偶结。因此，它具有自动恢复能力。这种扁平热电偶结是二维传感器，适合齐平安装应用场合。由于热电偶套管和热电偶结附近的材料也是金属，所以热电偶结有电气接地，特别适合测量表面温度和热传导。

• **部件热电偶：**如前所述，测量部件温度的温度传感器必须满足绝热条件。因此，它的传感结必须与模腔内壁绝热。为此，可用较多的低传导氧化物绝缘材料包住热电偶结，并用它作热电偶结的衬垫。因此，可以假定氧化物绝缘体的表面温度就是进入模腔内的熔融材料的温度。由于绝缘体的热传导率很低，所以引入表面测量点的误差可以忽略不计。“部件”热电偶的其它设计特点与前述表面热电偶相同。除了在成型过程中测量部件的实际温度之外，部件热电偶也可用于确定模腔的灌料时间、流速和冷却时间。由于典型注塑成型周期的冷却时间约占整个周期的 80% ，所以按固定比例缩短冷却时间可大

大缩短整个注塑成型时间，其作用远远大于缩短灌料时间和部件脱模时间。部件热电偶可用于监测成型部件的冷却温度，到时自动打开模具。因此，可以根据部件的实际温度而不是预先确定的固定时间来脱出成品部件，从而使注塑周期最佳。

• **脱模销热电偶：**常规注塑模通常没有设计温度传感器。然而，大多数注塑模都有一个或多个脱模销，便于脱出成品，因此可用特殊设计的热电偶代替脱模销。我们设计了在1100°F温度下能承受30,000 psi压力的传感器。表面温度传感器和部件部温传感器均可用作脱模销。

• **热流道热电偶：**由于表面热电偶的传感头可以加工成任何表面形状，所以这些热电偶甚至可以安装在热流道系统中。图4表示一种典型的安装。表面型和绝热型探头均可使用。

适用于挤塑成型的熔体热电偶

偶尔需要测量在挤出机料筒或成型机喷嘴内流动的塑料熔体的实际温度。可以测量挤出机中三种不同的温度，分别是：

1) 挤出机内壁表面温度；2) 在内壁附近流动的熔融塑料的温度；以及3) 熔融塑料流体内部的温度。

传统熔体热电偶

图5表示用于测量挤出机料筒或成型机喷嘴内部温度的传统热电偶。热电偶有一个很大的螺纹接管(B)，通常与热电偶套管焊接在一起，配有一段希望的突出部分(A)。

需要测量挤出机内壁的表面温度时，将有护套的热电偶(A)全部插进去，使热电偶结与表面齐平。测量塑料流体温度时，如挤出机的喉管直径许可，可将有护套的热电偶往里推1英寸。在某些情况下，螺纹接管的尖头部分经过改进，用厚而长的陶瓷套管或含氟聚合物绝缘体将直径为1/8英寸的热电偶包覆住。这种绝热设计旨在降低传导误差，从而提高熔体温度测量的总体精度。

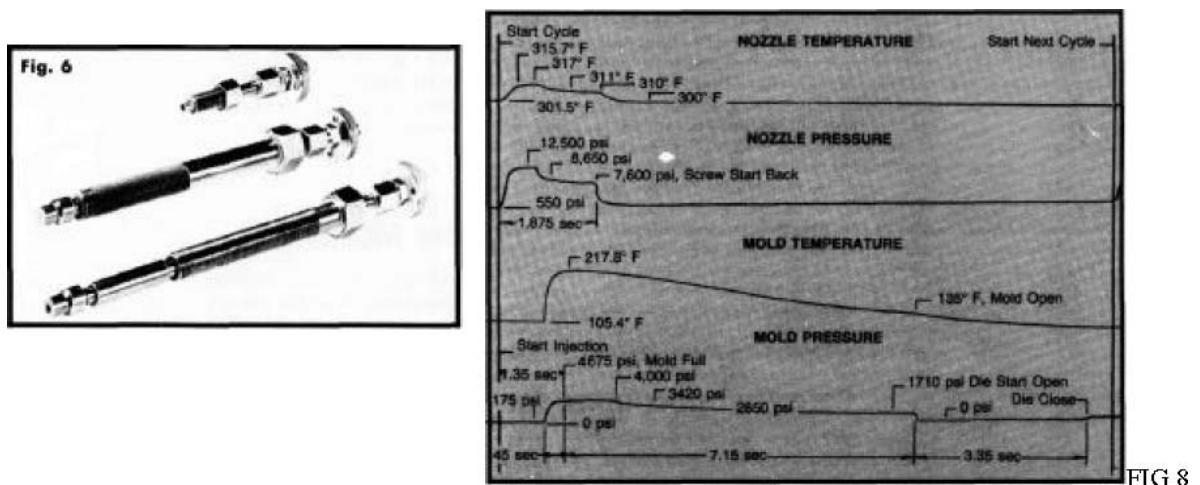


图6 有几种热电偶专用于测量内壁温度和熔体温度。

图7 两种热电偶专用于测量流体内部温度，一种有固定的插入深度，而另一种的插入头是可调节的。

图8 新设计的热电偶可测量模腔和喷嘴内的实际温度，如波形图所示。

图9 针对吹塑成型而设计的“闸门式”热电偶，闸阀尖端附近有一个齐平安装的表面热电偶。

传统熔体热电偶有两个固有局限性，即响应时间长，传导误差大。有护套的热电偶的响应时间太长，不能快速测量注塑成型等周期性应用场合不断变化的温度。由于所有这些热电偶均垂直于热流平面安装，所以无论是否存在温度梯度，都有很大的传导误差。热电偶检测的是与料筒壁这个大散热器的温度密切相关的温度，而不是真正的熔体温度。

新的熔体热电偶设计有几个热电偶，旨在测量内壁表面温度和熔体温度，如图6所示。如果要测量内壁表面温度，热电偶是电气接地型的，类似于前述用于测量模腔表面温度的热电偶。然而，如果要测量熔体温度，传感头必须是绝热型的，类似于前述用于测量部件温度的热电偶。传感器的探头应该插入流动熔体内0.04-0.05英寸，因为除了边界层效应之外，某些情况下在喷嘴内流动的塑料会短暂附着在内表面上，从而形成绝缘层。发生此类情况时，热电偶不能检测实际熔体温度。

• **流体内部传感器：**偶尔需要测量流动塑料的温度，以便确定熔体的混合特性、螺丝的功效、以及熔体流的铃形温度曲线。图7是一种典型的热电偶，已成功用于测量流动熔体温度和流动熔体温度曲线。此类应用场合所用的所有热电偶均为绝热型热电偶。

由于这些传感器可在高压高温下经受高粘度材料（200,000 poise以上）的考验，插入流体内部的热电偶部分呈泪珠状，可将热电偶套管的剪切效应降到最低限度。传感头安装在倾斜平面上，以达到自动清洁目的。这些热电偶是单向性的，采用两片式构造，便于采用楔形方式安装，传感面面向塑料进料方向。连接器末端印有锤子标记，便于辨识方向。

有两种浸入式热电偶，其中一种的浸入深度是固定的，而另一种的浸入头是可调节的，挤出机停机时进行调节，每次调节量相当于一个螺纹宽度。两种型号都有很高的精度和灵敏度，以便测量流动塑料的局部温度。

有了上述更精确、响应速度更快的温度传感器，就可以测量模腔或挤出机内部的实际温度，而不仅仅测量最高温度或平均温度。图8是实际测量的波形图，分别表示在一个注塑周期内喷嘴和注塑腔的温度和温度时间数据。注意响应时间与典型注塑周期内发生的重大事件之间的关系。这些温度是采用类似图6所示的带状热电偶测量的。

适用于吹塑成型的闸门式热电偶

在吹塑成型过程中，偶尔需要测量闸阀的表面温度，以便更精确地控制温度。为此，可将有锥形热电偶套管的表面热电偶插入闸阀内。热电偶压装在闸阀的啮合

式锥形孔里，将可能会突出的任何部分打磨掉。这种全安装式热电偶具有一个齐平安装的表面热电偶，位于阀尖附近。

此热电偶可用于检测塑料温度，并控制料筒加热器，引线通过闸阀侧面的压槽引出来，典型安装如图9所示。

传统熔体热电偶有两个固有局限性，即响应时间长，传导误差大。有护套的热电偶的响应时间太长，不能快速测量注塑成型等周期性应用场合不断变化的温度。由于所有这些热电偶均垂直于热流平面安装，所以无论是否存在温度梯度，都有很大的传导误差。热电偶检测的是与料筒壁这个大散热器的温度密切相关的温度，而不是真正的熔体温度。

新的熔体热电偶设计有几个热电偶，旨在测量内壁表面温度和熔体温度，如图6所示。测量内壁表面温度时，热电偶结有电气接地，类似于专用于测量模腔表面温度的热电偶。然而，如果要测量熔体温度，传感头必须是绝热型的，类似于前述用于测量部件温度的热电偶。传感器的探头应该插入流动熔体内0.04-0.05英寸，因为除了边界层效应之外，某些情况下在喷嘴内流动的塑料会短暂附着在内表面上，从而形成绝缘层。发生此类情况时，热电偶不能检测实际熔体温度。

• 流体内传感器：偶尔需要测量流动塑料温度，以便确定混合特性参考指南

1. Ing. Helmut Gormar博士等，“适用于塑料加工机械的高测量精度热电偶”，《工业与生产工程》，1980年1月。