

3M Science.
Applied to Life.™

制造微流控装置的关键胶带组件

3M 医用材料与技术



制造微流控装置的关键胶带组件

作者: Jake Eldridge, 3M Health Care 高级制造技术工程师

介绍

微流控装置可以检测健康状态与疾病之间的差异信号。它们可以用来监测血糖、遗传标记、癌症筛查等。它们也可以检测病原体。在您设计和制造它们时，准确合适的材料至关重要。

制造微流控装置需要复杂的技术。这些精密的测试片与测试盘可传输、保护和检测重要的血液或其他液体样本，为患者及其护理人员提供他们需要的关键信息。微流体装置通常很小，且具有复杂的信道和电路，在组装和制造时需要非常注意和小心。

本文将介绍常见微流控装置胶带组件的加工注意事项和材料特性。目的是让微流控装置制造商在开发新一代产品时深入了解成功的制造策略。



微流控装置使用的胶带组件： 它们的功能和特性是什么？

在对胶带进行分类之前，了解用于创建微流控装置胶带的每个部分的功能非常重要。

基材和背衬

功能

基材或背衬就像胶带的脊椎。它是决定胶带机械特性的组件。应根据胶带所需的性能选择背衬类型，无论它是需要具有一定厚度与刚性、服帖性、反光性能、还是在某些情况下需要存具备弹性。

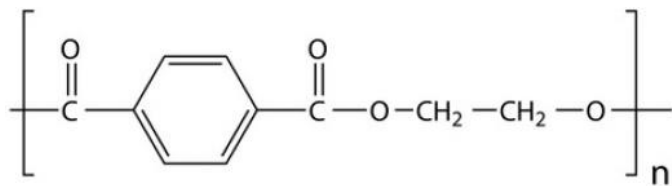
有时会为微流控胶带进行表面处理，以根据其所需功能实现亲水特性等。此外，可以对表面进行处理以增强黏附力或使其便于移除。

不同基材的特性

以下是微流控装置中使用的常见胶带基材的简短列表：

- 双向拉伸聚丙烯 (BOPP)：具有良好的透明度、低自发荧光和相当大的强度，且易于在涂布、印刷和分切方面进行加工。在加工过程中应特别注意避免表面划伤。
- 聚对苯二甲酸乙二酯 (PET)：自然透明，强度好。低透湿性。易于表面处理。非常容易加工，便于涂布、分切等操作。相较于 BOPP，其刚性好，对塑性变形的敏感

性较低。



- 铝箔：有多种合金形式和硬度。可以根据加工 / 研磨条件轻松调整表面特性。许多铝箔材质具有良好延展性，可以保持其应用表面的形状并增强导热性能。



胶粘剂

功能

在最简单的定义中，胶粘剂允许胶带黏合到被粘物表面。在微流控装置中，胶带通常用于黏合在板上以起到密封样品边界的作用。胶带也可以粘结多个组件去以构建装置（如生物芯片、检测试纸等）。在这些应用中，胶粘剂经常与样品和试剂接触，因此必须具有良好的化学稳定性。聚合酶连锁反应（PCR）用于 DNA 定序测试。装置在储存和使用过程中会发生温度变化，其变化范围从冰点以下一直到 98°C。在使用过程中，由于温度的显著重复变化，胶粘剂不会失去粘合强度，也不会开始分解，从而可能污染反应过程显得尤为重要。

常用微流控装置胶粘剂的特性

硅胶胶粘剂：对低表面能 (LSE) 表面提供非常好的附着力。有一些配方的硅胶具有非常低的初始粘性，当给其施加足够的压力后，粘性得以释放并保持。当需要重新定位时，这变得非常有用（例如在测试板上孔洞封闭）。某些基于硅胶的配方在 PCR 测试过程中具有非常好的抗降解性。硅胶通常比基于丙烯酸酯的胶粘剂系统成本更高。

丙烯酸酯胶粘剂：为各种表面提供良好的黏合力，能够长时间保持黏合。它们可以经过配方的调整以适应维持关键通道结构所需的一系列黏附力和刚度性能要求，并具有良好的制造加工性。丙烯酸酯胶粘剂的成本可能低于硅胶胶粘剂。

离型纸/离型膜

功能

离型纸/膜是胶带系统的无名英雄。它们提供一个清洁、一致的表面来进行胶粘剂涂布（在下面的胶粘剂涂布/覆合部分中有更多详细内容）并保护胶粘剂表面免受暴露和损坏。离型纸/膜可用作过程辅助（过程离型纸/膜），也可留在胶带上直至最终用户使用为止（产品离型纸/膜）。由于微流控装置对于胶带涂布与模切加工的复杂而精确的需求，PET 或 BOPP（如下所述）离型膜通常用于保证公差和清洁边缘的模切加工中。

不同离型纸/膜基材的特性

就像胶带一样，根据用户的需要，离型纸/膜有多种基材。

- 当需要印刷或用户需要具有稳固结构和保护的相对便宜的离型材料时，通常会使用纸。医用胶带产业中使用的离型纸通常至少有一面涂有聚烯烃层，以保证离型涂层不浸入纸张内部。此表面处理也用于阻隔湿气。
- BOPP 因其在厚度、强度和光学表现方面的一致性而备受青睐。它通常比纸贵，但比 PET 便宜。BOPP 有时需要进行表面处理以便于将离型剂更好锚定于其表面（如下一章节所述）。

- **PET** 是许多产业中常用的聚酯离型膜基材。它提供非常一致的刚性特性，具有高强度-厚度比。当涂层厚度和精密模切对加工商或最终用户很重要时，**PET** 是理想的选择。**PET** 相对成本较高，通常也会在其表面进行一定的表面处理。

衬垫离型涂层

为了使离型纸/膜正常工作并在使用时从胶带表面方便剥离，其表面上涂有涂层。这种涂层通常称为离型涂层，它通常由固化的聚硅氧、氟硅酮或有时氟碳化物组成。丙烯酸酯黏合剂通常与聚硅氧离型涂层搭配使用。氟硅酮和氟碳化物离型涂层与硅胶胶粘剂结合使用，因为任何纯聚硅氧离型化学物质的使用都会导致其「阻塞」或「闭锁」而无法正常工作。

单涂层离型纸/膜

有时称为单面离型纸/膜，这是指涂有离型剂的面数。单涂层离型纸/膜主要用于单面胶带，但有时可与另一种单涂层离型纸/膜一起用于双面胶带和转移胶膜结构。

双涂层离型纸/膜

有时称为双面离型纸/膜，这是指离型纸/膜两面均涂有离型剂。双面离型纸/膜两面使用的离型剂通常都是不同的以提供不同的离型表现。这种差异对于转移胶膜极为重要，因为这种差异允许离型纸/膜在加工过程中从一侧剥离的同时能依旧贴合在另一面上。更多关于该主题的信息在下面的转移胶膜章节。双涂层离型纸/膜也可以与单面胶带一起使用，以保护基材的背面表面处理。

胶带类型：单面、双面、转移胶带

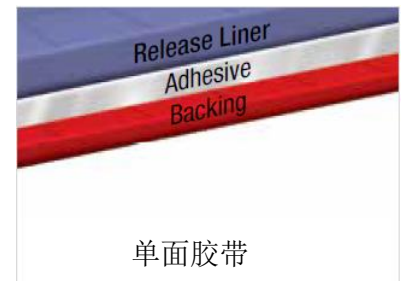
膜

通常按其功能和外观分类。

单面胶带

单面胶带是将胶粘剂涂布于基材一面，由其提供相应的支撑与服帖性，在某些情况下可以用来贴于被粘物表面从而改变其表面特性。单面胶带可以有或者没有离型纸/膜。如果结构不包括离型纸/膜，基材的背面将进行某种类型的表面处理、涂层或改性，以便在胶带解卷时顺利剥开。单面胶带涵盖了市场上大量的覆盖贴合应用，并且通常根据其背衬或胶粘剂的特性进一步细分类别

（即，无纺布胶带、硅胶胶带等）。



双面胶带

双面胶带是将胶粘剂涂布于基材两面。根据预期用途，胶粘剂可以是相同的，也可以提供不同以实现不同的黏合水平，或者可以完全是不同的胶粘剂系统。双面胶带可以由两个单涂层离型纸/膜或一个双涂层离型纸/膜构成，为两层胶粘剂提供离型。

空间间隔胶带是为微流控检测测试纸制造的

双面胶带。该胶带具有精确的整体厚度，可为检测测试纸提供间隙、构筑流体通道高度和结构。



转移胶膜

在许多方面，转移胶膜就像双面胶带—主要的变化是没有基材。转移胶膜的结构必须有双面离型涂层的离型纸/膜或两个单面离型纸/膜。离型纸/膜足够大的离型力差异是非常重要的。通常 3 倍的离型力差异被认为是理想的。具有 2 倍差异的离型力可能就足够了，但在解卷胶膜时可能需要特别小心，以免造成「离型纸/膜脱离现象」。离型纸/膜脱离现象通常发生于在胶粘剂两侧的离型力表现比较接近，以至于在去除离型纸/膜或者解卷的过程中发生不希望的脱开，以至于无法加工使用。



制造过程概述

现在已经选择了胶带的基本组成，是时候制造了。下面的制造概述遵循与制造微流体装置相同的七个主要、连续的步骤：从创建基材开始，改性、涂布、固化、检查、分切，最后组装成品。

聚合物薄膜挤出工艺

聚合物薄膜由于其高度的尺寸可控性，经常在微流控装置胶带组件中用作基材和离型纸/膜。

生产过程概述

聚合物挤出是一门复杂的科学，其核心思想是将输入的颗粒或树脂（进料）加热到可工作的温度将其融化并以一个合适的速率将其挤出并注入模具，冷却以获得均一理想的产品尺寸。

让我们从挤出机本身开始：概括来讲，它是一个包含一个挤出螺杆或两个螺杆的模块化管网。颗粒透过料斗送入挤压机并加热至与聚合物熔融温度相关的标称温度。随着进料变软，它被螺杆压下挤压机机筒并开始压缩。¹ 压力

增加，开始形成所谓的「熔体」。¹ 熔体继续沿机筒向下移动到计量的最后一步，¹ 其中温度和流量被精细控制以影响来自挤出机的熔体的流速。

概括来讲，尽管双螺杆具有更高的间接成本和更多的移动部件需要维护，但双螺杆可提供更稳定的材料流动和处理熔体中更多水分的能力。

当熔体被挤出时，它通过隔热软管进入模具，在那里熔体通常会通过机头口模被引导并进一步计量以扩展到所需宽度和厚度的帘幕状产品机头口模应设置在模具表面或辊隙上方，并利用重力帮助熔体流到其表面。将帘幕状挤出材料直接铺展到冷却辊上或背衬材料上（主要用作挤出薄膜的离型材料），使用不同的冷却速率来进行“淬火”以获得不同性能期望的聚合物材料。确保淬火后的熔体停留在包括辊隙（使用离型涂层层压辊隙）、静态钉扎和空气钉扎之冷却滚筒上的某些技术某些技术需要确保“淬火”后的熔体停留在冷却辊以及辊隙之中（使用具有离型涂层的复核辊），以及静电销连接和空气销连接位置。此外，气刀（用于空气销连接）可以帮助在成型步骤中淬火熔体。如果使用这种冷却技术，应密切监测产品幅面是否有气泡存在。

如果熔体以所需的最终产品厚度成型，那么它将通过标准的产品幅面处理并作为成品收卷。然而，由于双向拉伸薄膜经常用于微流控装置结构之中，因此处理过程并没有就此结束。双向拉伸意味着薄膜以两个方向去拉伸，使得聚合物材料的分子链被拉长以增加薄膜的强度。分别通过纵拉机和拉幅机在机器方向（纵幅）和横向（横幅）上拉伸薄膜。纵拉机的工作原理是透过驱动加热辊以不同速度快速加热产品并立即拉伸。拉幅机的工作原理是用使用夹具把边幅夹紧，通过加热烘道并逐步横向拉伸。

经过纵向和横向的拉伸后，进行修边以去除拉伸机夹具所造成的形变区域。

薄膜自发荧光相关的注意事项

常用于微流控装置和封板应用的挤出薄膜的自发荧光水平会干扰测试过程中的样品信号检测。如果最终用途产品对荧光干扰敏感，建议评估所选材料的自发荧光表现。

铝箔轧制

铝箔通常因其具备良好的贴合性、反射性和穿刺能力在微流控应用中作为基材使用，主要用于使用 PCR 检测的封板应用和分子诊断设备中。

生产过程概述

金属铝生产是一个庞大的产业，从矿山到工厂的生产过程包括许多步骤。本概述的范围将仅侧重于轧机轧制铝卷。原始卷材通常以比微流控产品中会使用到的厚得多，必须轧制成更薄的规格来进行使用。这一轧制步骤还可以让加工机微调产品铝箔所需的表面光洁度。

原始卷料会被填入工作辊的辊隙之中，该区域通常由工作辊以及一个或多个支撑辊组成，以施加足以使铝变形所需的力。在那里，卷材经受多次工作辊的碾压并通过递进的间隙以达到所需的铝箔厚度。可以采用不同的热轧或冷轧方法来避免或诱发应变硬化。² 微流控产业中使用的许多铝箔都有一定程度的加工硬化，从而使铝箔增加了刚度，这在某些胶带结构中很有用。

在其最终的轧制步骤中，铝箔通过轧辊辊隙，使铝箔具有所需的表面光洁度，该表面光洁度与轧辊的光洁度直接相关。行业标准将光洁度定义为「轧光」—相对粗糙或「抛光」—镜面光洁度，两者之间程度不同。铝箔生产过程中经常会将两层同时穿过工作辊辊隙加工以提

高产量。这会使它们都有一个无光泽的一面。为了使铝箔在两面都具有一致的光洁度，它必须单层穿过轧机压区。

相反的应变硬化铝箔是用于多孔板封板使用的软化铝箔。它通常具有非常好的延展性，让它具备与样品孔边缘良好的贴合性和黏附性，并允许穿刺操作而不会撕裂。封板用铝箔部分或完全退火，该过程使铝合金的分子结构结晶。³ 退火过程在铝轧制之前或之后完成，且透过将铝箔片长时间加热到合金特定温度并缓慢冷却来完成。

合金相关的注意事项

应特别注意铝箔的合金和成分。一种常见的合金是 1XXX 系列。该系列至少含有 99% 的铝。这些合金耐腐蚀并提供导热和导电性。⁴ 其他系列的铝具有其他添加剂以赋予特定的性能和可加工性水平。

亲水表面处理

微流控装置中使用了各种表面处理方式和技术。用于微流控装置组件的主要表面处理是亲水涂层。

亲水涂层

亲水薄膜主要使用于检验试纸和生物芯片产品中，这些产品仅需要很少量的液体流动来完成测试。亲水膜因其对于材料表面的表面能改性处理从而促进流体流动。⁵ 要对于基材（如 PET）增加其亲水性能，通常需要经过特殊处理以增加其表面能。亲水涂层的化学配方通常是受专利保护的，它可以含有表面活性剂或不含表面活性剂。

亲水涂层通常会使用网纹辊的方式进行涂布，具体在下面的章节中会提到。涂布后，薄膜穿过烘箱进行干燥和固化。通常使用接触角测试的方法来测定产品的亲水性能。

胶粘剂涂布/贴合

精确且一致的胶粘剂涂层对于微流控装置组件的功能至关重要。装置最终用户依靠经严格控制的薄膜和胶粘剂厚度来构建其精密产品。这通常意味着在微升水平上调节流体的体积流量。



溶剂型胶粘剂涂布

溶剂型胶粘剂由于其在涂布过程中易于操作以及良好的均一度被广泛使用，它主要通过大型烘道来去除胶粘剂中的溶剂。但这种技术在未来可能会处于不利地位；主要是由于昂贵的生产线（烘道、加热单元）和环境法规。

溶剂型胶粘剂可以使用不同的涂布方式将其涂布于承载基材上。最常见的涂布方式有狭缝涂布和网纹辊涂布。狭缝涂布头由具有特定几何形状的分流歧管和可调节区域组成，这些区域控制内部压力并最终控制涂层厚度。狭缝涂布头中使用的分隔片（可另外装入和可拆卸的间隙固定装置）有助于为每种产品提供特定涂层宽度和间隔。

溶剂型胶粘剂的另一种常用涂布方法是网纹辊涂布；常用于非常薄涂层的涂布和低粘度物料的涂布。涂布时，由一个经过精密加工的辊浸入在胶粘剂溶液中将其带起。当辊旋转时，它会通过刮刀或其他刮除多余胶粘剂的机制，从而控制涂层厚度。随着辊的继续旋转，网纹单元格中留下的胶粘剂将通过较低压力的辊隙转移到承载基材上。

无溶剂胶粘剂涂布

无溶剂胶粘剂或热熔胶粘剂以颗粒、树脂或块状等不同形式出现。与溶剂型涂布的方法类似，热熔技术不是使用溶液来达到生产所需涂布粘度，而是使用热量。物料通过挤压机进料，在那里它们被加热到特定的工作温度，然后透过涂布头涂布到基材或离型纸上。这些胶粘剂不需要干燥，且因为加工所需的开销较低，通常比溶剂型胶粘剂便宜。

热熔胶粘剂通常使用挤出型涂布或接触式涂布。接触式涂布由带有间隙的歧管组成，该间隙将胶粘剂输送到与承载基材物理接触的涂布头。涂布头会对于承载基材施加轻微的压力，从而得到薄而均匀的涂层。某些特定的涂布方式是受专利保护的和制造商特有的。

胶粘剂直涂

直涂是一种将胶粘剂涂在胶带基材或背衬上的方法。由于许多微流控基材组件的复杂性和敏感性，这不是很常见的做法。直涂意味着背衬将经历胶粘剂干燥 / 固化所需的相同、恶劣的环境，以及增加将缺陷引入背衬的机会。直涂的主要好处是改进了胶粘剂对于背衬材料的粘接牢固度。

胶粘剂贴合

胶粘剂通常透过贴合而不是直接涂布的方式贴覆到微流控装置基材。在这种方法中，胶粘剂被涂在离型材料上，经过必要的干燥及 / 或固化，然后贴合到所需的组件基材上。该技术允许使用更复杂的背衬材料，并显著降低胶带基材损坏或污染的风险。另一个优点是能够将不同的转移胶粘剂组合与组件基材结合。贴合工艺的常见挑战包括如何使得胶粘剂与胶带背衬的充分黏合以及选择具有适当离型能力的离型材料。

贴合压力：将两个（或更多）承载基材贴合在一起时，贴合压力至关重要。压力设定点主要取决于背衬和胶粘剂的组成。如果贴合压力太低，则胶粘剂对背衬的粘贴牢固度不足。压力太高会导致胶粘剂溢胶或流动（特别是对于某些进行部分固化 / 交联的胶粘剂），并可能导致横向弯曲。此外，过大的压力会导致贴合位置前缘的线速度略有下降，并在幅面中产生划痕或拉伸。

压力均匀度：除了为压力选择正确的设定值之外，还必须在横向上均匀施加压力。不一致的压力会导致胶带出现微小的应变，导致卷曲，甚至导致一个方向上的轻微溢胶。调整贴合辊通常可以解决这个问题，但在某些情况下，可能需要更换贴合辊或评估驱动器是否有马达或轴承损坏。

贴合辊的表面离型处理与包覆：离型涂层或包覆材料用于在加工过程中减少刮擦或促进胶带开面（胶粘剂面）从轧辊/惰轮上剥离。这些技术经常用于微流控组件胶带的加工，因为基材薄膜和铝箔极容易出现划痕或其他原因诱发的瑕疵。为此目的存在多种选择，其中许多是商业上可得的，但是某些技术可能是受到专利保护的。

收卷成型：当胶带顺利完成贴合后，就可以开始收卷的步骤了。应注意确保正确收卷和方向，以免刮伤未受保护的敏感表面。离型材料在保护表面方面的好处在收卷时却往往会带来麻烦。例如，双层离型材料通常用于保护基材背面或便于从基材背面剥离。然而，这使得胶带卷易于滑动和突卷。卷绕时需要适当注意轧辊。如果出现突卷的现象，很可能是收卷的张力太高，应该降低。另一种减轻突卷现象的技术是制定张力锥度，以便随着收卷进行过程，张力减小以平衡已收卷部分的内部应力。锥度张力以%为单位，作为张力从其初始设定值减少的量的比例。

固化

固化控制：烘干度 / 残留度

固化胶粘剂的目的是挥发溶剂和去除胶粘剂中的单体。溶剂型胶粘剂或涂层的烘干度对其功能至关重要。烘干度是指溶剂型胶粘剂经过热烘箱后仍残留在胶粘剂中的溶剂。经正确设置后，烘箱中的温度和气流控制区允许以特定的线速度充分将其烘干。残留度测试可以测量涂层通过干燥烘箱后残留在涂层中的溶剂和其他化学物质的数量。

固化方法

根据其化学结构，有多种固化涂层或胶粘剂的方法。

热固化：烘箱除了用来烘干溶剂型涂层外，还可用于固化胶粘剂或涂层。在烘箱中升高温度或增加停留时间可以使涂层中的聚合物链交联，从而改变黏性或机械性能。

紫外线 (UV) 固化：紫外线灯可用于固化无溶剂胶粘剂或离型材料上的薄离型涂层。对于固化离型材料，紫外线台灯会减少「游离」化学物质（主动释放的化学物质或化合物，即，氟

硅酮) 的量, 从而减少剩余残留物, 但会增加它的离型力。

电子束 (E-beam): E-beam 用于固化或交联聚合物链, 通常用于胶粘剂, 但有时也用于灭菌消毒。有时与已经烘干的丙烯酸酯涂层一起使用, E-beam 固化会使得胶粘剂变硬并增加粘度以满足所需的黏性或机械性能。

线速度 / 停留时间: 就固化胶粘剂或涂层而言, 停留时间对于获得所需的残留溶剂、黏性和机械性能至关重要。在加工过程中, 在所有物料均保持连续运作的情况下, 停留时间与线速度成反比。然而, 烘干度或固化程度与提供给材料的温度或能量直接相关。因此, 供应的能量和线速度是烘干和固化的两个主要控制手段。

转向、幅面控制和视觉系统

调整

就加工而言, 调整是指工作辊和惰轮相互之间的对齐。另一种考虑辊调整的方式是想象辊与辊之间在 **x**、**y** 和 **z** 方向上的三维平行。轻微的错位会导致幅面的张力不均。当这种情况发生时, 纸幅面的不同区域会出现微小的张力差异, 这会导致通过未经调整辊之间的材料拉伸、刮伤、折迭和起皱。在微流控组件中, 划痕和其他缺陷会改变胶带或薄膜的透光率或光滑度, 从而对其成品产生深远的影响。

缓冲

缓冲是在幅面加工中应用的一种技术, 用于影响移动幅面上的横向 (横幅) 张力。缓冲包括将高摩擦胶带缠绕在幅面边缘的滚筒上。有时这样做是为了应对在机器方向上观察到的皱纹, 或者确切来说它可以严格作为预防措施。缓冲是一种相对非正式但有效的传递横向张力的方法。尤其是在微流控背衬组件中通常使用高度精密的背衬时, 必须注意组件基材并考

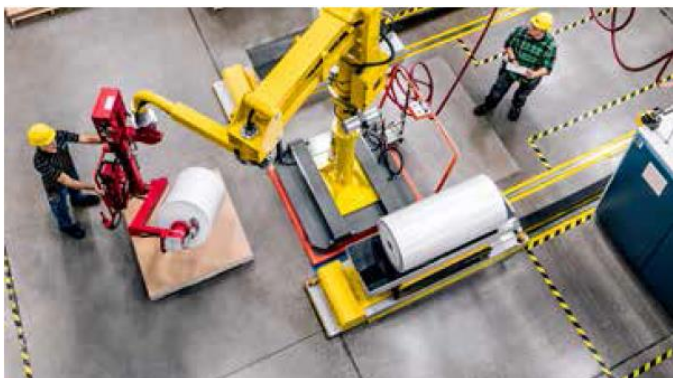
虑缓冲胶带是否会导致不必要的划痕或导致在线产生过多的静电。

幅面导向器 / 边缘导向器

幅面导向器, 有时称为线导向器或边缘导向器, 是用于幅面加工的常用转向系统, 对于微流控装置组件的精确涂布和分切很有用。幅面导向器使用光传感器来追踪移动幅面的边缘或可能打印在幅面上的参考线 (有时在处理泡沫材料时, 边缘会发生变化)。这些传感器与设备逻辑控制器相连, 允许机器在横向上进行调整以匹配边缘或参考线的任何偏移。幅面导向器通常用于涂布和分切设备以及模切生产线。

视觉系统

视觉系统作为缺陷检测以及辊映像及 / 或缺陷标记的可能性方案。视觉系统技术范围广泛, 过去意味着使用相机根据尺寸或光对比度阈值检测移动幅面中的缺陷 (划痕、瑕疵、污染)。随着技术的进步, 由于成本较低, 红外线 (IR) 传感器越来越多地用于敏感度较低的应用。许多制造商希望在微流控装置组件的生产中使用视觉系统, 因为它允许在组件创建的早期对不合格品进行 100% 的检查。这减少了成品微流控装置中的缺陷数量和不确定性。视觉系统的另一个好处是能够将产品状况涂布加工步骤与随后的分切步骤结合起来。这可以提醒「智能分切机」在缺陷旁边标记, 或提醒操作员标记或完全消除缺陷, 再次限制缺陷到达最终高度精密的微流控装置的机会。



模切和组装

微流控组件胶带的模切和组装在某种程度上是本文讨论的许多元素的微观总结。

其他组件的覆合

微流控装置通常透过构建或层叠具有不同内部几何形状和特性的组件层来制成。例如，透过层间间隙产生的通道可以允许血液或其他液体流动。在这些应用中，层之间的组合过程必须精确。模切机器通常具有检测配准标记或「眼睛标记」的传感器，以确认各个材料在覆合前已对齐。多个组件的覆合还需要边缘导向器和适当的贴合机设置。

分切

本节将重点介绍用于微流控组件胶带加工的三种主要分切方法。

直接分切

在这种方法中，固定式切刀以一定角度设置以切割材料。适合薄膜，这是一种相对便宜的方法，易于设置和调整。⁶

挤压分切

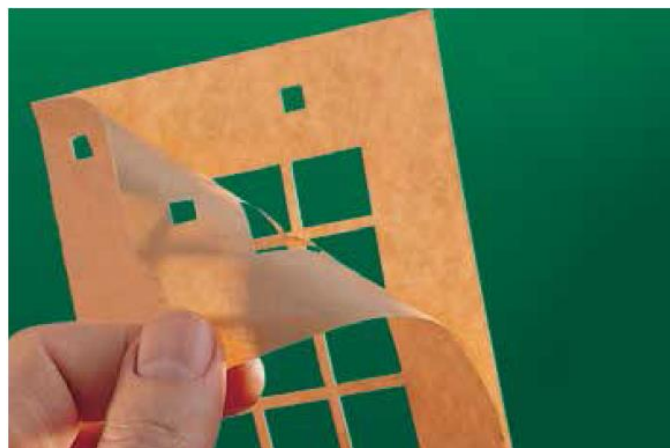
挤压分切，是一种顺幅切割程序，其中圆形剃刀组将胶带在坚硬的支撑辊上切开。⁶ 简单来说，它采用与比萨切割相同的切割机制。这是最常见的分切机类型，适用于大多数微流控胶带。

剪切分切

剪切分切用于需要精细边缘光洁度的敏感材料，或者更常见的是用于较厚的材料，例如铝箔和厚聚合物薄膜。在这些情况下，挤压分切机通常不能在切割位置施加足够高的压力来切断材料，反而会在产品中造成较深的凹痕。相比之下，剪切分切使用两个串联的圆形刀片来切割通过的材料。⁶ 切割力学在一个非常小的表面积上向不同方向施加压力，导致材料分离，就像一把剪刀。剪切分切提供了三种技术中最好的分切边缘质量，但设置复杂且成本高，因为每次切割需要使用两个切割工具，需要更多维护工作。⁶

模切

模切微流控组件通常是经由滚刀或激光切割来完成模切的。



滚刀模切：滚刀模切是微流控装置模切中的常用方法。该技术包括使用所需形状的精密图案化硬质刀模以切割薄膜或基材。图案化刀模是圆柱形的，并随着移动的幅面旋转以切割出平面的样品。与激光切割相比，使用滚刀模具的优势在于其具有更高的线速度潜力、更低的初始投入成本和高度的耐用性。硬刀模的缺点是新模具的成本、新模具和更



换的周转时间较慢、切割精度略低于激光切割、以及切割模具维护要求。⁷

激光模切和烧蚀：激光切割在微流控装置模切中也很常见。这种切割方法使用聚焦激光按照计算机或逻辑控制的模式烧穿一层或多层材料。激光烧蚀的时间和强度对于这种切割方法的功效至关重要。在微流控装置模切中，激光有助于进行非常复杂的切割，或者可用于在组件中「钻」孔，对于滚刀模切来说，在组件上「钻」孔是很困难的。

激光通常用于检验试纸模切，以切割微小的通路和排气口，引导精确数量的液体或蒸气。此实例展示了激光切割与使用滚刀模切相比的主要优势。它在微流控装置模切方面的另一个好处是快速更改图形设计并迭代原型的成本低，因为它只需要更改计算机编程而不是刀模。激光切割的缺点是激光设备和计算机设备的初始投入成本更高，且线速度受到限制，因为激光通常需要一定程度的停留时间来切割材料。⁷

***关于激光模切和烧蚀废料的注意事项：**在激光切割过程中，应采取特殊预防措施来管理和减少烧焦和剥蚀材料，因为它被认为是一种污染物。

全断模切和半切：全断或半断是微流控装置模切中最常用的两种切割方式。全断模切分离材料以匹配特定的设计或图案。顾名思义，这种类型的切割完全穿透一个组件或一组组件以匹配轮廓，通常是设备组件的整个周围。

半断模切将一层或多层材料分开，以在组件或

层叠过程中实现特定的 z 轴几何形状。在激光切割方法中，切割深度由激光强度和曝光时间控制，而在滚刀模切方法中，这由它由经精密加工的刀模入刀的深度来控制。

排废处理：滚刀和激光模切都需要对所加工的材料进行修边和排废处理。这需要透过真空来缠绕或抽离。圆形或封装切割的废料也需要去除。这些通常用空气软管 / 气刀来吹掉。如果使用物理方法（例如旋转刷子或泡沫塞）去除废料，重要的是要确保组件表面不被划伤或以其他方式损坏。



结论

微流控装置对于医疗产业的研究和患者样本测试极为重要。许多微流控装置的基础始于用手来保护样品、输送流体和帮助样品检测的胶带结构。在设计微流控装置时，了解和选择正确的组件材料以及相应的制造方法是非常关键的。

参考文献:

¹D. Beddus, B. Bessemer, C. Martin, "Introduction to Extrusion Principles," Killion Extruder, Inc., Cedar Grove, NJ. Jan. 31, 1989.

²"Rolling Aluminum: From the Mine Through the Mill," The Aluminum Association, Inc., Arlington, VA. Third Edition, Dec. 2007. pp. "The Rolling Mill" 4-1 – 4-7. {Online}. Available: https://www.aluminum.org/sites/default/files/Rolling_Aluminum_From_The_Mine_Through_The_Mill.pdf. [Accessed: 21-Mar-2019].

³"Rolling Aluminum: From the Mine Through the Mill," The Aluminum Association, Inc., Arlington, VA. Third Edition, Dec. 2007. pp. "Sheet Rolling Operations" 5-6 – 5-7. {Online}. Available: https://www.aluminum.org/sites/default/files/Rolling_Aluminum_From_The_Mine_Through_The_Mill.pdf. [Accessed: 21-Mar-2019].

⁴"Rolling Aluminum: From the Mine Through the Mill," The Aluminum Association, Inc., Arlington, VA. Third Edition, Dec. 2007. pp. "Production" 2-5 – 2-6. {Online}. Available: https://www.aluminum.org/sites/default/files/Rolling_Aluminum_From_The_Mine_Through_The_Mill.pdf. [Accessed: 21-Mar-2019].

⁵D. L. Chandler, "Explained: Hydrophobic and hydrophilic," MIT News, 16-Jul-2013. [Online]. Available: <http://news.mit.edu/2013/hydrophobic-and-hydrophilic-explained-0716>. [Accessed: 07-Mar-2019].

⁶"Principles of Shear Slitting," Burriss Machine Co., Hickory, NC. pp.1-3. {Online}. Available: https://www.burrismachineco.com/pdfs/Principles_of_shear_slitting_burriss.pdf. [Accessed: 19-Mar-2019].

⁷"Laser die cutting versus rotary die cutting," DeltaModTech, 12-Nov-2018. [Online]. Available: <http://www.deltamodtech.com/blog/choosing-right-laser-die-cutting-vs-rotary-die-cutting/>. [Accessed: 22-Mar-2019].

请访问 3M.com.cn/MedTech 了解更多信息



3M 中国有限公司

3M 医用材料与技术

上海市兴义路 8 号万都中心大厦 34 楼

电话 021-62753535

网址 www.3M.com.cn/MedTech

医用材料选型工具: www.findmyadhesive.com

3M 是 3M 的注册商标。

请回收利用。于美国印刷

© 3M 2019。版权所有。

70-2011-7830-1