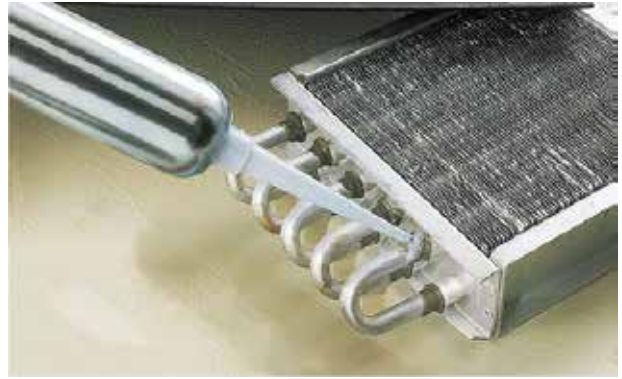


加热固化环氧树脂

许多胶粘剂在室温下就能固化。某些配方在加热时表现更好。

环氧树脂和聚氨酯是热固化应用中最常见的化学材料。然而，某些胶粘剂，如丙烯酸或甲基丙烯酸酯，在固化过程中可能会受到高温的负面影响，因此不太可能加热。

热固化的好处包括更高的粘合强度、硬度、刚性、韧性和抗冲击性。同时，耐化学性、耐热性和电气绝缘性能也可以随着加热而提高。但是，由于受热，柔韧性、伸长率和抗裂性可能会降低。



Master Bond公司的技术支持工程师Utsav Shah说：“在固化胶粘剂时加热可以提高交联密度。这反过来又可以提高胶粘剂的性能。通常情况下，单组份环氧树脂系统需要进行热固化。”

工程师们用加热的方式来加快胶粘剂的固化过程。Lord Corp的技术服务工程师Paul Brown指出：“大多数双组分胶粘剂会在室温下固化，但其中许多胶粘剂在加热后固化时间会快得多。用热能固化胶粘剂可以减少周期时间，大大增加产量。”

3M公司结构胶营销经理Mark DeLaForest说：“根据胶粘剂的化学性质，热固化可以提高耐高温性、耐化学性并提高胶粘剂的强度，特别是在高温下。更高的交联密度，以及更完整的聚合，通常是热固化的好处。”

加热装置

环氧树脂和其他胶粘剂可以用各种设备进行加热，包括红外线灯和对流炉。

“最常见的方法是使用传统烤箱，” Herson Manufacturing Inc.销售和营销总监Edgardo Rodriguez说，“但是，工业对流炉的使用量正在增加。感应加热也越来越受欢迎，特别是在军事应用方面。”

其他具有可用性的热源包括压板、热空气冲击、红外灯和陶瓷加热器。

“热源通常取决于基材，”布朗指出。“热压板加热是较为常见的且高效的方式。它与基材直接接触，并将热量迅速转移到胶粘剂粘合层。”

“感应加热可以用于金属基材，或者用于具有铁离子配制的胶粘剂，”布朗补充说，“感应装置对金属的加热速度非常快，但它们很昂贵，而且可能难以控制。烤箱仅仅用于某些应用，但效率较低。它们浪费能源，并占用了大量的地面空间。”

“最大的挑战是设计能够有效地将热量通过基材传递到胶粘剂层的加热装置，”布朗说。“让热量快速进入胶粘剂层是快速创造强度和缩短周期时间的关键。”

据DeLaForest称，工业对流炉仍然是固化胶粘剂的一种流行设备。许多工程师倾向于采用隧道式配置，让零件在短时间内就可以通过烤箱。

“然而，红外线和类似类型的加热灯正变得越来越普遍，特别是对于较小的部件，”DeLaForest说，“也可以使用微波和其他形式的辐射固化，但这些通常不被视为热固化设备。”
无论使用哪种类型的加热设备，使用正确的热量始终是很重要的。

“对于许多化学制品，您可以用较高的温度固化较短的时间，”DeLaForest指出，“但是，它也是有一定的局限性。如果您使用超过一定的温度，就会使胶粘剂分解，无法正常固化。”

“许多环氧树脂基胶粘剂体系尽管在低至100摄氏度的温度下也可实现完全固化，但一般都设计为150摄氏度下在大约20到30分钟内固化，”汉高粘合剂技术高级市场应用工程师Darryl Small说，“一般的经验法则是，烤箱温度每降低10摄氏度，固化时间就会延长一倍。而且，烤箱温度每增加10摄氏度，固化时间就减少一半。”

“很少有环氧树脂被配制在低于100摄氏度的温度下固化，因为这些环氧树脂在使用前储存数周或数月时，其保质期通常不太稳定，”Small补充说，“尽管一些更高性能的环氧树脂需要高达200摄氏度的温度来固化，但这通常是不可取的，因为它降低了操作者的安全性，并增加了能源成本。”

“此外，许多聚合物在超过200摄氏度的温度下没有热稳定性，导致聚合物基体的燃烧和降解，”Small警告说，“这是与感应热固化技术相关的第一大挑战，该技术传统上是用于金属和陶瓷的。”

热固化取决于温度和时间。“提供适量的热量和适当的时间是非常重要的，”DeLaForest指出，“如果胶粘剂没有在足够高的温度下固化足够长的时间，可能会导致失效。”

多样化应用

需要热固化的胶粘剂被用于各种应用，包括汽车、航空航天、电子、医疗以及石油和天然气行业。

“传统上，热固化主要用于运输部门，包括航空航天和汽车，”DeLaForest说，“但是，材料和胶粘剂的进步，使得体育用品、医疗设备和电子产品等其他行业也逐渐能够使用热固化。”

“在过去十年中，对热固化的需求并没有减少，但双组分、室温固化和辐射固化的进步使这些技术的增长速度超过了热固化，”DeLaForest补充说，“最近，热固化或热碰撞正在被用于大批量、高速的装配操作中。”

热固化通常用于价值较高的设备和关键的安全应用，如潜在故障成本极高的复合材料或金属。

“热固化通常是确保完全固化的最可靠方法，也是提供最大粘合强度的方法，” Small说，“许多室温固化的胶粘剂在受热时只要热量不超过装配的温度上限，就能表现出更高的粘合强度。”

热固化粘合的汽车部件包括连接到小马力电机的电机外壳上的磁铁，例如发动机中的冷却风扇和汽车内部的HVAC电机。橡胶件也可以用热固化的方式粘合，如含有钢件和橡胶件混合的产品。

在电子工业中，零件是用热固化胶粘剂表面安装在FR4电路板上。“浇注化合物是用于隐藏（出于专利原因）或加固（出于环境或耐用性原因）组件的热固化胶粘剂，”斯莫尔指出。

然而，Small说，对热固化应用的需求并没有增加，主要是因为与提供热量有关的能源成本与整个行业降低总体制造成本的目标不一致。

“热固化环氧树脂仍然广泛使用，但大多数公司都希望降低其制造的总体成本，特别是时间要求，” Small称，“室温固化和双组分混合的胶粘剂在今天更有利。”

尽管一些热固化胶粘剂系统需要几个小时的固化时间和温度，但大多数只需要30到60分钟就能达到全部性能。“当然，这不包括达到固化温度所需的时间，也不包括为未来处理而冷却所需的时间，” Small指出。

虽然热固化具有一定的优势，但它也会给工程师带来头痛和挑战。

“热固化增加了胶粘剂交联的数量，这可以增加接头的剪切强度，” Small说。“但是，增加交联也会使接头更加坚硬，灵活性和抗冲击性也会同步降低。”

“更大的问题是，将整个部件提高到所需的温度会增加加工时间，” Small补充说。“一旦达到材料固化的温度时间，部件就需要时间冷却到室温，以便进一步加工。”

“这增加了很多在制品库存，这两个主要后果：库存零件占用大量地面空间，而且在大量的库存被组装起来之前，无法完成质量检查，” Small警告说，“这种时间上的滞后提高了在遇到缺陷时大量零件不得不报废的可能性。”