

JIAOJIE
YUJIAOBU

胶接
与胶补

张向宇 编著



胶 接 与 胶 补

张 向 宇 编著

湖南科学技术出版社

一九七八年·长沙

胶 接 与 胶 补

张向宇 编著

湖南科学技术出版社出版
湖南省新华书店发行
湖南省新华印刷二厂印刷

*

1979年8月第1版第1次印刷
印数：1—15,000 印张：8.25
统一书号：15204·4 定价：0.65 元

前 言

胶接与胶补是目前连接与修补技术中的一种发展迅速、用途极广的新工艺、新技术。它和焊接、铆接、螺栓连接等相比，除了性能上有其突出的优点之外，还具有简化设计，节省工装，减少零件，缩短工时，降低成本与维修方便等优点。随着工业、农业和国防建设的各种产品的标准化与系列化，以及产品往高、精、尖方向发展，胶接与胶补技术的应用将会越来越广。同样可以预料，随着我国石油化工的迅速发展，将会给胶粘剂生产提供极为丰富的原料；许多新型的、性能优异的胶粘剂也将会被研制出来，进一步促进胶接与胶补技术的发展。

为了适应这种形势，满足从事这方面工作的广大工人、农民、战士及工程技术人员的需要，根据我们多年来的实践经验，并参照了国内外有关资料，编写了《胶接与胶补》这本书，供从事这一工作的人员参考。

由于水平有限，搜集的资料不多，加之在生产与使用胶粘剂方面的经验又不足，因此难免会有错误与不妥之处，谨希望大家批评指正。

本书在写作过程中，承戚保民、陈聪儒、姜芳春、王兴华等同志的大力支持与帮助，在此表示谢意。

张向宇

一九七七年十一月于株洲

目 录

第一章 概述.....	(1)
第一节 胶粘剂的特性.....	(2)
第二节 胶接原理.....	(4)
一、机械连结理论.....	(5)
二、物理吸附理论.....	(5)
三、扩散理论.....	(6)
四、化学键理论.....	(7)
五、双电层理论.....	(7)
第三节 胶粘剂的组成.....	(11)
一、基料.....	(11)
二、固化剂.....	(14)
三、填料.....	(15)
四、增塑剂与增韧剂.....	(20)
五、稀释剂.....	(22)
六、促进剂.....	(25)
七、抗氧化剂.....	(26)
八、着色剂.....	(26)
第四节 胶粘剂的分类.....	(27)
一、按胶粘剂的来源分.....	(28)
二、按被胶接材料分.....	(28)

三、按使用目的分	(28)
四、按流变性质分	(29)
五、按胶粘剂的供应形态分	(30)
六、按基料的性质分	(30)
第五节 胶接工艺	(31)
一、材料的表面制备	(31)
二、胶粘剂的准备	(56)
三、涂布工艺	(57)
四、固化工艺	(57)
五、清除	(59)
六、胶接质量的检验	(61)
第六节 影响胶接强度的主要因素	(61)
一、胶粘剂的正确选择	(61)
二、接头形式的设计	(66)
三、制件材料的表面制备方法	(89)
四、胶粘剂的使用量	(89)
五、胶接工艺	(91)
第七节 胶接质量的控制与检验	(95)
一、现场检验	(95)
二、破坏性检验	(95)
三、非破坏性检验	(96)
第八节 胶粘剂的一些性能指标	(97)
一、胶接强度	(97)
二、耐温性能	(101)
三、耐介质性能	(103)
四、耐老化性能	(103)

第二章 环氧胶粘剂 (106)

第一节 环氧胶粘剂的组成 (109)

一、基料—环氧树脂 (109)

二、固化剂 (125)

三、增塑剂与增韧剂 (160)

四、填料 (165)

五、稀释剂 (169)

六、促进剂 (175)

七、表面处理剂 (176)

八、其它组分 (181)

第二节 环氧胶粘剂的配制与使用方法 (182)

第三节 典型配方 (190)

一、柔韧型环氧胶粘剂 (192)

二、刚性型环氧胶粘剂 (194)

三、特种用途环氧胶粘剂及其它 (208)

第四节 应用实例 (208)

一、在新制件生产中的应用 (209)

二、在机器设备与农机维修等方面的应用 (218)

第五节 安全与防护 (229)

第三章 其它胶粘剂与液体垫圈 (235)

第一节 无机胶粘剂 (235)

一、无机胶粘剂的制备 (236)

二、胶接 (239)

三、应用实例	(243)
第二节 酚醛—缩醛—有机硅耐高温胶粘剂	(246)
第三节 聚氨酯胶粘剂	(247)
第四节 α 氰基丙烯酸酯胶粘剂	(250)
第五节 嫌气性胶粘剂	(252)
第六节 聚氨酯型液体垫圈	(254)

第一章 概 述

胶接与胶补是将制件连接和修补的一种新工艺、新技术。近十多年来，在国内发展十分迅速，应用也日趋广泛。

这种新工艺、新技术是借助于胶粘剂来连接和修补各种制件的。那么什么叫做胶粘剂呢？凡是一种能把两个制件胶接在一起，并在其结合处有足够强度的物质就叫做胶粘剂。它通常又叫做粘合剂或粘结剂，简称为胶。

在日常生活中人们都离不开胶粘剂。浆糊和胶水就是最普通、最简单的两种胶粘剂。随着现代工农业的日益发展，这些胶粘剂都不能适应生产发展的需要。自从四十年代以来，伴随着高分子化学，特别是现代石油化学工业的迅猛发展，人们合成了一系列新型的、性能优良的胶粘剂，它不仅能用作非金属材料（如纸板、织物、竹木、皮革、玻璃、陶瓷、混凝土、石墨、塑料、玻璃钢、胶木等）和金属材料（如钢、铝、生铁、不锈钢、铜、硬质合金等）本身间的胶接，而且可作为不同质材料（如钢与胶木、混凝土制件与木头、钢与铝、陶瓷与铜等）相互间的胶接。其使用温度从 $-60\sim +350$ 至 $+400^{\circ}\text{C}$ ，甚至耐更低温度或更高温度的胶粘剂已被人们合成。可以预料，随着我国石油化学工业的飞跃发展，各种性能优异的胶粘剂将会不断涌现，应用也会越来越广。因此胶粘剂已成了现代工农业生产、国防建设与科研使用的一种不可缺少的材料。

第一节 胶粘剂的特性

由于合成胶粘剂具有优异的胶接强度，耐水、耐高低温、耐介质，同时又具有密封性，故它在机械制造、交通运输、电子电器、常规兵器、宇宙航空、导弹火箭等方面应用的品种越来越多，使用的部位也越来越广。近十多年来，在国内农机生产与维修使用方面也逐渐得到了应用。

那末，采用胶粘剂来进行胶接与胶补的连接方式比铆接、螺栓连接、焊接等连接方式究竟有什么优点呢？

(1)它比铆接、螺栓连接、焊接的重量轻，一般轻20~25%。

(2)用焊接连接时，易使材料的金相组织改变，同时因冷却而产生的翘曲和变形，使其性能下降。若采用钎焊，则往往又易产生双金属腐蚀。胶接则没有这一缺点。

(3)用铆接和螺栓连接时，需要钻孔，连接处往往易产生应力集中，导致疲劳破坏。胶粘剂是面的连接，应力分布均匀，耐疲劳强度高，个别的使用寿命也加长了，而且耐蠕变性能、耐候性能等等都有改善。如胶接的薄板其耐振性要比铆接与螺栓连接高40~60%。

(4)能对异形、复杂构件进行大面积的胶接，也适用于微小制件和薄型制件的胶接。设备简陋，操作方便，可减少劳动强度，节约工时，节省材料，提高劳动生产率。

(5)铆接与螺栓连接不能达到完全密封。胶接则可达到完全密封，并具有防锈、电绝缘或导电等其它特性。如环氧胶粘剂

耐水压达20公斤/厘米²。

(6)能作金属和非金属本身及其相互间不同质材料的胶接。

(7)与压力连接相比(冷压或热压),它不局限于圆柱形接头,也不需要进行成本要求高的紧公差加工。

(8)使用温度从 $-60\sim+350$ 至 400°C 。甚至有些超低温(-200°C 左右)有机胶粘剂与高温近 $+1000^{\circ}\text{C}$ 左右的无机胶粘剂都被人们合成。注意:每一种胶粘剂都有其特定的使用温度范围,切勿大意。

除此之外,它还具有维修方便等优点。因此人们可以用胶接来代替铆接,以胶接来代替焊接,以胶接来代替螺栓连接,以胶接来代替过盈配合,以胶接来代替键连接以及用胶粘剂来修补制件等等。虽说胶粘剂具有以上许多优点,但是在其推广及应用的过程中,要有坚韧不拔的毅力,作耐心细致的思想工作。通常,在解决偏见、耽心和踌躇方面的困难比解决工艺技术方面的困难更难得多。

任何事物总是一分为二的。由于胶粘剂绝大多数骨架系高分子化合物,即使骨架是无机化合物,其使用时仍有如下局限:

(1)使用温度不够高,过高会使胶粘剂的强度迅速下降。

(2)机械强度如抗冲击强度、抗剥强度、抗弯强度、抗振动性能仍比其它形式连接要差。

(3)胶粘剂耐环境老化、耐介质(如耐酸、耐碱、耐药品等)性能不稳定。

(4)对某些胶粘剂其施工工艺比较复杂,要加温、加压、固化时间长,被胶接制件表面要求进行特殊处理,否则会影响胶

接制件性能，甚至对有些材料则全然胶接不上。

(5)胶接时影响质量的因素很多,且胶接后无完善的胶接质量好坏的无损检验方法。

第二节 胶接原理

关于胶粘剂的胶接原理，至今还没有 完善地论述。

通常，人们将胶接过程分成三个阶段。第一阶段涂布胶粘剂；第二阶段胶粘剂固化；第三阶段中其性质保持不变或者基本上不变。 由于胶粘剂的种类繁多，性质又参差不齐，胶接的不同阶段中发生的现象又具有特殊性与多样性，要发展一种胶接理论也是非常困难的。此外，胶接接头本身是一个复杂的系统，我们可以把它分为九层(见图1—1)，其中每一层都有各自的几何尺寸，并具有一系列独特性质。

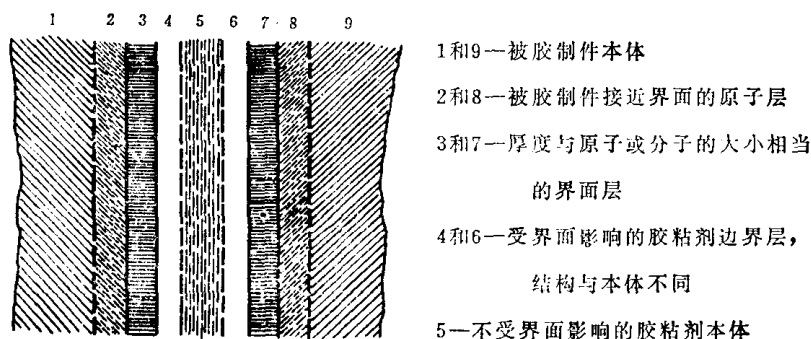


图1—1 胶接接头的分层原理图

如果根据胶接接头的强度来研究粘附现象，不用说，这

只会造成混乱，另一方面要把整个接头的性能与胶接现象全然分开也十分困难。但是，人们仍然从不同的角度来研究胶接原理，对它提出了如下五种理论解释。

一、机械连结理论

这一理论认为，被胶接制件的表面从微观来看是粗糙的、多孔性的，两种物体之所以能够胶接是由于胶粘剂浸入到凹凸不平的多孔表面上而引起的固定作用。但目前从人们的研究得出，即使是对于多孔制件表面的胶接，机械吸附与由于物理和化学现象而产生的粘结力相比，仍是微不足道的。

二、物理吸附理论

物质结构理论认为，在物质的聚集状态中，分子与分子间还存在着一种较弱的吸引力。人们把这种分子间相互作用力叫范德华力。范德华力是由分散效应、偶极效应与诱导效应所产生。胶粘剂分子对固体表面有很大的范德华引力时，则粘结力大。如天然橡胶对聚苯乙烯的粘结力不是最大，但氯丁橡胶对聚苯乙烯有较好的粘结力。这是由于氯丁橡胶中氯原子使苯环极化，而产生诱导效应。所以后者比前者粘结力大。

对于可生成氢键的胶粘剂与金属胶接时，因为金属原子中电子的结合很松，原子容易失去外层电子，这些电子很容易跑到金属表面，如在胶粘剂分子中含有负电性很强的原子如N、O原子，则金属原子不但可与N、O原子形成化学键，而且可形成氢键。氢键的键能为5~10千卡/克分子，大于一切范德华力。

故在有氢键存在时，胶粘剂与被胶制件分子间的作用力主要为静电力。总之，这一理论认为，胶粘剂之所以能把两个制件连接起来主要是由于范德华力与氢键等作用而致。根据这一理论，只有两种材料结构相似，都是极性，或都是非极性时，才能有好的吸附，否则不利于吸附。但有时也有例外，例如聚酰胺的极性大，但由于它有较高的结晶度与密度，而使它难于扩散，故粘结力差。决定胶接情况的主要因素是胶接表面的化学性能。高强度的胶接情况可看成有特殊化学形式与物理形式分子力作用的结果。近来，有人根据材料的相对表面张力，实际上是表面自由能，来解释吸附现象。他们强调，在吸附中，头等重要的性质为表面张力，而不是极性。

三、扩散理论

它又叫做分子渗透理论。这一理论认为，物质的分子始终处在不停的运动之中。那末胶粘剂中的高分子化合物链本身和链段与制件表面分子彼此之间都处在不停的热运动之中，相互产生扩散作用，彼此跑到对方的分子中去。由于这一扩散，增加了胶粘剂分子与被胶制件分子间的相互接触，因而使胶粘剂和被胶制件牢固地连接在一起。这种理论的基础是高分子化合物的基本特征(分子的链状结构，微布朗运动能力)和高分子化合物中存在有极化基团。通常胶粘剂分子量小、支链多，则扩散需要的活化能低，故粘结力好。但对金属胶接，胶接强度是随树脂分子量增高而增加，而后达一极限值。对处于玻璃态与结晶态的高分子化合物，由于其相互扩散受到影响而胶接强度低。

对含有苯基的高分子化合物，由于链的柔顺性受到影响，使其不易扩散，故胶接强度也低。

四、化学键理论

这种理论认为，胶粘剂与被胶制件表面之间起了化学反应，而生成了化学键。化学键是分子中相邻两原子间的强烈吸引力。一般分子间的范德华力只有几千卡/克分子。而化学键则比它要大一两个数量级。对于化学键理论，“润湿”是非常重要的。只有能“润湿”制件表面的胶粘剂才能进行胶接。若在胶粘剂与被胶制件界面上能事先吸附上一层表面处理剂，就可以大大地改善胶粘剂的“润湿”情况，有利于化学键的形成，因而大大提高了制件的胶接强度。人们业已证实，象酚醛树脂、三聚氰氨甲醛树脂、环氧树脂以及聚氨酯等树脂为基的胶粘剂与金属制件表面确实生成了化学键。

五、双电层理论

这一种理论认为，在胶粘剂与被胶制件之间的界面上，由于物质的接触而形成了双电层，因而形成胶接的原因起源于电，亦作用在分子、原子与离子间的引力。此外，物质的化学性质具有很重要的意义。应当指出，这一理论与物理吸附理论并不矛盾。

从上所述，无论那一种理论，都只能反映出胶接本质的一个侧面。总之，要使两个制件能紧密地胶接起来，并具有足够的强度，则胶粘剂必须与制件表面相互“润湿”，形成某种能量

最低的结合是最重要的前提。

液体与固体之间的“润湿”程度，只有当接触角越小，则润湿性就越好。当液体润湿固体表面后，将液体从固体界面剥离时所需的功称粘附功(W_a)，其数值大小可用下式表示：

$$W_a = \gamma_s + \gamma_L - \gamma_{SL} \dots\dots\dots ①$$

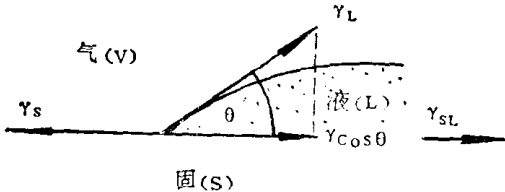


图1—2 接触角 θ 与液滴和物体间的表面能

式中： γ_s 、 γ_L 、 γ_{SL} 为固体、液体及固液界面的表面能。由图 1—2 可以看出，三个表面达到平衡时表面能可用下式来表示：

$$\gamma_s = \gamma_{SL} + \gamma_L \cdot \cos\theta \dots\dots\dots ②$$

从①与②式可得：

$$W_a = \gamma_L(1 + \cos\theta) \text{ 或 } \frac{W_a}{2\gamma_L} = \frac{(1 + \cos\theta)}{2} \dots\dots\dots ③$$

液体本身的粘附功为 W_{LL} ，当 $\theta = 0$ 时，则 $W_a = W_{LL}$ ，即液体从固体表面剥离时所需的功等于液体本身分离所需的功。此时粘结强度最大。

用高分子化合物为基的胶粘剂来胶接金属时，粘附力大小与“润湿”金属表面的能力有关。若能很好地“润湿”，则有较大的粘附力。若高分子化合物为基的胶粘剂来胶接金属后，金属发生断裂产生的两个新面，其表面能为 γ_M 时，凝聚功 W_c 可由下

式表示:

$$W_C = 2\gamma_M$$

胶接的制件受外力作用时,可能发生凝聚断裂(亦被胶制件断裂与胶粘剂本身的内聚断裂),或胶粘剂与被胶制件界面发生的胶粘断裂,见图1—3。

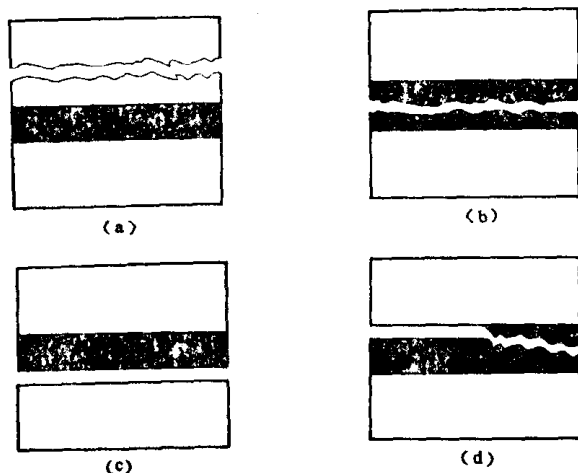


图1—3 胶接破坏的几种类型

(a)被胶制件断裂 (b)内聚断裂

(c)胶粘断裂 (d)胶粘断裂(60%),内聚断裂(40%)

从胶接效果来看,在理论上可能达到的胶接效果与实际值之间存在有差别。在任何胶粘剂与被胶制件的体系中,决定最终胶接强度(实测值)的因素及其可能的最大胶接强度(理论值)之间的关系表示在图1—4。

有人认为,可能达到的最大粘结力 A ,是考虑到了材料中所有的物理和化学作用力后的理想粘结力。由于实际上不可能创造分子接近的理想条件,故永远都不可能达到满足 A 的条件。