

机械工业技术革新技术改造选编

粘 接 技 术 在机械工业中的应用

上海市科学技术交流站粘接队 编

机 械 工 业 出 版 社



机械工业技术革新技术改造选编

粘 接 技 术
在 机 械 工 业 中 的 应 用

上海市科学技术交流站粘接队 编

机 械 工 业 出 版 社

内容提要 本书主要叙述了上海地区机床、造船、纺织机械、电子、农机具等行业中，将粘接技术应用于技术革新和技术改造的经验和部分实例。同时也对常用合成胶粘剂的类型、性能、无机胶粘剂、粘接机理、表面处理等作了介绍。

本书可供机械工业工人、技术人员和干部以及有关专业人员在开展技术革新和技术改造时参考。

粘 接 技 术 在机械工业中的应用

上海市科学技术交流站粘接队 编

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张 5 $\frac{1}{8}$ ·字数 128 千字
1978 年 6 月北京第一版·1978 年 6 月北京第一次印刷

印数 00,001—37,000·定价 0.42 元

统一书号：15033·4523

出 版 说 明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，机械工业技术革新和技术改造的群众运动蓬勃开展，先进经验层出不穷。为及时总结推广这些先进经验，我们组织编写了“机械工业技术革新技术改造选编”。

“机械工业技术革新技术改造选编”将陆续出版，内容包括：铸、锻、焊、热处理、机械加工、电工、仪器仪表、改善劳动条件、三废处理等方面，每本讲一个专题，内容少而精，便于机械工业的广大工人和技术人员阅读参考。

在组织编写过程中，得到有关领导部门和编写单位的大力支持，对此我们表示感谢。欢迎读者对这些书多提宝贵意见。

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，特别是无产阶级文化大革命以来，广大工厂遵照毛主席“**打破洋框框，走自己工业发展道路**”的教导，发动群众，大搞技术革新和技术改造，使粘接技术在造船、纺织机械、机床修造、电机、汽车、电讯仪表、轻工、化工、农机具等方面得到了越来越广泛的应用。

粘接技术能将多种材料相互结合，具有工艺简便、强度大、节省原材料和劳动力等优点，所以被广泛应用于工农业生产上。我们根据上海地区各工厂在机械修造中应用粘接技术的实际情况，组织我队有关同志编写了这本书，供机械修造方面的同志们参考。

书中从实际应用出发，介绍了部分国产胶粘剂的牌号和性能、表面处理、接头设计等方面的基本知识，以及在各行行业中应用的部分实例。由于我们思想水平与业务水平有限，书中可能存在不少缺点和错误，希望广大读者提出批评和修改意见。

本书在编写过程中得到上海市有关工厂的大力支持和真诚帮助，在此特致以谢意。

上海市科学技术交流站粘接队

1977 · 5

目 录

绪 论	1
第一节 概述	1
第二节 粘接的基本原理	3
第三节 表面处理	8
第四节 粘接的接头形式	11
第一章 胶 粘 剂	13
第一节 环氧胶粘剂	13
第二节 聚氨酯胶粘剂	30
第三节 聚丙烯酸酯胶粘剂	32
第四节 酚醛(改性)胶粘剂	34
第五节 特种胶粘剂	41
第六节 无机胶粘剂	46
第七节 塑料及塑料薄膜的胶粘剂	49
第八节 液体密封胶(液体垫圈)	54
第二章 粘接技术在机械设备维修中的应用	56
第一节 机床的维修	56
第二节 机械设备制造与维修	65
第三节 化工机械的维修	69
第四节 在刀具上的应用	74
第五节 其它方面的应用	81
第三章 粘接技术在船舶修造中的应用	85
第一节 用胶粘剂改进安装工艺	85
第二节 用胶粘剂进行修补	99
第三节 用胶粘剂防腐	120

第四章 粘接技术在电子工业中的应用	125
第一节 扬声器的粘接	125
第二节 导电胶的应用	130
第三节 开关、壳罩、电机等的粘接	134
第四节 在电视机上的应用	141
第五节 灯泡头的粘接	143
第六节 铭牌的粘贴	144
第七节 其它电子器件的粘接	146
第五章 粘接技术在农机具方面的应用	151
第一节 在竹木农具方面的应用	151
第二节 在农机制造方面的应用	155
第三节 在铁器、陶器、瓷器及部分塑料农用制品方面的 应用	158
第四节 在农机及农用设备方面的应用	160
第六章 其它方面的应用	163
第一节 在汽车修理中的应用	163
第二节 在模具、工具等上的应用	167
第三节 在纺织机械方面的应用	172
第四节 在漆刷、针筒、织物等上的应用	180

绪 论

第一节 概 述

胶粘剂又称粘合剂、胶合剂。它是能把不同或相同的材料牢固地连接在一起的物质。胶粘剂可分天然的和合成的两类，随着国民经济的发展，天然胶粘剂已远远不能适应发展的需要。解放以来我国的高分子化学工业有了飞跃的发展，合成了一系列新型的、性能优良的胶粘剂。这些胶粘剂不仅能粘接纸张、织物、木材、皮革、玻璃等非金属材料，也能粘接钢、铝、铜、不锈钢等金属材料，甚至人体组织。

一、合成胶粘剂的品种繁多，按使用的目的可分为

1. 结构胶粘剂——粘接后能承受较大的载荷，经高温、低温以及化学药品的侵蚀后不降低其性能，不产生变形。
2. 非结构胶粘剂——在正常使用时具有一定的粘接强度，但受热和较大载荷时易产生形变，且性能亦迅速下降。
3. 特殊用途胶粘剂——如导电、耐超低温、透明、水下、医用、密封等胶粘剂。

为了适用于各种材料和各种环境下粘接的需要，胶粘剂的形态也是多种多样的。一般讲多数是粘稠的液体。大致可分为无溶剂型、溶液型、乳液型、热融型、压敏型，有糊状、粉状、棒状、胶膜、胶带等形态。

二、胶粘剂也可按其性能分为

1. 热固性树脂胶粘剂——胶粘剂通过加热固化后成为不溶不熔的物质。有的需加入固化剂（或称硬化剂）。特点

是耐热、耐水、耐溶剂、粘接强度高。缺点是抗冲击、剥离强度和起始粘性差。主要品种有酚醛、尿醛、环氧、不饱和聚酯、聚氨酯、有机硅、聚酰亚胺和聚苯并咪唑等。

2. 热塑性树脂胶粘剂——胶粘剂经加热软化粘接，冷却后具有一定的强度，若再受热又会软化。也可将胶粘剂配成溶液使用，粘接时可不加热。特点是耐冲击、剥离强度和起始粘性较佳、使用方便、可反复进行粘接。缺点是耐热性受到限制，耐溶剂性差。常用的有聚醋酸乙烯酯、聚乙烯醇缩醛、乙烯-醋酸乙烯共聚树脂、氯乙烯-醋酸乙烯共聚树脂、过氯乙烯树脂、聚丙烯酸酯、聚酰胺和聚砒等。

3. 合成橡胶胶粘剂——大都是将橡胶溶解在有机溶剂中配成粘稠的胶液使用。特点是起始粘性高、富有柔韧性、能粘接多种材料。缺点是耐热、耐低温性能差，不能承受较大的载荷。常用的橡胶有丁苯、丁腈、氯丁、聚硫、聚丁二烯、聚异丁烯、氯磺化聚乙烯、硅橡胶等。

4. 混合型胶粘剂——这种胶粘剂是将上述胶粘剂相互掺混，以达到取长补短，提高其使用性能的目的。如在热固性树脂中加入热塑性树脂或橡胶后，既保持了耐热性，又提高了柔韧性。这类胶粘剂主要有酚醛-缩醛、酚醛-聚酰胺、酚醛-环氧、酚醛-丁腈、酚醛-氯丁、环氧-聚酰胺、环氧-丁腈、环氧-聚硫等。

三、合成胶粘剂的优缺点

1. 优点

合成胶粘剂具有优良的粘接强度、耐水、耐热、耐化学药品、不易发霉、具有密封性。粘接工艺比铆、螺栓、焊接等连接方法有许多特点，如：

(1) 粘接结构重量轻。

(2) 用铆钉和螺栓联接时, 需钻孔, 联接处应力集中, 易导致疲劳破坏。胶粘剂是面的粘接, 应力分布均匀, 耐疲劳强度较高。

(3) 能对异型、复杂和面积大的构件进行连接, 也适用于薄形、微形构件的连接。操作较为简便, 可降低劳动强度和工时, 被粘接物表面平整。

(4) 铆钉和螺栓联接时不能达到完全密封。胶粘剂连接可达到完全密封, 并具有防锈和绝缘等特性。

(5) 能粘接同种金属和异种金属, 以及塑料、橡胶、玻璃、陶瓷、木材等非金属材料。

2. 缺点

合成胶粘剂大多是合成的高分子化合物, 在使用上存在着一定的局限性。主要缺点如下:

(1) 使用温度过高会使强度迅速下降。

(2) 某些胶粘剂耐环境老化、耐化学腐蚀等尚不够。

(3) 某些胶粘剂的粘接工艺较复杂, 需加温加压, 固化时间长, 被粘物需经特殊的表面处理等。

(4) 粘接后的质量还无完善的无损检验方法。

第二节 粘接的基本原理

目前对粘接机理各说纷纭, 尚无定论。有静电、吸附、扩散等理论, 都不能较完善的解释粘接机理。现以吸附理论为例。吸附理论认为, 粘接主要与粘接物质分子的相互作用力以及表面的浸润性能有关。

一、浸润与表面张力

将极性液体(胶粘剂)滴在光滑的极性较小的固体表面上, 如图 0-1 所示, 会在某一接触角建立平衡。

如接触角 $\theta < 90^\circ$ ，则该液体对固体是可浸润的。 $\theta = 0$ 时固体表面被完全浸润。如水和酒精对玻璃和金属的表面是可浸润的。如接触角 $\theta > 90^\circ$ ，则为不可浸润，如水银对于玻璃，水对于聚四氟乙烯即是。 $\theta = 180^\circ$ 为完全不浸润。

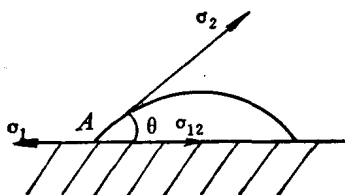


图 0-1

接触角 θ 的大小与表面张力有关。由图 0-1 可知，达浸润平衡时，作用在 A 点上的表面张力相互抵消，即

$$\sigma_1 = \sigma_{12} + \sigma_2 \cos \theta$$

式中 σ_1 ——固体—空气的表面张力（表面自由能）；

σ_2 ——胶粘剂—空气的表面张力；

σ_{12} ——固体—胶粘剂的表面张力。

由于金属、塑料等被粘物与作为胶粘剂的多数高分子化合物的表面张力难以直接测定，所以就用临界表面张力来表示，见表 0-1。

表0-1 各种塑料、金属的临界表面张力 (20℃)

材 料	σ_c (达因/厘米)	材 料	σ_c (达因/厘米)
聚氯化丙烯酸酯	10~12	聚氯乙烯	40
聚六氟丙烯	16.2	尼龙	46
聚四氟乙烯	18.5	铝	约500
氯化树脂	17.8	水银	约500
聚三氟氯乙烯	22	银	约900
聚苯乙烯	33	铜	约1100
聚乙烯	31	木材	40~50
聚丙烯醇	37		

液体与固体浸润平衡时的接触角，可以直接从两者表面张力的相对大小作定性的判断。实践证明，与固体的表面张力相比，液体的表面张力越小，接触角 θ 也越小，浸润就越好。

二、浸润与粘接的难易

吸附理论认为，粘接是由于二种物质分子紧密接触引起分子间相互作用的结果。要达到紧密接触，液态的（或在粘接过程中呈液态的）胶粘剂必须能浸润被粘物体表面。就是说，浸润是使粘接易于进行和获得粘接强度的首要条件。浸润好，易于粘接，同时粘接强度也较高。

用表面张力为 50 达因/厘米的环氧树脂粘接各种塑料，其抗张强度如表 0-2 所示。

表0-2 各种塑料的临界表面张力与环氧的粘接强度

薄 膜	σ_c (达因/厘米)	$\sigma_2 - \sigma_c$ (达因/厘米)	抗 张 强 度 (公斤/厘米 ²)
涤纶	43	7	180
聚偏二氯乙烯	40	10	133
聚氯乙烯	40	10	133
聚乙烯醇	37	13	115
聚苯乙烯	33	17	77
聚四氟乙烯	18.5	31.5	24

从表中可以看出，当胶粘剂的表面张力 σ_2 比固体的临界表面张力 σ_c （或 σ_1 ）大时， σ_2 越接近于 σ_c ，即二者的差值越小，粘接强度就越高，粘接也越易进行。反之，越难浸润的材料越难粘接，如果 σ_2 大于 σ_1 （或 σ_c ）太多而使 $\theta > 90^\circ$ ，则粘接极其困难，甚至不可能。聚四氟乙烯、聚乙烯等非极性塑料的表面张力极低，所以最难粘接。

三、粘附力

良好的浸润是获得良好粘接接头的必需条件，但并非唯一条件，因为粘接的好坏与胶粘剂与被粘物分子间相互作用也有很大关系。对于同样表面张力的液体来说， θ 角小，撕开所需力就大，粘接得就牢固。但也不是浸润角越小越好。因为表面张力的实质是物质内部的分子间作用力，即凝聚能的反映。吸附理论认为，将胶粘剂从固体表面剥离下来所需之功，全部消耗于对界面上固—液分子间作用力的破坏上。假设在一平方厘米的粘接面积的固—液界面上有 n 个分子间键，每个键的键能为 $\epsilon_{r,2}$ 时，则

$$W = \sigma_2 (\cos \theta + 1) = n \cdot \epsilon_{r,2}$$

式中 W ——粘附力。

在单位面积内分子间键数 n （与浸润性能有关）变化不大的情况下，粘附力 W 实际上决定于键能即 $\epsilon_{r,2}$ 的大小。在多数情况下（如果不考虑氢键与主价键的话）主要是极性键力在起作用。胶粘剂分子的极性小，它与固体接触时，界面间的极性键力 $\epsilon_{r,2}$ 也必然小，即粘附力必然不大。如果 σ_2 大，即胶粘剂分子的极性大，在与极性物质接触时，能形成较多的和较强的极性键。所以说粘附力是与胶粘剂分子的极性强弱有关。

综上所述，我们可以得出两个结论：

1. 胶粘剂对材料的浸润性能越差，就越难粘接；而表面张力越小，则越易浸润被粘物体，粘接也越容易。

2. 当 σ_1 降低到使 $\theta \rightarrow 0$ 后，如再继续减小，这时因满足 $\sigma_1 > \sigma_{1,2} + \sigma_2$ 浸润平衡不能建立，胶粘剂可在固体表面任意漫流，浸润处于极佳条件下，但粘接强度反而因为界面间的分子作用力下降而减弱。

所以仅从表面张力这一角度来考虑的话，最佳粘接条件是 $\sigma_1 = \sigma_2$ ，因为这时 $\sigma_{12} = 0$ ， $\cos \theta = 1$ ，而 σ_2 也达到了尽可能大的程度，故粘附力最大。亦即当胶粘剂与被粘物质极性相等时，粘接效果最佳。

这结论也可以由分子作用力的原理得到很好的解释。例如环氧的 $\sigma_2 = 47$ ，聚乙烯的 $\sigma_1 = 31$ ，聚乙烯难以用强极性环氧胶粘剂粘接。但当使聚乙烯呈液态，环氧为被粘物时，则 $\sigma_2 < \sigma_1$ 于是不仅可达到浸润的目的，也不减小分子间的作用力。如用聚乙烯喷涂作防腐层时，用环氧作底层比不用环氧作底层粘接强度高得多。

由于被粘物质通常都具有强的极性（如玻璃、陶瓷、金属、木材等），所以总希望胶粘剂的极性大些，以提高粘接强度及扩大适应面。通常说胶粘剂分子中极性大、数量多，而且易于使极性基团暴露在粘接界面（即需分子柔性大）的粘接性能就好、强度也高，其道理也在于此。

总之，用吸附理论解释粘接机理虽较普遍，但对如剥离胶粘剂薄膜所做的功要超过分子间作用力好几十倍，粘接力决定于剥离时的速度等现象还不能得到圆满的解释。

静电理论是吸附理论的补充。它将胶粘剂与被粘物看作是电容器的两个极片，从而可解释粘接力决定于剥离时的速度等现象。

扩散理论认为粘接是由于大分子的柔顺性，在分子热运动影响下而引起的扩散作用，以及和高分子化合物相互粘接时其互溶性有密切关系。如在胶粘剂中加入增塑剂或胶粘剂与被粘物都有共同的溶剂，粘接就比较容易等现象。但在用胶粘剂粘接金属、玻璃等材料时，就不能用扩散理论解释。

粘接的基本机理涉及许多化学的、物理的因素，在一定

的实验基础上所得到的理论总带有一定的局限性，不能用来解释错综复杂的粘接现象。对于粘接机理，尚有待于我们在今后工作中用唯物辩证法不断总结提高，从而得出能满意解释各种粘接现象的粘接理论来。

第三节 表面处理

胶粘剂与被粘物是形成粘接接头的两个方面。要形成坚固的粘接接头，首先应针对被粘物的特性，选择优良的胶粘剂。其次也要根据胶粘剂的性能及工艺条件，使被粘物表面经过一定的处理后，达到与胶粘剂完全相适应的最佳状态。这样使胶粘剂与被粘物界面间形成的粘接强度等于或超过胶粘剂层本身的内聚强度，才能发挥出胶粘剂的最大效能。实践证明，凡是经过适当表面处理的金属，粘接强度都有不同程度的提高，其中尤以铝合金最为显著，强度可提高25~70%。见表0-3。

由于粘接理论的不成熟及表面状况的复杂性，给表面处

表0-3 不同表面处理对粘接强度的影响

金 属	处理方法	剪切强度(公斤/厘米 ²)
铝	不处理	168
铝	脱 脂	189
铝	化学法	350
不锈钢	不处理	360
不锈钢	脱 脂	440
不锈钢	化学法	490
钛	不处理	91
钛	脱 脂	217
钛	化学法	460

注，胶粘剂用酚醛-缩醛类。

理的机理解释带来一定的困难。根据有关文章报导,这是由于金属表面存在一定的粗糙度,有一定的孔隙,产生吸附现象及静电作用所致。由于不同金属间性能的差异,处理方法亦有差异。现就常用的机械处理方法和化学处理方法介绍如下:

1. 机械处理方法

用砂轮、砂布、砂纸、钢丝刷或喷砂及锉、磨表面,或使用其它机械加工方法,如车、铣、刨等均能达到对金属表面处理的目的。不同机械加工方法能不同程度地去除表面的油污、锈迹、天然氧化膜及其它杂质,并能使表面达到一定的糙度。如处理得当,则可提高粘接强度。机械加工方法主要是起改造表面糙度的作用,使之达到最佳的粘接表面糙度。各种机械加工方法所达到的糙深范围见表 0-4。

表0-4 不同机械加工方法的糙深范围

加工方法	光洁度	糙深(微米)
刨	$\nabla 2 \sim \nabla 6$	125~6.3
铣	$\nabla 2 \sim \nabla 8$	125~1.6
钻	$\nabla 2 \sim \nabla 8$	125~1.6
车	$\nabla 2 \sim \nabla 9$	125~0.8
铰	$\nabla 6 \sim \nabla 9$	10~0.8
砂磨	$\nabla 6 \sim \nabla 10$	10~0.5
研磨	$\nabla 6 \sim \nabla 11$	10~0.25
抛光	$\nabla 10 \sim \nabla 12$	0.5~0.125
布擦	$\nabla 11 \sim \nabla 14$	0.25~0.0625
铸造	0 ~ $\nabla 3$	400~37.5
锻	0 ~ $\nabla 4$	400~18.7
模压	$\nabla 2 \sim \nabla 7$	125~3.2
辗辗	$\nabla 8 \sim \nabla 10$	1.6~0.5
喷砂	$\nabla 2 \sim \nabla 5$	125~10

2. 化学处理方法

不同材料经脱脂去污，机械处理，再经化学处理，能不同程度的提高粘接强度。现列举几种常见材料的化学处理方法于表 0-5 中，供粘接时参考。

表面处理除上述两种外还有电化学法、辐照法等，

表0-5 几种材料的化学处理

被粘材料	处理剂(重量份)	处 理 方 法
铝 及 铝 合 金	①硫酸法： 浓硫酸(工业) 27.3 重铬酸钠 7.5 蒸馏水 65.2	60~65℃浸30分钟
	②铬磷法： 浓磷酸(工业) 7.5 铬 酸 7.5 乙 醇 5 蒸馏水 80	15~30℃浸 10~15 分钟，用 60~80℃热水洗
	③阳极化法： 硫酸液 200克/升	直流电 1~1.5 安培/分米 ² ，通电 10~15 分钟，再在 95~100℃饱和重铬酸钾水溶液中煮 5~20 分钟
铬	浓盐酸 1 蒸馏水 1	90℃ 1~5分钟
不 锈 钢	①40%甲醛： 30%双氧水 2 蒸馏水 50	63℃ 10分钟
	②浓硝酸： 40%氢氟酸 5 蒸馏水 75	室温 1小时
铜 及 铜合金	42%氯化铁 15 浓硝酸 30 蒸馏水 200	室温 1~2分钟
	浓磷酸 1 工业乙醇 2	60℃ 10分钟
锌	浓磷酸 5 蒸馏水 95	室温 5分钟
镁	铬 酐 10 硫酸钠 0.05 蒸馏水 100	室温 3分钟
氟塑料	含钠2%的四氢呋喃溶液	浸30秒钟，再用丙酮和水洗
橡胶	浓硫酸	室温5~10分钟
聚 乙 烯	浓硫酸 100 重铬酸钾 5	室温 1小时

注：材料用处理剂处理后，均经水洗和干燥