

11/1533/15

序 言

胶粘剂，又称“胶”、“粘结剂”或“粘合剂”，是能把两个物件粘接在一起，并且在结合处有足够强度的物质。

在人类历史中，胶粘剂的应用大约已有几千年之久。我国劳动人民很早就用植物或动物胶粘接物品；采用合成树脂胶则是近一百年内的事；把合成树脂胶作为结构胶，用于金属及其它结构材料的胶接，仅仅从第二次世界大战期间才开始。

解放后，我国研制和生产了各种类型的胶粘剂，胶接工艺也在相应地迅速发展。

在航空工业中金属蜂窝结构、胶接点焊、胶铆、钣金胶接等胶接技术正在推广。

与其它连接方式（如铆、焊、螺栓）相比，胶接有以下优点：

- (1) 减轻结构重量。由于金属连接件少，胶接可比铆接或焊接减轻结构重量25~30%。
- (2) 提高强度。与铆接、点焊相比，胶接的剪切强度高25%以至更多。由于胶缝的连续分布，应力集中现象不象铆、焊连接那样严重。胶接结构的疲劳寿命比铆、焊结构长10倍以上。

(3) 胶接可以连接两种不同的材料，如两种金属，金属与塑料、橡胶、织物等，其它连接形式则困难得多。

(4) 胶接容易做成密封、绝缘、防腐等，以适应特殊要求。在胶接蒙皮时，蒙皮的局部变形小，容易做到外形光滑，以利飞行。

(5) 胶接工艺比较简便。

目前，胶接尚存在以下问题：

- (1) 胶接的不均匀扯离和剥离强度低，容易在接头边缘首先破坏。
- (2) 使用温度有很大的局限性。一般结构胶仅能在150℃以下使用，少数胶能在200~300℃范围内使用。

(3) 胶接质量因受多种因素的影响，不够稳定，而且无损检验手段还不够完善。

根据三机部航空高等院校教学计划及教学规划座谈会的要求，编写了《胶粘剂与胶接工艺》这本教材。书中主要内容包括胶粘剂及胶接工艺两个方面。同时，也对胶接原理、接头设计、质量检验及性能测试等做了简要的介绍。

由于编者水平所限，本书中一定会有不少缺点和错误之处，望读者批评指正，不胜感谢。

本书由西北工业大学林德宽同志审阅，并对本书提供了宝贵的意见，在此特致谢意。

本书编写过程中，不少同志提供了十分宝贵的文献资料，在此一并谢意。



C0228275

目 录

第一章 胶接的基本概念

- 第一节 胶接接头破坏的分析..... (1)
- 第二节 胶接理论..... (2)
- 第三节 影响粘附力的因素..... (8)

第二章 胶粘剂的组成与分类

- 第一节 胶粘剂的组成..... (15)
- 第二节 胶粘剂的分类..... (18)

第三章 胶 粘 剂

- 第一节 胶粘剂的选择..... (19)
- 第二节 一般结构胶粘剂..... (20)
- 第三节 高温结构胶和低温结构胶..... (46)
- 第四节 特殊用途的胶粘剂..... (51)

第四章 胶接接头

- 第一节 胶接接头的应力分析..... (62)
- 第二节 接头形式及设计原则..... (67)

第五章 胶接工艺

- 第一节 胶粘剂和被胶件的准备..... (69)
- 第二节 胶接工业规范..... (73)
- 第三节 胶接缺陷及分析..... (83)
- 第四节 复合连接..... (85)
- 第五节 金属蜂窝夹层结构..... (87)

第六章 胶粘剂及胶接制件的质量检验

- 第一节 胶粘剂的性能检验..... (90)
- 第二节 胶接制件的质量检验..... (92)

第七章 胶接机械性能测试

- 第一节 一般机械性能测试..... (94)
- 第二节 蜂窝夹层结构机械性能测试..... (96)

附 录 国内研制和生产的胶粘剂..... (99)

参考资料(117)

第一章 胶接的基本概念

胶接接头是怎样破坏的，如何提高胶接接头强度？这对合理选择胶粘剂，掌握控制胶接质量的工艺条件以及制备坚固而耐久的胶接接头，是十分重要的问题。引起胶接破坏的外因很多，如使用过程中接头受机械拉力、剪切力、剥离和温度、水等各种因素的作用，以及各种介质等的影响。因此，我们要分析胶接破坏的原因，从胶粘剂的选择和工艺条件的控制等方面，找出提高胶接接头质量的有效方法。本章将讨论影响胶接质量的一个重要方面，即如何提高胶粘剂与被胶物之间的粘附力问题。

第一节 胶接接头破坏的分析

分析胶接接头的破坏形式，或分析胶接试片的破坏时，我们可以看到，破坏可能发生在三种部位：被胶物或胶层本身，胶粘剂与被胶物之间，前两者都意味着材料本身的破坏，称为内聚破坏，而后者称为粘附破坏。

只有在某些情况下，如胶接塑料、橡胶等材料以及用软铝等制备胶接抗剪试片时，才会发生被胶物的内聚破坏。这时，胶接强度取决于被胶物的强度和刚度。对这些材料的胶接，我们不必选用高强度的胶粘剂。因此，我们主要讨论胶层的内聚破坏和粘附破坏。

胶粘剂之所以能牢固胶接两个相同的或不同的材料，是由于它们具有粘合力。其粘合力是由两个必要条件组成的：即胶与被胶物之间的粘附力（见图1—1的Ⅰ、Ⅱ部分）和胶层的内聚力（见图1—1的Ⅲ部份）。粘合力是这两种力的作用结果。其中任何一种力的丧失，都将导致粘合力的破坏，也就是胶接缝的破坏。

内聚力，是胶粘剂本身分子间的作用力。它是由胶粘剂的基本组份、配合剂，以及配方、工艺等因素决定的。当内聚力小于粘附力时，发生内聚破坏。从胶接试片来看，当发生内聚破坏时，试片是沿着胶层破坏的，在两个试片的表面都附有一层胶粘剂，并且是粗糙的。这时，测得的力为内聚力。

粘附力，是胶粘剂与被胶物间的作用力。当内聚力大于粘附力时，发生粘附破坏。这时试片是沿着胶层界面破坏，破坏的试片表面很光洁。一个试片上没有胶层，而另一个试片附有胶层，而后的表面上留有被胶表面打磨痕迹。在这种情况下，测得的力是粘附力。

粘附力的产生，包括胶粘剂和被胶物之间的物理、化学和机械作用。物理作用——靠分子间的相互作用力。化学作用——系胶粘剂与被胶物表面形成牢固的化学结合。机械作用——由于被胶物表面存在着大量的细小孔隙，使胶粘剂分子由于扩散、渗透作用而进入被胶物内部，形成了机械的“勾键”。

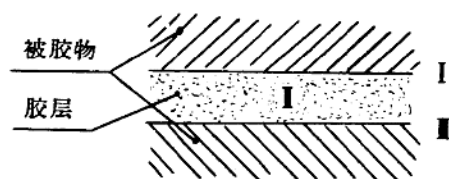


图1—1 粘合力示意图

要得到最大的粘合力，就必须要有内聚力和粘附力共同作用。这就对胶粘剂、被胶物以及工艺质量都提出了相应的要求。

第二节 胶 接 理 论

研究胶接强度的形成及其本质，对进一步提高胶接技术是有重要作用的。曾有人提出一些理论来解释这个问题，如吸附理论、扩散理论以及静电理论等。但是，目前还没有一种理论可以解释胶接的各种现象。不过从分子作用力出发的吸附理论，尚能比较多地说明胶接现象。我们在讨论这个问题时，一方面了解这些理论的实践意义，同时要全面看待各种胶接现象，不要被一种理论所束缚。

一、吸附理论

1. 表面润湿现象

要获得最大的胶接强度，首先要求胶粘剂和被胶物之间达到最大的接触。在一定的接触表面情况下，胶粘剂对被胶表面应有良好的亲和性。也就是有良好的润湿性。这是必要条件之一。

什么是润湿现象呢？我们知道，在洁净的玻璃板表面上，分别滴上一滴水 and 一滴水银，会发现水滴将沿着玻璃表面扩散，而水银却在玻璃表面形成圆珠状水银球。我们说，水能润湿洁净的玻璃表面，表明两者间有良好的亲和性，而水银则不润湿玻璃表面。

润湿与不润湿，润湿程度如何，同液体和固体的性质有关。例如，水能润湿洁净的玻璃，却不能润湿石蜡。水银不能润湿玻璃，却能润湿洁净的铁的表面。

润湿现象是怎样产生的呢？我们进一步观察润湿现象，可以看到，在液体和固体相接触的地方，液面会发生如同图 1—2 所示的弯曲。液面的切线和固体表面之间所成的角度称为“接触角”，或“润湿角”。

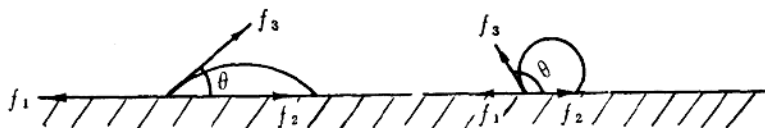


图1—2 液体在固体表面的润湿示意图

接触角的大小，取决于固体分子对液体分子的吸引力。在润湿的情况下，固体分子对液体分子的吸引力(f_1)大于液体分子本身之间的吸引力(f_2)。因此，促使固体附近的液体分子密度增大，在这部份的液体分子之间的吸引力小于固体分子对液体的吸引力，而使液面向固体表面扩散。直到接触处的液面在固体分子吸引力 f_1 、液体分子间吸引力 f_2 和表面张力 f_3 三个力的作用达到平衡时为止。这时造成了小于 90° 的接触角。相反，如果固体分子对液体分子的吸引力小于液体分子之间的吸引力，则固体附近的液体密度将减小，接触处分子之间的吸引力大于固体对它的吸引力，而使液面收缩，当 f_1 、 f_2 、 f_3 达到平衡时，就造成了大于 90° 的接触角。

液体和固体的粘附力取决于固体对液体分子的吸引力和液体分子间吸引力的差值。因此，粘附力和润湿性是一致的，润湿性好，液体在固体的表面的粘附力就大。

为使胶粘剂在被胶表面能够很好的涂布，也就是为有好的胶接强度，就要求胶粘剂在被胶表面能很好润湿，即被胶物对胶粘剂有高的吸附性，也即胶粘剂分子之间的吸引力和胶的表面张力要小。

接触角大小可以衡量润湿性。润湿性不仅取决于被胶件材料本身，而且还与其表面的洁净情况有关。因此，为了判断固体表面的洁净情况，在实际应用中，可以用接触角来检验。金属、金属氧化物、玻璃、陶瓷等材料都是亲水性物质，可以用水滴的接触角来检验被胶表面的油污去除情况。

2. 吸附理论

从润湿现象出发，吸附理论认为，粘附力由界面上两种分子之间的相互作用而构成。在所有液体和固体的分子之间，都存在着作用力，作用力的形式有三种：

(1) 弱的分子间的次价键，即所谓的范德华力。

(2) 氢键。氢键大于范德华力。氢键一般为5~10 仟卡/克分子，范德华力在5 仟卡/克分子以下。

(3) 主价键。包括共价键和离子键。

液体和固体界面上分子之间的作用力，主要是范德华力和氢键。

不同分子间的作用力的另一概念是，由于液体分子本身的定向，使它的活性点与被胶表面的活性点在一起，从而粘合较好。

例如，聚乙烯是不能用来胶接金属的，因为金属是亲水性的，而聚乙烯是不亲水的。但是利用分子定向作用，在金属表面上吸附一层脂肪酸(如硬脂酸)的单分子层的话，则可以获得相应的胶接强度。具体方法是将配制的脂肪酸汽油溶液喷洒在水的表面，金属浸入水中(如图1—3)。由于脂肪酸汽油溶液的流散和汽油的挥发，使水表面上形成一层脂肪酸膜。脂肪酸的一端是极性的羧基—COOH，另一端为非极性的烃基。由于分子的定向，亲水的羧基溶于水。当从水中取出金属时，在金属表面上，由于羧基与金属表面的吸附作用，形成脂肪酸单分子层。极性端基朝向金属，这时形成了非极性端基的表面。两块金属板之间用聚乙烯加热胶合时，由于脂肪酸的烃基端基与聚乙烯在化学结构上有很大的亲和力，使脂肪酸的烃基端基扩散到聚乙烯的分子间的空间内，形成分子间力的结合。

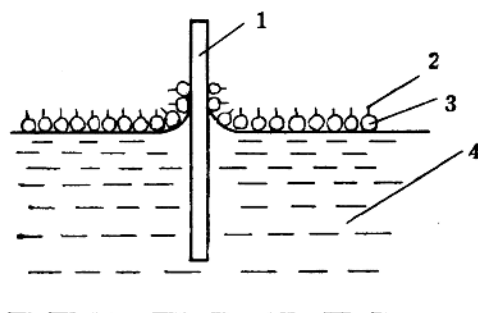


图1—3 脂肪酸单分子吸附层示意图

1—金属板；2—脂肪酸的碳氢化合物部分；
3—脂肪酸的羧基；4—水。

二、扩散理论

吸附理论可以解说胶接的许多现象，但仍然不能完全说明粘合问题的全部现象。例如，高聚物自粘或互粘时，胶接温度，分子量以及增塑剂对胶接强度的影响等现象。

扩散理论认为：高聚物的自粘或互粘是由于长链分子或它们的个别链段扩散所致，由于这种扩散的结果，在胶粘剂和被胶物之间形成牢固的结合。

如果被胶的高聚物能被胶粘剂的溶剂所溶胀，甚至溶解时，不仅胶粘剂的分子能扩散渗入被胶物内部，而且被胶的高聚物分子也能扩散到胶层内。此时胶接界面层将消失，胶接作用将不仅是表面现象，而且成为一种体内现象。因此，高分子间的相互扩散，实质上就是一种溶解现象。

显而易见，扩散理论建立在高聚物的特性上面，这些特性包括，长分子链的结构、高分子的曲挠性以及链段运动的能力。现介绍扩散理论的一些实验证据及解释。

1. 胶粘剂与被胶物接触时间对粘合的影响

图1—4表明，当胶粘剂和被胶物接触时间不长时，它们的粘合强度（以粘附功 A 表示）随接触时间增长而增大。可见，扩散有一个过程，而吸附理论是不能说明这个关系的。时间愈来愈长，粘附功的增大就愈来愈慢，而达到一定值。研究结果还指出，高聚物的分子量不同，达到最大粘附功的接触时间也不同。分子量高（在一定范围内，如15~20万以下），接触时间要长一些。这是由于分子量高的链状分子及链段的活动性不如分子量低的来得大的缘故。

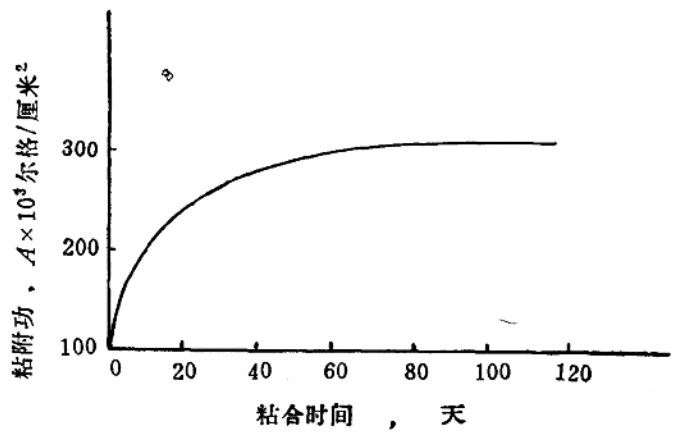


图1—4 丁腈橡胶在赛璐玢上的胶合强度(粘附功)与粘合时间的关系

2. 胶粘剂分子量和分子结构对粘合的影响

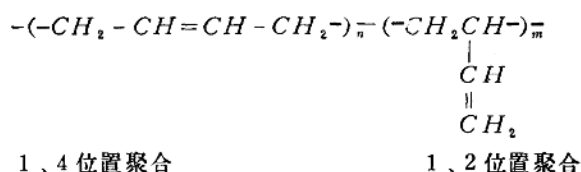
上面谈到，接触时间与粘附强度的关系，同时与分子量有关。此外，分子量还直接影响粘附强度的大小，如表1—1。

表1—1 聚异丁烯的分子量与剥离强度的关系

聚异丁烯的分子量	剥离特征	剥离强度(克厘/米)
7000	内聚破坏	—
20000	混合破坏	369
100000	粘附破坏	67
150000	粘附破坏	67
200000	粘附破坏	68

从表 1—1 所列数据可以看出, 当聚异丁烯的分子量很小时, 由于内聚强度很小, 剥离时发生内聚破坏, 因而测不出剥离强度。当分子量增大到一定程度时, 聚异丁烯已具有足够的强度, 测得显著增加的剥离强度, 并具有混合破坏特征, 即同时有内聚破坏和粘附破坏两种特征, 分子量进一步增大时, 剥离强度降低, 分子量再大时, 剥离强度保持不变, 这时具有粘附破坏特征。可见, 分子量越低, 高聚物之间的粘合强度越大。按扩散理论提出的观点, 分子量低, 易活动, 其扩散能力大, 从而粘合强度大。随着分子量增加, 胶粘剂中易于扩散的分子端基数量相对减少, 同时胶粘剂分子穿入被胶物分子间的缝隙比较困难, 故胶接强度降低。

胶粘剂分子的结构对粘合也有较大影响。例如, 同一分子量的丁二烯橡胶在赛璐玢上的粘附力, 随其中 1、2 位置和 1、4 位置聚合的异构体的含量比例不同而有差别。当二种异构体各占 50% 时, 剥离强度为 1445 克/厘米; 1、2 位置聚合的异构体占 80% 时, 剥离强度为 550 克/厘米。丁二烯橡胶的分子结构如下:



这是由于 1、2 聚合的异构体有侧基存在, 不利于扩散的缘故。由此也可以判断, 具有体型结构或环状结构的高聚物作胶粘剂时, 其粘合性是极差的。例如, 硫化过的橡胶几乎完全没有粘附力, 如图 1—5。

图中曲线说明, 随硫化时间增长, 胶粘剂 (天然橡胶溶液) 对硫化后橡胶的胶合性能降低, 甚至完全丧失。因为硫化后产生交联, 使其失去扩散能力。

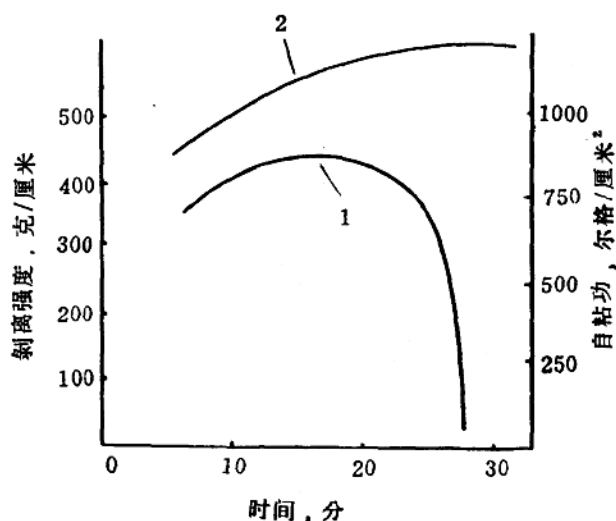


图 1—5 硫化时间对天然橡胶剥离强度与自粘功的影响
1—含硫化剂的橡胶; 2—不含硫化剂的橡胶。

3. 胶接温度对粘合的影响

胶接温度增高, 增大了分子热运动的能力, 这就有利于扩散的进行, 从而提高胶接强度, 如图 1—6 所示。

应该指出, 扩散理论的解释范围, 主要应用在高聚物间, 特别是热塑性高聚物之间的胶接现象。它也可解释金属胶接时, 涂胶金属片或底胶和胶膜之间自粘性的一些现象。

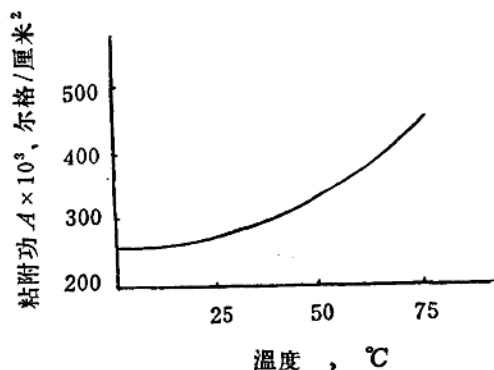


图1—6 丁腈橡胶在赛璐玢上的粘合强度 (粘附功) 与胶合温度的关系

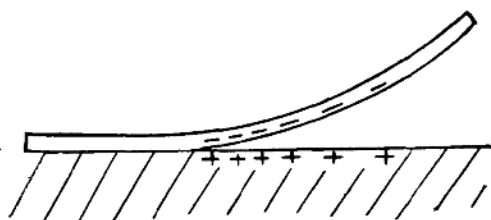


图1—7 胶膜自固体表面剥离时产生双电层的示意图

三、静电理论

静电理论认为, 粘合力是由于界面上双电层之间静电引力的作用。

当一个胶接缝进行剥离时, 在剥离面形成了“双电层”, 要分开此双电层的二个极板, 就必须克服它们的静电引力, 如图 1—7 所示。这种理论也称为“双电层理论”。

静电理论可以解释如下胶接现象:

(1) 剥离之后, 在新生表面上带有静电荷, 这一点可用验电器检查出来。

(2) 在某些情况下, 剥离同时有发光的放电现象。这也证实, 剥离时有静电存在。

(3) 在不同介质中剥离时, 所观察到的粘合力不同。

(4) 快速剥离 (剥离速度 $V = 10^{-2} \sim 10^{-1}$ 厘米/秒) 时得到的剥离功值, 比慢速 ($V = 10^{-8} \sim 10^{-7}$ 厘米/秒) 得到的值大许多倍, 如图 1—8。

这种剥离功与剥离速度的依赖关系, 是由静电作用力造成的。因为,

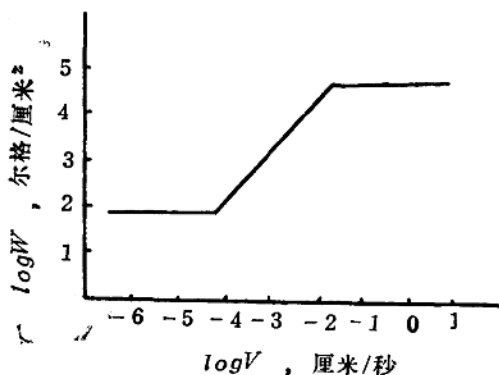


图1—8 硝化纤维——玻璃的剥离功 (W) 与剥离速度 (V) 的依赖关系

当剥离以极慢的速度进行时，由于表面电导的存在，使电荷有来得及逸去的可能，因而消除了异性电荷间的吸引力，使得剥离功与平衡粘附功值接近。快速剥离时，电荷未能及时逸去，因而剥离功内包括了静电引力的作用，使剥离功值大大偏高。这样，静电理论就解释了吸附理论所不能解释的两种剥离功大小悬殊的现象。

表1—2 列出一些高聚物薄膜从无机玻璃上剥离时的放电现象和剥离功的大小。

静电理论可以解释吸附理论与扩散理论所难以解释的某些现象，但其局限性较大。例如，许多高聚物之间胶接剥离时，未能观察到静电现象。又如，两种高聚物的极性愈相近，它们间的粘合愈好，这显然和形成双电层的观点相矛盾。因为按静电理论，两个物质间性质愈接近，它们间的接触电位差就愈小，从而粘附力愈低。

表1—2 高聚物薄膜从无机玻璃上剥离时剥离速度与放电特性、剥离功的关系

剥 离 体 系	剥 离 速 度 厘米/秒	放 电 特 性	剥 离 功 尔格/厘米 ²
古塔坡橡胶与玻璃	2.3×10^{-2}	无 光	5×10^4
	5.3×10^{-2}	无 光	5×10^4
	1.5×10^{-1}	无 光	1.7×10^5
	1.0	弱青黄色光	
聚氯乙烯与玻璃	1.1×10^{-4}	萤 光	5.9×10^4
	2.7	放电、有色光	10^5

四、机械联结理论

机械联结理论认为，由于被粘物表面总是粗糙的，有些是多孔性的，胶粘剂能够渗透到被粘物表面的孔隙中去，固化后形成许多微小的机械联结。胶粘剂主要依靠这些机械联结与被粘物牢固地粘附在一起的。

五、化学键理论

该理论认为，某些胶粘剂与被粘表面之间还能形成化学键，这种化学键对于粘附力，特别是对于胶接界面抵抗环境对它的老化的能力是有贡献的。现代实验技术也已经证明，在异氰酸酯胶粘剂与橡胶轮胎的帘子线之间，在酚醛、环氧、聚氨酯等树脂与金属铝表面之间，特别是在用硅烷偶联剂作玻璃纤维预处理剂的情况下，确实是形成了化学键的。

必须指出，以上各种理论都仅仅反映了粘附现象的本质的一个侧面。事实上，胶粘剂和被粘物之间是由于机械联结、分子之间相互扩散、物理吸附以及形成化学键等等因素的综合结果才牢固地粘附在一起的。胶粘剂不同，被粘物不同，胶接接头的制作工艺过程不同，这些因素对于粘附力贡献的大小就不同。

各种胶接理论，都能解释一些胶接现象，但都有一定的局限性。具体运用时，我们要对

具体情况作具体分析，并且将各种理论互相补充。但是胶接界面上两种分子之间的作用力是基本的，这被许多胶接现象所证实。扩散现象发生在胶接过程中，特别是对于高聚物之间的胶接更适合，当胶接界面形成之后，其胶接接头的强度仍然是分子间力的作用结果。同样，静电效应，主要是在胶层被剥离时的瞬间，静电作用才明显。因此，它也不是形成粘合力的主要因素，在剥离前和剥离过程中，始终有分子间力的作用存在。

胶接理论的进一步研究十分必要，随着胶接理论的日趋成熟完善，将会促进胶粘剂和胶接技术的发展。根据胶接实践和上述理论，下一节将讨论如何提高粘附力问题。

第三节 影响粘附力的因素

粘附力是决定胶接好坏的重要条件之一。影响粘附力大小的因素主要是：胶粘剂的类型、胶接工艺以及被粘表面的性质。下面简要讨论提高粘附力的因素。

一、胶 粘 剂

胶接强度是各种因素的综合结果，主要取决于胶粘剂本身的内聚力和胶粘剂同被胶物之间的粘附力大小。有关胶粘剂的内聚力问题将在下面的章节中讨论。

影响粘附力的因素，从胶粘剂分析，主要与高聚物分子极性基团（如羟基—OH、羧基—COOH、氰基—CN、环氧基—CH—CH₂等）的强弱、多少以及分子量的大小有关。



极性基团强、多，有利于胶粘剂和被胶物极性（或可极化）表面形成大的分子间力，使结合牢固。

此外，和高聚物链的柔顺性有关，柔顺性大，有利于极性基团在被胶表面定向。因此，凡能增加高聚物柔顺性的因素，原则上都可提高粘附性。

二、被胶表面的性质

被胶表面的性质，对于粘附有很大的影响。研究固体表面性质的有所谓“表面形态学”，它包括表面的化学性质，如表面的化学基团、金属离子、金属氧化物等；表面的物理性质，如表面的缺陷、粗糙度、空隙结构等。下面简要地分析几个重要的被胶表面的性质对胶接的影响。

1. 粗糙度与孔隙度

真正平滑表面是不存在的。在显微镜下我们可以发现，它是凹凸不平的。在两个固体表面接触时，真正接触面积往往只占总面积的1%左右（如图1—9A）。这时如用胶粘剂把接触面间的空隙填满，就可以借胶粘剂与两个固体表面的粘附力，使两个表面完全连在一起，使胶接接头能承受外载荷（如图1—9B）。

对于胶接来说，真正光滑的固体表面并不理想，因为表面具有一定粗糙度可以增大胶接面积，还可以和胶粘剂之间发生机械“啮合”作用。但是，表面太粗糙，或表面出现十分明显的凹凸不平现象，反而会导致胶接强度降低，如图1—10所示。因为，在低凹处会积存水

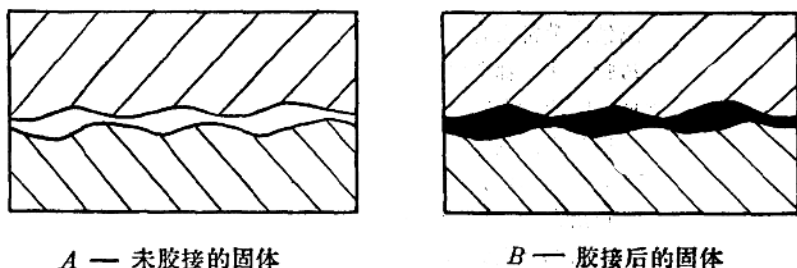


图1—9 粘合界面的接触面

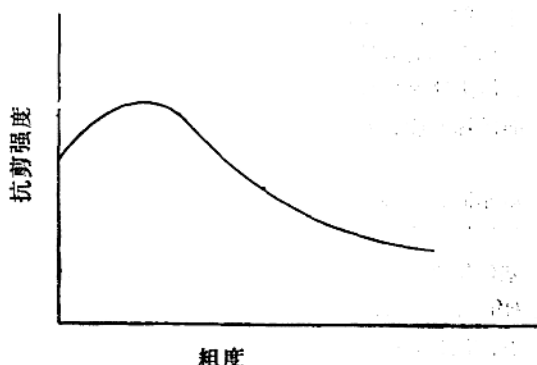


图1—10 表面粗度与胶接强度的关系
(粗度 = 真实表面积 : 几何表面积)

分或空气，使胶层出现气泡；在凸起处则会由于贫胶而出现胶层不连续点。这二者都导致胶接强度降低。

表面进行机械打毛加工，可以收到如下好处：

- (1) 形成洁净的表面，去除不净物和杂质；
- (2) 生成新鲜的带有高活性的表面；
- (3) 获得较大的接触表面；
- (4) 推迟因剪切或裂开所致的脆性分裂。

在实际生产上，一般用0#砂纸打磨，或用喷砂处理，若机械加工则要求光洁度为▽6的表面。

有些被胶表面上，有许多开孔的毛细孔，这种毛细孔对表面粘附性有影响。如果胶粘剂能润湿毛细孔壁面，胶粘剂则可以渗透入孔隙内，并排出孔内所包藏的空气，形成了机械的“勾键”，从而有利于提高胶接强度。

胶粘剂渗入孔隙内的深度与孔隙的形状、大小有关，还受胶粘剂对表面的粘附力、粘度等因素的影响。粘附力大和孔隙直径较大有利于“勾键”的形成。

2. 油 污

金属表面为了防止腐蚀,常常涂有油脂;金属和非金属表面由于表面的吸附作用,常吸附有水、尘埃以及其它污物。这些都会阻碍胶粘剂与被胶表面的结合,即使有微量污染物的存在,也会降低胶接强度。因此,在胶接前必须严格地清洗和处理,把油污去除干净。

除去油污的方法,一般是用溶剂清洗,如丙酮、汽油、乙醇、三氯乙烯等。在要求比较高的地方,可以用溶剂(如三氯乙烯)蒸汽除油。

除油处理的效果,可以用在处理表面泼水的方法检验,如表面没有油污,就产生一层均匀水膜,而不会形成水滴。否则就意味着仍有油脂。

3. 水 分

对于亲水性的被胶表面来说,如何解决吸附水膜问题比较重要。特别对多孔性的亲水物质,水份吸入毛细孔隙,将导致胶接强度的降低。例如,铝合金氧化膜的孔隙为水填充后,其胶接抗剪强度下降70%。

亲水性表面的水膜非常牢固,用干燥的方法,不能完全将水分离。例如,石英表面的水膜,即使在真空下加热,也不能有效地分离水份。只有加热温度很高时,如1000℃以上,才能将残余水分完全分离。解决这个问题有效措施是,使用极性的胶粘剂和表面处理剂,以溶解水膜或借化学作用而破坏水膜,从而获得所需要的胶接强度。

4. 金属氧化膜

各种金属氧化膜性质不同,对胶接强度影响也是不同的。钢铁表面的氧化层(铁锈)是很疏松的,胶接表面有少量铁锈存在,就会影响胶接强度,必须清除干净。铝和铝合金表面的氧化膜,结构紧密,与基体结合牢固,对铝合金有防腐蚀作用,又不妨碍与胶粘剂的结合。一般胶接时,先用化学处理或阳极化处理使表面生成一层氧化铝。镁合金表面的氧化镁,结构也较紧密,对镁合金有防腐作用,但氧化镁与基体的结合强度较低,所以镁合金的胶接接头常在氧化镁和镁的结合层处发生破坏。这是镁合金胶接中有待解决的问题。

对铝合金的阳极化处理,使其表面产生一层氧化膜。这层氧化膜不仅能大大增加抗腐蚀性,而且当氧化膜厚度合适时,还可以提高胶接强度。

铝合金的表面阳极化对胶接强度的影响,由于缺少系统的实验数据,因此,它的规律还不清楚。但分析生产实践经验和现有的实验数据,我们可以看出,不同的阳极化方法(如硫酸阳极化和铬酸阳极化)及其工艺条件、不同的胶粘剂,它们对胶接强度的影响是不同的。表1—3反映了胶粘剂、铝合金、阳极化方法及阳极化温度与胶接强度的关系。

图1—11所示为硫酸阳极化的处理时间对胶接抗剪强度的影响。延长阳极化时间,其抗腐蚀性也随着增加。对某些胶粘剂来说,胶接强度在初始阶段,随处理时间(10~30分钟)延长而提高,处理时间继续延长时,胶接强度就明显下降,并出现氧化膜层的破坏。而某些胶粘剂,如环氧—聚酰胺胶,受阳极化的处理时间的影响并不显著。

铝合金阳极化后填充处理,使氧化膜孔隙为某些物质填充,可以提高铝合金的抗腐蚀性。但这时,胶接强度却大大下降。如用重铬酸钾溶液填充处理后,其抗剪强度降低20%。

三、被胶表面的化学处理

被胶表面化学处理的目的是改变被胶表面的性质,形成能和胶粘剂分子增加作用(如化学和氢键等)的活性表面,从而提高胶对被胶表面的粘附力,提高胶接强度。被胶表面的化

表1—3 胶接抗剪强度与阳极化方法、温度的关系

胶 牌 号	材 料 牌 号	抗 剪 强 度 公斤/厘米 ²			用 铬 酸 阳 极 化
		用 硫 酸 阳 极 化			
		20℃	18℃	13℃	
БФ-2	包 复 铝 的 Д16А-Т	232	—	334	320
		204~293		325~350	305~329
		O=50%		K=60%	K=60%
		A=50%		A=40%	A=40%
БФ-2 + БФ-4 胶膜	包 复 铝 的 Д16А-Т	298	—	326	357
		290~306		222~376	346~400
		O=20%		K=80%	K=70%
		A=80%		A=20%	A=30%
БФ-2 + БФ-4 胶膜	未包复铝的 AB-1 T	157	198	236	265
		92~213	188~209	233~244	250~289
		O=100%	O=100%	O=100%	A=80% K=20%

表中 A—粘附破坏；K—内聚破坏；O—氧化膜剥离。

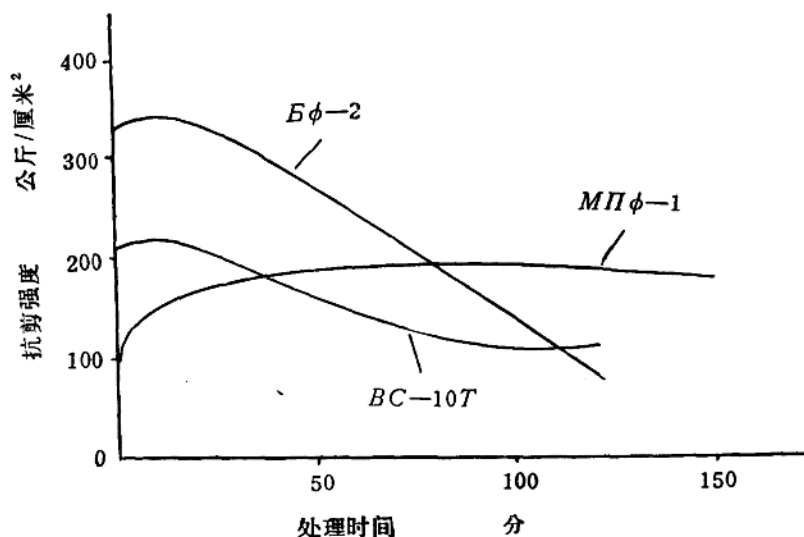


图1—11 铝合金阳极化处理时间对胶接强度的影响 (铝合金Д16—AT)

学处理有如下几种：化学处理剂、及表面处理剂（又称偶合剂）等方法。

1. 化学处理剂

当要求较高的胶接强度时，必须用化学处理剂来进行表面处理。化学处理剂的作用主要是，通过化学药品的作用，使金属表面的油污分解、溶解，或使金属表面腐蚀、氧化，得到活性（或极性）的新鲜氧化层。表1—4所列几种金属的化学处理剂的配方及主要处理条件。

表1—4 金属材料的化学处理剂及处理条件

材料名称	处 理 液 组 成	处 理 条 件
铝 及 铝 合 金	浓硫酸（98%） 10份 重铬酸钠（钾） 1份 水 30份	在60~65℃下处理30分钟， 再用水洗至中性
	浓磷酸 7.5克 铬 酐 7.5克 乙 醇 5克 水 80克	在15~30℃下浸10~15分钟， 再用60~80℃的水洗净
不 锈 钢	浓盐酸 52份 30%过氧化氢 2份 40%甲醛溶液 10份 水 45份	在65℃，处理10分钟
铜	10%硅酸钠溶液或1%盐酸溶液	在60℃处理10分钟
镁	铬 酸 10份 硫酸钠 0.05份 蒸馏水 100份	在室温下处理3分钟
钛	浓硝酸 9份 氢氟酸 1份 水 30份	在50℃处理20分钟
铜及其合金	氯化铁（42%） 15份 浓硝酸 30份 水 197份	室温下处理1~2分钟

2. 表面处理剂

被胶表面用表面处理剂来处理，已广泛使用。这方面的工作无论在实践或理论上，大多是在玻璃上做的，在金属胶接方面，也有应用，但还不够系统、全面。金属表面经处理以后，有如下优点：

(1) 改进起始的胶接强度；

- (2) 胶接强度受固化条件的影响较少；
 (3) 提高胶接件抗老化、抗潮湿能力。
 (4) 表面处理剂的种类很多，其中最主要的有硅烷类及铝的络合物。国产的几种表面处理剂列于表 1—5。

表1—5 几种国产表面处理剂

牌 号	化 学 名 称
KH—550	γ —氨基丙基三乙氧基硅烷
KH—560	环氧基丙基醚三甲氧基硅烷
A—151	乙烯基三乙氧基硅烷

可以按两种处理方法进行处理，一是在金属表面上涂敷一层处理剂，在60℃烘干后再涂胶；二是将处理剂直接加入到胶粘剂中去，加入量一般以1~2%为好。环氧树脂胶液的试验结果列于表 1—6，从表中结果可以看出，处理剂的加入，可以提高胶接强度。

应当指出，不同处理剂适用于不同的金属和胶粘剂。例如，KH—550 适用于酚醛树脂，而 KH—560 则适用于环氧树脂类的胶粘剂。

表1—6 KH—560 对环氧胶胶接强度的影响

	剪 切 强 度 公斤/厘米 ²			
	室 温	100℃	150℃	200℃
不 加 处 理 剂	126	113	110	98
加 1% 处 理 剂	178	156	145	136

四、工艺条件

工艺规范对胶接质量的影响是多方面的。其主要影响是：胶层的化学结构（即胶层的内聚力）；粘附力以及胶层厚度。

制备胶接接头时，主要使胶粘剂能渗透被胶物表面的凹坑和毛细管，排除空气，并充分润湿表面，使接触良好；有时还要使底胶和胶膜能充分接触，使胶分子能很好扩散。这些都要求胶粘剂具有一定流动性。在有孔隙表面涂胶时，要防止形成缺胶。十分明显，胶粘剂的稠度，必须与涂刷、喷涂或其它施工方法相适应。这样才能获得高质量的胶接接头。

同时，胶接强度还与加热温度，加热速度及压力有关。例如，使用环氧—尼龙胶粘剂（MMM—A—132 I 型胶，美）粘接蜂窝时，必须注意加热速度对粘结力的影响，若升温时间过长，在胶膜软化之前开始固化，粘结力就差。一般要在一定速度升至固化温度，然后再在固化温度固化。

胶接接头在固化前必须加压，以增加胶对被胶表面的孔隙和坑凹的渗透能力，并促进胶接界面所藏气体的排除。

对于多数胶接接头的边缘部位，加压会使胶粘剂从胶缝流出。为了防止产生流胶和缺胶现象，可采用如下措施：

- (1) 在胶粘剂中加入纤维填料，能抑制胶过分的流动；
- (2) 改变胶粘剂的配方，如加白炭黑等；
- (3) 胶粘剂涂胶后，在加压前进行预固化，使胶部分凝固。

第二章 胶粘剂的组成与分类

在第一章中讲述了胶接的基本概念,使我们了解了胶粘剂与被粘物之间的作用。但胶接强度不仅与这种粘附性有关,还取决于胶粘剂本身的性质。而胶接的工艺性,更依赖于胶粘剂的特性。本章通过对胶粘剂的组份的分析,讲述胶粘剂组份对胶接强度与工艺的影响。

第一节 胶粘剂的组成

一、几种胶粘剂的分析

这里我们将分析, E—3、自力—2 和 SY—10 三种胶粘剂。

在航空工业中有许多铆接结构。铆接工作量大、生产效率低。在我国,通过试验,应用了胶接、胶铆或胶焊代替铆接的新技术;金属蜂窝夹层结构、金属全胶接结构和非金属夹层结构作为飞机上主要受力构件,如机翼、旋翼已得到应用。同时,研制成功了一批新的胶粘剂, E—3、自力—2 胶就是其中两种。

自力—2 胶是一种在 $\pm 60^{\circ}\text{C}$ 使用温度下,具有疲劳寿命长,抗介质老化性能好、强度高和工艺性能好的胶粘剂。通过大量胶接工艺试验和应用,进一步证明其性能较为优越,可作为跨、亚音速飞机承力薄壁金属胶接结构和“无孔蜂窝”结构件的胶粘剂。 E—3、自力—2、和 SY—10 的配方列于表 2—1、表 2—2、与表 2—3。这三种胶粘剂的机械性能与胶接工艺见表 2—4。

表2—1 自力—2 和 SY—10 胶的配方

组 分	用 量 (重 量 比)	
	自 力—2 (胶液用)	SY—10
环氧树脂 6101	100	
环氧树脂 601		100
二氰二胺	12	10
丁腈橡胶—40溶液	550	

表2—2 丁腈橡胶—40 溶液的配方

组 份	用 量 (重 量 比)
丁腈橡胶—40	100
氧 化 镁	35
过氧化异丙苯	4
乙 酸 乙 酯	660