

粘接工程基础

罗来康 编著



中国标准出版社

粘 接 工 程 基 础

罗来康 编著

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

粘接工程基础/罗来康编. —北京:中国标准出版社,
2002. 1

ISBN 7-5066-2651-9

I. 粘… II. 罗… III. 粘接工程 IV. TG49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 093669 号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100046

电话 68523946 68517948

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 850×1168 1/32 印张 8⁵/₈ 字数 238 千字

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第一次印刷

印数 1—3 100 定价 18.00 元

网址 www.bzecs.com

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533

作者简介



罗来康 男,汉族,1946 年生于江西省吉安市。他是国家级有突出贡献的中青年专家,北京市科技进修学院和首都联合职工大学教授,香港发明家学会特约顾问,原山东省特种粘接技术研究所所长(开创人),系我国特种粘接学和粘接工程专科的倡导者和开创人。他已独立完成 100 多项新材料、新工艺、新技术的科技研究工作,拥有多项荣

获国家发明奖、发明专利金奖、国际发明博览会金奖(银奖)的专利和科研成果,先后荣获“五一劳动奖章”、“全国优秀科技工作者”、“全国优秀技协积极分子”、“全国自学成才奖”、“能工巧匠”、“革新能手”、“劳动模范”等多种荣誉。

其发明的 W-1 型热处理保护胶纸,是纳米高科技产品,具有防渗碳、防渗氮、防碳氮共渗、防淬硬、防淬裂、防高温腐蚀及防火等功能,是粘接新材料及热处理技术领域的一项新发明。是典型的多功能材料。

其发明的各种建筑、防火、防水、防腐、防锈、防漏、粘接等工程材料及特种纳米胶粘剂,已广泛应用于兵器、国防、机械、石油、化工、轻纺、冶金、运输、交通、建材、医疗、电子信息、生物海洋工程等领域,成功地解决了焊接、铆接、螺纹连接、过盈配合、热处理、表面处理等传统工艺不能解决或不易解决的难题,创造了较好的社会与经济效益。

由其编写的《粘接技术 100 问》一书,于 1998 年 6 月由国防工业出版社出版。

粘接现象,很早就被人类所发现,所利用。虽然粘接的历史很悠久,但是粘接成为科学研究的对象,也仅仅是近几十年的事。

随着科学技术的发展,粘接不再是传统意义上的粘贴,从胶粘剂粘接的所有应用中表明,只有掌握多学科的知识,才能解决各种复杂的粘接问题,粘接学科已成为与有机化学、无机化学、表面物理化学、结构化学、量子化学、胶体化学、分析化学、电化学、断裂力学、表面处理学、无损检测学、工程力学、材料学、工程制图、电镀学、热处理学、纳米科学、生物工程学、机械工程学、建筑环境与设备工程学、环境保护学、真空科学、电子学、光学、核技术及计算机技术等几十门学科和技术有千丝万缕联系的一门多学科的边缘学科,也是一门新的交叉学科,在科研生产领域中占据了越来越重要的地位。

胶粘剂和粘接技术是粘接这门学科基础的基础。有人形象地把胶粘剂比喻成面粉,而把与胶粘剂相匹配的粘接技术比喻成面粉加工技术。可想而知,面粉与面粉加工技术、胶粘剂与粘接技术都是相辅相成的两个方面。没有面粉加工技术,面粉的用途和价值就会大大减少,因为没有面粉加工技术,面粉就不能变成美味可口、品种繁多的面食,面粉的市场份额也会大大减少。可想而知,仅有各种性能优异的胶粘剂,如果没有配套的粘接技术,胶粘剂也就不可能发挥应有的作用。许多专家还认为,粘接技术是高技术领域的关键技术,并成为发展复合材料和智能材料的基础和关键一环。

胶粘剂已成为发展材料工业的继合成橡胶、树脂、纤维之后的第四大支柱,成为经济建设不可缺少的重要材料。国际上有的专家甚至还认为,胶粘剂的产量是窥测一个国家工业发达情况的晴雨表,粘接技术水平的高低是测量一个国家科学水平的温度计。

胶粘剂依托粘接技术已渗透到各行各业,不仅可以解决一些连

接、密封问题,还可以解决焊接、铆接、螺纹连接、过盈配合、热处理、表面处理、火焰喷镀等许多传统工艺与技术所不能解决或不易解决的技术难题。

由于种种原因,我国的粘接行业还不算发达,粘接技术水平与一些经济强国相比还有较大的差距。欣喜深化改革的春风吹醒了国人,人们逐步意识到要发展、要进步,重要的因素是要抓教育。科技的发展是国力的基本支柱,而教育是发展科学技术的动力与源泉。

专家的建议,社会的呼声,迟到的机遇终于到来了。为了促进我国粘接行业的发展,为了适应形势发展的需要,为社会培养更多急需的粘接专业人才,首都联合职工大学决定在全国率先创办粘接工程专业,开展正规化的高等教育,这将填补我国学术、教育界的一项空白,开辟新的科技领域和再就业途径。

创办“粘接工程专科”的目的是为社会培养急需的、动手能力较强、又具有较高理论水平的、综合素质较高的复合型专业人才。如:承接粘接工程的技术员、业务员及操作员;粘接技术研究室的实验员;胶粘剂生产、技术管理人员;胶粘剂营销、推广人员;粘接技术咨询及服务人员;粘接行业经济人;粘接维修技术人员;粘接工程设计、施工监管人员;粘接技术的教学人员;国家级粘接工技能鉴定人员;各行各业所需的粘接专业技术人员等。本书是“粘接工程专科”粘接专业课程的基本教材之一。

本人从事粘接工作近40年,完成100多项新材料、新工艺、新技术的科技研究工作,拥有多项荣获国家发明奖、发明专利金奖、国际发明博览会金奖(银奖)的专利和科研成果,并创办了山东省特种粘接技术研究所和山东省特种粘接技术培训中心,在特种胶粘剂和特种粘接技术的研究方面有所发现、有所进步。近10年来我还为祖国各地培训了许多粘接技术工作者,积累了一些经验,取得了较大的社会效益,值逢编写本书之时,我查询了大量资料,也系统地翻阅了自己撰写的论文、讲稿,始终以自己积累的实际经验为主线,实事求是,不揣寡陋,哪怕是学识浅短的井蛙之见,我也不顾被人唾弃之虑。希望编写出来的东西,能成为引玉之砖,能为发展我国的粘接事

业起到推波助澜的作用,能对热爱粘接工作的同志有所帮助。本书的内容归纳为概论、胶粘剂、粘接技术、粘接工程、各种材料制品的粘接维修、粘接技术的应用等六个章节;并将本人相关论文编为附录 A,常用计量单位换算、物理化学用表编成附录 B,将粘接的相关资料编为附录 C,将胶粘剂产品介绍编为附录 D,这些附录的内容是从事粘接工作时常常要用到的知识,较集中地编录在此,将给粘接工作人员提供一种方便,节省大量查找的时间。相关论文对初学者及科技工作者会有所启迪并有参考价值。

耕耘了三个春秋,几经修改,终于定稿。请各阶层人士传阅后,得到不少赐教,普遍反应本书是重点讲授粘接工程专业基础知识的教科书,也是粘接工作者的工具书,还是广大科技工作者的参考书。当然本书也可以看作是一门新学科、新技术的传播媒介,那么,本书就应该是社会各界广大读者的科普读物。

由于本人才疏学浅,本书谬误之处一定难免,欢迎大家多多批评指正。最后,我希望本书还能下岗员工和青年朋友们寻求再就业之路助上一臂之力,如果对其他科技工作者也有所补益,那我就更加心满意足了。

本书得到中华人民共和国劳动和社会保障部、中国标准出版社和其他部门的许多良师益友的指教和帮助,毛应芊、李伟、田卫、都成波、乜秋仙、陈述贵、王璐等同志在抄写、校稿及查对资料等方面付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心的感谢。

罗来康

2001年11月18日于北京

第一章 概论	1
第一节 粘接的主要特点.....	1
第二节 粘接的主要用途.....	5
第三节 粘接原理.....	6
第二章 胶粘剂	9
第一节 胶粘剂的组成	10
第二节 胶粘剂的分类	14
第三节 胶粘剂的鉴别方法	17
第三章 粘接技术	20
第一节 粘接技术基本工艺	20
第二节 影响粘接强度的主要因素	53
第三节 特种粘接技术	55
第四节 粘接维修技术	56
第四章 粘接工程	60
第一节 粘接工程的实施	60
第二节 粘接检测技术	62
第三节 粘接的安全基础常识	64
第五章 各种材料制品的粘接维修	68
第一节 金属材料制品的粘接维修	68
第二节 无机非金属材料制品的粘接维修	70
第三节 有机玻璃制品的粘接维修	70
第四节 玻璃钢制品的粘接维修	71
第五节 玻璃制品的粘接维修	72
第六节 水泥、钢筋混凝土制品的粘接维修.....	72
第七节 木、竹制品的粘接维修.....	73

第八节	陶瓷制品的粘接维修	73
第九节	塑料、橡胶、皮革制品的粘接维修	74
第十节	保温纤维棉制品的粘接维修	76
第六章	粘接技术的应用	78
第一节	在机械工业中的应用	78
第二节	在航天航空领域中的应用	79
第三节	在农业生产中的应用	81
第四节	在电子信息工业中的应用	82
第五节	在商业领域中的应用	82
第六节	在石油化工领域中的应用	83
第七节	在交通运输领域中的应用	84
第八节	在国防军工领域中的应用	85
第九节	在轻工纺织领域中的应用	85
第十节	在土木建筑领域中的应用	86
第十一节	在车辆制造领域中的应用	86
第十二节	在医疗领域中的应用	87
第十三节	在船舶制造领域中的应用	89
第十四节	在文教体育领域中的应用	89
第十五节	在日常生活及其他领域中的应用	90
附录 A	相关论文	91
A1	789 胶的制备及应用	91
A2	室温固化的胶粘剂——E-59	94
A3	应用防渗碳胶纸的一种新方法——封口穿孔法	100
A4	防渗碳胶纸的新用途——防局部淬硬	103
A5	粘接技术与表面物理学休戚相关	110
A6	一种特别的无机胶粘剂	116
A7	论粘接堵漏技术	125
A8	发展纳米胶粘剂实现社会可持续发展	135
附录 B	常用计量单位换算、物理化学用表	146
B1	长度单位的换算	146

B2	面积单位的换算	147
B3	体积单位的换算	147
B4	质量单位的换算	148
B5	波美度与比重的换算	148
B6	力学单位的换算	150
B7	动力黏度单位的换算	151
B8	温度的换算	151
B9	铁砂布代号与粒度号数对照表	156
B10	木砂纸代号与粒度号数对照表	156
B11	水砂纸代号与粒度号数对照表	157
B12	洛氏硬度 HRC 与其他硬度及强度换算表	157
B13	洛氏硬度 HRB 与其他硬度及强度换算表	159
B14	表面粗糙度新旧国标的参数数值过渡表	160
B15	汉语拼音、拉丁、希腊、俄文、罗马字母表	161
B16	重要化学元素表	163
B17	重要化学基表	164
B18	重要化合物表	164
附录 C	粘接的相关资料	168
C1	名词术语及相关定义	168
C2	胶粘剂性能表	181
C3	被粘接材料选用胶粘剂参考表	182
C4	非法定计量单位换算系数	184
C5	根据粘接接头的工作温度选用胶粘剂参考表	185
C6	表面处理所用的溶剂	185
C7	常用溶剂的性质	186
C8	常用法定单位换算表	187
C9	各种黏度换算表	187
C10	橡胶常用溶剂	188
C11	商品名称与化学名称对照	189
C12	常用塑料、树脂及橡胶的缩写代号	190

C13 胶粘剂相关国家标准与行业标准目录	191
附录 D 胶粘剂产品介绍	193
D1 常用胶粘剂	193
D2 与粘接相关的产品	254
参考文献	263

第一章 概 论

第一节 粘接的主要特点

说到焊接、铆接、螺纹连接以及用线缝、打钉子、过盈配合等传统的连接方式,人们都比较熟悉、比较了解,因为这些传统的连接方式,在现代科学生产和人们日常生活中,几乎成了必不可少的环节。而说到别具一格的粘接,有些人也许不太了解,因为,粘接是近代被人们重新认识、重新重点研究、开发应用的具有独特风格的、先进的连接方式,这种先进的连接方式,不仅已渗透到各行各业,而且还能解决上述多种传统的连接方式不容易或者不能够解决的技术难题。可见粘接是传统方法无可比拟的,更先进、更科学、更实用的新技术,应大力推广,使之在人们的日常生活和国民经济的发展中发挥重要作用。这就需要对粘接的特点进行认真地研究和了解,以便更正确、更有效地使用粘接技术解决各种实际问题、收到最佳的效果。

概括起来,粘接的主要特点如下。

一、可减轻构件重量

说到“可减轻构件重量”,这个特点,其意义非常重大。对任何一个物体,人们一般都喜爱他是小巧玲珑的。小,美观大方;小,节省材料,节省工时,可降低造价。特别在航天、航空、航海领域,如何减轻构件重量尤其显得重要。曾几何时,美国的宇航专家就向全世界呼吁:“谁能想办法,让航天飞行器(如火箭、导弹、飞船、人造卫星等)减少1 kg 的重量,那么将可节省3 万美元的开支”。据说,英国大黄蜂轰炸机在制造时,由于用粘接取代了部分焊、铆工艺,使飞机大大地减轻了重量,也就是说该飞机的运载能力、飞行能力都得到了很大的改

进和提高。

二、可简化机械加工工艺,降低制作成本

“可简化机械加工工艺,降低制作成本”,这个特点也是非常有个性的。记得有些较发达国家的专家曾经饶有风趣地说:“中国并不是没有钢材,因为中国的钢材大部分都被机床吃掉了(指机械切削加工)”。翻砂铸造和精密铸造固然是人们用来简化机械加工工艺的新途径,然而比起用粘接的方法来简化机械加工工艺,还是稍有逊色。尤其是采取定位粘接组合新工艺,可大大简化机械加工工艺,节省加工时间,降低制作成本。有人曾经对某一军工产品进行比较,以粘接代替螺纹连接,其结果是加工工序减少了一半,加工时间减少了85%,制作成本降低了60%。

三、容易连接许多异种材料和异形材料

许多异种材料和异形材料是很难用传统的连接工艺进行连接的。比如:黄铜板和玻璃板、钢板和木板、1 mm厚的铝合金板和20 mm厚的不锈钢板之间的连接等等,若用焊接工艺几乎不可能,用铆接方法,也很难达到严密的使用效果,而唯独采用粘接是轻而易举的最佳选择。

四、粘接表面光滑,可提高气动性能,可分散应力

粘接能使被粘物表面变得光滑,从而可提高其气动性能,其实质是大大提高了被粘物表面的光滑度,增加其流线性和流畅性,减少物体表面与气流相对运动时的阻力,使应力分散,也可理解为减少相互间的摩擦力。在许多物体作相对运动时,减少和克服阻力具有相当大的意义。人们不难想到,飞机、快艇乃至导弹、飞船等飞行器的外壳有不少焊接、铆接的存在,这些焊接、铆接处的气动性是无法和粘接处的气动性相比美的。下面再陈述一个有趣的故事,人们更能理解粘接的这种优异的特点是多么可贵。当世界上第一架超音速2.5倍的高速飞机腾空而起后,飞机机翼外皮一些铆接接合处,由于阻力和应力

的对抗作用,使应力过于集中,产生了许多微裂纹,这无疑是不祥的征兆,试飞工作被迫停止,后来科学家们不得不求助于粘接才解决了这个难题,即以粘接结构取代了大部分铆接结构,应力被分散,微裂纹被消除,试飞工作得以发展,直到飞行成功。粘接作用胜过了铆接作用,这一惊人之举,向世人告白:粘接的作用多么奇特,多么科学,多么先进!从此,越来越多的人更加相信粘接技术,更加重视粘接技术,粘接技术的应用范围也越来越广,其重要性也越来越大。

五、胶粘剂密封性能良好,可减化密封结构

密封胶是一种简便可靠的新的密封结构材料,已是人们的共识。结构简单,极易操作,密封性能良好是人们接受它的理由。据悉美国研制的著名的厌氧密封胶,已占领了世界上 60% 的密封胶市场。人们不会忘记,我们过去生产的汽车、机械设备无论在哪里停放一阵子,地上就会留下点点片片的油迹,其实就是各部位密封结构不合理、密封性能差所致。采用密封胶技术后,密封防漏问题才真正得以解决。在许多情形中,需要产生连接、密封两种效果,选用粘接则可一举两得。

六、省工、省料、省时、省能耗

合理的采用粘接技术能取得很好的省工、省料、省时、省能耗效果。当然这并不意味着粘接可以取代所有传统的连接技术,也不意味着在任何场合、任何情形下,粘接都能取得比传统连接技术更好的省工、省料、省时、省能耗效果。比如,要将两根钢筋对接起来,采取焊接就比粘接要省工、省料、省时、省能耗。总而言之,要具体问题具体对待,一切要从实际出发,一切要从效益出发。

七、劳动强度低,且不动火、不用电、节能、无害、安全

由于胶粘剂重量轻,使用时一般都不用动火,不用电,是在常温或低温中进行,因此操作起来与传统的其他技术相比,就显示了劳动强度低、节能、安全及无毒害的优点。

八、可解决传统工艺不能或不易解决的技术难题

粘接不仅可以胜任焊接等传统的连接工艺不易或不能胜任的工作,而且还能解决化学热处理、表面处理、防腐、防火等传统工艺不能或不易解决的技术难题。这种特点应归功于特种粘接剂和特种粘接技术。比如,采用笔者发明的 W-I 型热处理保护胶纸(获国家发明奖),该产品不但可以取代用于防渗碳的镀铜表面处理工艺,而且还克服了被镀铜物件难以避免的氢脆问题。所谓氢脆问题,是指镀件在电解槽中挂在阴极电镀时,由于氢离子渗透和游离集中作用,结果使镀件容易变脆,乃至出现断裂的现象。用笔者发明的 WKT 特种胶粘剂与 W-I 型热处理保护胶纸配合使用,就可以代替电镀铜层的作用,即可在各种渗碳、渗氮等化学热处理工艺中获得比铜层还要好的防止渗碳、渗氮的效果。这种贴胶纸的方法,简便极了,不用电,不用复杂的电镀设备及相关装置,甚至不必把被粘贴表面的油污清洗干净,均可获得良好的防渗效果。不仅提高工效 15 倍以上,还可以解决镀铜法不能解决的一些几何形状较复杂的防渗碳(氮)工件的防渗问题。那是由于几何形状复杂的工件在镀铜时,往往电力线达不到或分布不均匀,就无法将铜层镀上去,或镀不均匀,而导致漏渗报废工件的结局。

W-I 型热处理保护胶纸还具有良好的防火隔热效果。将它粘贴在木材上,木材就烧不起来。广东省消防产品检测中心曾用 1260°C 的火焰喷烧贴有该胶纸的木板,足足烧了两个多小时,木板还是没烧着,木板背火面的温度未超过 83°C 。由此可见,许多防火材料很难收到这样的防火效果。

人们在应用钢铁的淬火热处理工艺时,常常绞尽脑汁要解决工件的局部防淬火(局部淬火)和防淬裂问题,往往因种种原因,一筹莫展,无计可施。W-I 型热处理保护胶纸却能较好地解决防淬火、防淬裂的难题。这些举世无双的特点,进一步证实了粘接的科学性、先进性、多学科性和重要性。

粘接的上述主要特点,往往被人们赞扬为优点,因此,得到广泛

的应用。而胶粘剂的某些性能(特点),例如:大部分胶粘剂粘接强度不够大、耐温度不够理想、易老化等,几乎被许多人公认为缺点。其实不然,任何事物都具有两重性,优点和缺点在一定条件下是可以互相转化的。相同一件事,同样一个特点,在某种场合下被视为优点,而在另外一个场合中,也许就表现为缺点了。在粘接实践活动中,经常会遇到这种情况,比如说,粘接强度大一般都被认为是“优点”,但是在周期性粘接工艺中,在某些特定粘接环境里,粘接强度大反而成了缺点。因为粘接强度大,造成拆卸困难;因为粘接强度大,要格外付出劳动和代价,才能达到预计的自动松脱(脱落)的粘接效果。正确地理解、对待粘接的特点,会帮助人们更好地扬长避短,更好地发挥效益。当然胶粘剂在应用中还有待进一步地研究使之能提高性能,这也是我们从事粘接工作人员不断探索和开发的课题。

第二节 粘接的主要用途

粘接的重要性与日俱增,粘接的用途宽广无际,可以说粘接给我们带来了方便,带来了发展,带来了效益。当今世界处处有粘接,人类已离不开粘接。可想而知:如果没有粘接就没有高楼大厦;如果没有粘接就没有万里长城;如果没有粘接,人造卫星、宇宙飞船也难以上青天;没有粘接就没有许许多多。粘接用途实在太广了。粘接的用途虽然如此广泛,但是概括起来,主要有如下几个方面:

- 各种材料产品的粘接、组合。
- 各种设施的密封或绝缘。
- 设施的维修。
- 材料、设施的防护。
- 热处理、表面处理等领域的特殊用途,如防电镀、防渗碳、防渗氮、防碳氮共渗、防淬火、防淬裂等。
- 完成粘接工程。

粘接的具体用途,在本书第六章中作了详细介绍。

第三节 粘 接 原 理

研究粘接原理的目的在于揭示粘接现象的本质,探索粘接过程的规律,解答为什么能够粘接、为什么粘接力有大小之别、为什么有的被粘物粘不住、又为什么经过一些特殊处理后粘住了等等问题,从而指导人们如何去解释粘接现象,如何去研究胶粘剂和粘接技术及其推广应用,进而使粘接科学不断深入发展。

粘接过程应该说是一个复杂的物理、化学过程。粘接力的产生取决于胶粘剂自身的本性,取决于胶粘剂和被粘物表面的结构与状态,取决于粘接过程中的各种工艺条件。

所谓粘接强度,就是粘接处单位面积上的粘接力。由此可知,粘接强度和粘接力成正比例。人们习惯地评价粘接强度的好坏,实际上就是对粘接力的评价。粘接力的单位为牛顿(N),而粘接强度的单位为兆帕(MPa),即规定为,每平方米面积上所产生 1 牛顿的粘接力,即 $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$ 。

下面来谈谈粘接原理。

粘接原理的研究,早就引起了国内外许多研究者的重视,也提出了各种粘接理论,主要有以下几种。

一、吸附理论

研究者认为,粘接作用是胶粘剂与被粘物分子在粘接界面相互产生吸附作用的粘合现象。而普遍认为,这种吸附力是由物理吸附力和化学吸附力共同产生的结果。所谓物理吸附力,是由分子之间的相互作用力,即次价力引起的;而化学吸附力,是由原子之间的相互作用力,即主价力引起的,这种理论只能解释反应性的胶粘剂品种,不能解释所有的,没有化学反应的胶粘剂品种,因为,如果胶粘剂与被粘物分子之间不能产生化学反应,就得不到牢固的化学结合力。