

幕墙支座组件金属材料间的电偶腐蚀探究

杨东艳

(浙江大学建筑设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要 在建筑幕墙的设计、施工中,不同金属搭配组合随处可见,在未经有效隔离处理的情况下,双金属之间可能产生电偶腐蚀,这种腐蚀对建筑幕墙的效果、品质、功能和安全都会造成不同程度的影响。针对不同金属材料间的电偶腐蚀问题,本文从电偶腐蚀的基本原理、幕墙支座组件的选材、腐蚀情况、结构安全、幕墙效果上,为幕墙铝合金支座与碳钢槽式埋件、T型螺栓之间产生电偶腐蚀的可能性及其后果给出相应的分析。

关键词 建筑幕墙 电偶腐蚀 选材 安全 效果

中图分类号:TS958

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)09-0004-03

建筑幕墙是多材料的集合体,铝合金材料和碳钢应用非常广泛,在普遍的认识下,铝合金与碳钢间一定会发生电偶腐蚀,并且,这种腐蚀会对建筑幕墙的可视效果、品质、功能和安全造成影响。但是,在实际的应用中,过度采取隔离措施也会对幕墙的效果、品质、构造和成本造成相应的影响,即行业所说的过度设计。本文以单元式幕墙与主体结构连接处的支座组件为例加以分析。

1 幕墙支座组件的常规做法

由玻璃面板、铝板面板、其他材料与支承框架在工厂制成的不小于一个楼层高度的幕墙结构基本单位,直接安装在主体结构上组合而成的框支承建筑幕墙。这种幕墙的特点是高集成、整体安装、美观性,实现了工业化、预制化的生产。单元板块的空间调节定位

一部分是通过预埋在混凝土结构内的碳钢槽式预埋件和具有调节功能的铝合金型材支座以及连接用的T型螺栓副共同完成。其具体做法见图1。

2 电偶腐蚀的原理

电偶腐蚀是金属构件中常见的一种电化学腐蚀,一般发生于电解液环境中的两种不同金属或合金之间,也称接触腐蚀或双金属腐蚀^[1]。电偶腐蚀的产生需具备三个必要条件^[2]:第一,两电极存在电位差,采用不同的金属或合金材料作为阴阳极;第二,存在电子通道,阴阳极直接或间接实现点接触;第三,存在离子通道,两电极处于同一腐蚀性电解质溶液中。

按照条件一,铝合金支座与结构钢制成的T型螺栓或者碳钢槽式预埋件间存在电位差,铝合金起到牺牲阳极保护的作用,即铝先发生电偶腐蚀;按照条件二,

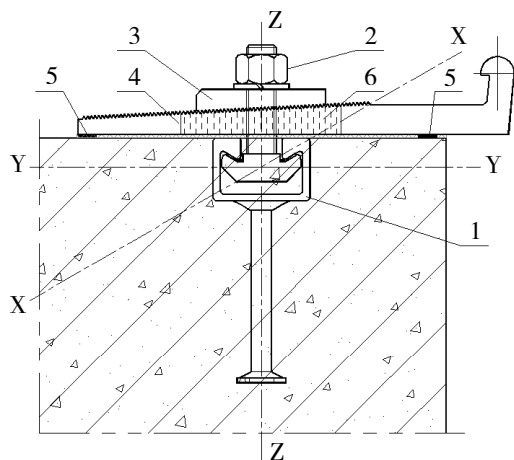


图1 单元式幕墙支座组件示意图

(注:1-热浸镀锌槽式埋件;2-T型螺栓副;3-铝合金摩擦垫片;4-铝合金支座;5-混凝土挤压带;6-前后可调条形孔。)

表1 基于电化腐蚀作用来选择紧固件的指引

基底金属	锌和镀锌钢	铝和铝合金	钢和锻铁	黄铜、红铜、青铜、镍合金	马氏体不锈钢 Type410	奥氏体不锈钢 Type3
锌和镀锌钢	A	B	B	C	C	C
铝和铝合金	A	A	B	C	C	B
钢和锻铁	AD	A	A	C	C	B
铅锡片电镀钢片	ADE	AE	AE	C	C	B
黄铜、红铜、青铜、镍合金	ADE	AE	AE	C	C	B
铁素体不锈钢	ADE	AE	AE	A	A	A
奥氏体不锈钢 (Type302/304)	ADE	AE	AE	AE	A	A

注：
A: 紧固件不会增加基底金属的腐蚀性；
B: 紧固件少量增加基底金属的腐蚀性；
C: 紧固件明显地增加基底金属的腐蚀性；
D: 涂在紧固件上的表面金属会被快速消耗，使得紧固件的金属外露；
E: 基底金属会增加紧固件的腐蚀性。

铝合金支座与结构钢接触，存在电子通道；按照条件三，支座组件处于封闭的室内环境中，空气中的湿汽作为电解溶液为两种金属间提供了离子通道。

3 支座组件的电偶腐蚀分析

3.1 从选材上分析

根据实际工程案例槽式预埋件采用热浸镀锌结构钢预埋槽。大部分工程中基本不太会采用不锈钢材质的预埋槽：一是经济成本造价太高，不适合大多工程上使用；二是不锈钢材质预埋槽的承载能力较碳钢材质的预埋槽小。只有长期处于潮湿条件下或暴露于大气层的情况，才会用到不锈钢材质预埋槽。

T型螺栓根据《建筑幕墙用槽式预埋组件》GB/T38525-2020第5.4条中给出了螺栓的材质分为不锈钢材质和结构钢材质。从安全使用上考虑，实际工程应用中基本采用强度更高的结构钢材质T型螺栓，这也是在规范允许范围内使用的。

铝合金支座采用的是经过硬质阳极氧化处理的6061-T6厚壁型材，维氏硬度可达580.3Hv。经分析，牌号为6061的铝合金材料在电流大小为3.8A，温度为室温，硫酸浓度为1mol/L的条件下，硬质阳极氧化时间45min时，其硬度达到最大，氧化膜表面孔隙结构分布均匀，表面平整光滑，并且此时铝合金的耐盐雾腐蚀性能最佳^[3]。

正确的选材，合理的设计，控制阴阳极金属材料的面积比（阳极材料的腐蚀速度与阴、阳极的面积有关，大阳极、小阴极的腐蚀速度则非常缓慢）；基体材料

合适的表面处理方式，可减小双金属材料间的电位差，以阻隔电子通道。

3.2 从腐蚀上分析

铝合金支座与热浸镀锌碳钢槽式预埋件、T型螺栓之间存在电位差，钢的腐蚀电位高于铝的腐蚀电位，由于这种电位差，钢和铝发生接触时，钢不会发生腐蚀，而铝会产生腐蚀。因此经过硬质阳极氧化处理后的铝合金支座表面会获得一层致密的硬质氧化膜，提高了铝合金支座的硬度，增强了耐腐蚀性能，使铝合金支座不被腐蚀或延缓腐蚀。碳钢槽式预埋件基本都是预先搁置在钢筋笼中，后期混凝土浇筑将其覆盖，因此其表面基本上沉于混凝土表面下面。铝合金支座基本上安装在混凝土表面上，因此并未与碳钢槽式预埋件直接接触。如因现场施工偏差导致的接触，铝合金连接件与碳钢槽式预埋件的接触也仅是近似的线接触。铝合金支座在工厂预先设置了前后可调的条形孔（用于土建偏差），使得T型螺栓与铝合金支座仅在两侧边发生点接触；碳钢螺母与铝合金带齿垫片之间，由于铝合金带齿垫片只承受压应力，除此之外再无其它应力，故碳钢螺母与铝合金带齿垫片之间也是发生点接触。参考英国国家标准协会文件（表1），碳钢材质的T型螺栓与铝合金支座之间是不会因为两者发生接触从而有腐蚀产生的危险。根据上述分析，铝合金支座与热浸镀锌槽式预埋件、T型螺栓之间存在的电子通道也只是有限的线接触和点接触，对金属基体材料的腐蚀是有限的。

表2 室内环境空气的 pHa 检测结果

采样地点	pHa	平均值 pHa	相对偏差 (%)	备注
办公室	6.35 6.39 6.46 6.33 6.57 6.51 6.41	6.43	1.4	开一扇窗户
公共厕所	7.21 7.09 7.28 7.26 7.37 7.45 7.13	7.26	1.8	水洗厕所
厨房	4.86 4.95 4.83 5.08 5.21 5.35 5.17	5.06	3.8	燃材
厨房	4.01 3.93 3.80 3.91 4.10 4.20 4.12	4.01	3.5	燃煤

有研究发现,根据 pHa 的测定方法,对办公室、公共厕所、厨房等室内小环境空气样品进行了空气 pHa 监测,发现办公室空气的 pHa 平均值为 6.43(表 2),这说明一般办公室的空气基本呈中性偏酸。实际案例中的铝合金支座、T 型螺栓与槽式预埋件三者的位置均存在于室内封闭环境中,属于隐蔽工程,即使室内空气存在少量的电解液,即上述描述的酸性溶液中,有也仅会造成轻微的腐蚀。待室内封修全部完成,三者基本处于干燥环境中,前期腐蚀过程也会停止或延缓。

3.3 从安全上分析

通过上述双金属材料的腐蚀分析,随着腐蚀周期的增加,铝合金支座表面将会被腐蚀产物积累覆盖,降低了基体材料的腐蚀速率,阻碍了基体材料的进一步腐蚀,对基体材料起到一定的保护作用^[4-5]。在此腐蚀过程中,铝合金支座的壁厚因受到腐蚀而变薄,从而与槽式预埋件之间形成了一定的间隙,两者之间不再直接接触,因而不会继续发生双金属腐蚀。实际工程中铝合金支座设计的厚度也远超受力要求,富余度较多,因此铝合金支座即使受到有限的腐蚀也是不会影响结构安全的。

3.4 从效果上分析

绝大部分工程中双金属材料之间设置防腐隔离柔性垫片的原因:一是可见部位的基材基本上是薄壁材料,不同金属材料之间如发生双金属腐蚀,腐蚀过后的壁厚变薄,导致基材的物理性能指标降低,不满足受力要求,容易造成安全隐患;二是双金属材料之间属于高精度配合工艺,且基材在室内外均是可见的,如发生双金属腐蚀,则会大大影响基材交接位置的装饰效果,以至于无法满足建筑效果需求,从而使项目品质降低。实际工程中连接立柱用、铝合金支座、T 型螺栓以及槽式预埋件属于隐蔽工程范围,且铝合金支座采用的是厚壁型材,精度要求不高,即使因不采取防腐隔离措施造成的双金属腐蚀,腐蚀现象室内外均不可见,也不会影响装饰效果^[6]。

3.5 结论

通过对支座组件的电偶腐蚀分析,可知连接立柱

用的支座组件间的双金属腐蚀情况是存在的且也是有限的,故在不影响结构安全和建筑装饰效果的情况下,双金属材料之间可以不采取防腐隔离措施。因此应加强注重分析基体材料自身表面的处理方式和实际工况条件下外界因素对双金属腐蚀的综合影响,合理设计节点构造措施。

4 结语

随着中国经济建设的飞速发展,对建筑的要求也越来越高,对于单元式幕墙的应用也越来越多,幕墙支座组件的应用也就相应的增加。本文主要针对个别实际工程幕墙组件双金属之间是否需要采取防腐隔离措施展开探究,希望此种构造在节约成本的基础上同时能满足建设的需求,以供参考。

参考文献:

- [1] 曹楚南. 腐蚀电化学原理 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008(03):165-169.
- [2] Zhao Q,Zhao J,Cheng X,et al.Galvanic corrosion of the anodized 7050 aluminum alloy coupled with the low hydrogen embrittlement CdTi plated 300M steel in an industrial-marine atmospheric environment[J].Surface and Coatings Technology,2020(382):125-171.
- [3] 林康,董铭锋,刘刚华.6061 铝合金硬质阳极氧化膜性能及腐蚀机理分析 [J]. 轻工科技,2020,36(12):17-18, 26.
- [4] Xi n J R,Nishimura T.Studies on galvanic corrosion of iron-magnesium couple by scanning electrochemical microscopy in 0.1M NaCl solution[J].Journal of Industrial and Engineering Chemistry,2016(41):141-150.
- [5] Xiao K,Dong C F,Wei D,et al.Galvanic corrosion of magnesium alloy and aluminum alloy by kelvin probe[J].Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed,2016,31(01):204-210.
- [6] 梅婉,王泽华,张欣,等. 金属材料的电偶腐蚀及其防护技术研究进展 [J]. 热加工工艺,2022,51(04):15-21.