

# 铝合金在船舶和海洋工程中的运用

宋 鸿<sup>1</sup> 张成凌<sup>2</sup> 汪飞旭<sup>3</sup>

1.3. 杭州逸秀船舶技术服务有限公司 浙江 杭州 310000

2. 杭州舟航船舶科技有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 如今船舶与海洋工程的发展更加迅速, 铝金属材料在其中的地位变得愈发重要。对于整个船舶制造产业来说, 铝金属材料可以说是最好的材料之一。铝合金所具备的较强耐蚀性以及较强的导电性, 使其在石化、船舶制造、航空航天等领域获得了广泛的应用。而且加工铝材料本身成本不高, 铝合金能够作为板材, 也能够进行挤压成型加工以及铸造加工, 再加上铝合金具有其独特的物理特性, 其在船舶制造领域的应用, 具备较强的经济性能。

**关键词:** 铝合金; 船舶与海洋工程; 运用

## 1 船用铝合金分析

船用铝合金是一种广泛应用于船舶制造和海洋工程领域的重要材料, 其在船舶结构中起着关键的作用。本文将对船用铝合金的分析进行探讨, 包括其化学成分、物理性能、力学性能、焊接性能以及环境适应性等方面。

### 1.1 化学成分

船用铝合金的化学成分对其性能有着重要的影响。根据国际标准ISO577和国家标准GB/T150-2006《铝及铝合金化学成分的测定》, 船用铝合金的化学成分如下: 硅含量  $\leq 2.0\%$ , 铁含量  $\leq 0.7\%$ , 铜含量  $\leq 0.3\%$ , 锰含量  $\leq 0.1\%$ , 钛含量  $\leq 0.6\%$ , 锌含量  $\leq 4.0\%$ , 镍含量  $\leq 0.4\%$ , 锡含量  $\leq 0.1\%$ , 铅含量  $\leq 0.3\%$ 。

### 1.2 物理性能

船用铝合金的物理性能包括密度、熔点、比强度、硬度、疲劳强度等。其中, 密度是一个重要的物理性能指标, 因为它直接影响到船舶的重量和稳定性。熔点和比强度也是影响船用铝合金性能的重要因素。熔点是指铝合金在开始熔化时的温度, 熔点越高, 合金的流动性越差, 难以焊接。比强度是指单位质量的铝合金所具有的强度, 比强度越高, 船用铝合金的承载能力就越强。

### 1.3 力学性能

船用铝合金的力学性能包括拉伸强度、弯曲强度、压缩强度、剪切强度等。拉伸强度和弯曲强度是衡量船用铝合金在承受拉伸和弯曲载荷时的性能。压缩强度和剪切强度则是衡量船用铝合金在承受压缩和剪切载荷时的性能。这些力学性能对于船舶结构的设计和制造至关重要。

### 1.4 焊接性能

船用铝合金的焊接性能对于其在船舶制造和海洋工程领域的应用至关重要。良好的焊接性能可以保证船体

构件的稳定性和耐久性。目前, 常用的船用铝合金焊接方法包括电弧焊、电阻焊、激光焊等。其中, 电弧焊是最常用的焊接方法, 它可以焊接不同材料和不同厚度的板材, 而且操作方便、成本低廉。

### 1.5 环境适应性

船用铝合金具有良好的环境适应性, 包括耐蚀性、耐磨损性、抗冲击性等。船用铝合金通常采用表面处理技术来提高其耐蚀性和耐磨损性。此外, 铝合金还具有抗冲击性, 因为它的弹性模量较小, 易于吸收能量, 减少了结构件受到冲击时的变形<sup>[1]</sup>。

总之, 船用铝合金是一种重要的船舶材料, 其具有优异的物理和力学性能。为了确保船舶的安全性和耐久性, 在制造和使用过程中需要严格控制其化学成分、物理性能、力学性能以及焊接性能等方面。同时, 需要考虑到船用铝合金在环境中的适应性, 如耐蚀性、耐磨损性和抗冲击性等。

## 2 船用铝合金的优点

铝合金材质具有比重轻、弹性模量小、耐腐蚀、可焊接、易加工、无磁和低温特性好等优点, 在用于造船中有以下优势: 比重轻, 可减轻船重, 节省燃料, 提高转速, 降低燃油消耗; 抗腐蚀性能好, 可减少涂油维修费用, 延长使用年限; 加工成型特性好, 便于完成剪切、冲压、冷弯、热成型和切割等不同形态的加工工艺, 有利于船体流线化; 可挤压出大型宽幅薄壁型材, 有利于船体的结构合理化和轻量化; 焊缝性好, 易于组织连接; 弹性模量很小, 受到冲击应力的影响很大, 具备优异的安全性; 铝废料易于处理, 可以回收利用; 没有高温脆性, 适宜作为低压设备; 无磁性, 罗盘不受损坏, 适宜作为扫雷艇; 没有虫害和干燥变质, 遇到火源比较稳定<sup>[2]</sup>。

### 3 船舶使用的铝合金耐腐蚀性的分析

船舶在海洋环境之中的运行,需要较长时间浸泡在盐度较大的海水里面,受海水电解质特性的影响,铝合金会发生电化学腐蚀等现象。在船舶制造的过程中,采用铝合金材料具有很好的抗腐蚀性能,这种性能从另一个侧面展示出铝合金材料完成表明钝化膜和破裂后修复之能力。在广袤的海洋环境中,因为海水中含有的氯离子会对钝化膜产生较大损害,导致铝合金的稳定性产生下降,极易发生点蚀现象还有缝隙腐蚀等现象。在一些情况下,还会出现晶间腐蚀、剥落腐蚀和应力腐蚀的现象。在船舶建造的过程中,海水对于5000系的铝合金造成的腐蚀速度使非常缓慢的,其中低镁铝合金具有很好的耐腐蚀性,6000系的铝合金具有更高的耐腐蚀性<sup>[3]</sup>。因此,在船舶建造的过程中这两种系列的铝合金已经被广泛的应用和推广。

### 4 铝合金在船舶和海洋工程中的应用意义

近两年从事船舶监理工作,负责多艘新能源锂电池客船监理,船舶结构材料多数采用主船体钢质,上层建筑铝合金,既能控制船体重量,又降低船体重心,还能保证稳性和质量,提高船舶航行性能及快速性。

材料是船体建造当中必须考量的最基础的方面,而材质对造船效率的提高具有举足轻重的意义,近年来随着造船业的进一步开发,使用造船材料存在着极其巨大的挑战性,首先造船材料必须具备良好的抗腐蚀性能,并且能够最大程度的降低船体本身的载荷,如此才能够提升效率,造船材料也成为了造船业中必须研究的重要课题。在铝金属材质没有问世以前,造舰材质的选取始终都是设计研究工作者必须考虑的最为苛刻的一项课题。在确保船体品质优异的基础上寻求能够极大提高舰体利用效果的材质。

对舰船制造业以及海洋工程的开发具有相当大的促进意义,所以说铝合金材料在今后的发展以及航空发动机当中的发展当中,仍然存在着很大的技术价值。首先铝合金在舰船制作当中的材料相当特殊,需要一种稳定的铝合金材质的金属才能用来制造舰船。另外在铝合金产品应用的技术当中,必须是高端技术的运用,唯有如此才能够使铝合金的功能发挥,更好的为造船业者服务<sup>[4]</sup>。除此之外在造船生产当中,铝合金在海上工业的使用当中也是具有相当广泛的意义,在这当中,开发天津市海洋资源的用具还有保存天津市海洋资源的用具,都是必须由铝合金来完成制作<sup>[5]</sup>。由这一点可以看到,现如今全世界对铝合金材料的需求量已经十分之大。唯有通过对铝合金领域的研发和投资,才能够做到使铝合金技术

更有效的满足对于海洋技术与未来发展的需求。在这个过程当中值得我们重视的并不仅是铝材的巨大需求量,更为我们对铝材制造技术的实际应用开发与性能有着一一种更为严峻的考察,只有攻克了这些难题,才能够使中国的海洋工作在原来的水平上进一步的上升一个台阶。但是,在铝建筑开发的过程当中也需要着实注意好材料对建筑物的安全,因为毕竟的开发和建设都是建立在材料安全性基础上的,所以无论员工或者技术人员,在铝金属板材的开发和应用的过程当中都必须注意好人身安全财产问题,千万不能够吹毛求疵。

在中国海洋工程未来发展方向上,铝合金的应用效率绝对会越来越高。怎样使铝合金之类的金属充分地发挥它最大的效能,也是成为了人们在现如今工作中需要攻关的问题地方。在未来数十年之间,可能寻找不到比铝合金更为应用于海洋工程到的稀有建筑材料。但是,对于中国现阶段而言应该要从严把控制铝合金的贸易,把铝合金这样的建筑材料保护出来,把它变成一个可持续发展的再生资源,同时减少它的成本,从而能够在海洋工程的建造上面大量的应用。这样能够节约到海洋工程的投入,同时也能够有效的推动海上基础设施项目的不断开展<sup>[6]</sup>。

### 5 铝合金在船舶和海洋工程中的具体应用

#### 5.1 在民用船领域中的应用

铝合金在造船业上的使用可追溯到十九世纪后期,并首先在欧洲和美国大规模使用。不过,因为当时仅有少数铝合金材质的高抗拉性和抗腐蚀性能并没有占据地位,所以始终没有引起人们广泛的关注与重视。只有随着冶金工程工业的迅速发展壮大之后,铝合金材料中抗蚀性能最高的铝镁合金的出现,才引起了我国对船舶工业的应有重视。但到了二十世纪中叶,随着铝合金材料在民用船舶中的使用已到达了一定的层次,所以有关的铝合金技术也得到了一定的发展,如铝合金板(5486-H32、5456-H32板)的合金系列、铝TIG焊技术上的进展,并且在二十世纪中后期由于铝及其合金价格的下降,人们对焊接的注意和铝及其合金的某些特性。

#### 5.2 在钢铝混合材料领域船艇中的应用

钢铝混合材料的船舶,特别是高速船艇也对船舶重心和空船重量要求较高,使用铝合金材质是良好选择,为了保障不同的条件下船艇主船体强度和安全系数,建造成本要求而采用了钢铝混合材料,尤其是延长使用寿命以及更少的维修成本。钢质、铝合金工作船舶的使用寿命则通常在数十年之间(参照老旧船舶的规范标准)。而对主船体钢质,上层建筑铝合金处的连接结

构,是近年来的难题,常见的是铝钛钢过度接头,接头下端与钢质材料焊接,上端可于铝质材料焊接,这样方便快捷也能保证水密性。为了满足新形势下工作船舶的需要,锂电池新能源钢铝混合结构的船舶以其质量性能的优势逐渐成为中小船艇的主流。

### 5.3 在LNG货船上的应用

LNG货轮主要用作液化天然气的海上运输,但由于天然气海运的距离需要完全由海运船舶所覆盖。所以在设计装载燃气或LNG的货轮时,特别是在燃气储罐的设计时,最宜与使用环境中温度比较(极限温度在零下100多度)。和其他材料一样,材质较好的铝合金材质有相对好的抗腐蚀性和柔韧性较好。在相对温度状态下,铝合金的硬度较好。

### 5.4 海上直升机平台的应用

建造海上石油钻井设备所用最常见的建材是钢管。由于钻井设备长期暴露在海水上,钢材虽然非常耐久,却还面临着腐蚀的一系列难题。在海上石油勘探设备上,直升机停机坪也是非常重要的一部分,可以完成直升机起降的任务,成为直升机和陆地之间联系的重要纽带。但由于直升机体型相对沉重,对本身重量和构件的结构强度要求也相对高等,而铝制大型直升机甲板模型由于重量轻,结构强度和刚性特点也相对优越。铝合金制作成了大型的直升机系统,包括了由副车架与紧固在副车架上的用铝合金型料所组拼而成的甲板单元。型材料的纵向断面近似于“工”字形构造,在上面中央有一个带肋的腔间,而在下方则有一个高度较低的地板面板。运用了铝合金型材料的热力学原理和抗弯强度原理,在解决力学性能问题的同时降低了墙体自重。另外,铝合金的直升机设备在海洋环境中也更容易操作,其耐腐蚀的特点更为突出:由于采用全质朴拼合方式,无焊接的高温损伤区,可延长服役期限,同时减少了破损风险。

### 5.5 在油气开采钻杆中的应用

在对海底石油进行钻探的工程中,通常是使用由铝合金所制作而成的钻井设备。因为钻取设备对海底石油资源的质量产生非常巨大的冲击,同时又因为海底石油开发环境十分恶劣,钻取设备中刀具的保养非常困难。所以,采用铝合金材料进行生产的刀具,可以延长钻取

来设备的使用年限,同时具有较好的抗撞击、重量轻、扭矩大等一系列特性,在实际开发环境中能够有效减少不必要的冲击,这样可以从一定范围上来保证钻井质量。综合考虑,若在海下会计应用项目中,能够充分体现铝合金产品的性能与用途,其应用前景将不可估量。

### 5.6 在船用港口中的应用

港口是停靠船舶的重要场所,因此对海港的建筑材料要求具备很好的耐腐蚀强度、承载能力和强度。铝合金材质完全符合这些要求,因此在现代码头上,舟桥、步道和跳台跳水都使用了各种类型的铝合金板材焊接而成。然而,尤其需要注意的是,在生产过程中不得对浮船坞道以及其他构件进行化学喷漆。

### 结语

伴随着我国海轮技术的迅猛发展,各种新型铝合金材料在船舶制造中的应用频率也在日益提升,铝合金本身重量轻、价格低廉、耐腐蚀性强等特点,因此在海洋复杂环境中更加需要探索对铝合金及其复合型材料的融入,进而促使船舶能够在强度较大的甲板保护中适应海上环境。同时,在海上天然气开采以及石油开采的过程中,考虑到运输安全性和长距离的问题,运用铝合金材料制作储存罐将能够更好地提升货轮的载货和运输能力。除此之外,铝合金经过一定的加工,可使其具有更强的抗腐蚀性能,并可延长海洋工程以及船舶设备的使用寿命,进而为推动海洋事业的健康发展奠定良好基础。

### 参考文献

- [1]章锤.铝合金在船舶和海洋工程中的应用[J].船舶物资与市场,2021(01):49-50.
- [2]牟吉伟.探讨铝合金在船舶与海洋工程中的应用[J].中国战略新兴产业.2020,(6).20.
- [3]朱威.铝合金焊接件在热带海洋大气环境中的腐蚀行为[D].江苏科技大学,2019.93.
- [4]杨瑞青,周静,王祝堂.舰船及海洋工程变形铝合金[J].轻合金加工技术,2019,(2).1-8.
- [5]谢光能.铝合金在船舶和海洋工程中的有效应用[J].船舶物资与市场,2019(01):49-50.
- [6]鲁聪聪.铝合金在船舶与海洋工程中的应用研究[J].科学技术创新,2019(04):29-30.