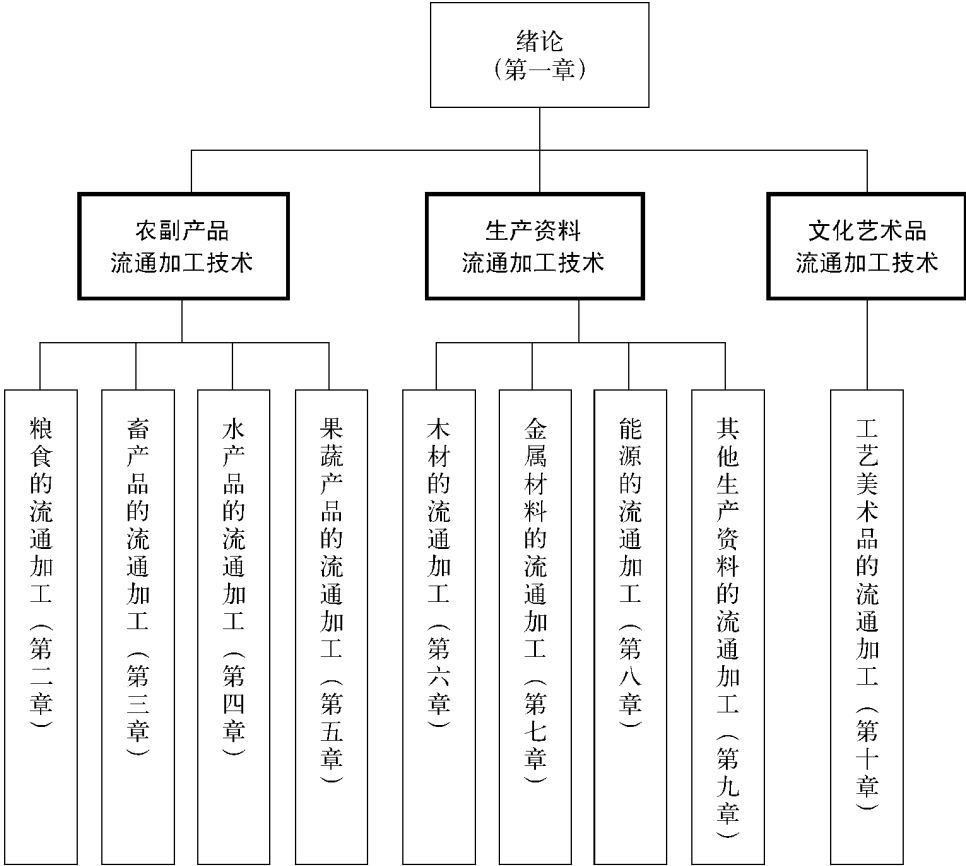


第六章

木材的流通加工



流通加工技术结构模型

知识目标

- 了解木材的构造、物理性质及常见缺陷；
- 熟悉原木的锯解与制材工艺；
- 掌握木材的干燥、阻燃、防腐技术；
- 熟悉木材的强化、软化技术。

技能目标

- 能够运用所学木材知识对木材进行恰当的流通加工；
- 能够结合环境及技术条件,有效地选择合适技术对木材进行加工。

木材具有重量轻、弹性好、耐冲击、纹理色调丰富美观、加工容易、污染少、有再生性等优点,从古至今都是工农业重要的原材料。因此,在现代物流中,木材的流通占据着重要的地位,木材的流通加工也就显得尤为重要。常见的对木材的流通加工技术包括木材的锯解、制材等基本加工技术以及木材改性,如阻燃、防腐、强化、软化等功能处理技术。

第一节 木材概述

木材是一种天然的有机体,是由能够次级生长的植物(如乔木和灌木)所形成的木质化组织。这些植物在初生生长结束后,根茎中的维管形成层开始活动,向外发展出韧皮,向内发展出木材。木材是维管形成层向内发展出的植物组织的统称。木材的种类繁多,仅我国就有 7 000 多种。在生产资料的流通加工中,木材的流通加工由于其自身的特点,占据了重要的地位,因而有必要了解木材的相关知识。

一、木材的构造

木材主要来自于高大的针叶树材和阔叶树材等树木的主干部分。树木由树干、树冠和树根三部分组成。树干是树冠与树根之间的部分,是构成木材的主要部分。而树干又由树皮、形成层、木质部(即木材)和髓心组成。

从树干的横截面(见图 6-1)看到的围绕着髓心构成的同心圆称为生长轮。每一个年轮一般由两部分组成:色浅的部分称为早材,色深的部分称为晚材。早材是在生长季节早期生长出来的,材质较疏、松软,材色较浅;而晚材是在生长季节晚期生长出来的,细胞较小,材质较密,材色较深。早材和晚材的结构不同,性质也不同,这直接影响到木材的材性。

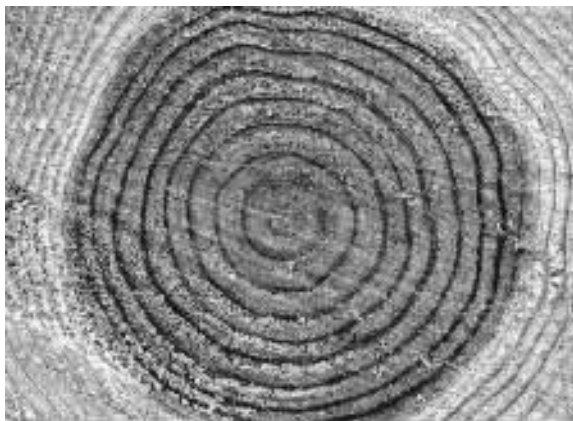


图 6-1 树干的横截面

有些木材在树干的中部,颜色较深、水分较少,称为心材;而有些则在边部,颜色较浅、水分较多,称为边材。不同的树种,心材与边材的差异程度不同。心材和边材区别明显的树种有落叶松、红松、马尾松、樱桃树等,心材和边材区别不明显的树种有椴树、鸡毛松等。

常见的树材主要分为针叶树材与阔叶树材两大类。针叶树材主要由管胞、木射线和轴向薄壁组织等组成,排列规则,材质较均匀。阔叶树材主要由导管、木纤维、轴向薄壁组织、木射线等组成,构造较复杂。其中,导管是绝大多数阔叶树材所具有的疏导组织,也是阔叶树材特有的,所以阔叶树材又称为有孔材。在阔叶树材的横截面上可以看到许多大小不同的孔隙,即为导管的管孔或称为棕眼。

不同的树种,管孔的排列规律也不同。根据管孔排列的不同,阔叶树材可分为环孔材、散孔材和半散孔(半环孔)材。其中,若早材管孔明显地比晚材管孔大,且早材管孔排列成环状,则称为环孔材,常见的环孔材有水曲柳、榆木等;若整个生长轮内管孔大小相当,且分布均匀,早晚材区别很不明显,则称为散孔材,常见的散孔材有杨木、桦木等;若在一个生长轮内,管孔的排列介于环孔材和散孔材之间,且早材管孔较大,略成环状分布,早材管孔到晚材管孔渐变,界限不明显,则称为半散孔(半环孔)材,常见的有枫杨等。

在某些木材的横截面上可以看到颜色较浅的条纹,从内向外呈辐射状,称为髓射线。在木质部的髓射线称为木射线。不同树种的木射线的宽度差别比较大。有些树种如柞树(栎树)的木射线比较发达,肉眼观察非常清晰;有些树种如椴树等木射线较细,肉眼可以看到;有些树种如针叶树、杨树等木射线极细,用肉眼看不明晰。

树脂道是某些针叶树材特有的一种组织,具有分泌松香树脂的作用。在横截面上呈浅色点状,分布于晚材部分。根据树脂道产生的原因可将其分为正常树脂道和

受伤树脂道。正常树脂道是树木在正常情况下生成的树脂道,常见的含有正常树脂道的树种有云杉、落叶松、黄杉等;受伤树脂道是因树木受伤而产生的树脂道,易产生受伤树脂道的有冷杉、铁杉、红杉等。树脂道的有无、大小和多少是区分针叶树材的重要特征。



如何进行木材的识别

识别树种的步骤,首先是根据木材有无管孔分出是针叶树材,还是阔叶树材。

如果确定是针叶树材,再观察是否有树脂道,有树脂道的则属于冷杉、杉木等一类。分出属于哪一类以后再根据树脂道的大小,早材晚材的变化,心材、边材的差异程度及木材的颜色、气味、硬度等,确定属于哪一种针叶树材。

如果确定是阔叶树材,则观察其导管分布情况,判定是环孔材、散孔材,还是半散孔材;然后再根据管孔排列、轴向薄壁组织的类型、木射线的宽窄和在材面上呈现的花纹图案、心边材区别是否明显以及木材颜色、气味、重量、硬度等,确定为哪一种阔叶树材。

对于具有特殊特征的木材,抓住主要特征就可以判明。例如,香樟有樟脑气味,这种气味是其他树种所没有的,因此,气味就是识别香樟的特殊特征。又如,黄波罗有较厚的木栓层,其内皮为鲜黄色,呈纤维状剥落,这也是其他树种所没有的。

识别木材的树种,通常可以根据木材检索表去查对,它是识别木材种类的有效参考资料。检索表里突出而详细地记载各种特征。在肉眼下观察的,可以使用木材粗视构造特征检索表;在显微镜下观察的,可以使用木材显微构造特征检索表。使用时,采用正反(或有无)对比方法,把握最显著的特征,从主要到次要,依次查对,最后判明。

二、木材的物理性质

(一) 含水率

含水率是指木材中水重占烘干木材重的百分比。

木材中的水分可分为两部分:一部分存在于木材细胞的胞壁内,称为吸附水;另一部分存在于细胞腔和细胞间隙之间,称为自由水(游离水)。当吸附水达到饱和而尚无自由水时,称为纤维饱和点。木材的纤维饱和点因树种而异,但大致在 23%~33% 之间。当含水率大于纤维饱和点时,水分对木材性质的影响很小。当含水率自纤维饱和点降低时,木材的物理和力学性质会随之变化。木材在大气中能吸收或蒸发水分,与周围空气的相对湿度和温度相适应而达到的恒定含水率,称为平衡含水

率。木材平衡含水率随地区、季节及气候等因素而变化,约在 10%~18%之间。

常见的木材含水率的测定方法有两种:称重法和电测法。

称重法为截取试样后立即称量重量,得到重量 G ,然后将试样放入烘箱,保持在 $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的温度条件下烘至绝干(若每小时内木材重量的减少不超过 0.1 g,可视为木材烘至绝干)后再称重,得到重量 G_0 。则试样含水率 $W = (G - G_0) / G_0 \times 100\%$ 。该方法的精确度较高,但测试所需的时间较长。

电测法的应用较为广泛,常用于企业生产中测试木材的含水率。它是根据木材的电学性质,使用电动含水率测定仪测量木材的含水率的方法。电测法具有操作简单、迅速的特点。

(二) 密度

密度是指单位体积木材的重量。木材的重量和体积均受含水率影响。因此,木材的密度受木材含水率的影响。常用的木材密度有绝干密度、基本密度及气干密度。

木材经过人工干燥,使含水率为零时的木材密度为绝干密度;木材的绝干重量除以饱和水分时木材的体积为基本密度,其物理意义为含水最大体积时木材中所含木材的实质重量;木材经过自然干燥后的木材密度为气干密度。气干密度是木材使用状态下的密度,它因各地区木材的平衡含水率及气干程度的不同而有所不同,其数值有一定的范围,通常是指含水率在 8%~15%时木材的密度。为了在树种间进行气干密度的比较,我国规定气干材的含水率为 12%,即把测定的气干密度均换算成含水率为 12%时的值。

木材密度是区分木材材质好坏的重要标志。在含水率相同的条件下,木材的密度越大,其强度也越大。

(三) 胀缩性

胀缩性是木材固有的特性,是指木材吸收水分后体积膨胀,丧失水分则收缩的特性。木材的湿胀性在不同的方向上是不一样的,其中弦向最大,其次是径向,最小的是纵向。纵向胀缩率约为 0.1%,径向胀缩率约为 3%~6%,弦向胀缩率约为 6%~12%。木材的干缩湿胀随着树种、密度等的不同而不同。胀缩性在很大的程度上影响了木材的加工和利用,如径向和弦向干缩率的不同是木材产生裂缝和翘曲的主要原因。

常见的减轻木材干缩湿胀的途径有以下四个:一是控制含水率,采用人工干燥的方法使得木材的含水率略低于当地的平衡含水率,该法能够有效地减轻木材的干缩和湿胀;二是径向切出板材,由于木材径向的胀缩率约为弦向的一半,因此,径切板的胀缩稳定性要优于弦切板,在一些特殊的用途中如乐器等常常采用径切板,但

径切板出材率较低,成本高,加工工艺复杂;三是机械抑制,如利用木材本身的干缩异向性来改善其尺寸稳定性,如胶合板,可以有效地减少干缩,提高稳定性;四是封闭处理,即使用憎水性物质如化学药剂或油漆等将木材与环境隔离开,使得水分不能自由进出木材。



木材的纵向、径向及弦向

木材的纵向是指木材生长方向,径向是指木材横切面上沿直径的方向,弦向是指木材横切面上沿着年轮切线的方向(见图 6-2)。

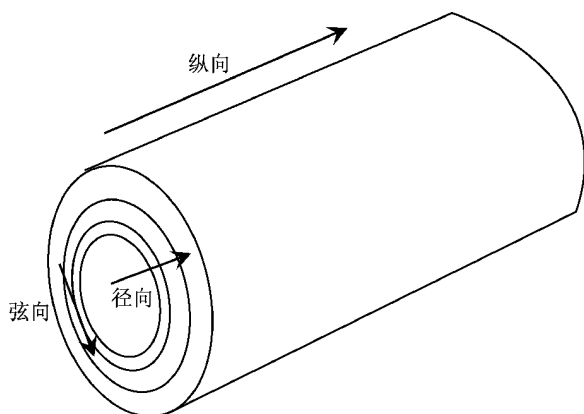


图 6-2 木材方向示意图

(四) 力学性质

木材抵抗外部机械力作用的能力称为木材的力学性能。常用的木材的主要力学性质有抗压强度、抗剪强度、抗拉强度及抗弯强度等。虽然木材有很好的力学性质,但需要特别注意的是,木材是各向异性材料,顺纹方向与横纹方向的力学性质有很大差别。

1. 抗压强度

由于木材力学性质的各向异性,木材的抗压强度可分为顺纹抗压强度和横纹抗压强度。木材在沿着木材纹理方向可承受的最大压力载荷称为木材的顺纹抗压强度,而在垂直于木材纹理方向所能承受的最大压力载荷称为木材的横纹抗压强度。

木材的顺纹抗压强度是反映木材力学性能的至关重要的力学性质。木材的顺纹抗压强度很大,常常被用来做木桩等支撑件;木材的横纹抗压强度只有顺纹抗压强度的 15%~20%。另外,需要注意的是,在木材存在缺陷(如节子、斜纹)时木材的

顺纹抗压强度会降低。

2. 抗剪强度

用来衡量木材抗剪强度的指标主要有顺纹抗剪强度、横纹抗剪强度和截纹抗剪强度。顺纹抗剪强度是木材在沿着木材纹理方向所能承担的最大剪切力,其中剪切力方向和剪切平面与木材纤维方向平行;横纹抗剪强度是指剪切力方向与木材纤维方向垂直,而剪切面与木材纤维方向平行时木材的抗剪强度;截纹抗剪强度是指剪切力方向和剪切面都与木材纤维方向垂直时木材的抗剪强度。

通常,木材的顺纹抗剪强度只有顺纹抗压强度的 $15\% \sim 30\%$,而木材的横纹抗剪强度更低,一般只有顺纹抗剪强度的一半左右,截纹抗剪强度大约是顺纹抗剪强度的 3 倍。通常我们所说的木材抗剪强度是指木材的顺纹抗剪强度。

3. 抗拉强度

木材的抗拉强度可分为顺纹抗拉强度和横纹抗拉强度。木材的顺纹抗拉强度是指木材在沿着木材纹理方向所能承受的最大拉力载荷;木材的横纹抗拉强度是指木材在垂直于木材的纹理方向所能承受的最大拉力载荷。同样,木材的顺纹抗拉强度要高于横纹抗拉强度。

4. 抗弯强度

木材的抗弯强度指的是木材承受弯曲载荷的最大能力。木材的抗弯强度介于抗拉强度和抗压强度之间。木材的抗弯强度是顺纹抗压强度的 $1.5 \sim 2$ 倍,而顺纹抗拉强度则约为顺纹抗压强度的 3 倍。

三、木材的缺陷

木材的缺陷也称疵病,是指在木材上能降低木材质量,影响其使用的各种缺点。通常木材的缺陷可分为天然缺陷、生物缺陷及加工缺陷三大类。

1. 天然缺陷

木材的天然缺陷主要指的是木节、斜纹理以及因生长应力或自然损伤而形成的缺陷,如木节是树木生长时被包在木质部中的树枝部分。木节在木材上十分常见,木节的存在对木材有着重要的影响,因为木节不仅破坏了木材构造的均匀性和完整性,也降低了木材的力学强度,使木材在加工过程中切削阻力增大,而且有木节的木材的油漆性能等也会受到影响。

2. 生物缺陷

木材的生物缺陷主要指的是由于生物原因产生的木材缺陷,主要有变色、腐朽和虫蛀等。常见的变色是真菌性变色,真菌性变色是由于真菌入侵木材而引起的。

变色主要损害木材的外观,一般不影响木材的物理力学性质,但时间一长会发展成腐朽。腐朽是由腐朽菌侵入木材引起的,是木材最严重的缺陷之一,会严重影响木材的物理力学性质,使木材的冲击韧性显著下降,丧失使用价值。而虫蛀是各种昆虫蛀蚀木材形成孔道而造成的木材缺陷。虫蛀会降低木材的力学强度,而且虫眼是引起木材边材变色和腐朽的重要通道。

3. 加工缺陷

木材的加工缺陷是指木材在加工过程中所造成的木材表面损伤,主要有缺棱和锯口等缺陷。缺棱是指在整边锯材上残留的原木表面部分。该缺陷会减小材面的实际尺寸,使木材难以按要求使用。锯口缺陷是木材因锯割而造成不平整或偏斜的现象。该缺陷使得锯材厚薄或宽窄不匀,或材面粗糙,以致影响产品质量。

第二节 原木的锯解与制材

制材即为把原木锯解成板材、方材、枕木等锯材的工艺过程。制材是木材加工中非常重要的一个流程。世界每年采伐的工业用材约有一半以上用于制材,选择合适的方式进行锯解和制材对提高制材质量、原木出材率、剩余物的利用率以及木材综合利用率有重要意义。由此而衍生出一门研究范围广泛的科学——制材学。制材学是研究把原木锯解成锯材的原理及设备的科学,内容包括原木和锯材的特性、技术条件、保存方法、原木下锯法、制材工艺过程及生产设备等,目的在于合理锯解原木,以提高出材率、木材利用率和锯材质量,并对生产和运输设备不断进行技术改进。本节就制材中最重要的制材所用设备以及制材工艺进行简单的阐述。

一、制材所用设备

制材工艺中常用的基本锯木设备是带锯机、圆锯机和框锯机。

1. 带锯机

带锯机(见图 6-3)是将一条开出锯齿的无端锯条绕在两个高速旋转的锯轮上,用以锯割木材的机械。带锯机主要由锯割装置和进给装置构成。带锯机的下轮为主动轮,较重,起飞轮的作用;上轮为从动轮,较轻,主要起到绷紧锯条、使之循环运行的作用。带锯机具有杠杆或弹性压砣装置,可以自动微调上轮的升降,以保证锯条有一定的张力。另有锯卡子,能使锯条在工作时保持直线,不致左右摆动。大带锯用作锯解原木的主锯。各种小带锯用作锯解半成品的辅助锯。



图 6-3 带锯机

带锯机的优点是锯条薄,出材率高,节约木材;单锯制材,下锯灵活,可以看材下锯,能随意翻转原木和改变锯材的厚度,便于集中剔除木料的缺陷,有利于提高锯材质量。其缺点是机床结构复杂,要求精度高,锯条修锉的技术难度大。

带锯机的操作注意事项主要包括:

(1) 带锯机是高速运转的锯切木材机械,操作人员要在使用前进行培训,务必熟悉其性能和操作工艺;工作时要集中精力,严格按照操作规程作业,遵守安全操作规范,以防出现操作风险。

(2) 认真进行操作前的检查,要检查各部件及其安全装置是否良好,锯条上有无损坏迹象,如裂痕、裂口等;另外,需要加工的木料也应进行检查,检查木料上有无铁质、钢质等其他硬杂物,以防杂物崩坏锯条,造成损伤。

2. 圆锯机

圆锯机(见图 6-4)用圆锯片作锯具,圆锯片周边开齿,环绕锯轴转动以锯解木材。按圆锯片的大小来分,圆锯机有大圆锯和小圆锯两种。纵剖原木的大圆锯,可安装可调换的活齿;小圆锯多用于裁边、截头或截去缺陷。

圆锯机的优点为结构简单,机械价格低,便于维修保养;可以根据原木的材质灵活下锯,有利于提高锯材质量;进料速度比框锯机高,采用毛方下锯切割小径原木时,圆锯机比框锯机的出材率高。其缺点是锯片稳定性差;受锯片直径的限制,不宜锯割直径超过 50 cm 的大径级原木;锯口宽,木材浪费较多,并且易出事故。

圆锯机的操作注意事项如下:

(1) 操作前应该认真检查圆锯机及原木,首先检查锯片有无断齿、裂纹现象,防护罩和安全装置是否装好,再检查被锯割的原木是否有钉子或石子等坚硬物,以防崩坏锯齿,甚至引起安全事故。



图 6-4 立轴双头圆锯机

(2) 安装配件时必须严格按照要求进行,如安装锯片时应使其与主轴同心,片内孔与轴的空隙不应大于 0.2 mm;法兰盘的夹紧面必须平整,要严格垂直于主轴的旋转中心,同时保持锯片安装牢固,用圆锯锯割大料时必须要有水冷装置。

(3) 操作时,操作者需站在锯片稍左的位置,不能与锯片站在同一直线上,以防木料弹出伤人;送料时木料应端平,不能用力过猛;锯到木节处要放慢速度,并注意防止木节弹出;木料锯到尽头,不得用手推按,以防锯伤手指。

3. 框锯机

框锯机(见图 6-5)又称排锯机、闯锯机,是将多根锯条张紧在锯框上,由曲柄(或曲轴)连杆机构驱动锯框做上下或左右的往复运动,使装在锯框上的多根锯条对原木或木方进行纵向锯切的机械。



图 6-5 框锯机

框锯机的优点为在锯切的范围内,可按加工板厚度要求安装多根锯条,一次可以锯割多块不同厚度的板材;锯条张紧状态好,锯材精度高,表面质量好;减少了多次定位、夹紧、侧向进给等操作程序,缩短了辅助时间,故生产效率高;框锯机制材劳动强度低、安全性能好,对操作人员的技术水平要求不高;生产工艺简单、占地面积小,节省投资费用。

框锯机的缺点是不能根据木材缺陷情况合理下锯,成品板材出材率低于同等条件下带锯机的出材率;对原木的质量要求高,各锯条的间隔须经预先设定,锯材的厚度不能随时改变。因此,锯割前要对被加工材进行分级和质量分选;锯框的往复运动产生巨大的惯性和振动,增大了磨损,限制了切削速度的提高。

二、制材工艺

1. 工艺流程

广义的工艺流程包括原木供应过程和车间工艺流程。原木从储藏到制材完成,其工艺流程可简略描述如下:在露天仓库、水上作业场及原木楞场储存的原木水运或陆运到材—验收、出河(陆运为卸车)—造材、选材、归楞—原木预先区分—调头、截断—剥皮、整形、冲洗、金属探测—用运输链把原木送进车间—按原木锯剖—半成品再剖分—毛边板裁边、材头截齐。

2. 制材下锯法

下锯法是指按锯材的种类、规格,确定锯口部位和锯解顺序进行下锯的方法,目的在于获得最大的出材率和最高的经济效果。下锯法在制材的工艺流程里尤为重要,直接关系到生产的经济效益。

我国在生产中主要使用以下几种下锯法:

(1) 毛板下锯法。毛板下锯法又称二面下锯法,是先锯去一块板皮,然后平行于第一锯口依次锯成毛边板。用此法可锯出较宽的板材。

(2) 毛方下锯法。毛方下锯法又称四面下锯法,先锯去原木相对两侧的板皮和少量毛边板。中间剩余的毛方翻转 90° ,锯口平行锯成等宽整边板材。该方法可以减少裁边工作量,适合于径级较大的原木大量生产普通用材时使用。

(3) 径切板下锯法。径切板下锯法是沿原木半径方向锯解板材的方法。在板材端面宽和厚的中心点上,年轮切线与材面夹成的锐角大于 45° 。材面纹理平直,适用于做乐器、木尺等特殊用材。

(4) 弦切板下锯法。弦切板下锯法是沿原木某一年轮的弦线或切线锯解板材的方法。用该方法锯割板材时,板材的年轮切线与外材面的夹角小于 45° ,材面纹理呈峰状,适于做船甲板、桶、盒板等特殊用材。

(5) 小径级原木桔瓣形下锯法。该方法锯成的断面桔瓣形板材可胶拼成长材和宽材,使材面不露木节,克服原木尖削度大的不利条件。

(6) 原木缺陷集中下锯法。该方法主要用于对大活木节原木和径裂原木平行于缺陷下锯,把缺陷集中在一、二块板上。

(7) 原木缺陷剔除下锯法。如对内腐原木采用抽心下锯法剔除腐朽部分。若原木外腐,视其厚度下板皮,再锯制良材。

(8) 理论最高出材率下锯法。该方法主要有三种:第一种,直径为 d 的原木,其内接矩形以正方形(边长约等于 $0.71d$)的面积为最大,四侧的板皮按图 6-6(a)所示尺寸锯割,所得板材横断面积也最大;第二种,直径为 d 的原木,按图 6-6(b)所示尺寸采取毛板下锯法锯制宽板材,其总材体积最大;第三种,高为 h 呈抛物线形的毛边板,自顶点起截去长等于 $h/3$ 的端头,而后裁成整边板,面积最大,如图 6-6(c)所示。

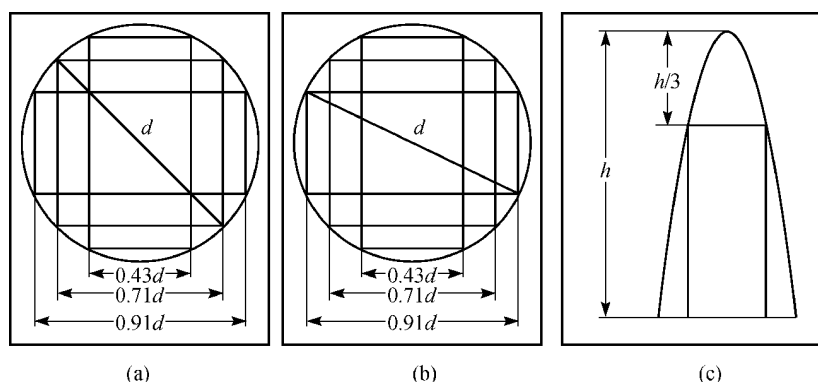


图 6-6 理论最高出材率下锯法

第三节 木材的改性技术

木材是一种生物材料,在加工运输中会发生腐朽、虫蛀或开裂、变形等不尽如人意的变化。为了改善木材的物理力学性能、提高木材的可流通加工性,可以采用一些物理、化学的手段,如对木材进行干燥、阻燃、防腐、强化或软化等处理来增强其使用性能,便于其流通加工。

一、木材的干燥技术

木材的干燥可以防止木材的变形和开裂,提高木材的力学强度,改善木材的物理性能,延长其使用寿命,预防木材腐朽变质,减轻木材的重量等。

木材的干燥方式可以大致分为自然干燥和人工干燥两大类。根据木材加热方式可分为对流干燥、电介质干燥、辐射干燥和接触干燥。其中,对流干燥又可分为大气干燥、热风干燥、蒸汽干燥、除湿干燥、太阳能干燥、真空干燥等;电介质干燥包括微波干燥、高频电流干燥。

1. 大气干燥

大气干燥是自然干燥的主要形式,是利用自然界中大气的热量来蒸发木材的水分,达到干燥目的的方法。大气干燥可以分为普通气干和强制气干。大气干燥的生产方式简单,不需投入太多干燥设备,但占地面积大,干燥时间长,干燥过程不能人为控制,最终含水率较高。同时,其干燥过程中存在易被虫蛀、腐朽、变色等缺陷。

2. 热风干燥

热风干燥即用鼓风机将空气通过被烧热的管道经加热后吹进炉内,然后从炉底下部风道散发出来,经过材堆又从上部吸入风道回到鼓风机,如此往复循环,在加热木材的同时带走水分,使木材干燥。该方法适用于一般的木材加工企业。其特点是设备简单、干燥时间短、效果较好。缺点是需要处理热气中的水分,否则影响干燥效果。

3. 蒸汽干燥

蒸汽干燥是使用得最普遍的木材干燥方法,即把木材放在几种特定结构的干燥室中进行干燥处理的方法。其主要特点是以湿空气作为传热介质,传热方式以对流为主。这种干燥方法的优点是工艺成熟,技术性能稳定,操作方便,干燥质量好,而且干燥室的容量较大,节能效果好;缺点是需要蒸汽锅炉,因而需要固定设备投资。

4. 除湿干燥

除湿干燥又称冷凝干燥,即驱动湿空气使其在一封闭系统内作“冷凝—加热—干燥”往复循环实现干燥的方法。除湿干燥的优点是容易操作,能够回收利用水蒸气的热量,在干燥过程的前期能量消耗显著低于常规干燥方法,干燥质量好;缺点是干燥温度由于受到制冷剂的限制而较低,干燥速度较慢,干燥周期较长,特别是当木材含水率低于20%时干燥效率不高。另外,冷凝和加热手段需要耗费的能源较多,还要设有蒸汽发生器进行湿度的调节。

5. 太阳能干燥

太阳能干燥是利用太阳能集热器吸收太阳辐射加热空气,再通过空气的对流传热来干燥木材的方法。太阳能干燥的突出优点是采用绿色能源,太阳能取之不尽、用之不竭,对环境无污染;与其他人工干燥方法相比,能耗较少,干燥成本较低;最终含水率较大气干燥低,干燥质量较好。其缺点是受天气、气候影响较大,在高纬度地

区冬季干燥效果差,不能稳定地提供干燥所需条件。

6. 真空干燥

真空干燥是将木材置于真空的环境内进行干燥的方法。真空干燥的优点是在真空条件下水的沸点降低,木材内部压力较高,因而可以在较低温度下加快干燥速度,缩短干燥周期,保证干燥质量。该法特别适合于透气性好的木材以及厚度较大的硬阔叶树材的干燥。但其缺点是需要真空设备,技术要求比较高,并且真空空间由于受真空机功率限制因而较小,投资较大。

7. 高频电流干燥

高频电流干燥是将木材置于高频振荡电路的工作电容器中,在电容的两极板间加上交变电场,使电场极性进行高频变化,引起木材分子极化,分子摩擦加剧产生热量,从而使木材内部温度升高,蒸发水分而干燥。高频电流干燥的优点是对木材内外同时加热,且加热均匀,干燥速度很快,干燥时间很短,干燥质量好,可保持木材的天然色泽等;缺点是使用电能,对能源需求较大,干燥成本较高,设备投资较大。

二、木材的阻燃技术

根据材料的燃烧性能通常可以将材料分为四类,即易燃材料、可燃材料、难燃材料和不可燃材料,木材属于可燃材料。木材的阻燃技术是一种将可燃的木材转化为难燃材料的技术,实现这种转化的主要方法,通常是向木材中加入化学物质——阻燃剂。

木材发生火灾主要会造成两方面危害:一是木材燃烧释放的热量会造成火灾传播和物品焚毁,二是木材的不完全燃烧会产生浓烟和有害气体。因此,木材阻燃包含两层含义:第一层含义是阻燃,即抑制热量释放和火焰的传播;第二层含义是抑烟,即降低烟雾和有害气体的生成。对于消防安全来说,阻燃与抑烟都很重要,然而通常情况下阻燃与抑烟两者又是矛盾的,抑烟要求木材完全燃烧以生成气体产物(二氧化碳和水),但是这样会提高燃烧热量的释放,增加阻燃的难度,因此,阻燃的首要目标是阻燃。

为实现阻燃,可以通过破坏木材燃烧的条件来控制木材的燃烧。例如,采用物理覆盖(如阻燃涂料、贴防火板等)的方法隔绝木材与空气的接触,或者以惰性气体稀释空气,采用能够捕获活性自由基的化学物质(如卤系阻燃剂)以中断燃烧的连锁反应,或者采用化学物质(如磷氮硼复合阻燃剂)改变木材的热分解途径,使之生成较多的具有隔热作用的炭质并减少可燃性挥发产物的生成等。近年来开发的先进阻燃剂主要是依据催化成炭和抑制木材燃烧热释放原理设计的。

(一) 木材阻燃剂

木材阻燃剂是一类能赋予可燃材料以难燃性质的化学物质。木材阻燃剂的品

种多样,主要由含有磷、氮、硼和卤素的化合物或混合物组成。但含卤素的阻燃剂在燃烧时会产生强腐蚀性的有毒气体(如卤化氢等),同时烟密度较大,近年来含卤素的阻燃剂应用逐渐减少,含有磷、氮、硼元素的阻燃剂是木材阻燃剂的主体。

1. 无机木材阻燃剂

无机木材阻燃剂是历史最悠久的阻燃剂,这类阻燃剂成本低廉、生产方法简单、使用方便,但是此类阻燃剂有吸湿性大和易从木材中析出等严重缺点。

无机木材阻燃剂的发展大致经历了三代:第一代无机木材阻燃剂是指木材阻燃剂发展之初的各种水溶性无机盐类或其混合物,如各种铵盐、磷酸盐、硫酸盐、卤化物及硫酸铝钾等盐类或混合物;第二代无机木材阻燃剂是以磷氮复合、磷卤复合、磷氮硼复合等高效阻燃体系为特征的无机阻燃剂,该类阻燃剂是在认识了阻燃协同作用之后发展起来的,添加量降低并且性能有所改善;第三代无机木材阻燃剂是在改进第二代无机木材阻燃剂的吸湿、析出性质的基础上产生的,其主要机理是增大无机离子的体积,如以分子量大的水溶性低聚物聚磷酸铵代替磷酸铵,或采用木材内部反应法生成不溶性阻燃剂。

2. 有机木材阻燃剂

有机木材阻燃剂的出现晚于无机木材阻燃剂,其发展历程大体上也可划分为三代。第一代有机木材阻燃剂以尿素、双氰胺为主,其吸湿性较无机阻燃剂有明显降低,但不够理想,尿素、双氰胺还存在迁移性大、易析出等缺点。第二代有机木材阻燃剂是以尿素、双氰胺和三聚氰胺等氨基化合物的羟甲基化为特征的有机氮磷或有机氮磷硼复合阻燃体系。第二代有机木材阻燃剂的迁移和析出性有所改善,但是在木材处理和使用中会释放出有毒的甲醛而污染环境;另外,使用这类阻燃剂处理木材时需要较高温度以提高阻燃剂在木材中的吸收,从而易造成木材的降解。第三代有机木材阻燃剂是无甲醛释放、低迁移、低吸湿的高效阻燃剂,并且一剂多效,避免了多次处理给木材材性带来的不利影响,降低了处理成本。

3. 其他木材阻燃剂

其他正在发展的常见的木材阻燃剂有树脂型木材阻燃剂和反应型木材阻燃剂等。树脂型木材阻燃剂是在阻燃剂中加入低聚合度合成树脂,用其浸渍木材后,在干燥的过程中会发生树脂固化,对阻燃剂中的易流失阻燃成分(常为无机盐)产生包覆固着作用,改善阻燃剂的抗流失、迁移和吸湿性;反应型木材阻燃剂是利用化学反应,将阻燃元素或含阻燃元素的基团通过形成稳定的化学键载到木材分子上,所得的阻燃木材不仅具有抗流失、耐久性好的优点,而且单位质量阻燃剂的阻燃效率很高。

(二) 木材阻燃机理

根据阻燃剂在分子尺度上所起作用的性质,可将木材阻燃机理分为两类,即物

理机理和化学机理。

木材阻燃的物理机理主要包括三个方面：

(1) 阻断空气与木材的接触,从而抑制甚至阻断燃烧,如通过形成厚的不燃涂层或不燃的熔融物膜来阻断空气与木材的接触。

(2) 阻燃剂分解产生水和不燃性气体,稀释空气和木材热解的挥发性可燃物,从而抑制燃烧。

(3) 阻燃剂在熔化或分解的过程中会吸收大量的热,从而降低了木材的温度,进而抑制其热解和进一步的燃烧。

木材阻燃的化学机理主要包括两个方面：

(1) 自由基捕获机理,即阻燃剂的热分解产物能够与燃烧反应链中的 $\cdot\text{OH}$ 等活性自由基反应,生成稳定产物和活性低的自由基,这有利于抑制并终止燃烧反应的进行。卤系阻燃剂主要通过自由基捕获机理发挥作用。

(2) 阻燃剂或其分解产物改变或影响木材热解反应的途径,降低可燃性挥发产物的生成或者促进炭的生成,这将降低木材燃烧释热速率,减少热释放量,从而实现阻燃。

(三) 木材阻燃工艺

阻燃工艺的阻燃有效性不仅取决于阻燃剂的性能和用量,而且还与阻燃剂在木材中的分布状态有关。研究阻燃处理工艺的主要任务就是要找到使阻燃剂均匀地分布到木材中一定深度的方法和工艺过程。下面简单介绍几种有代表性的木质材料阻燃处理方法：

1. 表面喷涂法

表面喷涂法即采用阻燃涂料或阻燃液在木材表面进行喷涂处理的方法。阻燃涂料是由自身不燃烧、在火焰长时间作用下不破坏、导热性不良的化学药剂制成的。其作用机理是使木材隔离热源,防止木材接触氧气,阻止木材分解为可燃性气体。

2. 溶液浸注法

溶液浸注法是在一定的压力条件下,将阻燃剂溶液注入到木材或木质人造板中去的阻燃处理方法。目前常见的溶液浸注法主要有加压浸注法和常压浸渍法。

(1) 加压浸注法。加压浸注法是目前普遍采用的成熟方法,常见的加压处理工艺有三种,即空细胞法、满细胞法和修正的满细胞法。这三种处理方法的共同特点是均采用加压—真空处理罐,但具体操作条件不同,处理效果各有特色。下面仅简单介绍一下空细胞法的典型处理过程：

① 将经过去皮、锯解、刨光和干燥等预处理的木材装入处理罐。

② 向处理罐中注入阻燃剂处理溶液。

③ 加压至一定压力(通常为 $0.5 \sim 1.5 \text{ MPa}$)并保持一段时间,使阻燃剂溶液渗透到一定深度。

④ 恢复至常压,此时木材细胞腔中的部分处理液随着细胞内空气的逸出而被排出细胞。

⑤ 排出处理罐中多余的处理液,并将处理罐抽成真空以抽出细胞腔中及木材表面的多余处理液。

⑥ 解除真空,取出处理后的木材,将木材放置一段时间后干燥,即得阻燃木材。

该方法主要将处理液载于细胞壁上,而细胞腔中所含液体不多,故称空细胞法。空细胞法的优点是能以少量的药剂和较大的处理深度均匀地处理木材,处理后的木材表面干爽洁净。

满细胞法与空细胞法的不同点在于,它是在第二步向处理罐中加入处理液前,首先将处理罐抽成真空。满细胞法的处理深度和增重率均较大,处理效果良好,是木材阻燃处理的理想方法。

(2) 常压浸渍法。常压浸渍法是在大气压力下实施处理工艺的方法,其操作简单、成本低廉、设备投资少,常用于渗透性好的木材的阻燃处理。

对于厚度较小的单板,采用在常压下进行浸渍处理就可达到处理要求,往往有较快的处理速度,因而有利于处理过程的连续化和自动化。对于较厚的单板或者较薄的板材,可在适当尺寸的浸渍池中进行浸泡,根据需要的浸泡时间和干燥周期来决定浸渍池的数量。

3. 阻燃剂添加法

对于胶合板、刨花板和干法纤维板等人造板这些使用胶黏剂的木材制品,可以在胶黏剂中加入阻燃剂或者在刨花、木纤维中拌入阻燃剂来进行阻燃处理。但是需要注意的是,阻燃剂可能会影响胶黏剂的性能,甚至影响其固化。

例如,中纤维板的阻燃处理工艺过程为:木纤维阻燃处理—干燥—施胶—铺装—预压—热压—锯裁—砂光—成品。其阻燃处理是将阻燃剂溶液与湿纤维适当混合(或将粉状阻燃剂加入湿纤维中),由于浓度梯度^①的作用,阻燃剂在短时间内迅速渗透到纤维中,当加入足够量的阻燃剂且阻燃剂分布均匀时,即可生产出符合要求的阻燃纤维板。

4. 化学改性法

用反应型阻燃剂处理木材可实现永久阻燃,反应可发生于液—固相,如采用磷酸化药剂,也可发生在气—固相,如采用挥发性的硼酸酯进行木材的气相处理。目

^① 当界面两侧溶液间存在浓度差时,在界面允许溶质自由通过的条件下,高浓度侧与低浓度侧的溶质在空间上的分布是均匀递减的,这种浓度差在空间上的递减称为浓度梯度。

前,采用化学改性法进行木材阻燃处理的方法尚处于研究阶段,要实现大规模使用还需进一步的研究。

三、木材的防腐技术

木材是一种天然有机材料,具有明显的生物特性。一方面,优异的性能使它得到了广泛的应用;另一方面,尺寸不稳定、易燃、易受虫害等侵袭的不足限制了它的应用。在木材的流通加工中,也必须注意木材的防腐问题。虽然木材的腐朽是不可避免的,但根据不同的应用环境选用合适的防腐剂,施以恰当的处理,则可以有效地延缓木材腐朽,延长其使用年限,减少木材需求量,产生经济效益。

(一) 木材腐朽的原因及防腐机理

真菌是造成木材腐朽的直接原因。真菌依靠孢子繁殖,细胞中不含有叶绿素,因此,不能利用二氧化碳和水通过光合作用合成自己所需的养料,只能从其他生物有机体或有机物中汲取营养,供生长和发育。

木材的腐朽主要是由真菌中的木腐菌所引起的。木腐菌大致可分为褐腐菌、白腐菌和软腐菌。其中,褐腐菌主要分解木材中纤维素和戊聚糖,几乎不分解木质素,木材腐朽后呈褐色;白腐菌主要分解木质素,也能少量分解纤维素和戊聚糖,腐朽后木材呈白色;软腐菌分解木材纤维素,使木材重量减轻,木材表层变软,对木材表层危害较大。真菌的孢子可以通过传播、感染、发芽和菌丝蔓延等形式导致木材败坏。引起木材腐朽的条件主要有:

1. 营养

木腐菌的生长需要木材中的纤维素、半纤维素和木质素。但并不是所有树种的木材都适合被木腐菌作为养料,如有些木材含有较多的树脂、芳香油、生物碱和酚类物质等,这些物质对一些木腐菌或昆虫有一定的毒杀或抑制能力,因而这些木材不易腐朽。霉菌和变色菌则需要以木材中的低聚糖、淀粉为养料,这些物质在边材细胞中含量较多。因此,相当多的木材的边材既不耐腐朽,也不抗蛀。

2. 水分

水分既是构成木腐菌菌丝体的主要成分,也是木腐菌分解木材的媒介。多数真菌在木材中适合的生长环境的含水率为 35%~60%。木材含水率低于 20%便可抑制真菌的发育。

3. 温度

真菌可以在较大的温度范围内生长,但温暖潮湿的环境最适合真菌生长,适宜的温度范围为 25~40℃。如果温度在 45℃以上或低于 10℃,真菌的生长就会受到抑制。对木材热处理温度达到 50℃,经过 24 h,或在 63℃热处理 3 h 后,均可杀

灭大部分真菌。

4. 空气

真菌同样需要空气才能生存。木材含水率很高时木材内部就会缺乏氧气,从而抑制真菌生长。真菌生长所需的最低空气量为木材体积的5%,木材细胞结构中的空隙含有的空气足以供应真菌生长。

5. 传染

很多真菌的孢子是通过空气传播的,菌丝是靠接触传染的,木材的生物结构和解剖特性适合微生物栖息繁殖。

6. pH 值

木腐菌一般喜于在弱酸性(pH 值介于4.5~5.5之间)的介质中繁殖和发育,而绝大多数木材的pH值在4.0~6.5之间,恰好适应菌类寄生的需要。

木材的防腐机理就是采用某种手段,消除上述真菌赖以生存的条件之一,来达到抑制其生长的目的。例如,用干燥方法干燥木材,可以消除微生物生存必备的水分;用水浸泡可以断绝微生物的氧气来源;化学药剂的防腐处理主要可以断绝其营养物质来源。目前,木材防腐主要是利用化学防腐剂的防腐作用。

(二) 木材防腐剂

木材防腐剂的防腐机理主要有两个:机械隔离防腐和毒性防腐。机械隔离防腐是将木材暴露的表面保护起来,阻止木材与外界环境因素直接接触,以防止微生物的侵蚀。这种方法是以涂料作为木材防腐剂,但其防腐效果不太理想。毒性防腐是靠防腐剂的毒性抑制微生物的生长。

木材防腐剂种类繁多,大致可以分为水载型木材防腐剂、有机溶剂型木材防腐剂和油类木材防腐剂等。

1. 水载型木材防腐剂

水载型木材防腐剂是最常用的木材防腐剂。水载型木材防腐剂有单一型和复合型两种,复合型的效果较好,常见的有:铜铬砷、烷基铵化合物、硼化物、季铵铜、铜唑、酸性铬酸铜、柠檬酸铜等。水载型木材防腐剂以水作溶剂,成本低,处理木材干净,无刺激性气味,不增加可燃性,不影响木材的胶合和油漆性能;但易造成木材处理后膨胀、干燥后收缩,不宜对尺寸精确度要求高的部件进行处理,而且抗流失性差,不适合用于与土壤接触的环境中。

2. 有机溶剂型木材防腐剂

常见的有机溶剂型木材防腐剂应至少含以下有效成分之一:戊唑醇、丙环唑、环丙唑醇、百菌清、三丁基氧化锡、三丁基环烷酸锡、环烷酸铜、环烷酸锌等。有机溶剂

型木材防腐剂是目前世界上用量最大的一种木材防腐剂。

有机溶剂型木材防腐剂对危害木材的各种生物有很强的毒杀作用,抗腐力强;注入木材容易,可以用涂刷、浸渍等各种方法处理;耐腐性能稳定,耐水性能较强;处理后的木材各项性能基本保持不变,不影响其机械强度;对金属没有腐蚀性。但是有机溶剂型木材防腐剂的价格较贵,成本较高;处理后的木材防火要求提高,因为注入木材内部的有机溶剂多为可燃性物质。

3. 油类木材防腐剂

油类木材防腐剂中常见的有煤杂酚油、煤焦油、葱油、焦化油、煤杂酚油与煤焦油或石油的混合油、褐煤焦油以及木焦油等。

油类木材防腐剂对大多数危害木材的腐朽菌、昆虫、白蚁等都有良好的预防和毒杀作用;耐水性能强,可长时间保留在木材中起防腐作用;资源丰富,制作成本低。但是该类防腐剂对人有一定的危害,容易使处理后的木材变色,降低了木材的胶合强度,使之不易油漆;经过处理的木材,温度的变化会导致其产生溢油的现象,对环境有污染。

(三) 木材防腐处理工艺

木材的防腐处理工艺条件一般应根据对产品防腐性能的要求、防腐剂的性质、木材的树种及规格等决定。其原则是使用最简单的设备、最简便的方法和最合适的防腐剂处理木材,达到最佳的防腐效果。

1. 木材防腐预处理

预处理的目的在于使防腐剂能均匀地、较深地渗入木材,其主要步骤包括去皮、干燥、刻痕等。

(1) 去皮。由于树皮中含有丰富的营养物质,可以为木腐菌的生长提供优良的营养、水分,所以对于刚伐下的木材应当去皮以利于保存。去皮的方法有手工去皮、机械去皮等。

(2) 干燥。由于一般的处理很难使防腐剂渗透到整个木材中,其中心材最不易渗入,因此,对木材干燥处理后再进行防腐处理,能保证木材内部也不发生腐朽。另外,木材含水率对防腐剂的注入量有很大影响,在高含水率状态下木材孔隙被水充填堵塞,阻断了防腐剂的渗透通道,使注入量减少;而且在这种情况下处理的木材,防腐剂会随着水分蒸发而被带到材面析出,影响防腐效果,因此,需要对木材进行预干燥。

为防止木材在干燥过程中过度开裂,或防腐过程中时而发生开裂现象,必须进行防裂处理,如捆扎、涂防裂剂、钉防裂器等。

(3) 刻痕。刻痕可提高防腐剂的渗透深度和分布的均匀性,同时也可以减少木

材的开裂,加快气干速度,尤其是采用减压干燥时,可大大提高干燥速度。

刻痕深度依据木材的厚度而定,大规格的木材,如枕木、电杆等刻痕深度为 15~20 mm;而对于小规格木材,如篱笆柱等,深度只需 6 mm。如果刻痕合理,不会明显降低木材的强度。由于刻痕处理大都破坏了木材表面的平整性,因此,经刻痕处理的木材一般不能用作表面材料。

2. 木材防腐处理

在木材防腐处理过程中药剂的注入方法有简易处理和加压处理两大类。简易处理方法简单易行、投资小、见效快,主要包括浸渍处理法、喷淋处理法、涂刷处理法、冷热槽法及双剂扩散法等。加压处理方法是利用一定压力、温度将药剂注入到木材内的方法。加压处理方法主要包括高压法、低压法、正负频压法、超高压法、两段处理法等。另外还有一些新发展的处理方法,如两次气体处理法、超临界液体处理法、气相硼法等。下面仅介绍其中一些常用的方法。

(1) 浸渍处理法。浸渍处理法是把木材放在盛有防腐剂的浸渍槽中浸泡,使防腐剂渗入到木材中的方法。一般浸渍槽设有加热装置,可以提高防腐剂的渗透能力。浸渍法的注入量及注入深度与树种、规格、处理时间和含水率有很大关系。浸渍处理前,木材应清理干净;大批量浸渍处理时,要在木材间留出间隔,以利于防腐剂的渗透和气泡的逸出;处理时要不时抖动木材和搅拌药液。

(2) 涂刷处理法。本法适用于较小规格木材的处理。在涂刷前,木材必须充分干燥,涂刷次数越多,防腐效果越好,但必须待前一次涂刷干燥后再进行下一次涂刷效果才好。所用防腐剂多为有机溶剂型木材防腐剂和水载型木材防腐剂。

(3) 冷热槽法。其原理是先将木材在盛有防腐剂的热槽中加热,由于木材受热温度上升,同时木材内的空气受热膨胀,水分开始蒸发;然后迅速将木材转移到冷槽中,由于骤冷,木材内的空气收缩,未排出的水蒸气凝结,在木材内产生部分真空,防腐剂便借助于内外压差被吸入木材中。

(4) 双剂扩散法。这种方法是将两种可形成不溶性沉淀的水载型木材防腐剂分别置于两个槽中,木材在一种防腐剂中充分浸渍处理后,再放到另一种防腐剂中浸渍一段时间,最后取出放置。两种防腐剂会在木材内发生反应,并生成具有防腐效力的不溶性沉淀沉积在木材的大孔隙及细胞壁中。

(5) 加压处理法。加压处理法的流程为:当木材进入处理罐后进行真空处理,保持一段时间(15~60 min);当真空达到一定程度后开始加防腐剂,同时保持真空度不变;待充满药剂后再解除真空,并开始加压到最大约 1~1.4 MPa,然后保持最大压力直至木材浸入规定的药剂量为止。

(6) 双真空法。双真空法是世界上最重要且使用最普遍的一种低压浸注法,有较好的防腐效果。其流程为:将木材放入处理罐后进行真空处理,并保持一段时间;

然后在保持真空的状态下将防腐剂打入罐内,当防腐剂充满处理罐后,接通大气提高压力,或用辅助空气压缩机把压力升高,并保持压力直至达到规定的吸收量为止;然后解除压力,将防腐剂排到储罐中;再将处理罐内压力降至要求的真空度,保持一定时间,除去多余的防腐剂;最后接通大气,使滞留在木材表面的防腐剂返回到木材中。这样处理后的木材表面干燥。木材处理几天后就能进行其他加工。

(7) 两次气体处理法。将木材依次用两种能够发生化学反应并在木材细胞中形成沉淀物的化学试剂进行处理也可以达到防腐效果。因为气体在木材中的渗透性比液体大,所以常用气体处理。例如,木材先用二硫化碳处理,待二硫化碳完全渗入木材后,排除处理罐中的二硫化碳并引入甲胺,甲胺与二硫化碳生成二硫代氨基甲酸酯。二硫代氨基甲酸酯是较好的杀菌剂,且沉积于木材细胞壁内,固着性好。但上述反应是在碱性介质中进行的,与木材的 pH 值相差较大。

(8) 超临界液体处理法。超临界液体既具有气体扩散通过纹孔膜的能力,又具有液体溶解防腐剂的能力。常用的超临界液体为二氧化碳(临界温度 31.1 °C、压力 7 280 kPa),先将超临界液体引入盛有木材的密闭容器中,保持温度和压力,使防腐剂扩散到木材中心。然后改变温度和压力,使液体不再处于超临界状态,这样防腐剂的溶解度随之改变,大部分防腐剂就会沉积在木材中。

四、木材的强化技术

采用物理、化学或机械方法加工或处理木材,使低质木材的密度(或表面密度)增大、力学强度提高,这种加工或处理过程称为木材的强化。木材的强化可提高低质木材的强度和整体功能,实现“劣材优用”、“小材大用”,提高木材的利用率和使用价值。常见的木材强化产品有浸渍木、压缩木、胶压木、强化木和塑合木等,下面对制成浸渍木、压缩木的浸渍强化和压密强化进行简单的介绍。

(一) 浸渍强化

木材在水溶性低分子量树脂的溶液中浸渍时,树脂扩散进入木材细胞壁并使木材增容,经干燥除去水分,树脂由于加热而固化,生成不溶于水的聚合物,这样处理的木材称为浸渍木。

木材浸渍的机理是把低分子量的树脂浸注于木材中,在高温条件下树脂彼此间聚合,并且可以降低木材的亲水性,抑制细胞壁对水分的吸着;树脂聚合物也使细胞壁膨胀增容,达到抑制细胞壁收缩性能的作用;另外,处理材的密度也得到提高。因此,进行浸渍处理后的木材的尺寸稳定性、力学强度性能均能得到显著改善。

常见的可以在木材细胞壁内聚合的树脂有酚醛树脂、脲醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂、糠醇树脂、间苯二酚树脂等。其中使用得最成功的是酚醛树脂,它具有抗缩率和耐老化性能好,干燥过程中化学药剂损失少的优点。

要使浸渍剂能够快速方便地进入到木材内部,提高在木材中的渗透性,降低成本和提高质量,常采用真空、加压浸注法,超声波法,预抽提法等方法。

1. 真空、加压浸注法

在对木材进行低分子树脂浸渍时,可单独采用真空浸注法或加压浸注法,也可以把真空和加压结合起来使用。当两种方法相结合时,其效果要比单独使用时好,且注入压力越大,注入时间越长,注入木材的树脂量就越高。

2. 超声波法

在常温常压下,用树脂浸渍木材时,将传递超声波的介质直接加在木材上,用超声波促进树脂渗透的方法即为超声波法。8 mm 厚的单板,在浸渍时只需 4~8 min 的振动就可得到较高的注入率。

3. 预抽提法

由于木材内常含有树脂、树胶和其他一些沉积物堵塞木材的传导组织,因此,用有机溶剂对木材进行抽提处理,可以疏通木材的流体通道,提高浸渍效率。

(二) 压密强化

压密强化是通过软化、压缩、定型的工艺过程,使软质木材的密度(或表面密度)和强度(或表面硬度)得以提高,从而达到木材强化目的的方法。由于木材的密度直接影响木材的强度,因而可借木材的压缩作用增加单位体积内木材实质的含量,但是这种木材压缩不应破坏木材的细胞壁。

1. 普通压缩木

普通压缩木是指仅对木材进行水热处理而不进行浸渍树脂、金属化等特殊处理直接压缩制成的木材。水热处理可使木材在水的增塑作用和热的软化作用下,提高木材的塑性,以达到成功压缩的目的。也可以将木材用尿素、硫酸等化学药剂处理来提高木材的塑性。

制作普通压缩木的工艺流程为:先将木块进行喷蒸处理,使其含水率达到 17%~20%,内部温度升至 85℃ 以上;然后将木块在热压机中横向压缩,压板温度一般在 120℃ 以上,木块压缩时可以采用分段施压的方法,压力逐次增大,通常都在 10 MPa 以上,也可以在一恒定的压力下压缩,达到规定厚度后,保温 40~60 min;之后,在保持压力的条件下,自然冷却。

采用该法所得的压缩木,由于热压温度较低、时间较短,不足以完全固定压缩变形,压缩木在一定的外界环境中厚度会有所回弹。因此,压缩木还应放于室内调整一段时间,消除其内应力后再加工;或者将其置于恒温恒湿的条件下加工,加工后的成品立即进行浸油或涂饰处理。

2. 表面压密木材

将干燥的软质木材的表层部分浸泡在水中预定的深度,当渗入一定量的水以后,用微波辐射加热。由于木材的表层部分含有水分,从而得到软化。然后将其直接放置在热压装置上进行压缩、压密,再经干燥使压缩部分固定,便得到了表面压密的木材。

表面压密木材的优点在于在需要硬度和强度的表层进行了集中的压密强化处理,未压密部分仍保持较低密度,整体木材表现出很高的强重比和利用率。

五、木材的软化技术

在常温常湿条件下,木材受外力作用,并不呈现出明显的塑性变形,且木材的软化点在热分解温度之上,故此时的木材是一种缺乏塑性的材料。但当外界条件改变,使木材中的木素、半纤维素等无定形非晶态高聚物发生玻璃化^①转变时,其弹性性能会迅速下降,基质软化,容易导致木材发生较大的塑性变形。故对木材进行软化处理,可实现对木材的弯曲、压缩、浮雕等塑性加工,然后在变形状态下干燥,恢复其原有的刚度和强度,进而实现木材的永久塑性变形。另外,也可以在流通加工中将木材软化后进行压缩整形,以利于木材的运输。

木材软化处理的方法大致可分为两类:化学软化法和物理软化法。化学软化法包括液氨法、氨水法、氨气法、联氨法、尿素法、碱液法、乙二胺法、碳酸氢钠法、氢氟酸法等;物理软化法包括水热法、高频介质加热法和微波加热法等。另外,也可采用物理、化学软化法联合处理软化木材。

(一) 化学软化法

用化学软化法处理木材,可以使木材软化充分且不受树种限制,是一种实用性、可行性强的木材软化法。但由于化学药剂往往有毒,需要密封软化处理木材,故对设备要求高、投资大。

1. 液氨法

液氨法是将干燥后的木材放入液态氨中浸泡一定时间后取出,等温度升到室温时,木材即已软化,可弯曲成所需的形状或进行压花、压缩等其他加工。然后再在保持外界压力的条件下干燥木材,待木材中所含的氨全部蒸发,即可固定成型。

为了促进液态氨的渗透,也可预先将木材细胞腔中的空气用气态氨或二氧化碳等气体进行置换。在液氨处理中,由于木材的细胞壁极度软化,因而在氨挥发时极

^① 玻璃化是指将某种物质转变成玻璃态的过程。玻璃态是一种介于液态与固态之间的状态,在此形态中没有任何的晶体结构存在。

易出现细胞的溃陷。为了防止出现这种现象,可在液态氨中添加不易挥发的膨胀剂,如聚乙二醇。

2. 氨水法

氨水法是将含水率为 80%~90% 的木材浸泡在浓度为 25% 的氨水溶液中,并在常温常压下对木材进行塑化。处理时间的长短取决于木材的树种和规格,有的可以长达十几天。塑化处理后,将木材在常温下加压 8 MPa,然后加热干燥到含水率为 3%~5%,可制成氨塑化压缩木。

还可将木材在常温常压下浸泡在浓度为 25% 的氨水中,十余天后木材即具有一定的可塑性,可以进行弯曲处理。这种方法操作简便,处理效果好,但是花费时间太长,可以用加温加压的措施来缩短浸泡时间。

3. 氨气法

氨气法是将含水率为 10%~20% 的木材放入处理罐中,导入饱和气态氨,处理 2~4 h(具体时间根据木材厚度决定)后,再对其进行压缩、塑形的的方法。该方法处理技术简单,耗氨量少,在使用中塑化材不易挠曲^①变形,比较适于曲木家具的制造。但是用该法软化处理成型的弯曲木,其定塑性能不如液氨法处理所得的木材。

4. 联氨法

联氨法可以软化木质素—碳水化合物复合体,联氨对纤维素的作用与氨相似。其处理方法为:首先在处理罐内放入木材,将其抽成真空;然后吸入联氨溶液,加压浸注,在浸渍过程中,木材变软,再于 80~100 °C 的温度下加热 10~30 min,使其塑性继续提高;最后再对浸渍后木材进行弯曲或压缩。

5. 尿素法

用尿素处理木材的原理与用氨处理木材的原理相似。具体操作是将木材浸泡在浓度为 50% 的尿素水溶液中进行浸渍处理,如厚度为 25 mm 的木材在 18~20 °C 的温度下需要进行 10 天左右的浸渍处理;然后在一定温度下将木材干燥到含水率为 20%~30%,再加热至 100 °C 左右,就可以对其进行弯曲、干燥定型。

6. 碱液法

将木材放在浓度为 10%~15% 氢氧化钠溶液或 15%~20% 氢氧化钾溶液中,一定时间后木材即明显软化。取出木材用清水清洗后即可进行自由弯曲。用碱液法处理木材,碱液的浓度对弯曲性能的影响最为显著。当碱液浓度低于 9% 时,木材

^① 物体表面突然凸出或其他变形所形成的膝状弯曲均称挠曲。

难以软化;当浓度约为17%时,软化可达到最佳状态。该法软化效果好,但易产生木材变色和塌陷等缺陷,可用浓度为3%~5%的双氧水漂白浸渍过碱液的木材,并用甘油等浸渍来防止这些缺陷。

(二) 物理软化法

木材细胞壁的三种组成成分(纤维素、半纤维素和木质素)有各自的玻璃化温度^①。如果给予木材适当的水分和热量,纤维素不会发生什么变化,但木质素、半纤维素达到玻璃化温度后,其弹性模量^②会迅速降低,木材即被软化,易于弯曲。水热法、微波加热法等物理软化法都是基于这一原理。

用物理软化法处理木材操作简单、实效、无毒、方便,应用广泛,但软化效果往往受树种限制,不够充分,并且能耗高。

1. 水热法

水热法主要有水煮和汽蒸两种方法。

水煮法主要是靠提高温度和水的渗透作用提高木材含水率来软化木材。水煮时,水能进入木材细胞壁,增大细胞壁的空间体积,并且高温下木材分子间相对滑移容易。因而在热的作用下,木材具有暂时的塑性。水煮木材的温度容易控制,软化木材易透且较均匀,但用水量很大,污染大。

汽蒸法主要靠蒸汽温度软化木材。用蒸汽热处理木段有快速、均匀、热量高、易控制且可以防止木材变色等优点。在一定的温度和时间范围内,软化介质的温度越高、保温时间越长,木材的软化效果越好;超过一定的温度和时间范围以后,继续升温或延长保温时间,软化效果反而变差,不仅降低了生产效率、增加了生产成本,而且还会损害木材的力学性能。

水煮法、汽蒸法简单易行,在工厂中最为常见,其处理时间长短取决于树种、木材尺寸、处理温度及蒸气压力等。在处理厚材时,为缩短时间,可采用耐压蒸煮锅提高蒸汽压力。若蒸汽压力过高,往往会出现木材表面温度过高、软化过度,而中心层温度低、软化不均;反之,若处理温度过低,则软化不足。

2. 高频介质加热法

高频介质加热法是将木材置于高频振荡电路工作电容器的两块极板之间,加上高频电压,即在两极板之间产生交变电场,使得木材内部的极性分子基团和水分子呈偶极子不断快速反复运动,分子之间发生强烈内摩擦产生热能,使木材加热软化。

① 物质由高弹态转变为玻璃态的温度称为玻璃化温度。

② 材料在弹性变形阶段,其应力和应变成正比例关系,其比例系数称为弹性模量。

由于高频加热是对木材整体同时进行,因此,加热速度快、软化周期短、加热均匀。其设备投资少,操作简便,木材越厚,该方法的优点越明显,只是其穿透力不及微波。

3. 微波加热法

微波加热法是在频率为 (915 ± 25) Hz 或 $(2\,450 \pm 50)$ Hz 的电磁波照射下对木材加热以软化木材的方法。进行软化的木材放于波导管的谐振腔的辐射场照射下,用微波来激发木材中的极性分子(如水分子及有关的官能团)极化、振动而产生热量,从而达到加热软化木材的目的。此方法要求木材含水率不能太低(常常在饱和水状态),以提高软化效果。

与传统的水热法相比,微波加热法具有升温速度快,软化时间短,温度易于控制,木材能在最佳工艺条件下软化,不易引起含水率梯度,减少含水率应力,减少应力集中等优点。其缺点是设备等所需投资较高,耗电量较大,且微波辐射对人体有损害,需密封处理。

本章小结

第一节首先简要介绍了木材的构造,对常用的木材的物理性质进行了阐述,对常见的木材的缺陷,如天然缺陷、生物缺陷及加工缺陷进行了分析。

第二节主要对原木的锯解与制材工艺进行了阐述,介绍了制材所用设备。

第三节重点讲解了木材的改性技术,包括木材的干燥技术、阻燃技术、防腐技术、强化技术和软化技术。其中,木材干燥技术部分主要介绍了常见的大气干燥、热风干燥、蒸汽干燥、除湿干燥、太阳能干燥、真空干燥、高频电流干燥等技术;木材的阻燃技术部分主要介绍了常见的木材阻燃剂、木材的阻燃机理以及典型的阻燃工艺;木材的防腐技术部分主要介绍了木材腐朽的原因及防腐机理,并对常见的木材防腐剂及防腐处理工艺作了讲解;木材的强化技术部分主要介绍了浸渍强化和压密强化两种方法;木材的软化技术部分介绍了常用的化学软化法(如液氨法、氨水法、氨气法、联氨法、尿素法和碱液法)以及常用的物理软化法(如水热法、高频介质加热法和微波加热法等)。

思考题

- (1) 常见的木材缺陷有哪些?
- (2) 对原木锯解如何才能最大程度地出材?
- (3) 为什么要对木材进行干燥处理?
- (4) 常见的木材阻燃工艺有哪些?

- (5) 如何进行木材的强化处理?
- (6) 对木材进行软化处理有何益处?

案例分析

实木弯曲家具

长期以来,世界上广泛使用木材作为制造家具、木门的主体材料。木材虽然有着种种优点,但是木材的弯曲性能较差,弯曲变形稍大就会折断。因此,常见的木家具、木门部件大多是直的,即使必须使用弯曲部件时,也只好从大块的木材中锯割出来。例如,中国传统家具中圈椅上的扶手与靠背相连的大圈,法国路易式家具、木门中的弯腿等,都是使用大块木材锯割拼接而成的。

1842年,德国人迈克尔·索耐特(Michael Thonet)首创了实木弯曲成型工艺,制作了世界上第一把曲木椅子,弯曲成型的圆形半径小到只有木材厚度的3倍。迈克尔·索耐特的单板层压弯曲成型座椅的试制成功,为各种弯曲家具、木门的发展拓展了广阔的领域,从而开创了现代家具和木门的新时代。实木弯曲成型工艺的主要特点是:家具、木门部件造型多样,线条流畅、明快、简洁,具有独特的工艺美;木材利用率提高约30%,产品工艺过程简单。

实木弯曲成型是一种无屑实木成型加工工艺,它可以分成三个阶段:塑化(软化)、弯曲和定型。木材首先要刨成方材,然后精确地裁成弯曲长度。为达到可弯曲的性能,必须先将木材进行软化,这表现为温度和湿度的影响。目前传统的软化方法是水热法,即把水分和热量当成木材的软化剂。一般是将准备好的木材放在一定条件的热水或蒸汽中进行一段时间的软化,时间的长短与木材的初始含水率、树种和厚度有关。木材弯曲时最合适的含水率是木材纤维饱和点的含水率,即20%~30%,此时木材的强度最小,可产生的变形最大。使用实木软化专用设备,可以在较短的时间内消耗较少的能量,从而将木材转变为可以弯曲的状态。

此外,在实木弯曲成型中需要注意的是:

(1) 实木在弯曲时,要将其放在金属薄板中,以扼制弯曲过程中工件外表的拉伸。

(2) 对工件弯曲完成后,要对工件进行降温 and 干燥处理,常用的方法是将其放在低温干燥室中进行干燥,为了使工件保持需要的形状,应将工件夹在一个干燥架上。在实木含水率低于12%时,工件定型完成,它的形态即使在以后湿度增大时也不会发生明显的改变。

(3) 在进行弯曲处理时实木内部会产生内应力,通过自然冷却就可以明显减小内应力。

问题

结合本案例谈谈木材软化技术的应用前景。

实训设计

木材的防腐技术应用

【实训目标】

- (1) 了解木材的防腐技术在木材流通加工中的地位与作用。
- (2) 掌握木材不同防腐技术的效果。

【实训内容与要求】

实训内容:根据实际情况了解木材防腐技术的应用及效果,了解木材的铁路运输及水路运输所采用的防腐技术,并调查其效果。

实训要求:

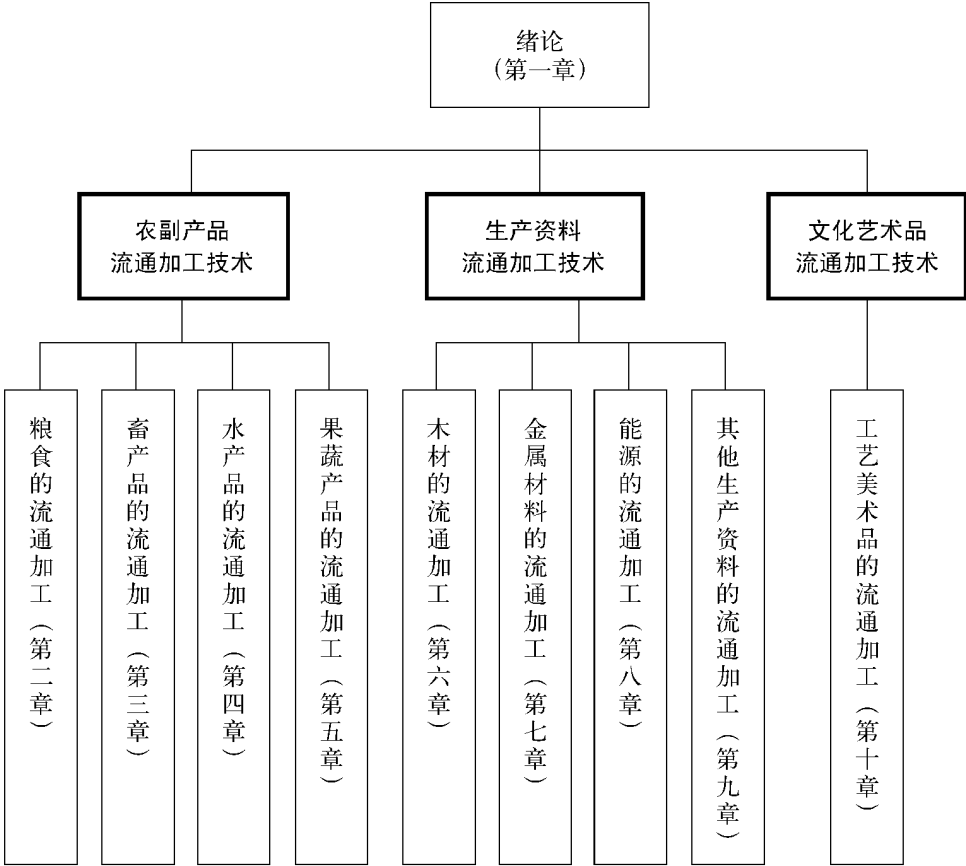
- (1) 4~5 位同学为一组,根据实训目标自行设计调查方案和调查内容。
- (2) 实训中要注意分析不同防腐技术的应用及其效果。
- (3) 实训结束,撰写调查报告。

【成果与检验】

每位同学的成绩由两部分组成:学生调查的实施情况(30%)和调查报告(70%)。

第七章

金属材料的流通加工



流通加工技术结构模型

知识目标

- 了解金属材料切割加工技术；
- 了解金属材料防腐蚀技术；
- 掌握缓冲包装和防锈包装技术。

技能目标

- 能够解决机械产品运输中的包装问题；
- 能够结合环境及技术条件,处理好金属材料的流通加工问题。

金属材料在现代工农业生产中占有极其重要的地位。不仅机械制造、交通运输、国防与科学技术等各个部门都需要大量金属材料,而且人们日常生活用品的制造也离不开金属材料。金属材料不仅具有优良的使用性能(包括材料的物理、化学和力学性能),而且还具有良好的工艺性能(包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能、切削加工性能)。由此可见,金属材料是现代最重要的工程材料之一。

金属材料的流通加工主要有两方面的问题:一是对金属材料进行切割,便于运输,如较长钢材的运输;二是防止金属材料的腐蚀。

第一节 金属材料切割加工技术

金属材料的切割方法有多种,现代工业生产中普遍应用的主要有气割、等离子弧切割、激光切割和水射流切割等。

一、气割

气割是利用可燃气体与助燃气体(氧气)混合燃烧的火焰热能将工件切割处预热到一定温度后,喷出高速切割氧流,使金属剧烈氧化并放出热量,利用切割氧流把熔化状态的金属氧化物吹掉,而实现切割的方法。

(一) 气割原理

金属的气割原理是利用氧气—燃气火焰(称预热火焰)将金属表层的一个小区域加热到燃点并形成活化状态,然后送入高纯度、高流速的切割氧流,使金属在纯氧氛围中燃烧生成氧化物熔渣同时放出大量的热;已燃烧的气体 and 高压氧流将熔融的氧化物冲洗掉,这些燃烧热和熔渣不断加热金属新的待切割表面,使之在氧流下继续燃烧,直至工件的底部,从而形成切口,将金属切开。如图 7-1 所示。

气割的过程包括预热、燃烧和吹渣三个阶段(或称三个步骤)。

(1) 预热。预热是指用火焰将待切割金属预热到金属的燃点。

(2) 燃烧。燃烧是指被预热到燃点的金属在切割氧流的作用下剧烈地燃烧。

(3) 吹渣。吹渣是指借助切割氧流的压力,将切口中金属燃烧后生成的氧化物熔渣(一般为氧化铁水)吹出切口。

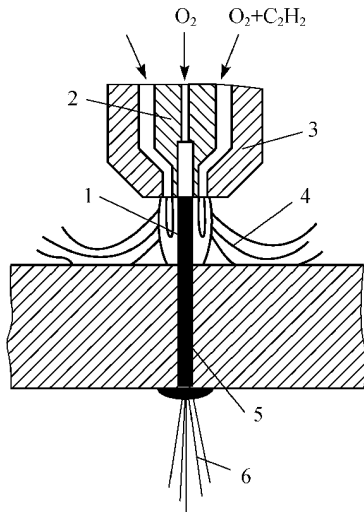


图 7-1 气割示意图

—切割氧流; 2—切割嘴; 3—预热嘴;

4—预热焰; 5—切口; 6—氧化渣

(二) 气割用气体

气割用的气体可分为两类,即助燃气体(氧气)和可燃气体(如乙炔等)。

1. 氧气

在标准状态下,氧气是无色无味无毒的气体,其分子式为 O_2 , 密度为 1.43 kg/m^3 , 比空气稍重(空气密度是 1.29 kg/m^3); 在 $-183 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,氧气会变成淡蓝色的液体; 在 $-219 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,氧气会凝成淡蓝色雪状的固体。氧气本身不能燃烧,是一种活泼的助燃气体,是强氧化剂,与可燃气体混合燃烧可以得到高温火焰。有机物与氧发生反应时会放出大量的热。增加氧的压力和温度,会使反应显著加快。当压缩的气态氧与矿物油、油中细微分散的可燃物质接触时能够发生自燃,这常成为燃烧或爆炸的原因。因此,在使用氧气时,尤其是在压缩状态下,必须要注意不能使它和易燃物质相接触。

2. 乙炔

乙炔属于碳氢化合物,其化学分子式为 C_2H_2 ,在常温下是无色气体。工业用乙炔含杂质硫化氢(H_2S)、磷化氢(PH_3)和氨(NH_3)等。乙炔是一种发热量大、燃烧速度快、火焰温度高的燃气,因而是气割中应用较多的一种气体。但是乙炔易爆、安全系数低,生产过程耗能耗电又污染环境。

3. 石油气

石油气是石油炼制工业的副产品。其主要成分是丙烷(C_3H_8),含量多为 50%~80%;其余是丙烯(C_3H_6)、丁烷(C_4H_{10})和丁烯(C_4H_8)等。石油气切割面质量好,切割薄板时变形量小,而且丙烷燃烧速度低,切割时不易回火;缺点是切割速度慢,氧气耗量大。

4. 天然气

天然气的主要成分是甲烷(CH_4)。天然气比丙烷燃烧温度更低,预热时间比丙烷所需的切割时间稍长,割速更慢,但切割质量较好。氧与天然气在预热时的混合比例为 2:1,以提高火焰的温度;切割时的混合比例为 1.5:1,切割较厚板材时的混合比例为 1:1。

(三) 气割设备和工具

1. 氧气瓶及瓶阀

氧气瓶是储存和运输氧气的一种高压容器,因使用方便,所以在工矿企业单位中使用广泛。通常使用的氧气瓶是用低合金钢锭直接经过冲压、拔伸和收口而成的圆形无缝瓶体。

装在氧气瓶上的瓶阀是控制氧气进出的阀门。按照瓶阀的构造不同,可分为活瓣式和隔膜式两种。目前主要采用活瓣式瓶阀。阀体一般用黄铜或青铜制成,密封材料采用不易燃烧和无油质的材料。

2. 氧气减压器

氧气减压器的作用主要在于减压、稳压和示压。减压器能把氧气瓶内的高压气体减小到所需要的工作压力;能够通过自动调节,稳定地输出一个工作压力;其压力表能分别显示氧气瓶内的压力和工作压力(即氧气瓶出口端的压力)。

3. 乙炔发生器及乙炔瓶

乙炔发生器是利用电石与水进行化学反应制取乙炔的设备。乙炔瓶是用于储存和运输乙炔的一种容器。

4. 回火防止器

回火防止器是装在燃料气体系统上,防止火焰向燃气管路或气源回烧的保险装

置。它是乙炔发生器和乙炔瓶必不可少的安全装置,目前,国内常用水封式回火防止器。

5. 割炬

割炬又称割枪或割把,是气割必不可少的工具。割炬的作用是向割嘴稳定地供应预热用气体和切割氧,并能控制这些气体的压力和流量,调节预热火焰的特性等。对割炬的要求是简单轻便、易于操作、使用安全可靠。

6. 护目镜

目前,国内一般采用墨镜作为护目镜,镜片的颜色常采用绿色、蓝色。护目镜的作用是阻挡有害强光对眼睛的辐射及防止切割时飞溅物灼伤操作者的眼睛。

二、等离子弧切割

(一) 等离子弧切割原理

等离子弧切割最初是以难以用氧—乙炔火焰切割的不锈钢和有色金属等材料为主要加工对象而研究开发的一种特殊热切割方法。

物质的固体、液体和气体状态通常称为物质的三态。如果将第三态的气体加热到足够高的温度,则分子就离解成原子;再继续升温,原子中的电子就会脱离原子核的引力而成为带负电的自由电子,同时原子核因带正电而成为正离子,这时的气体就呈现出导电性。由气体离解和分裂而成的自由电子、正离子以及部分原子和分子组成的,具有导电性的混合物质,在物理学上称为等离子体,是继气体之后的物质第四态。

等离子弧切割法是将混合气体通过高频电弧,并由高频电弧使一些气体“分解”或离子化成为基本的原子粒子,从而产生“等离子”;然后,高压气体把等离子从割炬烧嘴中吹出,出口速度为 $800 \sim 1\,000 \text{ m/s}$ 。这样,结合等离子中的各种气体恢复到正常状态时所释放的高能量产生的高温,从而使工件快速熔化,熔化的氧化物熔渣由喷出的高压气流吹走。使用的混合气体可以是空气,也可以是氢气、氩气和氮气的混合气体。由于等离子弧是拘束型电弧,在机械压缩、热收缩和磁收缩三种效应的作用下,弧柱被高度压缩,气体达到高度电离,从而产生极高的温度,能量高度集中并产生强冲击力。由于弧柱温度远远超过金属及其氧化物的熔点,所以可切割任何金属和非金属材料。一般等离子弧切割示意图如图 7-2 所示。

(二) 等离子弧切割种类及其特点

根据采用气体介质的种类,等离子弧切割方法通常可分为氩—氢等离子弧切割、氮气等离子弧切割、氧气等离子弧切割、空气等离子弧切割和喷水式等离子弧切割等。

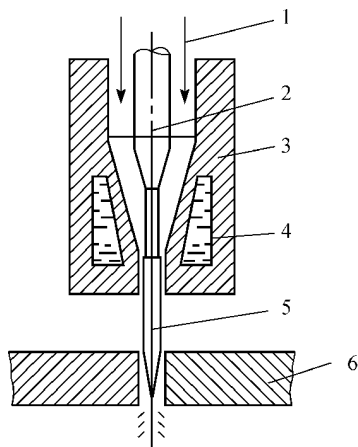


图 7-2 一般等离子弧切割示意图

1—等离子气；2—电极；3—喷嘴；4—冷却水；

5—等离子弧；6—工件

1. 氩—氢等离子弧切割

氩气作为等离子弧气体时,由于它是惰性气体,因而在电弧高温下也不会与金属材料发生化学反应,切口表面材质几乎不变,电极和喷嘴氧化烧损少。另外,氩气容易电离、导热率小、原子量大,容易形成高电离度,具有良好、稳定的等离子弧。单用氩气作离子气体,携热性差、弧柱较短、切割能力很低,因此,通常采用氩—氢混合气体等离子弧,即在氩气中加 20%~30% 的氢气作辅助气体。两者结合能形成稳定、能量密度高、弧柱长的等离子弧,切割能力强,而且切口宽度和切割面倾斜度好,切口光洁,是等离子弧切割法中切割质量较优的一种方法。氩—氢等离子弧主要用于切割不锈钢、铝及其合金、铜和铜合金等有色金属。

2. 氮气等离子弧切割

氮的导热和携热性能良好,弧柱也较长,因此,具有较好的切割能力。但切割面质量不如氩—氢等离子弧,且粘有氮化膜,尤其在切割铝时,切割面会因氮化而变色。不过,氮气的价格较低,单一气体在操作上也较简便。这种方法适用于对质量要求不高的不锈钢、铸钢等的切割。

3. 氧气等离子弧切割

氧气等离子弧切割是以氧气作等离子气,在切割过程中增加了氧和铁的氧化燃烧反应,是一种较新的等离子切割方法。氧气等离子弧主要用于切割普碳钢。氧气等离子弧切割速度快,切口下缘不粘渣,切割变形小,精度高。但因氧化作用强,电极损耗快。

4. 空气等离子弧切割

空气等离子弧中的空气是氮和氧(4:1)的混合气体,其特性介于氧气等离子弧和氮气等离子弧之间。空气和氧气同属氧化性气体,切割性能也很相近,差别仅是空气中含氧量低,切割时切口表面不如氧气等离子弧切割时有金属光泽。空气等离子弧切割的除熔渣性能虽不如氧气等离子弧切割那样良好,但除熔渣性能还是比较好的。空气等离子弧切割用来切割薄板和中厚板,既方便又经济,现在正逐渐成为主要的切割方法。

5. 喷水式等离子弧切割

喷水式等离子弧切割采用的等离子气体多为氮气,切割时从喷嘴出口处喷水,等离子弧柱外围遇水冷却,使弧柱再次压缩变细,从而使能量密度更集中。弧柱边缘的水在高温作用下分解为氧和氢,氧与工件起化学反应产生热量,提高切割速度和效率。同时,水喷到切口边缘,工件遇水冷却,减少了氧化,使切口边缘光洁发亮、垂直,且切割所产生的粉尘、弧光和噪声都被水吸收。

(三) 等离子弧切割设备

等离子弧切割设备主要包括电源与控制系统、等离子弧切割枪、供水和供气系统等。

1. 电源与控制系统

等离子弧切割电源可以是磁放大器式、硅整流式或晶闸管式电源,当功率较小时可采用单相电源,而功率较大时则应采用三相电源。电源功率一般在10~50 kW,但切割100 mm以上的厚金属板时,会要求更大的电源功率(如50~100 kW)。

等离子弧切割机的控制系统要具有通水、提前送气、电弧控制、滞后断气及切断电源等功能。自动化切割机还要求在切割的同时,控制小车或数控切割机床的运动,如确定切割枪口的行走轨迹、枪口高度的监视控制等。对控制系统的主要要求是具有稳定和灵活的调节功能,能够准确地显示切割参数和具有可靠的安全措施。

2. 等离子弧切割枪

等离子弧切割枪是切割设备的主要部分,它的性能决定了切割的质量和效率。从结构上看,等离子弧切割枪与其他等离子工艺用枪大体相同,都由上枪体、绝缘体和下枪体三部分组成。

3. 供水和供气系统

(1) 冷却水供水系统。大电流等离子弧切割装置都需用水强制冷却电极和喷嘴,以保护它们不致过热,使切割工作能稳定地进行。另外,大功率电弧用切割电缆也要用水冷却。冷却水流量根据等离子弧电功率而定,在一般切割场合可取3~5 L/min,

切割厚金属的大功率割炬,则需为 10 L/min。另外,冷却水的水质要洁净,以避免杂物沉积在割炬和水再压缩喷嘴的喷射水孔中,影响冷却效果。为此,进水管最好使用透明软管,以便目视检查水中有无浮游物或带其他颜色的不洁净物质。

(2) 供气系统。供气系统用于向割炬定量地供给工作气体,在小电流空气和氧等离子弧切割的场合,还应同时供给冷却用气体。系统中设储气筒,其作用是在开始切割时,减小气流的冲击作用,便于顺利地引燃电弧;切割终了时滞后断气,保护钨极不被氧化。电磁气阀用于控制气路的接通和关闭,避免不工作时气体流失。

三、激光切割

激光是 20 世纪以来,继原子能、计算机、半导体之后,人类的又一重大发明,被称为“最快的刀”、“最准的尺”、“最亮的光”和“奇异的激光”。它的亮度为太阳光的 50 亿倍。它的原理早在 1916 年就被著名的物理学家爱因斯坦发现,但直到 1958 年激光才被首次成功制造。

(一) 激光及其特点

在组成物质的原子中,不同数量的粒子(电子)分布在不同的能级上,在高能级上的粒子受到某种光子的激发,会从高能级跳到(跃迁)到低能级上,这时将会辐射出与激发它的光相同性质的光,而且在某种状态下,能出现一个弱光激发出一个强光的现象。这就称为“受激辐射的光放大”,由此所得的光简称激光。

与一般光相比,激光具有四个特点:

1. 亮度高

由于激光的发射能力强和能量高度集中,所以亮度很高,它比普通光源亮亿万倍。亮度是衡量一个光源质量的重要指标,若中等强度的激光束经过会聚,可在焦点处产生几千到几万度的高温。

2. 方向性好

激光发射后的发散角非常小,激光射出 20 km,光斑直径只有 20~30 cm,激光射到离地球 3.84×10^5 km 的月球上,其光斑直径还不到 2 km。

3. 单色性好

光的颜色由光的波长决定,不同的颜色,是不同波长的光作用于人的视觉而反映出来的。激光的波长基本一致,谱线宽度很窄,颜色很纯,单色性很好。由于这个特性,激光在通信技术中应用很广。

4. 相干性好

相干性是所有波的共性,但由于各种光波的品质不同,导致它们的相干性也有

高低之分。普通光是自发辐射光,不会产生干涉现象。激光不同于普通光源,它是受激辐射光,具有极强的相干性,所以称为相干光。

(二) 激光器的种类

现在常用的激光器大体分为两大类:一类是固体激光器,另一类是气体激光器。

1. 固体激光器

固体激光器一般采用光激励源,工作物质多为掺有杂质元素的晶体或玻璃。最常见的固体激光器有红宝石激光器、钕玻璃激光器、掺钕钇铝石榴石激光器等,固体激光器输出能量高,小而坚固,在激光加工、激光武器制造等方面有重要应用。

2. 气体激光器

气体激光器一般采用电激励源,能以脉冲和连续两种方式工作。常见的气体激光器有氦—氖激光器,CO₂ 激光器等。气体激光器效率较高,常用于精密测量、全息照相等领域。

(三) 激光切割的原理、类型和特点

1. 激光切割的原理

激光切割是将激光束的能量转变成热能实现切割的方法。其原理是:激光切割时,把激光器作为光源,通过反射镜导光,聚焦透镜聚焦光束,以很高的功率密度照射被加工的材料,材料吸收光能并转变为热能,从而使材料熔化、汽化,把材料穿透,并通过激光束等速移动而产生连续切口。

2. 激光切割的类型

根据工件的热物理特性和辅助气体的性状,激光切割有以下几种类型:

(1) 汽化切割。工件在激光束的照射下,温度在极短时间内升到沸点以上,这时一部分材料化作蒸气散去,另一部分材料成为液、固态料喷出物从切缝底部被吹走,形成割缝。汽化切割机切割时所需要的功率密度为 10 W/cm^2 ,是激光熔化切割机所需能量的 10 倍。

(2) 熔化切割。这种方法利用激光产生的热量使金属熔化,再喷吹与光束同轴的辅助气体,将熔化的金属吹掉从而形成割缝,经常用于易氧化材料的切割。

(3) 氧助熔化切割。这种切割方法的实质是以激光预热,以氧气(或空气、氯气)代替熔化切割中的惰性气体,从而利用氧放热反应提供更多的能量。这种方法主要用于切割钢、钛等金属材料。氧助熔化切割的速度要高于用惰性气体熔化切割的速度。

(4) 划片与控制断裂。划片是指用激光在一些脆性材料表面刻划小槽,然后施加一定外力使材料沿槽口断开。在激光束加热刻槽的同时,由加热引起的热梯度在脆性材料内部产生局部热应力来控制材料沿刻槽断开。控制断裂所需要的激光功

率很小,但速度快。如果激光功率太大反而会造成工件表面熔化,并且破坏切缝边缘。控制断裂时可控制激光功率和光斑尺寸两个参数。

3. 激光切割的特点

激光切割是一种高速度、高质量的切割方法,其特点可总结为以下几点:

- (1) 可切割软、硬、脆、易碎材料及合成材料等多种材料。
- (2) 切割速度快。切割低碳钢、钛板时的切割速度可达到每分钟数米至数十米。
- (3) 可实现多方位操作,易实现数控自动化切割。
- (4) 切割缝细窄,节省切割材料。

(5) 可进行薄板高速切割和曲面切割,切口和热影响区都很窄小。切割宽度仅为 $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$,并且切割后工件变形很小,材料性能不受影响。特别适于切割厚度小于 15 mm 的材料。

(6) 工具无磨损。由于是无接触切割,所以不存在工具磨损和更换刀具的问题,只需调整工艺参数,节约了时间,提高了工作效率。

(7) 切割时噪声低,污染小。

(8) 切缝边缘的垂直度好,切边光滑,表面粗糙度可低到十几微米,优于气体火焰切割和等离子弧切割等其他热能切割法。

(四) 激光切割设备

如图 7-3 所示,激光切割设备主要由激光器、光束检测器、偏转聚焦系统、工作台和控制系统等组成。控制系统目前多采用数控系统,用不同类型的计算机来控制加工轨迹、冷却系统等。

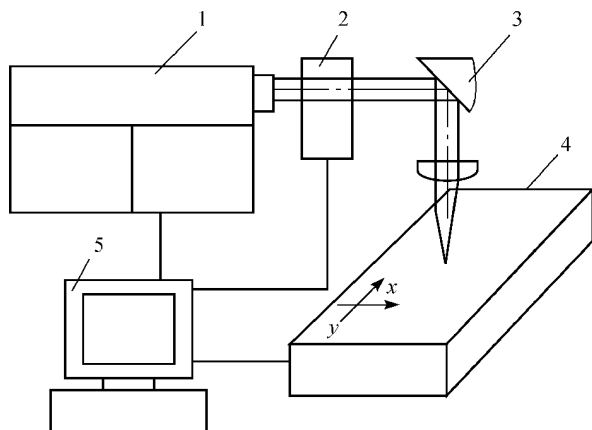


图 7-3 激光切割设备组成示意图

1—激光器; 2—光束检测器; 3—偏转聚焦系统; 4—工作台; 5—控制系统

四、水射流切割

“水滴石穿”体现了在人们眼中秉性柔弱的水本身潜在的威力,然而,作为一项独立而完整的加工技术,水射流的产生却是最近三十年的事。在最近十多年里,水射流切割技术和设备有了长足进步,其应用遍及工业生产和人们生活的各个方面。

1. 水射流切割的原理

水射流切割的原理是利用水的巨大动量对材料产生的冲蚀、剪切作用及磨料的微细加工效应,将工件割开并形成良好的切割面。普通水流经过一个超高压加压器加压后通过一个细小的喷嘴(其直径为 $0.1\sim 0.4\text{ mm}$),可产生速度约 $1\,000\text{ m/s}$ 的水射流。切割金属及较硬的材质时,将磨料与水混流可大大增强其切割能力,此种高速度的混合磨料水刀几乎可切割任何材质。

2. 水射流切割的特点

(1) 采用水射流切割,无热作用,不产生热压力,工件材料不会受热变形,不改变被加工材料的性能,切缝很窄($0.075\sim 0.40\text{ mm}$),材料利用率高,加工精度一般可达 $0.075\sim 0.1\text{ mm}$ 。

(2) 水射流切割“工具”不会变钝,即高压水流束永远不会变钝,并且水射流切割具有多方面的切割力,各方面都有切削作用。使用水量不多,加工开始时不需进刀槽、孔,在工件上任意一点都可以开始和结束切削,可加工小半径的内圆角,与数控系统相结合后,可以进行复杂形状的自动加工。

(3) 加工区温度低。由于切削中不产生热量,无切屑、毛刺、烟尘、渣土等,加工产物混入液体排出,实现了无灰尘、无污染的环保加工。

(4) 没有引起火花的危险,可加工非金属易燃材料。目前,水切割加工在航天、航空工业中应用较多,在船舶行业中也已获得应用,如切割胶合板、聚四氯乙烯和橡胶及铝、双金属板和铜镍合金等。

3. 水射流切割设备

目前,数控水射流加工机的基本组成主要有液压系统、切割系统、控制系统、过滤设备等,如图 7-4 所示。机床结构一般设计为工件不动,由切削头带动喷嘴作 x 、 y 、 z 三个方向的移动。由于喷嘴口与工作表面之间的压射距离必须保持恒定才能保证加工质量,所以切削头上装有一个传感器,以控制压射距离。三个方向的移动由数控系统控制,可以加工出复杂的立体形状。

在加工大型工件如船体、缸体、炉体等时,不能放在机床上进行,操作者可手持

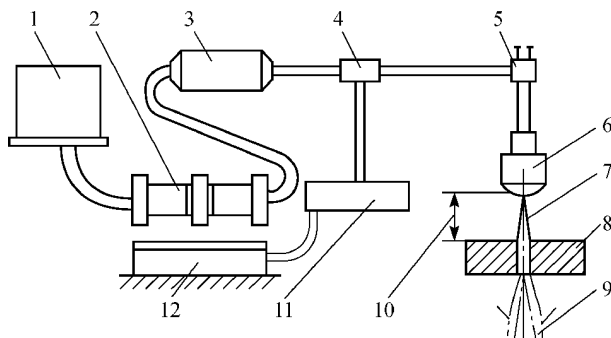


图 7-4 水射流切割设备示意图

- 1—水箱；2—水泵；3—储液蓄能器；4—控制器；5—阀；6—蓝宝石喷嘴；
7—射流束；8—工件；9—排水口；10—压射距离；
11—液压系统；12—增压器

喷枪在工件上移动进行作业。由于无热量和电火花产生,因而对装有易燃物品的船舱、油缸,可以用高压水流束切割。手持喷枪可在陆地、岸滩、海上石油平台甚至海底进行作业。

第二节 金属材料防腐蚀技术

金属材料受周围介质的作用而损坏,称为金属腐蚀。金属腐蚀会造成经济上的巨大损失。据调查数据可知,全球每年因腐蚀造成的金属损失量高达全年金属产量的20%~40%;发达国家每年由于金属腐蚀造成的直接损失约占其国民经济生产总值的1.5%~4.2%;而在中国,每年由于金属腐蚀造成的经济损失高达4 000亿~6 000亿元。因此,了解金属腐蚀及其防护具有重要的社会和经济意义。

一、金属腐蚀的分类

由于金属腐蚀涉及的领域广,机理比较复杂,因而其分类方法也是多样的。常见的金属腐蚀的分类方法有下列三种:

(一) 按腐蚀的过程分类

根据腐蚀过程的特点,可以将金属腐蚀分为化学、电化学和物理腐蚀三类。

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是指金属表面与非电解质发生纯化学反应而引起的损坏,通常在一些

干燥气体和非电解质溶液中进行。其反应过程的特点是金属表面的原子与非电解质中的氧化剂直接发生氧化还原反应而形成腐蚀产物。在腐蚀过程中,电子的传递在金属与氧化剂之间直接进行,故腐蚀时不产生电流。

2. 电化学腐蚀

电化学腐蚀是金属表面与电解质溶液发生电化学反应而产生的破坏,反应过程中有电流产生。通常按电化学机理进行的腐蚀反应至少有一个阳极反应和一个阴极反应,并以流过金属内部的电子流和介质中的离子流构成电流回路。阳极反应是氧化过程,即金属失去电子而成为离子状态进入溶液;阴极反应是还原过程,即氧化剂在金属表面或溶液界面上得到金属内的剩余电子。电化学腐蚀是最普遍、最常见的腐蚀。金属在大气、海水、土壤及酸、碱、盐等介质中所发生的腐蚀皆属此类。

电化学作用也可以和力学作用、机械作用、生物作用共同导致金属的破坏。当金属同时受到电化学和拉应力作用时,将发生应力腐蚀破裂。当电化学和交变应力共同作用时,金属会发生腐蚀疲劳。若金属同时受到电化学和机械磨损的作用,则会发生磨损腐蚀。微生物的新陈代谢产物能为电化学腐蚀创造必要的条件,促进金属的腐蚀,称为微生物腐蚀。

3. 物理腐蚀

物理腐蚀是金属由于单纯的物理溶解作用所引起的损坏。在液态金属中可发生物理腐蚀。这种腐蚀不是由化学或电化学反应,而是由物理溶解所致。例如,用来盛放熔融锌的钢容器,由于铁被液态锌溶解而损坏。

(二) 按腐蚀的形式分类

根据腐蚀的形式,可将腐蚀分为全面腐蚀和局部腐蚀两大类:

1. 全面腐蚀

全面腐蚀是分布在整个金属表面上的腐蚀,它可以是均匀的,也可以是不均匀的。碳钢在强酸、强碱中发生的腐蚀属于均匀腐蚀。

2. 局部腐蚀

局部腐蚀主要发生在金属表面某一区域,而表面的其他部分则几乎未被破坏。

局部腐蚀有很多类型,主要包括:

(1) 小孔腐蚀。这种破坏主要集中在某些活性点上,并向金属内部深处发展。通常其腐蚀深度大于其孔径,严重时可使设备穿孔。不锈钢和铝合金在含有氯离子的溶液中常呈现这种破坏形式。

(2) 缝隙腐蚀。缝隙腐蚀是由于金属构件是用铆接、焊接、螺纹连接等方式连接,这些连接件或焊接接头缺陷处存在缝隙而使得电解质溶液进入并产生腐蚀的现

象。缝隙腐蚀在各类电解液中都会发生。

(3) 电偶腐蚀。凡具有不同电极电位的金属相互接触,并在一定的介质中所发生的电化学反应皆属电偶腐蚀。例如,热交换器中的不锈钢管和碳钢花板连接处,碳钢在水中作为阳极而被加速腐蚀。

(4) 晶间腐蚀。这种腐蚀首先在边界上发生,并沿着晶界向纵深处发展。这时,虽然从金属外观看不出明显的变化,但其力学性能却大为降低。通常晶间腐蚀出现于不锈钢和铝合金的构件中。

(5) 应力腐蚀破裂。应力腐蚀破裂是金属在拉应力和腐蚀介质的共同作用下,发生的腐蚀性破裂。显微裂纹呈穿晶、沿晶或两者混合形式。应力腐蚀破裂是局部腐蚀中危害最大的,因为它们发生后在金属表面用肉眼很难观察到,一般也没有预兆,具有突然出现的特点。

(6) 氢脆。氢脆是指在某些介质中,因腐蚀或其他原因而产生的氢原子可渗入金属内部,使金属变脆,并在应力的作用下发生脆裂。含硫化氢的油、气输送管线及炼油厂设备常发生这种腐蚀。

(7) 腐蚀疲劳。腐蚀疲劳是金属材料在交变应力和腐蚀介质共同作用下的一种腐蚀。

(8) 选择性腐蚀。合金中的某种成分由于优先溶解到电解质溶液中去,从而造成另一种成分富集于金属表面上的现象称为选择性腐蚀。这种腐蚀表现为金属材料表面上的某些特定部位有选择地溶解。

(三) 按腐蚀的环境分类

按照腐蚀的环境,可将腐蚀分为干腐蚀和湿腐蚀两类。干腐蚀是指金属在干的环境中的腐蚀,如金属在干燥气体中的腐蚀。湿腐蚀是指金属在湿的环境中的腐蚀。湿腐蚀又可分为:

(1) 自然环境下的腐蚀,如大气腐蚀、土壤腐蚀、海水腐蚀和微生物腐蚀。

(2) 工业环境中的腐蚀,如酸、碱、盐介质的腐蚀,工业水中的腐蚀和生物环境腐蚀。

二、大气腐蚀

金属在自然大气条件下发生腐蚀的现象称为大气腐蚀,如铁在空气中生锈,光亮的铜零件产生铜绿,桥梁、武器装备的破坏等。金属材料的流通加工主要是在大气中进行的,因此,下面主要对大气腐蚀进行介绍。

（一）大气腐蚀的影响因素

1. 大气湿度

对于一些金属,大气腐蚀在很大程度上受到温度和大气中水分含量的影响。不同物质或同一物质的不同表面状态,对大气中水分的吸附能力不同。当大气中相对湿度达到某一临界值,水分在金属表面形成水膜,此时的相对湿度称为金属腐蚀临界相对湿度。在含有不同污染物的大气中,金属都有一个临界相对湿度,超过金属的临界相对湿度,腐蚀速率会突然加快。腐蚀临界相对湿度的出现,标志着金属表面产生了一层吸附的电解液膜,液膜的存在使金属从化学腐蚀变成电化学腐蚀,腐蚀性质发生了突变,腐蚀速率大大加快。

金属的临界相对湿度在很宽的范围内变动,它与金属的种类、表面状态、腐蚀产物的性质以及环境等因素有关。在正常情况下,金属腐蚀的临界相对湿度在70%左右,如铁为65%,锌为70%,铝为76%,镍为70%。而在某些情况下,如大气中含有大量工业气体、易吸湿的盐类、腐蚀产物和灰尘等,金属的腐蚀临界相对湿度会降低。此外,金属表面越粗糙,裂缝与小孔越多,其腐蚀临界相对湿度也越低。

2. 表面润湿时间

金属表面的电解质膜覆盖在金属表面的时间称为润湿时间,实际上就是金属表面发生电化学腐蚀的时间。表面润湿时间越长,腐蚀总量就越大。

3. 大气温度

大气的温度及其变化会影响金属表面水汽的凝聚、水膜中各种腐蚀气体和盐类的溶解度、水膜的电阻以及腐蚀电化学反应的速率。当大气的相对湿度低于金属腐蚀临界相对湿度时,温度对大气腐蚀的影响很小;但当大气的相对湿度达到金属腐蚀临界相对湿度时,温度对大气腐蚀的影响就十分明显,温度每升高10℃,反应速率提高1倍。因此,在湿度很高的雨季或湿热带,金属的大气腐蚀很严重。

4. 降雨

降雨对大气腐蚀有两方面的影响:一方面,由于降雨增大了大气中的相对湿度,延长了金属表面的润湿时间,同时,降雨的冲刷作用破坏了腐蚀产物的保护性,因此,降雨会加速大气腐蚀进程;另一方面,降雨能冲洗掉金属表面的污染物和灰尘,减小液膜的腐蚀性,从而减缓腐蚀过程,这在海洋大气环境中极为明显。

5. 大气成分

大气除基本组成成分之外,由于地理环境不同,常含有许多污染物质。大气的污染也会对大气腐蚀产生影响。

(1) 二氧化硫。大气中二氧化硫的来源有两个:一是硫化氢在空气中的氧化,

二是含硫燃料的燃烧。在大气污染物中,二氧化硫的影响最为严重,如锌、铁等金属在二氧化硫气体中可生成易溶的硫酸盐化合物,它们的腐蚀速率和大气中二氧化硫的含量成正比关系。

目前,二氧化硫能加速金属腐蚀速率的机理主要有两种。一种是在高湿度条件下,由于水膜凝结增厚,二氧化硫参与了阴极去极化作用,虽然大气中的二氧化硫含量很低,但它在水中的溶解度比在氧中约高 1 300 倍,对腐蚀影响很大。另一种是一部分二氧化硫吸附在金属表面,与铁反应生成易溶的硫酸亚铁,硫酸亚铁进一步氧化并由于强烈的水解作用生成硫酸,硫酸又和铁作用,整个过程具有自催化效应。这样一个分子的二氧化硫能生成许多分子的铁锈。当把硫酸亚铁去除时,这种循环就会停止,也能使腐蚀速率降低。

(2) 其他成分。除二氧化硫外,大气中的污染物质往往还有氨、氯化氢和硫化氢。

氨易溶于水膜中,使 pH 值增加,对钢铁起缓蚀作用。但对有色金属不利,如氨和它的化合物能引起黄铜的“季裂^①”。氯化氢可溶于水生成盐酸,会加速腐蚀。硫化氢能在干燥大气中使铜、黄铜、银变色,在潮湿空气中会加速铜、黄铜、镍,特别是镁和铁的腐蚀。

(3) 盐粒。大气中的盐粒有两种主要形式。其中一种是硫酸铵。硫酸铵多存在于重工业地区,当氨、三氧化硫和硫酸悬浮物共存时即可生成。它具有吸湿性和酸性,是腐蚀的激发剂。另一种主要是氯化物。例如,氯化钠多存在于工业和沿海地区,它也是吸湿的,可以降低临界相对湿度,且氯离子不但能破坏铁、铝等金属表面的氧化膜,还能增强液膜的导电性,使腐蚀速率增加。

(4) 固体颗粒。固体颗粒的组成较为复杂,除海盐粒子外,还有碳和碳的化合物、氮化物、金属氧化物、砂土等。它们对大气腐蚀的影响主要有三种方式:颗粒本身具有腐蚀性,如铵盐颗粒;本身无腐蚀性,但能吸附腐蚀性物质,间接地加速腐蚀;本身虽然既无腐蚀性,也不具备吸附性,但由于可以造成毛细管凝聚缝隙,使金属表面形成电解液薄膜,形成氧浓差的局部腐蚀条件,也会加速金属的腐蚀。

(二) 大气腐蚀的分类

从全球范围看,大气的主要成分几乎是相同的,只是其中的水分含量随地域、季节、时间等条件而变化。参与大气腐蚀过程的主要是氧气和水汽,其次是二氧化碳。因此,可根据金属表面的潮湿程度的不同,把大气腐蚀分为三类:

^① 季裂是指经过冷变形加工的黄铜制品,由于残余应力的存在,在潮湿的大气或海水中,尤其是在含氨气的环境中放置一段时间,容易产生应力腐蚀,使黄铜开裂的现象。

1. 干大气腐蚀

干大气腐蚀是在金属表面不存在液膜层时的腐蚀。其特点是在金属表面形成不可见的保护性氧化膜($1\sim 10\text{ nm}$),并出现某些金属失泽现象。例如,铜、银等在被硫化物污染的空气中形成一层膜。

2. 潮大气腐蚀

潮大气腐蚀是指金属在相对湿度小于 100% 的大气中,表面存在肉眼看不见的薄的液膜层($10\text{ nm}\sim 1\text{ }\mu\text{m}$)所发生的腐蚀。例如,铁即使没受雨淋也会生锈。

3. 湿大气腐蚀

湿大气腐蚀是指金属在相对湿度大于 100% 的大气中,如水分以雨、雾、水等形式直接溅落在金属表面上,表面存在肉眼可见的水膜($1\text{ }\mu\text{m}\sim 1\text{ mm}$)所发生的腐蚀。

三、金属的防护技术

金属的防护技术大体上可以分为:电化学保护、表面涂层防护(包括金属涂层、无机涂层、有机涂层等)和缓蚀剂防护。

(一) 电化学保护

电化学保护包括阴极保护和阳极保护,均是通过改变金属表面的电极电位而有效地控制金属合金腐蚀速率的技术。改变金属合金电极电位的方法可以通过外加直流电源向被保护金属施加电流,也可以是利用异种金属的电偶作用使得被保护金属发生极化作用。电位负向移动而减小腐蚀者,称为阴极保护;电位正向移动而减小腐蚀者,称为阳极保护。

1. 阴极保护

将被保护金属作为阴极,进行外加阴极极化以降低或防止金属腐蚀的方法称为阴极保护。阴极保护可以通过外加电流法和牺牲阳极法两种途径来实现。

(1) 外加电流法。将被保护金属设备与直流电源的负极相联,使之成为阴极,阳极为一个不溶性的辅助电极,利用外加阴极电流进行阴极极化,两者组成宏观电池实现阴极保护。这种方法称为外加电流的阴极保护法。

(2) 牺牲阳极法。在被保护金属设备上连接一个电位更负的金属或合金作阳极,依靠它不断溶解所产生的阴极电流对金属进行阴极极化。这种方法称为牺牲阳极的阴极保护法。

2. 阳极保护

将被保护金属与外加直流电源的正极相连,使之成为阳极,进行阳极极化,使被保护设备腐蚀速度降到最小,这种方法称为阳极保护。

阳极保护法发展时间较短,而且不能用于不能钝化的金属或含氯离子的物质,因此,阳极保护法的应用还是有限的。

阳极保护法特别适用于不锈钢。对钛材来说,阳极保护 also 具有重要意义,这是由于该金属有着优良的钝化性能。阳极保护法也可用来防止碳钢在多种盐溶液中的腐蚀,尤其适用于防止碳钢在硝酸盐和硫酸盐溶液中的腐蚀。

(二) 表面涂层防护

1. 金属涂层

(1) 电镀。电镀是使电解液中的金属离子在直流电的作用下,在阴极表面沉积出金属而成为镀层的工艺过程。电镀时,把待镀的零部件作为阴极与直流电源的负极相连接,把作为镀层金属的阳极与直流电源的正极相连接。电镀槽中注入含有镀层金属离子的盐溶液(包括各种必要的添加剂)。当接通电源后,阳极上发生金属溶解的氧化反应,阴极上发生金属析出的还原反应。这样,阳极上的镀层金属不断溶解,同时在阴极的工件表面上不断析出,电镀液中的盐浓度不变。如果阳极是不溶性的,则需随时向电解液中补充适量的盐,以维持其浓度。镀层的厚度可由电镀时间控制。电镀能提高金属零部件的防腐、耐热、耐磨性能,并同时赋予零部件以装饰性外观,因而得到广泛应用。

(2) 热镀。把工件浸入熔融金属中,以获得金属涂层的工艺称为热镀,也称热浸镀。这是在钢铁制件上获取金属涂层的最古老方法之一,因其工艺简单,所以在工业上应用比较广泛。

热镀法需满足如下条件:

① 镀层金属的熔点较低。这一条件主要出于节能及保持被镀制件的机械性能方面的考虑。目前,广泛用作浸镀层的金属有锌、锡、铝、铅及其合金。钢铁材料是这些镀层金属的主要基体材料。

② 熔融的镀层金属与被镀金属润湿。

③ 工件必须能和镀层金属形成化合物或固溶体,以便镀层和基体之间具有足够的结合力而不起皮、不脱落。

(3) 扩散镀。一种或几种元素从基体表面向其内部扩散,形成与基体成分和性能不同的表层,这就是扩散镀,也常称为渗镀或表面合金化。扩散过程实际上是一个热化学过程。在扩散区域内,渗透元素与基体元素起化学反应,并可能分别形成固溶体、析出物和化合物类型的表面层。该方法能够形成一个厚度均匀的涂层,即便物体形状复杂,尺寸也不会有明显变化。

(4) 化学镀。化学镀是指通过置换或氧化还原反应,来实现盐溶液中的金属离子在被保护金属上沉积的方法。例如,在钢上镀铜,其反应式为: $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu} +$

Fe^{2+} 。这种方法比较经济,但镀层通常较薄,并且多孔洞,不能很好地附着在钢上。

(5) 金属喷涂。金属喷涂是用熔融金属的高速粒子流喷在基体表面,以产生覆层的材料保护技术。金属喷涂主要用于修复机械、提高零件的耐磨性、改善零件的摩擦性和增强零件抵抗强化学介质腐蚀的性能。喷涂的基体受热一般不超过 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$,覆层与基体间的附着力可高达 7 MPa 。喷涂后零件的表面粗糙度可降到 $Ra\ 1.25\ \mu\text{m}$,加工后可达到 $Ra\ 0.16\sim 0.04\ \mu\text{m}$ 。其常用的喷涂设备有:电弧喷枪(适用于金属线材喷涂)、火焰喷枪(适用于金属线材以及金属陶瓷和难熔氧化物喷涂)、等离子弧喷枪(适用于各类粉末的喷涂)和爆涂设备(适用于金属,特别是金属陶瓷和难熔氧化物喷涂)。

2. 无机涂层

(1) 搪瓷涂层。搪瓷又称珐琅,是类似于玻璃的物质。搪瓷涂层是将瓷釉涂搪在金属底材上,经高温烧制而成的金属与瓷釉的复合物。搪瓷层的性能主要取决于瓷釉的组成和搪制质量。瓷釉的主要成分是耐蚀玻璃料,它是由耐火氧化物、助熔剂和少量添加剂混合熔融烧制而成的。耐火氧化物一般是含二氧化硅极为丰富的石英、长石等天然岩石;助熔剂多为硼砂、硼酸、碳酸钾、碳酸钠和一些氟化物;添加剂的加入是为了使搪瓷层与基体密着结合,或者为了获得其他性能,如光泽和色调等。

(2) 硅酸盐水泥涂层。硅酸盐水泥涂层是指将硅酸盐水泥浆料涂覆在大型钢管内壁,固化后形成的涂层。由于该方法价格低廉,使用方便,且膨胀系数与钢接近,不易因湿度变化发生开裂,因此,广泛用于水溶液和土壤中的钢及铸铁管道的防腐,效果较好。涂层厚度约为 $0.5\sim 2.5\text{ cm}$,使用寿命最高可达 60 年。硅酸盐水泥涂层带有碱性,因而易受酸性气体及酸溶液的侵蚀,近年来,硅酸盐水泥涂层已在成分上作了相应调整。这类涂层的另一缺点是不耐机械冲击和热冲击。

(3) 陶瓷涂层。陶瓷涂层又称高温涂层。它是采用热喷涂等方法将陶瓷材料涂覆于金属表面形成的涂层。涂层主要成分为氧化铝、氧化锆等耐高温氧化物,厚度一般在 $0.3\sim 0.5\text{ mm}$ 之间,工作温度为 $1\ 000\sim 1\ 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。该方法具有耐高温、抗氧化、耐腐蚀、耐磨、耐气体冲蚀以及良好的抗热震性和绝热、绝缘性能的特点,具有一定的机械性能。

(4) 化学转化涂层。化学转化涂层又称化学转化膜,它是金属表层原子与介质中的阴离子发生化学反应,在金属表面生成附着性好、耐蚀性优良的薄膜。用于防腐的化学转化涂层有以下几种:

① 磷酸盐膜。磷酸盐膜是指在含磷酸和可溶性磷酸盐溶液中用化学方法在金属表面上生成不可溶的、附着性良好的保护膜。这种成膜过程称为金属的磷化或磷酸盐处理。磷化膜的厚度一般在 $1\sim 50\ \mu\text{m}$ 之间,因涂层孔隙较大,耐蚀性较差,因

而磷化后必须用重铬酸钾溶液、肥皂液或浸油等进行封闭处理。经过处理的金属表面在大气、矿物油、动植物油、苯、甲苯等介质中,均具有很好的抗腐蚀能力;但在酸、碱、海水及水蒸气中耐蚀性较差。

② 铬酸盐处理。铬酸盐处理是在铬酸或铬酸盐的水溶液中进行,水溶液中常含有其他添加剂,如磷酸和氢氟酸。金属表面上形成一层薄的铬酸盐层,厚度范围一般为 $0.01 \sim 0.15 \mu\text{m}$,呈绿色、黄色、黑色或浅蓝色,有一定的防蚀能力。铬酸盐处理大量地用于镀锌钢材,以得到储运中的耐白锈性能;不过人与六价铬接触易产生过敏性湿疹,此外,白锈保护层不易除去,会给以后的上漆带来困难。

③ 钢铁的化学氧化膜。采用化学方法能在钢铁制品表面生成一层保护性氧化膜,其表面一般呈蓝黑色或深黑色,故又称为钢铁的发蓝。发蓝方法有酸性发蓝和碱性发蓝,后者用得较多。碱性发蓝是将钢铁制品浸入含有氧化剂(亚硝酸钠或硝酸钠)的氢氧化钠溶液中,在 $135 \sim 145^\circ\text{C}$ 下进行氧化处理以形成保护膜的方法。

3. 有机涂层

(1) 涂料涂层。下面主要从四方面对涂料涂层进行介绍。

① 涂料涂层的基本组成及作用。涂料又称漆,是一种有机高分子混合物,用以保护和装饰物体的表面,使其免受外界环境(如大气、化学品、紫外线等)侵蚀;掩盖表面的缺陷(凹凸不平、斑疤或色斑等),赋予表面丰富的色彩,改善外观。因此,涂料在各种防腐措施中占有十分重要的地位。涂料一般由四种主要物质组成,即成膜物质、颜料、溶剂和助剂。

② 涂料涂层的保护机理。涂料涂层的保护机理主要基于以下三点:

第一,屏蔽作用。许多涂料对酸、碱、盐等腐蚀介质显示出化学惰性,且介电常数^①高,阻止了腐蚀电路的形成。因此,金属表面涂漆后,把金属表面与环境隔开,起到了屏蔽作用。但是涂料用高聚物具有一定的透气性,其结构气孔的平均直径比水和氧的分子直径大 $1 \sim 3$ 个数量级,这样的涂层不能阻止或减缓金属的腐蚀。因此,涂层的抗渗性是涂层起屏蔽作用的关键,为提高抗渗性,防腐涂料应选用聚集态结构紧密、透气性小的成膜物质,屏蔽作用大的固体填料及挥发后不易留有孔隙的溶剂;同时,应适当增加涂覆次数,以使涂层达一定的厚度而致密无孔。

第二,钝化缓蚀作用。借助涂料中的防锈颜料与金属反应,使金属表面钝化或生成保护性的物质,以提高涂层的防护能力。另外,许多油料在金属皂的催化作用下生成的降解产物,也能起到有机缓蚀剂的作用。

第三,电化学保护作用。涂料中使用电位比铁低的金属(如锌等)作填料,会起到牺牲阳极的阴极保护作用。而且锌腐蚀产物是碳酸锌、氯化锌,它们会填塞、封闭

^① 介电常数是表示绝缘能力特性的一个系数。

膜的孔隙,从而使腐蚀大大减少。

③ 涂料涂层的结构。通常,一种涂层不能同时满足防腐和装饰等使用要求。因此,一般的涂层结构包括底漆、中间层和面漆。每层按需要涂刷一至数次。底漆直接与金属接触,是整个涂层体系的基础。它不仅必须对表面金属具有良好的附着性能,还要能防止腐蚀。因此,大多数情况下,底漆除含有黏结剂外,还含有活性剂。中间层是为了与底、面漆结合良好,有时也为了增加涂层厚度以提高屏蔽作用。面漆直接与环境接触,因此,要具有耐化学环境腐蚀性、抗紫外线性、耐候性等,同时还要使表面美观。面漆的主要组分是颜料和有机黏结剂。颜料应阻止阳光和水抵达基体,并给表面以颜色。颜料的主要成分有二氧化钛、氧化铁、铝粉和硫酸钡。黏结剂要有良好的抗化学变化能力,主要有聚氯乙烯、氯化橡胶、氨基甲酸乙酯和环氧树脂等。要根据环境的腐蚀性选择填料的类型、涂刷层数及涂层厚度。要保证底漆、中间层和面漆是相容的。

④ 涂装方法。在使用涂料涂层时,应根据涂料品种、性能、施工要求、固化条件以及被涂产品的材质、形状、大小、表面状况等具体情况,选择适当的施工方法和工艺设备。常用的涂装方法有浸涂、喷涂、淋涂法以及经济效益比较高的静电喷涂、电泳涂装、粉末涂装和卷材辊涂法等。另外,每涂一层都应进行干燥,干燥的方法有自然干燥、对流烘干、红外线烘干等。

(2) 塑料与橡胶涂层。这类涂层主要用作衬里,能够防止暴露在具有极强腐蚀性化学环境中的金属表面受到腐蚀,如用于化学药品储存罐、反应容器、电解槽、酸洗槽、管道、叶片等的防护。塑料涂层还用于电镀钢板或铝板上。

涂层材料主要有:热固性塑料,如酚醛树脂、环氧树脂、聚酯塑料及玻璃钢;热塑性塑料,如乙烯、丙烯、酰胺、乙烯树脂、偏二氯乙烯及四氟乙烯等塑料;橡胶,如天然橡胶、丁基橡胶、氯丁橡胶、腈橡胶及硬橡胶。不同类型的塑料和橡胶在使用性能、附着力、化学耐蚀性、抗机械和热应力等方面均有很大不同,可根据使用环境及要求进行选择。

(三) 缓蚀剂防护

1. 缓蚀剂的定义

缓蚀剂是指向环境中加入少量或微量的该类物质后即能使金属材料在该类环境中的腐蚀速率显著降低,同时不影响材料本身的机械、物理性能的一类物质。

2. 缓蚀剂的分类

人们常根据缓蚀剂的适用环境、化学组成、影响电极过程的机理和金属表面成膜类型等,将缓蚀剂分成不同的种类。

(1) 依据适用环境进行分类。根据适用环境的不同,可将缓蚀剂分为以下

几类:

① 适用于酸性介质的缓蚀剂,在酸性环境中适用的缓蚀剂主要有:硫脲、季铵盐、乌洛托品、杂环化合物、酰胺等。

② 适用于中性水溶液的缓蚀剂,如铬酸盐、碳酸盐、亚硝酸盐、氨水、苯甲酸钠等。

③ 适用于碱性介质中的缓蚀剂,该类缓蚀剂主要有铬酸盐、硅酸钠、间苯二酚等。

④ 盐水溶液中的缓蚀剂,如重铬酸盐、聚磷酸盐、磷酸盐和铬酸盐等。

⑤ 气相缓蚀剂,如亚硝酸二异丙胺、碳酸环己胺、亚硝酸二环己胺等。

⑥ 适用于采油、炼油、石油和天然气输送管道的缓蚀剂等。

(2) 根据化学组成分类。根据缓蚀剂中化学组成的不同,可将缓蚀剂简单分为无机缓蚀剂和有机缓蚀剂两大类。无机缓蚀剂通常为一些无机盐类,它们一般能使基体金属表面形成致密、连续的保护膜或钝化膜,从而减缓金属的腐蚀。有机缓蚀剂多为含有 N、S、P、O 元素的各类有机化合物,这些化合物被基体金属表面全部或部分吸附。从工业应用的角度来看,单一结构的缓蚀剂还存在诸多弊端,因此,通常使用多组分复配的复合型缓蚀剂,利用各组分之间的协同效应增加缓蚀效果。

(3) 按影响电极过程的机理分类。根据缓蚀剂对电极过程的影响,可以将其分为阳极型缓蚀剂、阴极型缓蚀剂和复合型缓蚀剂三大类。

① 阳极型缓蚀剂。该类缓蚀剂的作用机理通常是阴离子使金属钝化,从而抑制金属溶解的阳极化过程达到缓蚀效果。阳极型缓蚀剂在工业中的应用非常普遍,如铬酸盐类的缓蚀剂在内燃机循环水系统、制冷机、精馏塔、冷却塔中已获得成功的应用,铬酸钠在这些系统中的浓度仅需 0.04%~0.1%。在使用的过程中,铬酸钠的浓度低于 0.016%后会加速腐蚀进行,因而在操作过程中需要定期进行检测,以保证铬酸钠的浓度。其他阳极型缓蚀剂也存在类似的情况,在使用过程中都必须保证缓蚀剂的用量,否则易出现小阳极、大阴极的腐蚀原电池而加剧金属的腐蚀。

② 阴极型缓蚀剂。这类缓蚀剂通常本身能减缓阴极反应的进行或是在阴极表面形成保护膜增大表面阻抗,阻碍还原性离子在这些区域的扩散。阴极型缓蚀剂通过以下三种机理来减缓金属的腐蚀:增大阴极反应的过电位;在阴极表面形成难溶的化合物保护膜或吸附膜,阻止去极化剂到达金属表面;吸收腐蚀液中的氧,阻碍阴极过程。阴极型缓蚀剂无论用量多少都不会导致金属腐蚀加剧的现象发生。

③ 复合型缓蚀剂。顾名思义,该类缓蚀剂能同时抑制阴极和阳极过程的进行,它们主要是含氮、含硫和同时含氮硫的有机化合物。该类缓蚀剂的缓蚀机理主要有以下三种:含氮、硫等的有机物在金属表面吸附,有些能进一步聚合形成沉淀保护膜;缓蚀剂与金属离子形成难溶的化合物,它们沉积在腐蚀的活性点处起保护作用;

有些缓蚀剂能形成胶体离子。

(4) 按金属表面成膜类型分类。按照金属表面保护膜形成方式的不同,可将缓蚀剂分为氧化膜型缓蚀剂、沉淀膜型缓蚀剂 and 吸附膜型缓蚀剂。

氧化膜型缓蚀剂能使金属表面氧化,形成致密的金属氧化物薄膜,阻碍腐蚀介质对基体金属的侵蚀,从而起到保护作用。这类缓蚀剂通常对可钝化的金属具有良好的缓蚀作用,对非钝化金属和能溶解钝化膜的酸则没有效果。

沉淀膜型缓蚀剂与腐蚀介质共存时,缓蚀剂之间或缓蚀剂与腐蚀介质中的离子会发生反应,在金属表面形成难溶于水的沉淀物,抑制金属的溶解。虽然沉淀保护膜的厚度能达到几百纳米,比钝化膜厚度厚,但致密性和附着力相对较差,且易造成结垢,因而通常需要与去垢剂联合使用。

吸附膜型缓蚀剂多为有机化合物,它们的分子中通常含有亲水的极性基团和亲油的非极性基团。当这类缓蚀剂加入到腐蚀介质中后,亲水基团吸附在整个金属表面或活性点上,改变了金属的界面性质,增加了腐蚀反应的活化能。同时,亲油的非极性基团则在金属表面外层形成疏水的保护膜,阻碍电荷的迁移和侵蚀性离子的扩散,防止腐蚀反应的进行。根据吸附机理不同,吸附又可分为物理吸附和化学吸附两种类型。无论何种吸附形成的吸附膜都极薄,稳定性也较差。

3. 缓蚀剂的特点

缓蚀剂是直接添加到腐蚀环境中去的,因而操作简便、见效快,同时,由于缓蚀剂突出的保护效果,常可以用廉价的金属材料取代昂贵的耐蚀材料而大大降低成本。缓蚀剂在金属材料防腐蚀应用中存在以下一些特点:

① 缓蚀效率高,能大大延长设备、管道等的使用寿命。例如,在酸洗过程中使用缓蚀剂可以将腐蚀损伤降低 90% 以上。

② 使用剂量小、成本低。高效缓蚀剂的使用剂量级数一般为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ mg/kg,不影响体系的性能。

③ 针对性强。不同的腐蚀环境需选用不同的缓蚀剂,甚至同一体系当操作条件(如腐蚀液浓度、温度等)发生变化时,选用的缓蚀剂也应作相应调整。因而,对于某具体的腐蚀体系,为达到较好的缓蚀效果,应通过实验来确定缓蚀剂配方。

④ 由于缓蚀剂是直接添加到腐蚀介质中的,因而设备结构对缓蚀剂的缓蚀效果没有影响。

⑤ 缓蚀剂溶解在体系中,其溶解量不仅随着缓蚀剂被消耗而逐渐减少,而且随腐蚀介质的流失、体系产物的取出而逐渐减少,因而缓蚀剂多用于半循环或循环系统中,并需要定期监测缓蚀剂浓度并及时添加缓蚀剂。只有低剂量、高效的缓蚀剂才在一次直流系统中使用。

第三节 机械产品及零配件的流通

机械产品在流通过程中,难免会受到各种因素的影响而受损。这些因素来自机械、环境、气候、生物等各个方面,其中,由于运输流通环节的冲击与振动引起的产品、包装系统的损坏,在货物流通过程的各种损坏中占 70%~80%。特别是一些贵重的精密仪器,更要防止受到冲击和振动。另外,还要注意机械产品的腐蚀问题。为此,本节主要介绍缓冲包装和防锈包装的内容。

一、缓冲包装

装卸作业和运输作业中的许多操作都会引起对货物的冲击与振动,如货物的抛掷和翻滚、堆垛的倒塌、交通工具的启动和制动、列车车厢的挂车、发动机的振动、不平路面引起的颠簸、海中航行船体的摇摆与振动等。

缓冲包装是指在产品的包装系统中合理选择具有良好能量吸收性或耗散性的材料做包装容器或衬垫材料,使系统内产品或元件受到的冲击影响最小,达到保护商品功能之目的包装。其主要原理是利用材料的缓冲特性延缓冲击作用时间,避免过激的冲击峰值。

(一) 缓冲包装材料

在大量使用泡沫塑料、纸质缓冲包装材料、纸浆模塑、气垫缓冲材料等做缓冲包装材料之前,人们主要将稻麦草、稻壳、刨花、纸屑、木丝和藤丝等用于包装容器内空隙填充,起限位、隔离和缓冲作用。但是这些材料易吸潮,吸潮后极易长霉、长虫,而且由于多为零散使用,会造成包装操作困难,缓冲性能难以预测,拆卸时凌乱繁杂,所以不能将这些填充物用于高、精、尖产品的包装,更不能用于礼品包装。为此,人们就开发了一系列的缓冲包装材料。

1. 泡沫塑料

泡沫塑料由于其良好的缓冲性能和吸震性能成为近代广泛使用的缓冲材料。目前,市场上大量使用的是聚苯乙烯泡沫塑料。聚苯乙烯泡沫塑料在大批量的产品包装中具有很大优势,但对于一些不能成批量的产品却不太适用,如为了几件或几十件的产品,人们就不可能做几套昂贵的模具作为聚苯乙烯泡沫塑料成型件。聚氨酯泡沫塑料则为这类不成批量的产品提供了一种方便、可靠的包装方法。它可直接灌注在包装箱内而不用任何模具,以包装物和被包装物为模瞬时成型。这种泡沫塑料适应性强,对任何不规则的产品,特别是异型、易碎物品,均能按其形状空间填满,

使物品被牢固地固定在包装箱内。由于其可将包装物包裹起来,物品同包装物接触面积大,因而在碰撞时,单位面积所受的力很小,物品不易受损。

尽管泡沫塑料具有重量轻、易加工、保护性能好、适应性广、价廉物美等优势,但是也存在着体积大、废弃物不能自然风化、焚烧处理会产生有害气体等缺点。

2. 纸质缓冲包装材料

纸质缓冲包装材料的使用已有一段历史,但是由于泡沫塑料在价格和性能上的优势,纸质缓冲包装材料的发展受到了限制。近几年来,严重的环境污染问题促使人们把目光转移到环保型缓冲包装材料的发展上,纸质缓冲包装材料就是其中一类。目前,市场上使用较多的纸质缓冲包装材料有瓦楞纸板和蜂窝纸板。

瓦楞纸板具有加工性良好、成本低、使用温度范围比泡沫塑料宽、没有包装公害等优点。但也存在一些缺点,如表面较硬;在包装高级商品时不直接接触内装物的表面,会使内装物与缓冲纸板之间出现相对移动而损坏内装物表面;耐潮湿性能差;复原性小等。为了克服这些缺点,人们研制了一种新型缓冲包装结构——瓦楞纸板与塑料薄膜相结合的形式。它不仅克服了瓦楞纸板表面较硬这个缺点,而且对各种形状的产品都可采用相同的包装形式,省去了加工特殊形状缓冲衬垫这道工序的费用和时间。针对复原性小这个缺点,可将瓦楞纸板做成互相平行、垂直和交错的多层结构,使其形状如蜂窝,这样就能大大提高其缓冲性能。

蜂窝纸板的比强度(强度与密度之比)和比刚度(刚度与密度之比)高、材耗少、重量轻、内芯密度几乎可与发泡塑料相当。蜂窝纸板由于内芯中充满空气且互不流通,因此,具有良好的防震、隔热、隔音性能。蜂窝纸板的生产采用再生纸板材料和水溶胶黏剂,可以百分之百回收,克服了泡沫塑料衬垫对人和自然环境的危害。它是包装领域替代木箱、塑料箱(含塑料托盘、泡沫塑料)的一种新型绿色包装材料,适用于精密仪器、仪表、家用电器及易碎物品的运输包装。

瓦楞纸板和蜂窝纸板各有优势。蜂窝纸板因其独特的结构,使其较瓦楞纸板具有更强的抗压、抗折能力。蜂窝纸板重量轻这个优点使其在材料成本上比瓦楞纸板更具优势。但是在抵挡外物侵入的能力上,瓦楞纸板却比蜂窝纸板高出几倍。在生产成本上,蜂窝纸板生产设备的生产效率远不如瓦楞纸板高,所以在材料加工费上瓦楞纸板要比蜂窝纸板低得多。

3. 纸浆模塑

纸浆模塑以纸浆(或废纸)为主要原料,经碎解制浆、调料后,注入模具中成型、干燥而得。该制品原料来源丰富,生产与使用过程无公害,产品重量轻,抗压强度大,缓冲性能好并具有良好的可回收性。纸浆模塑制品在我国发展较快,但因其强度所限,目前只在一些小型电子产品、水果、蛋类等物品的缓冲包装中使用,未能用

于较重产品的缓冲包装。

4. 气垫缓冲材料

早期的气垫缓冲材料为气垫薄膜,它是用聚氯乙烯薄膜高频热压成型,内充氮气,外形类似小枕头,透明,富有弹性,适用于轻小型产品的缓冲包装。但是该气垫薄膜易受其周围气温的影响而膨胀或收缩。膨胀将导致外包装箱和被包装物损坏,收缩则导致包装内容物移动,从而使包装失稳,最终引起产品破损。

新型气垫缓冲材料由具有柔性和弹性的聚氨酯材料与普通气垫缓冲材料组成,克服了气垫薄膜的上述缺点。同时,它还采用多层聚乙烯薄膜与高强度、耐磨损的尼龙布作为缓冲垫的表面材料,延长了其使用寿命,使之可以回收利用,大大减少了包装废弃物对环境的污染。日本松下公司已将该缓冲材料用于袖珍 DVD 机的包装,并将在小型精密仪器和大型家电的包装中使用。

5. 植物纤维类缓冲包装材料

植物纤维类缓冲包装材料是在考虑充分利用自然资源的情况下发展起来的。目前,已经研制出来的这类材料有:农作物秸秆缓冲包装材料、聚乳酸发泡材料、废纸和淀粉制包装用泡沫填料。

用农作物秸秆粉碎物和黏结剂作为原料,经混合、交联反应、发泡、浇注、烘烤定型、自然干燥等工艺后,即可制成减震、缓冲包装材料。这种材料在低应力条件下,具有比聚苯乙烯泡沫塑料更好的缓冲性能,而且可降解、原料价廉易得。

日本针纺合纤公司以从玉米中提取的聚乳酸为原料,制造出了可生物降解的发泡材料。这种发泡材料的强度、缓冲性、耐热性等性能均与聚苯乙烯泡沫塑料相同,而且可以使用现有的塑料发泡材料制作设备;用后焚烧产生的热量仅是聚苯乙烯的 $1/3 \sim 1/2$,不会损坏焚烧炉;使用后可以堆肥还田,并且不会污染土壤。

以废纸和淀粉为原料制成的包装用泡沫填料,其制造方式是:将废纸或劣质纸张切成或粉碎成细末,碾成独特的纤维,再与淀粉掺和在一起,然后应用发泡的方法使其形成多孔的小球。用这种小球做包装用泡沫填料,能承受的冲撞优于聚苯乙烯泡沫塑料,且价格比聚苯乙烯便宜,更重要的是这种材料丢弃以后,能很快地被微生物和真菌分解,不会对环境带来不良影响。

玉米是我国北方地区广泛种植的农作物,植物纤维类缓冲包装材料充分利用了这种资源,所以极具开发潜力。

(二) 缓冲包装方法

缓冲包装方法要根据被包装产品的形状和特性、对该产品的流通环境条件的调查、拟采用的缓冲材料的特性,来决定包装的具体缓冲结构和方法。特别是缓冲材料不同,在采用缓冲包装结构时有很大差别。一般而言,可以将缓冲包装方法分为

三种:全面缓冲包装法、部分缓冲包装法、悬浮式缓冲包装法。

1. 全面缓冲包装法

被包装产品在内包装容器或外包装容器内所余的空间全部用缓冲材料填充固定,对产品的周围进行全面保护的方法即为全面缓冲包装法。全面缓冲包装所使用的缓冲材料一般是丝状、薄片状或粒状的材料,以便能很好地填满形状复杂的产品,缓冲时能有效地吸收能量,分散外力的作用来保护被包装产品。这种包装适合于小批量产品的包装。对于大批量生产的、形状不规则的产品往往应用模型制成泡沫塑料的圆形或立方体容器进行内包装,以达到保护产品的目的。

2. 部分缓冲包装法

部分缓冲包装法是对被包装产品或内包装箱的拐角或侧面进行衬垫缓冲的方法,或在拐角和侧面同时用部分缓冲材料进行衬垫的方法。这种方法主要使用泡沫塑料成型缓冲垫、充气塑料薄膜缓冲垫、橡胶弹簧等作为缓冲体。

部分缓冲包装法可以根据包装产品的特点,在受力部位或易损坏部位进行缓冲,可以采用不同厚度的缓冲材料,用最少的缓冲材料取得最好的缓冲效果并降低包装成本。

若外包装箱采用标准箱时,往往会造成产品与包装箱之间的空隙大小不等,若用全面缓冲包装会不必要地多消耗缓冲材料,若这时采用部分缓冲包装法,不仅可以节省材料,还可以有效地对产品进行缓冲和固定。

部分缓冲包装法可以事先把缓冲体粘贴在包装箱内的适当部分,以方便装箱,适合于成批包装大量产品,是目前应用最广的一种包装方法。

3. 悬浮式缓冲包装法

悬浮式缓冲包装法是用弹簧把被包装物品悬吊在外包装容器内,使包装在遭受外力作用时,产品在各个方向都能得到充分的缓冲保护的方法。这种包装方法特别适用于允许加速度小的精密、脆弱产品,如大型电子管、大型电子计算机、制导装置等。为了保证这种包装的运输可靠性,必须使用坚固的外包装容器。



平板显示产品缓冲包装方法及设计

以液晶显示器(LCD)、等离子显示器(PDP)等典型平板显示器件作显示屏的家电及信息产品,称为平板显示产品。平板显示器的基本结构由两块玻璃板构成,其间由介质均匀间隔开。因此,该类产品对包装缓冲、防震、抗压性能要求极高,特别是显示屏,若一旦损坏就无法修复,产品几乎完全报废。

目前常用的包装方法有两类:一类是使用单一缓冲材料,另一类是使用组合缓

冲材料。使用单一缓冲材料的包装方法有:聚苯乙烯(以下简称 PS)缓冲包装方法、聚乙烯泡沫塑料(以下简称 EPE)缓冲包装方法和聚丙烯泡沫塑料(以下简称 EPP)缓冲包装方法。使用组合缓冲材料的包装方法有:PS 衬垫与蜂窝纸板等组合的分级缓冲包装方法、EPE 材料与纸质材料等组合的纸塑缓冲包装方法等。

平板显示器产品由于具有便于数字化驱动、不闪烁、颜色失真近乎于零、重量轻、体积小、对人体安全等优点,目前发展迅速,大有取代 CRT 显示器成为市场主流的迹象。因此,分析研究平板产品的各种缓冲包装方法,掌握相应的设计要领,对解决平板产品包装要求较高的难题,降低包装成本,减少设备投资具有十分重要的现实意义。

二、防锈包装

由于金属制品常以裸露面作为工作面,裸露面如果暴露于大气中而不进行保护,会受空气中潮湿或污染物的作用而腐蚀生锈,而且很多金属制品需要储存和运输,有时储运期间还相当长,因此,必须对金属制品在储存和运输期间的裸露面进行保护。防止金属制品的裸露面在储存、运输期间锈蚀的技术称为防锈技术。防锈包装技术即从防止金属锈蚀方面着眼的包装技术,是防锈技术中的重要组成部分。

(一) 防锈包装方法

目前,防锈包装方法主要有以下几种:

1. 涂层法

涂层法是指用蜡或油脂等涂覆在金属表面,形成一层保护层,阻止水分等与金属接触,从而达到防锈目的的方法。目前,经常使用的是防锈油脂。防锈油脂是在石油类基本组分中加入油溶性缓蚀剂及辅助添加剂等制成,多用于金属制品的工序间、运输或储存时的暂时防锈。它具有效果好、使用方便、成本低廉、易施工、操作简便等优点,因此,国内外大量生产和使用。

但这种方法也有许多不足之处,如在涂覆前要对金属表面进行除污、清洗、干燥等处理,在处理过程中还要保护设备或零部件本身的精度,有时清洁方法选择不当反而会损伤被保护物;涂覆时很难达到涂层均匀、无缺陷等要求;另外,有些产品在运到目的地后要重新去掉涂层,很不方便,而且随之带来了像废液处理、环境保护等问题。

2. 干燥剂法

干燥剂法是将一定量的干燥剂装入数只小袋中悬挂于内装物的适当位置,并用热封或其他方法将包装的内装物用具有一定阻水性和阻气性的塑料薄膜密封起来,

以保证该空间内相对干燥或在储运过程中相对湿度值保持在一定范围内,低于发生锈蚀的相对湿度值的方法。其具体的运输包装结构为:用达到一定要求的塑料薄膜将机器密封起来,内部附有经过计算的一定量的干燥剂袋,下面常用木托盘或金属托盘固定,四周用木板钉起来,顶部也有一木盖,不过顶盖内层通常附有一层塑料薄膜或别的材料来防雨。当然,如果用集装箱来运输,上部结构也可用框架木箱结构或免去上面的顶盖。

使用此种方法时应该注意:干燥剂袋不要与锈蚀敏感的内装物接触,而且尽可能自由地悬挂在上部 $1/3$ 处并均匀分布;密封薄膜应有较高密度,特别是应具有很低的透湿度;避免薄膜与干燥剂袋粘连;密封薄膜的顶部结构不允许形成积水区。

3. 气相防锈法

气相防锈(volatile corrosion inhibitor, VCI)法的核心技术就是气相缓蚀剂技术。其原理是具有相对较低气压的固体材料在常温下能挥发出一种特殊气体,该气体分子在一般情况下是可溶解于水的,它们附着在金属表面形成一层阻水层防止锈蚀,同时也阻挡了一些加速锈蚀的物质侵蚀金属表面。和传统的防锈包装相比,气相防锈包装具有以下优点:可用于结构较复杂的金属制品;使用方便,不需要特殊的工艺设施;无油腻、不粘手,可以美化包装,启封后不需要擦除残留的防锈剂即可使用。由于以上优点,气相防锈包装技术的实际应用越来越广泛,逐渐取代了黄油、蜡等封存包装方式,提高了功效,降低了成本,延长了保护周期。

气相防锈剂使用时常采用纸、塑料薄膜为载体材料,其中,气相防锈纸是目前国内采用得最广泛的气相防锈包装材料。其使用方法是将金属制品用气相防锈纸捆扎或充填后,外面再用塑料膜或其他材料密封。但这样既造成了纸张的浪费,又产生了大量的包装废弃物,同时造纸工业也产生大量不易处理的造纸废水。因此,实现包装材料减量化,减少包装废弃物的排放量,是气相防锈包装首先要重视的问题。对于体积较大的机械产品如空压机、内燃机和化工设备的内腔,可以采用气相防锈剂直接散布法,外面再加密封保护。把气相防锈剂制成丸片,放置于金属制品周围,代替防锈纸,适用于体积小、数量多的五金工具、电器、通信器械等精密仪器的防锈包装。

气相防锈塑料薄膜是近几年发展起来的一种比较好的材料。其制备方法或是将气相防锈剂与黏结剂一起涂覆于塑料薄膜上,或是将气相防锈剂与树脂一起成型为气相防锈薄膜。气相防锈塑料薄膜可以替代气相防锈纸,使用范围广。国外已经有气相防锈塑料母粒销售,生产时只需将这种塑料母粒混入普通树脂中成型便可以生产气相塑料包装袋,或直接注塑成各种形状的气相防锈包装容器。这样不仅可以简化包装环节,减少包装材料用量和包装废弃物的排放,还可以保持塑料容器的透明性、热塑性及气密性等特点,可以让客户直接识别产品的规格、型号,达到美化防

锈包装的要求。同时,气相防锈剂在塑料中的均匀分布,具有长期、稳定的防锈效果。塑料成本低,随着科技的进步,塑料的回收处理技术和可降解技术已得到很大发展。可以预见,气相防锈塑料包装制品作为节省能源、节约资源、减轻环境污染的防锈包装材料将具有更大的生命力和竞争力。

在机械产品的储存、运输过程中选择防锈包装方法还应充分考虑一些其他因素的影响。例如,海洋运输的条件是非常苛刻的,腐蚀环境、碰撞、海洋水汽、强烈的太阳光和紫外线等都是影响防锈的因素。因此,在海洋运输过程中,应对机械产品进行外部包装(相当于一个“穿衣服”的过程),可采用防水性极强的油性帆布,给机械产品定做合适的“外衣”。“外衣”还能保护内部的气相防锈膜,避免其被划破。有了内部的气相防锈包装和外衣的双重防锈包装的保护,出口工程机械被锈蚀的几率大大降低。

(二) 防锈包装中的注意事项

各类防锈包装方法中,有一些共同问题需要注意:

(1) 防锈包装作业不仅包括包装作业本身,还包括前处理(清洁、干燥等)作业,这些活动最好能连续进行,如果中断,要做暂时防锈处理。前处理及防锈包装作业环境的湿度越低越好。

(2) 包装处于密封状态的制品时,要注意密封中的微气候现象。热的制品在冷却后才能包装,以免冷却后相对湿度增大。密封内部的一切物品,如盒子、衬垫材料等都要洁净、干燥,以保持密封中的低湿度。

(3) 包装的制品为组合体且允许解体时,要以最小限度的解体为原则,特别是有精加工面时更应注意。复杂组合件的各构成部分在组合前要做好清洁处理,清洁处理后应注意不再污染。制品的研磨加工部分要尽量少用裸手接触。

(4) 包装材料或容器的重量、体积,包装物本身的体积都要设计得尽可能小,包装内所包含的空气体积也要尽量小。

(5) 若所用防锈材料遇热会分解或流失时,应待制品冷却后再施用防锈材料。

小贴士

气相防锈膜(VCIF)在汽车零部件防锈包装中的应用

青岛某汽车配件公司生产的起动齿圈出口日本。为保证零配件免受锈蚀,其防锈包装工艺如下:

前处理—涂防锈油—装入 VCIF 袋,5 只/袋—每只之间垫发泡 PE 膜—装入纸箱,45 袋/箱—托盘上预置 VCIF 袋—纸箱装入托盘上的袋内,8 箱/托盘—VCIF 袋封口—袋外放置纸板—拉伸膜缠绕外包。

河南某配件公司生产的发动机缸套(其材质是铸铁)出口至美国福特公司,其防锈包装工艺为:

洗后烘干(干燥柜中,100℃,1~2h)—冷却至室温—装入 VCIF 袋(双层,袋内铺垫 VCI 纸板)—装入预先放置 PE 膜袋的纸箱—在 VCIF 袋内及 VCIF 袋与 PE 膜袋之间都放入干燥剂,每个缸套之间用 VCIF 呈“S”形隔开—缸套上面放一层 VCI 纸板—胶带粘封 VCIF 袋—放于托盘上,7 箱/托盘,拉伸膜缠绕外包。

本章小结

第一节主要介绍了金属材料的切割加工技术,详细讲解了气割、等离子弧切割、激光切割和水射流切割的原理、特点及相关设备。

第二节介绍了金属材料防腐蚀技术,按照金属腐蚀的过程、形式和环境对金属腐蚀进行了分类,着重分析了大气腐蚀的影响因素及大气腐蚀的分类,并详细介绍了电化学保护、表面涂层防护和缓蚀剂防护三种金属的防护技术。

第三节主要介绍了机械产品及零配件的缓冲包装的包装材料、包装方法,防锈包装的包装方法和注意事项。

思考题

- (1) 金属材料切割加工技术主要有哪几种?
- (2) 简述金属腐蚀的分类。
- (3) 大气腐蚀的影响因素有哪些?
- (4) 什么是电化学保护?
- (5) 表面涂层防护有哪些方法?
- (6) 简述缓蚀剂的分类。
- (7) 缓冲包装材料有哪些?
- (8) 简述缓冲包装的方法。
- (9) 简述防锈包装的主要方法。

案例分析

我国钢材加工配送业的发展

目前,国内钢材加工配送产业呈现出快速发展的势头。特别是随着钢材市场竞争的进一步加剧,我国钢铁行业结构调整和淘汰落后产能步伐的加快,钢铁企业为了锁定用户,提高市场抗风险能力,加快了建设钢材加工配送中心的步伐。钢铁企业的纷纷加入,使国内钢材加工配送产业的发展进一步提速。

1. 钢材加工配送中心建设呈现四大发展特点

以前,我国的钢材加工配送中心主要是由外商独资或合资建设的,主要有日本、

韩国、美国和欧洲等国家和地区的企业,其中以日资和韩资企业为主。日资企业主要有三井、美达王和伊藤忠九红三家,其中,三井主要是和宝钢合资建设钢材加工配送中心,美达王在华东、华北、华南及东北地区建立了约 13 家钢材加工配送中心,伊藤忠九红在我国建设的钢材加工配送中心主要分布在华东及东北地区。韩资企业主要是浦项制铁,其在天津、青岛、佛山及苏州已建立了一定规模的钢材加工配送中心;韩国现代海斯克株式会社随现代汽车一起进入中国,以激光拼焊为主,主要为韩资在我国汽车厂提供钢板加工配送服务。

随着钢铁产能的增加,钢材产品的同质化日益加剧,市场的竞争日趋激烈。近年来,国内各大型钢铁企业、钢材流通商纷纷在钢材用户较集中的地区建设钢材加工配送中心。目前,我国钢材加工配送产业的发展已进入快速上升时期。从 20 世纪 90 年代初起,宝钢开始探索发展钢材深加工业,到目前为止已建有 21 家钢材配送中心。最近,随着鞍钢天津钢材加工配送中心基本建成,鞍钢加工配送中心已达到 7 家。目前,武钢已形成四大钢材剪切加工基地,加工能力已超过 150 万吨。

近年来,以钢厂为主建设的钢材加工配送中心具有以下主要特点:

(1) 建设速度和布局明显加快。随着我国钢铁企业高档次冷、热轧板材的生产规模扩大,为适应终端用户的使用要求,近年来以大型钢厂为主的钢材加工配送中心建设发展迅速。例如,宝钢在 1993—2000 年的 7 年中仅建了 6 家,到 2007 年已建成 21 家;鞍钢 2002—2004 年建了 3 家,到 2007 年已有 7 家。

(2) 战略联盟、合资建设已成主流。为借助外资企业和较强实力的贸易企业管理经验、渠道开发优势,化解投资风险,钢厂以不同方式合资筹建、多方实施战略联盟的加工配送中心已成主流。在五大钢厂建设的 45 家钢材加工配送中心中,以合资方式建设的有 31 家,占总数量的 68.9%;钢厂独资建设的有 14 家,占总数量的 31.1%。在这些合资建设的加工配送中心中,钢厂基本上是绝对控股。钢厂也有和民营贸易企业合资建加工配送中心的案例,但相对较少。目前,五大钢厂还没有与民营企业合资建设的先例。

(3) 逐步朝深加工方向发展。为满足汽车、家电等行业客户的需求,不断延伸为终端客户服务的内容,国内加工配送中心建设在原有开平剪切功能的基础上,逐步向深加工方向发展。例如,上海宝钢阿赛洛激光拼焊有限公司、长春一汽宝友钢材加工配送有限公司和广州花都宝井汽车钢材部件有限公司等都具有加工激光拼焊板能力,可以满足国内汽车厂对于激光拼焊板的深加工需求。

(4) 技术装备水平逐步提高。为适应汽车、家电和造船等行业技术发展和日益提高的服务标准要求,近年来以大型钢厂为投资主体兴建的加工配送中心基本都是从海外引进设备。其剪切精度由过去的 0.5~1.0 mm 提高到 0.2~0.3 mm,剪切速度由 60 m/min 提高到 150~200 m/min,从而带动了国内剪切配送技术装备水平

的迅速提高。

2. 发展前景光明,但存在问题值得重视

据有关调查资料,世界发达国家钢材的综合深加工比可达 50% 以上,其中线材达 60%、棒材 40%、管材 30%、板材 70% 左右,而我国一般钢材的深加工比例仅为 10%~15%,通过钢材加工配送中心来实现深加工的比例则更低。随着我国现代化进程加快,钢铁产品将逐步从原材料产品向社会消费产品转换,钢材深加工的比例也将向发达国家靠拢,这为钢材加工配送提供了巨大的市场空间。尤其是在中国经济持续高速发展和世界加工业向中国转移的大环境下,钢材加工配送产业面临着良好的发展机遇和广阔的发展空间,今后仍将继续稳定增长。国内钢厂和流通企业应抓住市场机遇,大力发展钢材剪切配送业务,进一步建立和强化自身的竞争优势。

尽管我国钢材加工配送的市场非常广阔,但一些隐性问题也值得业内思考:

(1) 未来发展空间巨大与当前局部能力过剩的矛盾问题。由于目前我国钢材加工配送模式正处于多种形式并存发展的阶段,近两年快速形成的加工配送能力与终端客户自有的能力形成矛盾,致使局部区域市场的能力过剩,新建加工配送中心运行效率低下问题较为突出。

(2) 加工设备功能雷同和用户需求多样化的矛盾问题。多数配送中心提供的服务没有差异、没有特色。根据走访调研,多数物流加工配送中心功能不齐全,产品单一,设备利用率差,效率低下,有些仅限于自营产品剪切。据走访,京津地区有剪切点的经销户近百家。服务手段仅停留在“笑脸+剪切”功能上,设备功能雷同,利用率不高,加工精度不高,投资回收慢,维护费用不低。

(3) 项目建设与系统管理的问题。加工配送是现代物流体系的重要组成部分,一个加工配送中心的高效运行,不仅需要先进可靠的硬设备作基础,同时还应具有适应现代物流配送的经营理念、现代信息化手段、稳固的供需关系和高素质的物流管理人才。目前的加工配送中心建设,除部分大型钢厂和外资企业外,普遍存在重视加工设备的投资建设,轻视软件系统管理建设问题,尤其是缺乏高素质人才队伍培养与建设机制。

问题

结合自己的体会,分析如何加快我国钢材加工配送业的发展。

实训设计

缓冲包装和防锈包装技术在精密仪器运输中的应用

【实训目标】

- (1) 掌握缓冲包装和防锈包装的方法。
- (2) 了解缓冲包装和防锈包装技术在精密仪器运输中的作用。

【实训内容与要求】

实训内容:到某光学仪器厂,参观、学习产品的包装情况,掌握精密仪器的缓冲包装和防锈包装技术。

实训要求:

- (1) 4~5 位同学为一组,根据实训目标自行设计调查方案和调查内容。
- (2) 实训中要注意分析企业所采用的包装材料、方法和针对的问题。
- (3) 实训结束,撰写调查报告。

【成果与检验】

每位同学的成绩由两部分组成:学生调查的实施情况(30%)和调查报告(70%)。