



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112216441 A

(43) 申请公布日 2021.01.12

(21) 申请号 202011055862.6

(22) 申请日 2020.09.30

(71) 申请人 上海胜华电气股份有限公司  
地址 201314 上海市浦东新区宣镇东路888号1幢2幢

(72) 发明人 郭培涛 陈迟豪 陈翔翔

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 褚明伟

(51) Int. Cl.

H01B 13/00 (2006.01)

H01B 13/02 (2006.01)

H01B 9/00 (2006.01)

H01B 1/02 (2006.01)

H01B 7/30 (2006.01)

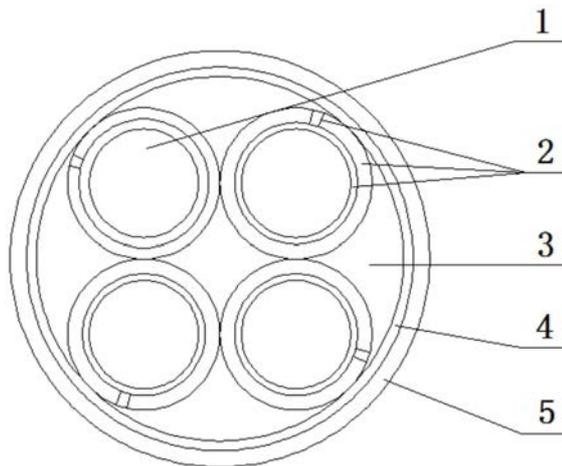
权利要求书1页 说明书12页 附图6页

(54) 发明名称

节能型复合导体、基于该导体的高性能长寿电线电缆

(57) 摘要

本发明属于电线电缆技术领域,尤其是涉及一种节能型复合导体、基于该导体的高性能长寿电线电缆。高性能长寿电线电缆由导体、绝缘层、填充层、绕包层、护套组成,所述绝缘层包覆在导体外侧,在绝缘层外侧依次设置绕包层与护套,在相邻的绝缘层之间以及绝缘层与绕包层之间设置有填充层,所述导体为所述节能型复合导体。与现有技术相比,本发明节能型复合导体可有效降低导线温度,节省铜材,并降低线损。由于电线电缆温升降低,使绝缘材料不产生碳化,保证铜包铝芯电线电缆的绝缘寿命可满足30年以上免维护的要求。



1. 一种节能型复合导体的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

- (1) 在铝杆的表面包覆铜带,包覆之后,在惰性气体保护下,对铜带的纵缝进行焊接,
- (2) 对组合在一起的铝杆和铜带进行热处理以及拉拔,生产出铜包铝线,
- (3) 退火处理:将得到的铜包铝线进行退火处理,
- (4) 复绕:将退火处理后的铜包铝线进行复绕,
- (5) 绞制:将复绕后的导线进行绞制,进而得到节能型复合导体。

2. 根据权利要求1所述节能型复合导体的制备方法,其特征在于,在进行步骤(1)前,对铝杆进行前处理,前处理程序包括:铝杆放线、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。

3. 根据权利要求1所述节能型复合导体的制备方法,其特征在于,在进行步骤(1)前,对铜带进行前处理,前处理程序包括:盘卷铜带的放带、定宽切边、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。

4. 基于权利要求1所述节能型复合导体的高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述高性能长寿电线电缆由导体、绝缘层、填充层、绕包层、护套组成,所述绝缘层包覆在导体外侧,在绝缘层外侧依次设置绕包层与护套,在相邻的绝缘层之间以及绝缘层与绕包层之间设置有填充层,所述导体为如权利要求1所述节能型复合导体。

5. 根据权利要求4所述高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述绝缘层采用三层共挤技术成型,包括内绝缘层与外绝缘层,内绝缘层为辐照交联聚乙烯绝缘层,外绝缘层为辐照无卤聚烯烃绝缘层,并在外绝缘层的外表面挤包形成多条凸出于外绝缘层的分相色条。

6. 根据权利要求5所述高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述分相色条的断面为半圆形,并且外绝缘层上分相色条的颜色不同。

7. 根据权利要求4所述高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述填充层是通过以下方式形成的:由呈凝胶状态的氢氧化铝与氢氧化镁直接挤出形成,呈凝胶状态的氢氧化铝与氢氧化镁密实填充在绝缘层隙间。

8. 根据权利要求4所述高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述绕包层采用无卤阻燃带或无纺布材料。

9. 根据权利要求4所述高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述护套采用辐照交联聚烯烃护套料。

10. 根据权利要求4所述高性能长寿电线电缆,其特征在于,所述高性能长寿电线电缆为四芯结构。

## 节能型复合导体、基于该导体的高性能长寿电线电缆

### 技术领域

[0001] 本发明属于电线电缆技术领域,尤其是涉及一种节能型复合导体、基于该导体的高性能长寿电线电缆。

### 背景技术

[0002] 电缆是电力系统的重要导体材料,起着传送电能的作用,主要用于发电机、变压器、电动机等的电能传输。目前变电所高低压配电、电动机装置等电气设备和相应配电装置的连接大都采用纯铜电缆。由于“集肤效应”,导致纯铜电缆在传输电能过程中电流主要集中在电缆外表面,这会导致电缆产生较多的热量,限制电缆的载电量,同时导致电缆内部铜材利用效率降低,铜材浪费严重。

[0003] 为应对不断攀升的铜价,一些企业开始采用价格较便宜的铝来代替铜,或者采用铜包铝线缆结构。

[0004] 例如中国专利CN108063000B公布了一种应用在线缆中的导电性能强的铜包铝芯材,在高纯铝熔化的铝液中添加不同含量的合金元素,在铜包覆下,加工态铝合金导体的电导率、抗拉强度和断面延伸率得到了明显的提高,抗拉强度达到了150MPa,屈服强度达到85MPa,电导率提高了24-28%,铝合金导体进行中间退火过程中发生了回复和再结晶过程,细小的等轴晶逐步取代了不均匀的晶粒,组织趋于稳定,能够增强其抗拉强度、抗弯曲性能、耐腐蚀性和抗蠕变性,也能提高其导电率,铜包铝芯材制作而成的线缆能够很好的解决纯铝线在使用中遇到的各种严重问题,提高了导线使用的寿命,也提高了导线在使用中的安全性能。然而上述专利中铜包铝芯材一方面制备方法比较复杂,需要采用合金液浇铸的方式来制备,所需能量高,另一方面,该专利中铜包铝芯材主要强调的是导电性能,而并没有将该产品用到电缆制作等方面的相关试验。

[0005] 中国专利CN109754925A公开了一种空心电缆,包括多股导线和包覆所有导线的绝缘外护套(1),导线(2)采用空心排列方式,导线之间相互紧密排列,所述导线排列后形成的空心层填塞轻质弹性填充物(3)或采用螺旋弹簧(17)支撑。该专利电缆的导线采用空心排列方式,以利用交变电流的集肤效应,有效利用导体的横截面,交流电阻小,功率损耗小。同时空心排列使电缆外接触面大,散热条件好,电缆温升低,利于导体材料散热,从而保证电缆的正常使用寿命。然而上述专利中电缆结构过于复杂,制备难度较大。

[0006] 中国专利CN108511116B公开了一种水合物控温散热低压电缆,整个电缆由导体、第一纳米石墨涂层、橡胶绝缘层、内屏蔽层、玻璃纤维保护层、水合物材料层、第二纳米石墨涂层、包带层、外屏蔽层、内护套层、铠装层和外护套层组成。该电缆利用水合物的高储热密度和纳米颗粒优良的传热特性,在屏蔽绝缘线绞合间隙填充水合物材料,在导体外层和包带层内壁添加纳米石墨涂层,能有效控制电缆温升,提升载流量并改善散热性能。该专利技术解决了传统低压电缆在大电流负载工作时因自身发热使自身温度升高,导致电缆绝缘水平下降,寿命缩短、设备故障率增加、火灾风险增大等缺陷,特别适用于瞬时高峰电流、间歇性负载引起的发热量较大的埋地电缆。然而该专利中电缆结构过于复杂,制备难度较大。

## 发明内容

[0007] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种节能型复合导体、基于该导体的高性能长寿电线电缆。

[0008] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：

[0009] 本发明利用“集肤效应”原理，综合生产制造工艺、复合材料热处理技术、铜铝包覆拉拔原子冶金技术、新型材料绞合技术等工艺环节，将铜层均匀包覆在铝芯上，使铜、铝界面上的原子实现冶金结合，并拉伸绞合，形成具有强度高、轻质、柔性及环保等特性的新型导电材料。

[0010] 本发明首先提供节能型复合导体的制备方法，包括以下步骤：

[0011] (1) 在铝杆的表面包覆铜带，包覆之后，在惰性气体保护下，对铜带的纵缝进行焊接，

[0012] (2) 对组合在一起的铝杆和铜带进行热处理与拉拔，生产出包敷良好的铜包铝线，

[0013] (3) 退火处理：将得到的铜包铝线进行退火处理，

[0014] (4) 复绕：将退火处理后的铜包铝线进行复绕，

[0015] (5) 绞制：将复绕后的导线进行绞制，进而得到节能型复合导体。

[0016] 进一步地，在进行步骤(1)前，对铝杆进行前处理，前处理程序包括：铝杆放线、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。

[0017] 铝杆放线后先经过定径拉拔使铝杆在生产时保证它的圆度，拉拔后的铝杆直接进入除油清洗机构，除油后的铝杆再进行清水冲洗，清洗后的铝杆再进入中和处理机构，对铝杆进行酸性中和处理，再将处理后的铝杆进行清水清洗，清洗后的铝杆还要进行钝化处理，钝化处理的作用是要求铝杆在和铜包敷时保证没有氧化铝膜，以保证铝和铜的结合强度，钝化后的铝杆再经过清水清洗，最后将清洗后的铝杆进行干燥，干燥后的铝杆就完全可以满足生产工艺的需要。

[0018] 进一步地，在进行步骤(1)前，对铜带进行前处理，前处理程序包括：盘卷铜带的放带、定宽切边、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。

[0019] 铜带在开卷后直接进入除油清洗机构，除油后的铜带再进行清水冲洗，清洗后的铜带再进入中和处理机构，对铜带进行酸性中和处理，再将处理后的铜带进行清水清洗，清洗后的铜带还要进行钝化处理，钝化处理的作用是要求铜带在和铝杆包敷时保证没有氧化铜膜，以保证铜和铝的结合强度，钝化后的铜带再经过清水清洗，最后将清洗后的铜带进行干燥，干燥后的铜带就完全可以满足生产工艺的需要。

[0020] 当铜带经过前面的工序后，再经压边、压弧、和成型工艺、定型工艺、氩弧焊接、牵引、经过两次拉拔生产出包敷很好的铜包铝线，到达液压式收排线机将铜包铝线整齐等距的卷取在1200毫米的标准工作盘上。完成了整个铜包铝的包敷生产。该生产线的成品率在95%左右。比现有技术的生产工艺提高产品的成品率5%左右。并且该生产线完全可以生产2000米的大长度铜包铝线材。

[0021] 优选地，步骤(1)中铜带厚度0.38mm，宽度31.4mm；铝杆直径8.6mm，铜占比15%，铝占比85%，加工成品线直径小于3.00mm。

[0022] 优选地，步骤(1)中焊接时需要控制工艺条件，本发明中提供了一种可行的焊接方法，具体为：

[0023] 首先应把纯氩气送到每个管内后到每个需要处,流量为焊枪8~10kgf/cme/nin20℃,包覆机内流量30~40kgf/cme/nin20℃,焊接前提前充气5分钟,焊极高度为1~1.8mm之间,采用Φ2.4mm钨极,并保证每焊一盘后对钨极进行调整,以保证钨极焊接质量。焊接电流为120~180A;焊接速度为20米/分钟左右,焊缝为1.5mm左右,焊接开始后要检查钨极是否对正焊缝,焊接过程中要随时检查刷磨情况和焊接电流及焊接速度的变化,以保证焊接的质量。待收线筒上缠绕20圈左右时将铜带和铝杆没有刷磨部分剪掉,并及时封好端头;当焊接至3/4处时将开始封好的端头取下,以利于气体排出,焊接好后要及时转到拉伸工序(5-10分钟左右)。

[0024] 焊接质量要求为:焊缝饱满、两侧呈直线、光亮。焊接中不出现开焊及打眼现象。

[0025] 其中,步骤(2)对组合在一起的铝杆和铜带进行热处理可以采用本领域内的常规方法,本发明提供可选择的一种方法为:

[0026] 21) 产品(组合在一起的铝杆和铜带)装入真空罐前要仔细检查罐的控制箱的各类仪表、安全阀、压力真空表、循环冷却水管、热电偶及工作电源、真空泵、通风机、密封圈是否正常,有无异样变化,吊车工作是否正常;

[0027] 22) 检查罐内表面是否清洁,无积水、无油污,每次装罐前均需对罐进行清理,擦干净;

[0028] 23) 装罐:将放好待退线的吊架平稳准确的吊入罐内,线的表面不得与罐体接触,以免碰伤、划伤;紧固螺栓上下对位,紧固螺栓时要对称进行,防止受力不匀,造成漏气;

[0029] 24) 螺栓紧固后,接好真空管,抽真空前先打开冷却水阀,再把橡胶管插入罐内的排气口,注意不能漏气,启动真空泵,如无异常将紧固螺栓紧固好,待真空压力表指示为-0.1Mpa时,抽15分钟气体,保证罐内无残留气体,先关闭出气口阀门,然后切断真空泵电源,避免空气回流罐内,

[0030] 25) 向罐内充氩气前先打开氩气阀门,排除管内空气后将管插入进气口,充氮气至0.02Mpa后,先关断入气口阀门,再关闭氮气阀门,

[0031] 26) 加热退火将待退火的真空罐平稳放入炉内,接好冷却水管,打开水阀,检查各处冷却水、循环是否正常后,启动风机,插入热电偶,然后启动加热器,调整温控仪表,由于退火线径不同,退火温度不同,具体见附录表1。

[0032] 表1热处理温度及冷却时间

[0033]	名	单丝直径	中区加热温	加热和保温	冷却时间 h(参考)	
	称	(mm)	度 (参考) (°C)	时间(参考) (h)	自然 冷却	水中冷却
[0034]	铜	0.8~1.25	460	3.5	1.0	一般情况下水中冷却的时间夏天一般应在 12 小时, 冬天应是在 10 小时。
	包	1.26~2.0	470~485	3.5	1.0	
	铝	2.01~2.15	480~500	3.5	1.0	
	线	2.56	510~520	3.5~4.0	1.5	

[0035] 步骤(2)中热处理后进行拉拔采用本领域常规技术手段即可。

[0036] 步骤(3)中将得到的铜包铝线进行退火处理可以采用本领域内的常规方法,本发明提供可选择的一种方法为:

[0037] 31) 退火前准备:按产品要求调准控制温度,加温范围 $260^{\circ}\text{C}\sim 295^{\circ}\text{C}$ ,将得到的铜包铝线整齐的放入退火吊架内,然后放入退火罐内,封盖并抽真空,注入氩气,然后将罐放入炉内;

[0038] 32) 加温、保温、冷却:第一炉加温2.5小时,保温2.5小时,罐取出冷却;第二炉连续加温2小时,保温2.5小时后,取出冷却,自然冷却时间为12小时,罐表面温度达 $60^{\circ}\text{C}$ 以下,再开盖取出退火的铜包铝线,

[0039] 33) 线芯的退火炉温一般控制在 $300^{\circ}\text{C}$ 以下,走线速度视导体截面大小而定。由于相对铜线的退火温低,在进水槽冷却时产生的蒸汽量少,不时地出现氧化现象,为增加蒸汽量和提高蒸汽的密度,水槽的温度不应过低,一般应控制在 $70^{\circ}\text{C}$ 左右;同时进线端的导体套一定要套到走线管上,用以缩小水蒸汽出口截面,缓解入口处蒸汽的被动,使导体处于稳定预热状态,提高软化效果。

[0040] 步骤(4)所述复绕可以采用本领域内的常规方法,本发明提供可选择的一种方法为:

[0041] 41) 将退火后铜包铝线单丝进行复绕到电缆盘上,复绕时检查电缆盘的质量,并表明编号、重量等;

[0042] 42) 复绕铜包铝线时,要注意检查导线的表面光洁度和尺寸等情况,导线的排列要整齐均匀,不得有松圈和压线的现象;

[0043] 43)  $\Phi 775$ 电缆盘:不得小于330kg(用户特殊要求除外),上限依据领料的实际重量及客户要求,距离电缆盘外缘不超过2.5cm; $\Phi 1020$ 电缆盘:1000kg-1200kg,距离电缆盘外缘不超过2.5cm。

[0044] 44) 复绕线时要控制缠线速度,不要过快,如发现问题及时停机处理。

[0045] 步骤(5)所述绞制可以采用本领域内的常规方法,绞线由多根单线构成。一般来说,构成绞线的单线多而细,不仅增加了电线电缆的柔软性,还提高线路连通的可靠性。有些电线电缆的导体并不要求大的截面,但也采用了绞合形式,正是为了具有更好的柔软性或高度的可靠性,进而得到节能型复合导体。

[0046] 由于该生产线工艺合理,配备完善,可操作性强,是目前国内生产工艺最先进的生产线。

[0047] 本发明提供的节能型铜包铝复合导体由铜铝复合成型工艺制备得到,采用铝芯线代替铜成为线缆主体,在铝芯线外面包覆一定比例的铜层,得到节能型复合导体。节能型复合导体将铜与铝的功能优势相结合,采用铜包铝复合导体的措施,在一定程度上减少了铜的用量。从电缆造价上看,在同等载流量的情况下,铝导体电缆的金属导体原材料成本较铜导体电缆低得多,大约为其四分之一左右。

[0048] 本发明节能型复合导体利用“集肤效应”原理,综合生产制造工艺、复合材料新型热处理技术、铜铝包覆拉拔原子冶金技术、新型材料绞合技术等生产要素和创新技术,将铜层均匀包覆在铝芯上,使铜、铝界面上的原子实现冶金结合,并拉伸绞合,形成具有强度高、轻质、柔性及环保等特性的新型导电材料。与传统的铜芯电缆对比,可有效降低导线温度,

节省铜材,并降低线损。

[0049] 本发明还提供基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆。所述基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆由导体、绝缘层、填充层、绕包层、护套组成,所述绝缘层包覆在导体外侧,在绝缘层外侧依次设置绕包层与护套,在相邻的绝缘层之间以及绝缘层与绕包层之间设置有填充层,所述导体为节能型复合导体,即为铜包铝导体。

[0050] 进一步地,所述绝缘层采用三层共挤技术成型,包括内绝缘层与外绝缘层,内绝缘层为辐照交联聚乙烯绝缘层,外绝缘层为辐照无卤聚烯烃绝缘层,并在外绝缘层的外表面挤包形成多条凸出于外绝缘层的分相色条。

[0051] 进一步地,所述分相色条的断面为半圆形,并且外绝缘层上分相色条的颜色不同。

[0052] 进一步地,所述填充层是通过以下方式形成的:由呈凝胶状态的氢氧化铝与氢氧化镁直接挤出形成,呈凝胶状态的氢氧化铝与氢氧化镁密实填充在绝缘层隙间。填充层的导热系数比空气高出100余倍,而一旦受火就会即刻分解,氢氧化铝和氢氧化镁变为氧化铝和氧化镁,同时放出大量结晶水,水气的生成不但降低了受热体(电缆)的温度,而且由此构成的多孔性气穴严重地阻隔了外部火焰对内的热辐射和热传导;常态下的高热导使电缆额定载流量不降反升(约15%~20%),而火焰时又即刻反向逆转成高热阻材料,阻止高温对内的侵袭。

[0053] 进一步地,所述绕包层采用无卤阻燃带或无纺布材料。

[0054] 进一步地,所述护套采用辐照交联聚烯烃护套料。

[0055] 本发明的高性能长寿电线电缆以及护套的寿命检测依据GB/T11026.1规定方法进行,通过阿累尼乌斯(Arrhenius)曲线推导出导体平均工作温度70℃下电缆使用寿命。

[0056] 本发明提供的节能型铜包铝复合导体、基于该导体的高性能长寿电线电缆作为一种复合型导体材料,不仅可以节省大量铜材,而且相比纯铜电缆载流量更大、线损更小、温升更低。根据实际运行案例,铜包铝芯电线电缆相比纯铜电缆可降低电损5%-10%。同时,铜包铝芯电线电缆更柔韧、更易于成型,且重量轻,运输及施工方便。

[0057] 基于本发明节能型铜包铝复合导体的高性能长寿电线电缆主要体现出节能、高性能、长寿命三大特点,具体而言:

[0058] 1) 铜铝配比的特殊设计。铜铝配比的特殊设计保证铜包铝芯电线满足载电量要求的同时大幅降低铜材使用量、降低导线成本、提高导线性能和降低导线温升。

[0059] 2) 铜铝包覆焊接技术的使用。该技术是铜包铝芯电线电缆制造的基础和前提,焊缝的均匀性是后续拉拔工艺的保障。

[0060] 3) 铜铝拉拔退火冶金融合技术。该技术可实现铜铝界面原则实现均匀的冶金结合,保障复合材料的导电性能和导电稳定性。

[0061] 与传统的铜芯电缆对比,本发明的节能型复合导体可有效降低导线温度,节省铜材,并降低线损。由于电线电缆温升降低,使绝缘材料不产生碳化,保证铜包铝芯电线电缆的绝缘寿命可满足30年以上免维护的要求。

## 附图说明

[0062] 图1:基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆结构示意图。

[0063] 图2:实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆绝缘寿命检测数据之

确定各试验温度的寿命终点值,其中K2表示断裂伸长率保留率(%), $\tau$ 表示热老化时间(h)。

[0064] 图3:实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆绝缘寿命检测数据之温度指数曲线。

[0065] 图4:实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆绝缘寿命检测数据之具体的检测数据。

[0066] 图5:实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆护套的绝缘寿命检测数据之确定各试验温度的寿命终点值,其中K2表示断裂伸长率保留率(%), $\tau$ 表示热老化时间(h)。

[0067] 图6:实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆护套的绝缘寿命检测数据之温度指数曲线。

[0068] 图7:实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆护套的绝缘寿命检测数据之具体的检测数据。

### 具体实施方式

[0069] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0070] 实施例1

[0071] 提供节能型复合导体的制备方法,包括以下步骤:

[0072] (1) 在铝杆的表面包覆铜带,包覆之后,在惰性气体保护下,对铜带的纵缝进行焊接,

[0073] (2) 对组合在一起的铝杆和铜带进行热处理与拉拔,生产出包敷良好的铜包铝线,

[0074] (3) 退火处理:将得到的铜包铝线进行退火处理,

[0075] (4) 复绕:将退火处理后的铜包铝线进行复绕,

[0076] (5) 绞制:将复绕后的导线进行绞制,进而得到节能型复合导体。

[0077] 在进行步骤(1)前,对铝杆进行前处理,前处理程序包括:铝杆放线、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。对铜带进行前处理,前处理程序包括:盘卷铜带的放带、定宽切边、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。

[0078] 铝杆放线后先经过定径拉拔使铝杆在生产时保证它的圆度,拉拔后的铝杆直接进入除油清洗机构,除油后的铝杆再进行清水冲洗,清洗后的铝杆再进入中和处理机构,对铝杆进行酸性中和处理,再将处理后的铝杆进行清水清洗,清洗后的铝杆还要进行钝化处理,钝化处理的作用及要求铝杆在和铜包敷时保证没有氧化铝膜,以保证铝和铜的结合强度,钝化后的铝杆再经过清水清洗,最后将清洗后的铝杆进行干燥,干燥后的铝杆就完全可以满足生产工艺的需要。

[0079] 进一步地,在进行步骤(1)前,对铜带进行前处理,前处理程序包括:盘卷铜带的放带、定宽切边、除油、清洗、光亮处理、钝化、清洗、烘干。

[0080] 铜带在开卷后直接进入除油清洗机构,除油后的铜带再进行清水冲洗,清洗后的铜带再进入中和处理机构,对铜带进行酸性中和处理,再将处理后的铜带进行清水清洗,清洗后的铜带还要进行钝化处理,钝化处理的作用及要求铜带在和铝杆包敷时保证没有氧化铜膜,以保证铜和铝的结合强度,钝化后的铜带再经过清水清洗,最后将清洗后的铜带进行干燥,干燥后的铜带就完全可以满足生产工艺的需要。

[0081] 当铜带经过前面的工序后,再经压边、压弧、和成型工艺、定型工艺、氩弧焊接、牵引、经过两次拉拔生产出包敷很好的铜包铝线,到达液压式收排线机将铜包铝线整齐等距的卷取在1200毫米的标准工作盘上。完成了整个铜包铝的包敷生产。该生产线的成品率在95%左右。比现有技术的生产工艺提高产品的成品率5%左右。并且该生产线完全可以生产2000米的大长度铜包铝线材。

[0082] 步骤(1)中铜带厚度0.38mm,宽度31.4mm;铝杆直径8.6mm,铜占比15%,铝占比85%,加工成品线直径小于3.00mm。

[0083] 步骤(1)中焊接时需要控制工艺条件,本发明中提供了一种可行的焊接方法,具体为:

[0084] 首先应把纯氩气送到每个管内后到每个需要处,流量为焊枪8~10kgf/cme/nin20℃,包覆机内流量30~40kgf/cme/nin20℃,焊接前提前充气5分钟,焊极高度为1~1.8mm之间,采用Φ2.4mm钨极,并保证每焊一盘后对钨极进行调整,以保证钨极焊接质量。焊接电流为120~180A;焊接速度为20米/分钟左右,焊缝为1.5mm左右,焊接开始后要检查钨极是否对正焊缝,焊接过程中要随时检查刷磨情况和焊接电流及焊接速度的变化,以保证焊接的质量。待收线筒上缠绕20圈左右时将铜带和铝杆没有刷磨部分剪掉,并及时封好端头;当焊接至3/4处时将开始封好的端头取下,以利于气体排出,焊接好后要及时转到拉伸工序(5-10分钟左右)。

[0085] 焊接质量要求为:焊缝饱满、两侧呈直线、光亮。焊接中不出现开焊及打眼现象。

[0086] 步骤(2)对组合在一起的铝杆和铜带进行热处理可以采用以下方法:

[0087] 21) 产品(组合在一起的铝杆和铜带)装入真空罐前要仔细检查罐的控制箱的各类仪表、安全阀、压力真空表、循环冷却水管、热电偶及工作电源、真空泵、通风机、密封圈是否正常,有无异样变化,吊车工作是否正常;

[0088] 22) 检查罐内表面是否清洁,无积水、无油污,每次装罐前均需对罐进行清理,擦干净;

[0089] 23) 装罐:将放好待退线的吊架平稳准确的吊入罐内,线的表面不得与罐体接触,以免碰伤、划伤;紧固螺栓上下对位,紧固螺栓时要对称进行,防止受力不匀,造成漏气;

[0090] 24) 螺栓紧固后,接好真空管,抽真空前先打开冷却水阀,再把橡胶管插入罐内的排气口,注意不能漏气,启动真空泵,如无异常将紧固螺栓紧固好,待真空压力表指示为-0.1Mpa时,抽15分钟气体,保证罐内无残留气体,先关闭出气口阀门,然后切断真空泵电源,避免空气回流罐内,

[0091] 25) 向罐内充氩气前先打开氩气阀门,排除管内空气后将管插入进气口,充氮气至0.02Mpa后,先关断入气口阀门,再关闭氮气阀门,

[0092] 26) 加热退火将待退火的真空罐平稳放入炉内,接好冷却水管,打开水阀,检查各处冷却水、循环是否正常后,启动风机,插入热电偶,然后启动加热器,调整温控仪表,由于退火线径不同,退火温度不同,具体见附录表1。

[0093] 表1热处理温度及冷却时间

名称	单丝直径 (mm)	中区加热 温度 (参考) (°C)	加热和保 温 时间(参考) (h)	冷却时间 h(参考)	
				自然 冷却	水中冷却
[0094] 铜	0.8~1.25	460	3.5	1.0	一般情况下水中冷却的时间 夏天一般应在 12 小时, 冬天 应是在 10 小时。
包	1.26~2.0	470~485	3.5	1.0	
铝	2.01~2.15	480~500	3.5	1.0	
线	2.56	510~520	3.5~4.0	1.5	

[0095] 步骤(2)中热处理后进行拉拔采用本领域常规技术手段即可。

[0096] 步骤(3)中将得到的铜包铝线进行退火处理可以采用本领域内的常规方法,本发明提供可选择的一种方法为:

[0097] 31) 退火前准备:按产品要求调准控制温度,加温范围260°C~295°C,将得到的铜包铝线整齐的放入退火吊架内,然后放入退火罐内,封盖并抽真空,注入氩气,然后将罐放入炉内;

[0098] 32) 加温、保温、冷却:第一炉加温2.5小时,保温2.5小时,罐取出冷却;第二炉连续加温2小时,保温2.5小时后,取出冷却,自然冷却时间为12小时,罐表面温度达60°C以下,再开盖取出退火的铜包铝线,

[0099] 33) 线芯的退火炉温一般控制在300°C以下,走线速度视导体截面大小而定。由于相对铜线的退火温低,在进水槽冷却时产生的蒸汽量少,不时地出现氧化现象,为增加蒸汽量和提高蒸汽的密度,水槽的温度不应过低,一般应控制在70°C左右;同时进线端的导体套一定要套到走线管上,用以缩小水蒸汽出口截面,缓解入口处蒸汽的被动,使导体处于稳定预热状态,提高软化效果。

[0100] 步骤(4)所述复绕可以采用本领域内的常规方法,本发明提供可选择的一种方法为:

[0101] 41) 将退火后铜包铝线单丝进行复绕到电缆盘上,复绕时检查电缆盘的质量,并表明编号、重量等;

[0102] 42) 复绕铜包铝线时,要注意检查导线的表面光洁度和尺寸等情况,导线的排列要整齐均匀,不得有松圈和压线的现象;

[0103] 43)  $\Phi$ 775电缆盘:不得小于330kg(用户特殊要求除外),上限依据领料的实际重量及客户要求,距离电缆盘外缘不超过2.5cm; $\Phi$ 1020电缆盘:1000kg-1200kg,距离电缆盘外缘不超过2.5cm。

[0104] 44) 复绕线时要控制缠线速度,不要过快,如发现问题及时停机处理。

[0105] 步骤(5)所述绞制可以采用本领域内的常规方法,绞线由多根单线构成。一般来说,构成绞线的单线多而细,不仅增加了电线电缆的柔软性,还提高线路连通的可靠性。有些电线电缆的导体并不要求大的截面,但也采用了绞合形式,正是为了具有更好的柔软性或高度的可靠性,进而得到节能型复合导体。

[0106] 本实施例中,采用铜铝拉拔退火冶金融合技术,该技术可实现铜铝界面原则实现均匀的冶金结合,保障复合材料的导电性能和导电稳定性。具体而言,本实施例中,工艺的关键把控点包括:

[0107] 1) 投料时首先检查铝杆表面是否有磨损现象,对于影响定径圆整的铝杆要剪掉。

[0108] 2) 根据铜带下料单的长度配比铝杆长度、重量下料。

[0109] 3) 检查环锻机和选择环锻块。

[0110] 4) 润滑油使用金属拉拔剂与机油的混合物,通常以1:1配比,参照拉伸后铝杆表面粘度、铝杆的潮湿程度对金属拉拔剂与机油的配比做微调,拉伸后的铝杆粘度过大稍微减少金属拉拔剂,铝杆潮湿金属拉拔剂相对增多。当拉伸的数量达到20吨,并观察拉伸后的铝杆表面较脏时更换润滑油。

[0111] 5) 拉伸前检查拉伸机运转是否正常,拉机速度设为140米/分钟。按铝杆拉伸线径选择模具规格,模具平行放置模具槽内,不能放反或放错位,定期对使用的模具进行更换,做清洗及抛磨处理后以备用,超差模具不得作用。

[0112] 6) 铝杆模具:  $\Phi 10$ 焊机规格:  $\Phi 9.2$ 、 $\Phi 8.9$ 、 $\Phi 8.6$ mm,拉伸线径(以铝杆清洗后为准)规格及公差

[0113] 7)  $\Phi 10$ 焊机铝杆线径:  $\Phi 8.6$ mm,公差 $\pm 0.05$ mm,拉伸质量:拉伸中随时观察线表面有无划伤现象。

[0114] 8) 退火前准备:按产品要求调准控制温度,加温范围 $260^{\circ}\text{C} \sim 295^{\circ}\text{C}$ ,将料整齐的放入退火吊架内,然后放入退火罐内,封盖并抽真空,注入氩气,然后将罐放入炉内。

[0115] 9) 加温、保温、冷却:第一炉加温2.5小时,保温2.5小时,罐取出冷却;第二炉及连续加温2小时,保温2.5小时后,取出冷却,自然冷却时间为12小时,罐表面温度达 $60^{\circ}\text{C}$ 以下,再开盖取出退火线。

[0116] 10) 线芯的退火炉温一般控制在 $300^{\circ}\text{C}$ 以下,走线速度视导体截面大小而定。由于相对铜线的退火温低,在进水槽冷却时产生的蒸汽量少,不时地出现氧化现象,为增加蒸汽量和提高蒸汽的密度,水槽的温度不应过低,一般应控制在 $70^{\circ}\text{C}$ 左右;同时进线端的导体套一定要套到走线管上,用以缩小水蒸汽出口截面,缓解入口处蒸汽的被动,使导体处于稳定预热状态,提高软化效果。

[0117] 本实施例所得的节能型复合导体截面和电阻率与传统的铜芯导体比较结果如表1、表2所示。

[0118] 表1

本实施例所得复合导体电缆截面		铜芯电缆截面		复合导体与铜芯导体截面比	本实施例所得复合导体电缆截面电阻率	铜芯导体电阻率
标称截面	实际生产截面	标称截面	实际生产截面			
2.5	3.5	2.5	2.5	1.40	7.41	7.41
4.0	5.6	4.0	4.0	1.40	4.61	4.61
6.0	8.4	6.0	6.0	1.40	3.08	3.08
10	14.2	10	9.6	1.48	1.83	1.83
16	23.0	16	15.2	1.51	1.15	1.15
25	36.0	25	23.5	1.53	0.727	0.727
35	51.5	35	34.1	1.51	0.524	0.524
50	71.2	50	46.5	1.53	0.387	0.387
70	98.8	70	67.5	1.46	0.268	0.268
95	136.5	95	93.6	1.46	0.193	0.193
120	172.5	120	117.4	1.47	0.153	0.153
150	223.5	150	144.0	1.55	0.124	0.124
185	265.5	185	180.0	1.48	0.0991	0.0991
240	359.2	240	236.0	1.52	0.0754	0.0754
300	442.4	300	295.0	1.50	0.0601	0.0601

[0119] 根据表1的试验数据可知,本实施例的节能型复合导体的电阻率基本和铜导体电阻率基本一致,电缆重量相差5%-10%范围。

[0120] 表2

本实施例所得复合导体电缆截面		铜芯电缆截面		复合导体与铜芯导体截面比	本实施例所得复合导体电缆截面电阻率	铜芯导体电阻率
标称截面	实际生产截面	标称截面	实际生产截面			
16	14.9	16	15.2	1.1	1.15	1.15
25	23.6	25	23.5	1.1	0.727	0.727
35	34.0	35	34.1	1.1	0.524	0.524
50	48.2	50	46.5	1.1	0.387	0.387
70	67.4	70	67.5	1.1	0.268	0.268
95	91.5	95	93.6	1.1	0.193	0.193
120	118.2	120	117.4	1.1	0.153	0.153
150	150.3	150	144.0	1.1	0.124	0.124
185	184.4	185	180.0	1.1	0.0991	0.0991
240	254.9	240	236.0	1.1	0.0754	0.0754
300	308.4	300	295.0	1.1	0.0601	0.0601

[0121] 根据表2的试验数据可知,本实施例的节能型复合导体的电阻率基本和铜导体电

阻率基本一致,电缆重量相差3%~8%范围。

[0125] 实施例2

[0126] 提供基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆。所述基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆结构如图1所示,由导体1、绝缘层2、填充层3、绕包层4、护套5组成,所述绝缘层包覆在导体外侧,在绝缘层外侧依次设置绕包层与护套,在相邻的绝缘层之间以及绝缘层与绕包层之间设置有填充层,所述导体为节能型复合导体,即为铜包铝导体。

[0127] 本实施例中,所述绝缘层采用三层共挤技术成型,包括内绝缘层与外绝缘层,内绝缘层为辐照交联聚乙烯绝缘层,外绝缘层为辐照无卤聚烯烃绝缘层,并在外绝缘层的外表面挤包形成多条凸出于外绝缘层的分相色条。

[0128] 本实施例中,所述分相色条的断面为半圆形,并且外绝缘层上分相色条的颜色不同。

[0129] 本实施例中,所述填充层是通过以下方式形成的:由呈凝胶状态的氢氧化铝与氢氧化镁直接挤出形成,呈凝胶状态的氢氧化铝与氢氧化镁密实填充在绝缘层隙间。填充层的导热系数比空气高出100余倍,而一旦受火就会即刻分解,氢氧化铝和氢氧化镁变为氧化铝和氧化镁,同时放出大量结晶水,水气的生成不但降低了受热体(电缆)的温度,而且由此构成的多孔性气穴严重地阻隔了外部火焰对内的热辐射和热传导;常态下的高热导使电缆额定载流量不降反升(约15%~20%),而火焰时又即刻反向逆转成高热阻材料,阻止高温对内的侵袭。

[0130] 本实施例中,所述绕包层采用无卤阻燃带或无纺布材料。

[0131] 本实施例中,所述护套采用辐照交联聚烯烃护套料。

[0132] 本实施例的高性能长寿电线电缆寿命检测依据GB/T11026.1规定方法进行,通过阿累尼乌斯(Arrhenius)曲线推导出导体平均工作温度70℃下电缆使用寿命。

[0133] 本实施例中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆绝缘寿命检测数据之确定各试验温度的寿命终点值参考图2,其中K2表示断裂伸长率保留率(%), $\tau$ 表示热老化时间(h)。

[0134] 本实施例中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆绝缘寿命检测数据之温度指数曲线参考图3。

[0135] 本实施例中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆绝缘寿命检测数据之具体的检测数据参考图4。

[0136] 本实施例2中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆护套的绝缘寿命检测数据之确定各试验温度的寿命终点值参考图5,其中K2表示断裂伸长率保留率(%), $\tau$ 表示热老化时间(h)。

[0137] 本实施例中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆护套的绝缘寿命检测数据之温度指数曲线参考图6。

[0138] 本实施例中基于节能型复合导体的高性能长寿电线电缆护套的绝缘寿命检测数据之具体的检测数据参考图7。

[0139] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域

域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

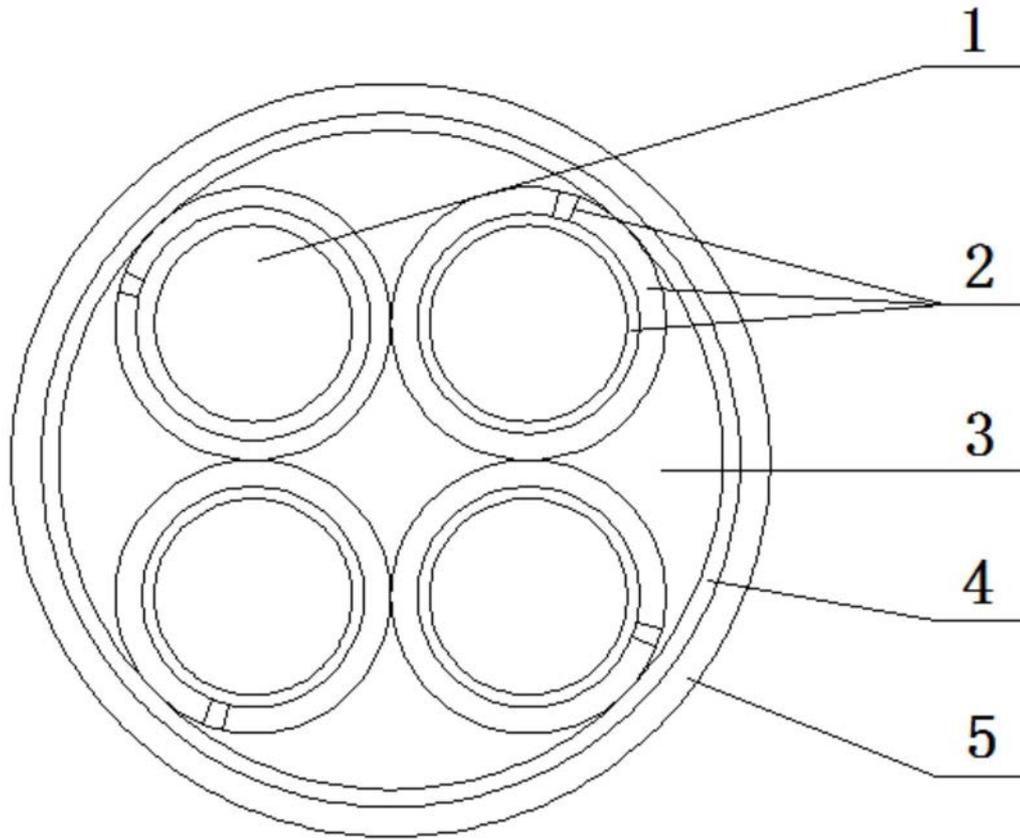


图1

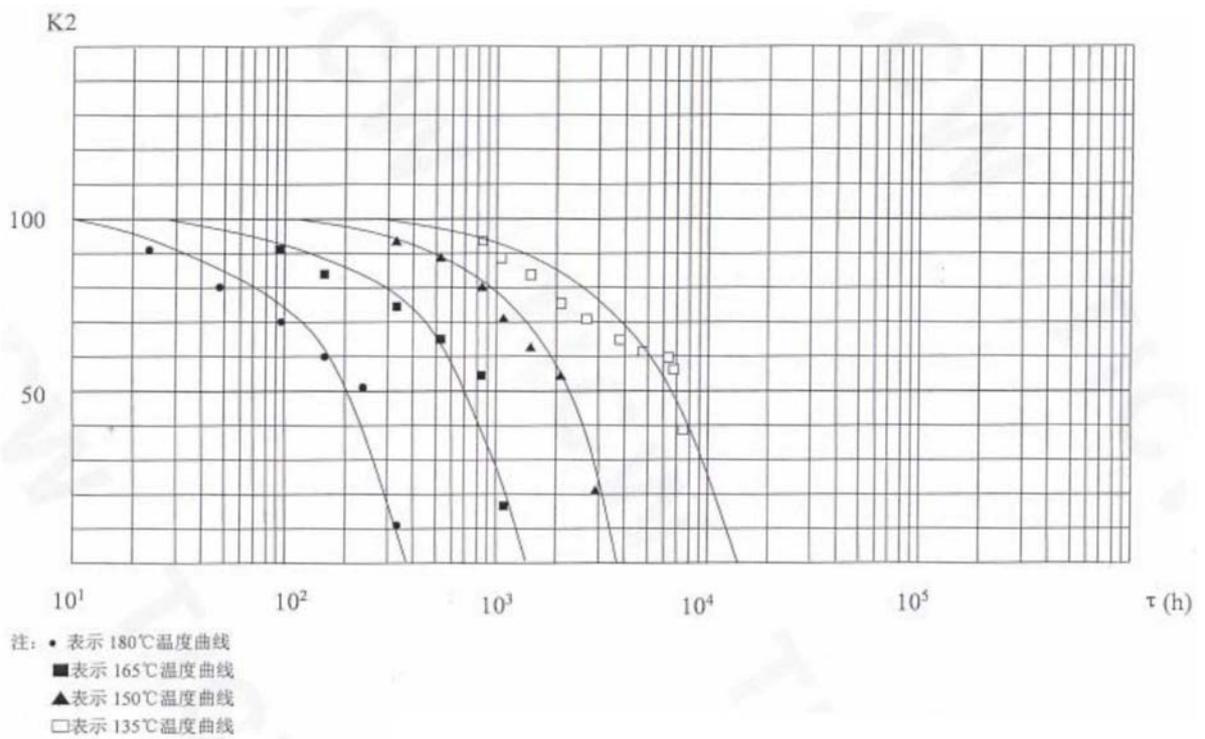


图2

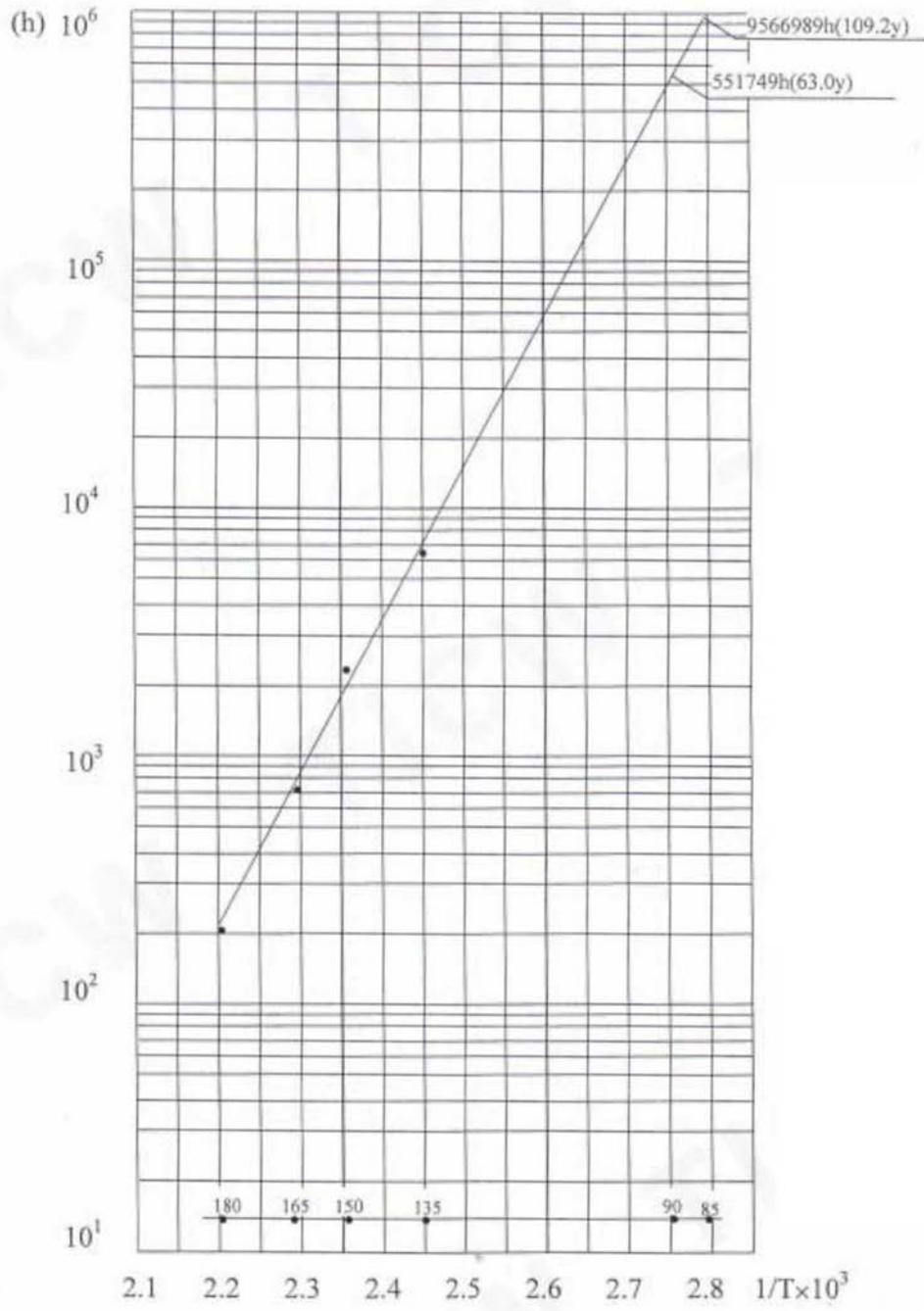


图3

试样型号 和规格		FPW360-1				检验编号		CT15-1272-1			
编号	检测项目	检验结果									
1	机械性能 断裂伸长率 (%)	350									
2	老化温度: 180℃ 老化时间 (h)	24	48	96	168	240	336				
	断裂伸长率 (%)	320	280	250	210	180	40				
	断裂伸长率保留率 (%)	91	80	71	60	51	11				
3	老化温度: 165℃ 老化时间 (h)	96	168	336	504	840	1176				
	断裂伸长率 (%)	320	290	260	230	190	60				
	断裂伸长率保留率 (%)	91	83	74	66	54	17				
4	老化温度: 150℃ 老化时间 (h)	336	504	840	1176	1680	2184	2856			
	断裂伸长率 (%)	330	310	280	250	220	190	70			
	断裂伸长率保留率 (%)	94	89	80	71	63	54	20			
5	老化温度: 135℃ 老化时间 (h)	840	1176	1680	2184	2856	3696	4704	6048	6888	7224
	断裂伸长率 (%)	330	310	290	270	250	230	220	210	200	130
	断裂伸长率保留率 (%)	94	89	83	77	71	66	63	60	57	37

图4

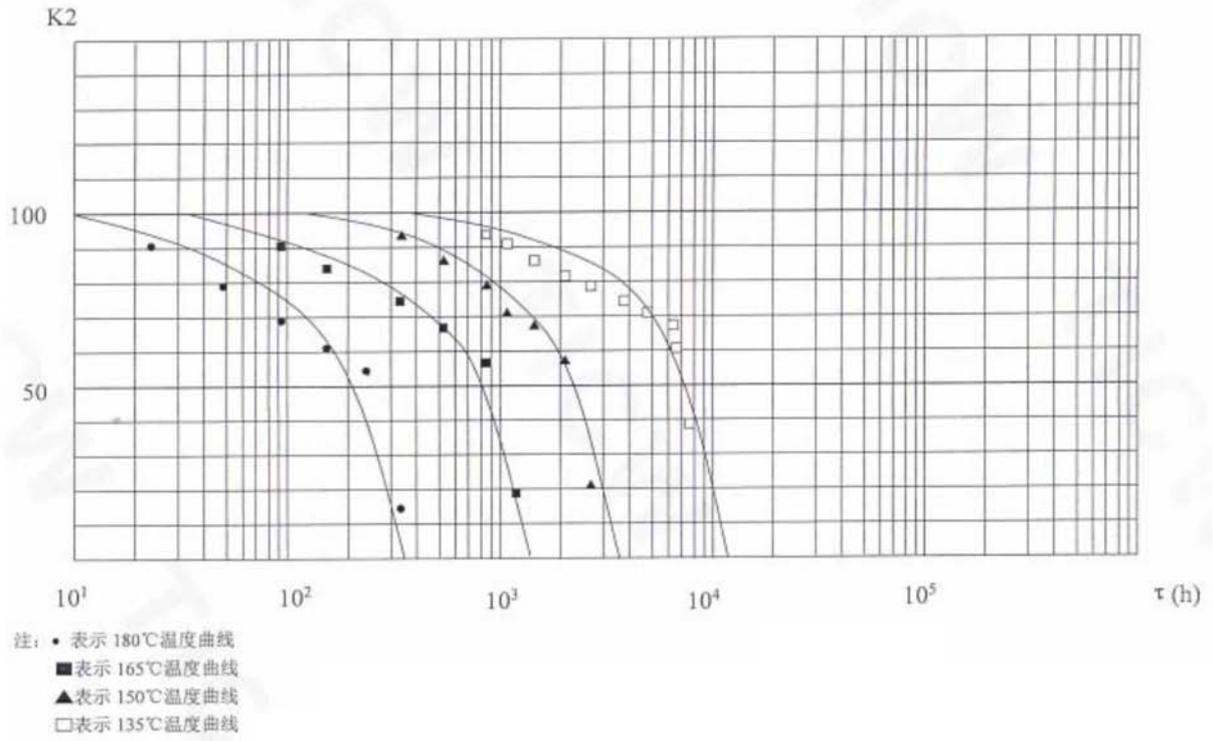


图5

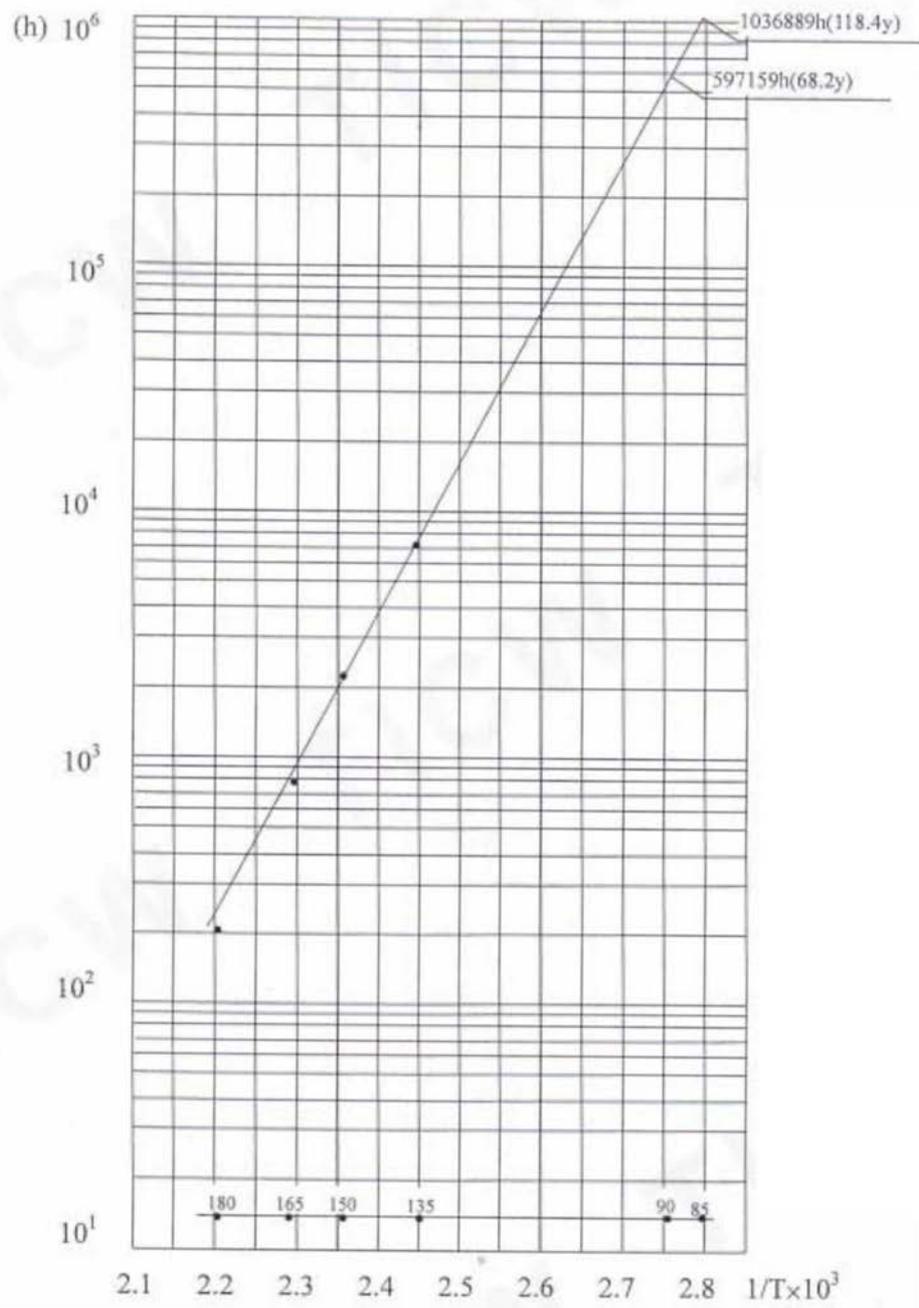


图6

试样型号 和规格		FW360-3				检验编号		CT15-1272-3			
编号	检测项目	检验结果									
1	机械性能 断裂伸长率 (%)	280									
2	老化温度: 180℃ 老化时间 (h)	24	48	96	168	240	336				
	断裂伸长率 (%)	250	220	190	170	150	40				
	断裂伸长率保留率 (%)	89	79	68	61	54	14				
3	老化温度: 165℃ 老化时间 (h)	96	168	336	504	840	1176				
	断裂伸长率 (%)	250	230	210	190	160	50				
	断裂伸长率保留率 (%)	89	82	75	68	57	18				
4	老化温度: 150℃ 老化时间 (h)	336	504	840	1176	1680	2184	2856			
	断裂伸长率 (%)	260	240	220	200	180	160	60			
	断裂伸长率保留率 (%)	93	86	79	71	68	57	21			
5	老化温度: 135℃ 老化时间 (h)	840	1176	1680	2184	2856	3696	4704	6048	6888	7224
	断裂伸长率 (%)	260	250	240	230	220	210	200	190	170	110
	断裂伸长率保留率 (%)	93	89	86	82	79	75	71	68	61	39

图7