(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 116027008 B
(45)授权公告日 2025.03.18

(21)申请号 202211594039.1
(22)申请日 2022.12.13
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116027008 A
(43)申请公布日 2023.04.28
(73)专利权人 中控技术股份有限公司
地址 310053 浙江省杭州市滨江区六和路309号
(72)发明人 戴晨阳 楼艳仙 鲁浩 王文辉
(74)专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236
专利代理师 胡晶
(51)Int.Cl.
G01N 33/207(2019.01)
G01N 33/204(2019.01)
G01N 33/2045(2019.01)
(56)对比文件
CN 101629912 A ,2010.01.20
CN 103728375 A ,2014.04.16
审查员 王竞依

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,包括:进行非破坏性评估检测,所述非破坏性评估检测用于通过膜片及焊缝的外观评估膜片及焊缝是否符合预设置的质量要求;进行破坏性评估检测,所述破坏性评估检测为通过破坏性物理分析,从膜片破损机理和焊缝失效机理进行微观的分析观测,从而评估膜片及焊缝在极限强度和微观层面上的质量与可靠性;通过混合应力加速试验进行检测,所述混合应力加速试验为基于膜片及焊缝的失效机理,通过混合应力模拟现场的真实使用环境进行加速试验,从而可以快速的评定膜片及焊缝的寿命和长期可靠性。本发明能够系统性、全面性的对膜座组件焊接质量进行判定和验证。



CN 116027008 B

1.一种基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,包括:

步骤S1:进行非破坏性评估检测,所述非破坏性评估检测用于通过膜片及焊缝的外观评估膜片及焊缝是否符合预设置的质量要求;

步骤S2:进行破坏性评估检测,所述破坏性评估检测为通过破坏性物理分析,从膜片破损机理和焊缝失效机理进行微观的分析观测,从而评估膜片及焊缝在极限强度和微观层面上的质量与可靠性;

步骤S3:通过混合应力加速试验进行检测,所述混合应力加速试验为基于膜片及焊缝的失效机理,通过混合应力模拟现场的真实使用环境进行加速试验,从而快速的评定膜片及焊缝的寿命和长期可靠性;

所述混合应力加速试验包括加压温度循环混合试验和压力循环高温混合试验;所述压力循环高温混合试验为高温同时进行压力循环的实验,所述加压温度循环混合试验为加压同时进行高低温冲击的实验;

所述混合应力包括循环应力和恒定应力,其中循环应力会导致膜片及焊缝疲劳失效,恒定应力会导致材料的蠕变失效。

2.根据权利要求1所述的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,所述非破坏性评估检测包括外观检验、密封试验、渗透试验以及X射线探伤检验中的任一种或任多种。

3.根据权利要求1所述的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,所述破坏性评估检测包括极限耐压试验和/或金相试验。

4.根据权利要求2所述的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,所述外观检验,包括观察焊缝表面有无气孔、夹渣、飞溅、裂纹、熔穿,焊缝是否过渡圆滑、焊波均匀、细密、接头匀直以及宽度一致。

5.根据权利要求2所述的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,所述密封试验采用示踪气体法。

6.根据权利要求3所述的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,所述极限耐压试验具体为采用从外部加压和从内部加压方式,调整压力值,直至焊缝处或膜片破裂时停止,记录该过程压力值与对应的膜片或焊缝变化状况,从而验证膜片及焊缝的耐压强度和密封性能力。

7.根据权利要求3所述的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,其特征在于,所述金相试验包括切片和显微观察两部分;

所述切片,具体为对膜座组件进行截面切割,并研磨、抛光和侵蚀,制备好焊缝的横截面试样;

所述显微观察,为通过光学仪器进行检验,通过宏观和微观检验来显示焊缝金属的宏观和微观特性。

基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及压力变送器,具体地,涉及一种基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法。

背景技术

[0002] 压力变送器主要在石油化工、冶金、医药、轻工、电力等行业中,用于测量各种流体的压力、差压、流量、液位、密度等工业过程控制参数。其压力传感的膜座组件由厚度仅为0.08mm的膜片和波纹法兰基座采用精密焊接而成。在实际应用中,膜座组件直接与被测介质接触,需要在高温、低温、腐蚀、振动或冲击等特殊环境中实现压力信号的测量和传递,并要求测量的高精度和高稳定度。因此,对膜片和法兰基座的焊接质量要求较高。

[0003] 对焊接完成的膜座组件通常使用氦质谱检漏仪进行检漏,漏率在允许范围内则认为焊接合格。

[0004] 目前的焊接检测技术只针对于焊接完成后的膜座组件进行氦气检漏,存在如下缺点:

[0005] 1、只能判断组件密封性是否合格,并未从焊缝本身入手,有效的针对焊接后金属键合质量进行检验和评估;

[0006] 2、若组件密封性不合格,无法准确锁定泄漏点,并判断泄漏原因;

[0007] 3、现有方法局限于评估当下产品的状况,无法反映出产品寿命及实际应用中的可靠性;

[0008] 4、进行应力试验的时候,仅能使用单一应力,无法有效模拟现场实际情况。

[0009] 总而言之,以上缺点使得现有的方法技术不能系统性、全面性的对膜座组件焊接质量进行判定和验证。

发明内容

[0010] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法。

[0011] 根据本发明提供的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,包括:

[0012] 步骤S1:进行非破坏性评估检测,所述非破坏性评估检测用于通过膜片及焊缝的外观评估膜片及焊缝是否符合预设置的质量要求;

[0013] 步骤S2:进行破坏性评估检测,所述破坏性评估检测为通过破坏性物理分析,从膜片破损机理和焊缝失效机理进行微观的分析观测,从而评估膜片及焊缝在极限强度和微观层面上的质量与可靠性;

[0014] 步骤S3:通过混合应力加速试验进行检测,所述混合应力加速试验为基于膜片及焊缝的失效机理,通过混合应力模拟现场的真实使用环境进行加速试验,从而可以快速的评定膜片及焊缝的寿命和长期可靠性。

[0015] 优选地,所述非破坏性评估检测包括外观检验、密封试验、渗透试验以及X射线探伤检验中的任一种或任多种。

[0016] 优选地,所述破坏性评估检测包括极限耐压试验和/或金相试验。

[0017] 优选地,所述混合应力加速试验包括加压温度循环混合试验和压力循环高温混合试验。

[0018] 优选地,所述外观检验,包括观察焊缝表面有无气孔、夹渣、飞溅、裂纹、熔穿,焊缝是否过渡圆滑、焊波均匀、细密、接头匀直以及宽度一致。

[0019] 优选地,所述密封试验采用示踪气体法。

[0020] 优选地,所述极限耐压试验具体为采用从外部加压和从内部加压方式,调整压力值,直至焊缝处或膜片破裂时停止,记录该过程压力值与对应的膜片或焊缝变化状况,从而验证膜片及焊缝的耐压强度和密封性能力。

[0021] 优选地,所述金相试验包括切片和显微观察两部分;

[0022] 所述切片,具体为对膜座组件进行截面切割,并研磨、抛光和侵蚀,制备好焊缝的横截面试样后;

[0023] 所述显微观察,为通过光学仪器进行检验,通过宏观和微观检验来显示焊缝金属的宏观和微观特性。

[0024] 优选地,所述混合应力包括循环应力和恒定应力,其中循环应力会导致膜片及焊缝疲劳失效,恒定应力会导致材料的蠕变失效。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

[0026] 本发明从无损分析到破坏性分析,从表征检验到内部缺陷检验,多维度、多手段的针对膜片焊接质量进行系统、全面的检测,并采用混合应力进行加速老化试验,以验证膜片及焊接工艺在实际环境中长期运行的可靠性水平,从而系统性、全面性的对膜座组件焊接质量进行判定和验证。

附图说明

[0027] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0028] 图1为本发明实施例中基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法的步骤流程图;

[0029] 图2为本发明实施例中基于失效物理评估流程图。

具体实施方式

[0030] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0031] 图1为本发明实施例中基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法的步骤流程图,如图1所示,本发明实施例中针对压力变送器法兰膜片及其与法兰基座焊接后形成的焊缝进行无损分析和破坏性分析,基于焊缝失效和膜片破损的失效机理,得到一

套从微观到宏观的法兰膜片及其焊缝质量的系统性评估方法,在本发明实施例中,本发明提供的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法,包括如下步骤:

[0032] 步骤S1:非破坏性评估检测,所述非破坏性评估检测包括外观检验、密封试验、渗透试验以及X射线探伤检验中的任一种或任多种,所述非破坏性评估检测用于保证膜片及焊缝的基本质量要求;

[0033] 步骤S2:破坏性评估检测,所述破坏性评估检测包括极限耐压试验和/或金相试验,破坏性评估检测用于通过破坏性物理分析,从膜片破损机理和焊缝失效机理进行微观的分析观测,从而评估膜片及焊缝在极限强度和微观层面上的质量与可靠性;

[0034] 步骤S3:通过混合应力加速试验进行检测,所述混合应力加速试验为基于膜片及焊缝的失效机理,通过混合应力模拟现场的真实使用环境进行加速试验,从而可以快速的评定膜片及焊缝的寿命和长期可靠性,所述混合应力加速试验包括加压温度循环混合试验和压力循环高温混合试验。

[0035] 当使用本发明提供的基于失效物理对压力变送器法兰膜片焊接质量的评估方法时,先通过无损的方式对膜片及焊缝展开检测,进行基本质量要求的初步筛查,如:

[0036] 对焊接后膜片焊缝进行基础的外观检验,观察焊缝表面有无气孔、夹渣、飞溅、裂纹、熔穿,焊缝是否过渡圆滑、焊波均匀、细密、接头匀直、宽度一致;

[0037] 外观检验后,对焊接后的膜座组件进行密封试验,本发明中采用示踪气体法进行检验组件焊接的密封性;

[0038] 为保证检验准确性,基于液体的毛细现象和X射线特性,通过渗透试验、X射线探伤检验来进一步检测焊缝表面如裂纹、气孔等缺陷。

[0039] 其次通过破坏性分析对膜片及焊缝展开检测,其目的是为了从膜片破损机理和焊缝焊接机理进行观测,从而评估膜片及焊缝在极限强度和微观层面上的质量与可靠性,如下所述:

[0040] 完成无损分析后,对焊接后的膜座组件展开极限耐压试验,分别采用从外部加压和从内部加压方式,根据膜片材料的特性和设计要求来调整压力值,直至焊缝处或膜片破裂时停止,记录该过程压力值与对应的膜片或焊缝变化状况,从而验证膜片及焊缝的耐压强度和密封性能力;

[0041] 而金相试验包括切片和显微观察两部分,对膜座组件进行截面切割,并适当的研磨、抛光和侵蚀,制备好焊缝的横截面试样后,借助光学仪器进行低倍和高倍检验。通过宏观和微观检验来显示焊缝金属的宏观和微观特性。

[0042] 若以上任一方式中发现膜片及焊缝出现异常,需在异常位置进行针对性的焊缝截面的金相分析;若以上方式均未发现异常,仍需根据膜片及焊缝的焊接工艺或可能存在的薄弱点进行金相分析。

[0043] 最后,基于膜片及焊缝的失效机理,通过混合应力模拟现场的真实使用环境进行加速试验,观测受试样品在试验中的性能表现,从而可以快速的评定膜片及焊缝的寿命和长期可靠性。混合应力包括循环应力和恒定应力,其中循环应力会导致膜片及焊缝疲劳失效,恒定应力会导致材料的蠕变失效。主要通过加压温度循环混合试验和压力循环高温混合试验两种方法来体现。

[0044] 混合应力加速试验的理论模型如下:

[0045] 在膜片及焊缝弹性变形阶段,循环加载过程中没有发生损伤。进入塑性变形阶段后,每一次应力循环就会引发材料发生一定的塑性变形(损伤/退化)。膜片及焊缝的损伤会随着循环次数的增加不断累积,直至完全疲劳破坏。由于材料在一个应力循环后的损伤取决于塑性变形$\Delta\varepsilon_{pl}$的大小,则可以使用幂律模型来表示疲劳失效时的循环次数,即疲劳寿命CTF:

[0046] $CTF=B_0(\Delta\varepsilon_{pl})^{-n}$……(1)

[0047] 上式称为Coffin-Manson模型,一般用于低周疲劳,即CTF小于10^4次、塑性变形$\Delta\varepsilon_{pl}$较大的疲劳问题。

[0048] 根据现场实际使用情况,本发明中考虑的恒定应力有压力和温度两个因素,压力水平和温度都会使材料出现蠕变,其应变随着时间的延长而逐渐增加,使膜片及焊缝强度逐步下降,最终导致膜片及焊缝失效。在稳定蠕变阶段,蠕变应变随时间变化的函数ε(t)为:

[0049] $$\varepsilon(t)=\varepsilon_0+\frac{d\varepsilon}{dt}t \cdots\cdots (2)$$

[0050] 由上式可以看出,蠕变速率dε/dt十分重要,可以表示为

[0051] $$\frac{d\varepsilon}{dt}=B_0(\sigma-\sigma_{yield})^n\exp(-\frac{Q}{K_BT}) \cdots\cdots (3)$$

[0052] 蠕变过程可以一直持续到发生失效,失效时对应的时间即失效时间。失效时间(TF)指总蠕变变形量超过某一限度值(如膜片及焊缝发生失效)所需要时间t=TF,即

[0053] $$TF=\left[\frac{\varepsilon(t=TF)-\varepsilon_0}{d\varepsilon/dt}\right] \cdots\cdots (4)$$

[0054] 根据(3)、(4)公式,可以得到失效时间

[0055] $$TF=A_0(\sigma-\sigma_{yield})^{-n}\exp(\frac{Q}{K_BT}) \cdots\cdots (5)$$

[0056] A_0、B_0为与材料/加工工艺相关的系数;ε_0为初始蠕变;σ为应力,σ_{yield}为屈服强度应力,与σ相比较低时可忽略不计;Q为激活能;K_B为玻尔兹曼常数;T为温度;n值可参考附录表1。

[0057] 表1不同材料的n值

[0058]

材料	n
较软、强度低的材料(如铅焊料和黏性玻璃)	1~3
强度一般的材料(如低碳钢和金属件化合物)	3~6
强度极高的材料和脆性材料(如硬化刚和陶瓷)	6~9

[0059] 在加速应力条件下采集失效时间数据,并将这些数据外推到实际使用工况,可快速得到产品在未来服役条件下的失效时间。正常工况下的预期失效时间TF_{op}特定的加速应力条件下的失效时间TF_{stress}的比值,即为加速因子AF:

[0060] $$AF=\frac{TF_{op}}{TF_{stress}} \cdots\cdots (6)$$

[0061] 同理,

[0062] $$AF=\frac{CTF_{op}}{CTF_{stress}}\cdots\cdots(7)$$

[0063] 基于混合应力失效机理,利用该失效机理加速模型,设计相应的加速试验,可有效评估膜片及焊缝的寿命和可靠性。

[0064] 在本发明实施例中,所述外观检验,即目视检验,具体内容为:

[0065] 检验对象:焊接后膜片焊缝;

[0066] 检验目的:观察焊缝表面有无气孔、夹渣、飞溅、裂纹、熔穿,焊缝是否过渡圆滑、焊波均匀、细密、接头匀直、宽度一致;

[0067] 评定依据:5X~10X倍数下观察焊缝表面,未见明显的气孔、夹渣、飞溅、裂纹、熔穿,焊缝过渡圆滑、焊波均匀、细密、接头匀直、宽度一致为合格。

[0068] 所述密封试验,即示踪气体法,具体内容为:

[0069] 检验对象:焊接后的膜座组件;

[0070] 检验目的:用于检验受试样品焊接处致密性;

[0071] 基本原理:当样品的密封面发生泄漏时,示踪气体氦气和其他成分的气体均会从漏孔泄出,泄漏出来的气体进入氦质谱检漏仪后,由于检漏仪具有选择性识别能力,因此只给气体中氦的分压信号。在获得氦气信号值的基础上,通过标准的泄漏量比较,可以得到氦气的泄漏量;

[0072] 评定依据:当探测的泄漏率不超过$1.0\times10^{-8}Pa\cdot m^3/s$的允许漏率,则检验的区域合格。

[0073] 所述渗透检验,具体内容为:

[0074] 检验对象:焊接后膜片焊缝;

[0075] 检验目的:用于检测焊缝表面如裂纹、气孔等缺陷;

[0076] 基本原理:以物理学中液体对固体的润湿能力和毛细现象为基础,先将含有染料且具有高渗透能力的液体渗透剂,涂覆到被检测材料表面,渗透液渗入到表面开口缺陷中,然后去除表面多余的渗透剂,再涂一层吸附力很强的显像剂,将缺陷中的渗透剂吸附到表面上来,在显示剂上便显示出缺陷的痕迹。

[0077] 评定依据:无任何裂纹、孔洞为合格。

[0078] 所述耐压试验,具体内容为:

[0079] 检验对象:焊接后的膜座组件;

[0080] 检验目的:用于检验受试样品焊接后的耐压强度和密封性能力;

[0081] 试验方法与评定依据:根据压力值的增加,观察焊缝或膜片的变化,并记录出现变化时对应的压力值,同时对焊缝或膜片的变化进行拍照。如下表所示:

[0082] 表1耐压试验方法和评定依据

[0083]

加压方式	压力要求	评定依据	
从外部加压（氮气）	5MPa~40MPa（焊缝处或膜片破裂时停止）	无渗漏，无可见的异常变形，试验过程中无异常响声	合格
		出现渗漏，变形明显	不合格
		焊缝或膜片破裂	严重破坏
从内部加压（灌油）	1MPa~5MPa（焊缝处或膜片破裂时停止）	无渗漏，无可见的异常变形，试验过程中无异常响声	合格
		出现渗漏，变形明显	不合格
		焊缝或膜片破裂	严重破坏

[0084] 金相试验,具体内容为:

[0085] 检验对象:焊缝截面;

[0086] 检验目的:观察焊缝截面呈现的宏观组织和显微组织,以及有无如裂纹、空洞、未熔合等焊接缺陷;

[0087] 试验方法:对膜座组件进行截面切割,并适当的研磨、抛光和侵蚀,制备好焊缝的横截面试样后,借助光学仪器进行低倍和高倍检验。通过宏观和微观检验来显示焊缝金属的宏观和微观特性。必要时采用EDS能谱分析仪对焊缝截面各区结构进行成分分析,以确认金属熔合情况;

[0088] 评定依据:无裂纹、疏松、气孔、固体夹杂、层间未焊透等异常为合格。

[0089] 所述高低温冲击试验,具体实施方式为:

[0090] 检验对象:焊接后的膜座组件;

[0091] 检验目的:用于模拟受试样品在极端恶劣温度环境下的性能表现,验证膜片焊接的工艺质量,提前发现和改善缺陷;

[0092] 试验方法:温度范围-40℃～150℃,高低温停留时间30min,温度转换时间10℃/min,并对模座组件内部进行加压(加压强度结合耐压试验结果和应用条件来制定),试验回合300cycles(试验时间以产品使用寿命来制定);

[0093] 评定依据:取2个节点(150回合和300回合),分别进行项目一～五的检验,检验前需在常温下放置1小时或直至样品温度稳定,检验合格后继续试验,不合格的剔除,直至试验结束。

[0094] 在本发明实施例中,从外部到内部,从宏观到微观,进行层层递进式的剖析验证。首先,观察焊缝成形的外观表现以完成初步筛选;其次,对膜座组件进行密封性试验、焊缝的渗透检验、X射线探伤检验和耐压试验,来进一步验证焊缝的致密性、表面缺陷和耐压强度;最后,对焊缝横截剖面进行金相试验,观察焊缝区宏观组织和显微组织,以判断焊缝各区熔合状况;

[0095] 本发明提出的方法更易于发现异常特征、位置等,有方向性的进行失效分析。若在外观检测、密封性试验、渗透试验等环节发现异常,可根据异常形貌、缺陷位置等进行针对性的焊缝金相分析;

[0096] 现有技术仅施加单一应力,试验评估结果与现场应用状况相距甚远,本发明基于膜片及焊缝的失效机理,保证不引入新的失效机理的情况下,采用加压同时进行高低温冲击和高温同时进行压力循环混合试验这两种方式开展加速老化试验,模拟现场实际应用情况,可以更加客观的反映出产品寿命及可靠性,进而评估出膜片自身材料及膜片焊缝在实际环境中长期运行的质量状况。

[0097] 综上,为了改善现有技术的缺点,更系统全面、更高效准确的对膜座组件的焊接质量进行检验,不断优化焊接工艺,提升产品可靠性。

[0098] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。


非破坏性分析检查
• 外观检验
• 密封试验
• 渗透试验
• X射线探伤检验
破坏性分析检测
• 极限耐压试验
• 金相试验分析
混合应力试验检测
• 加压温度循环混合试验
• 压力循环高温混合试验

图1

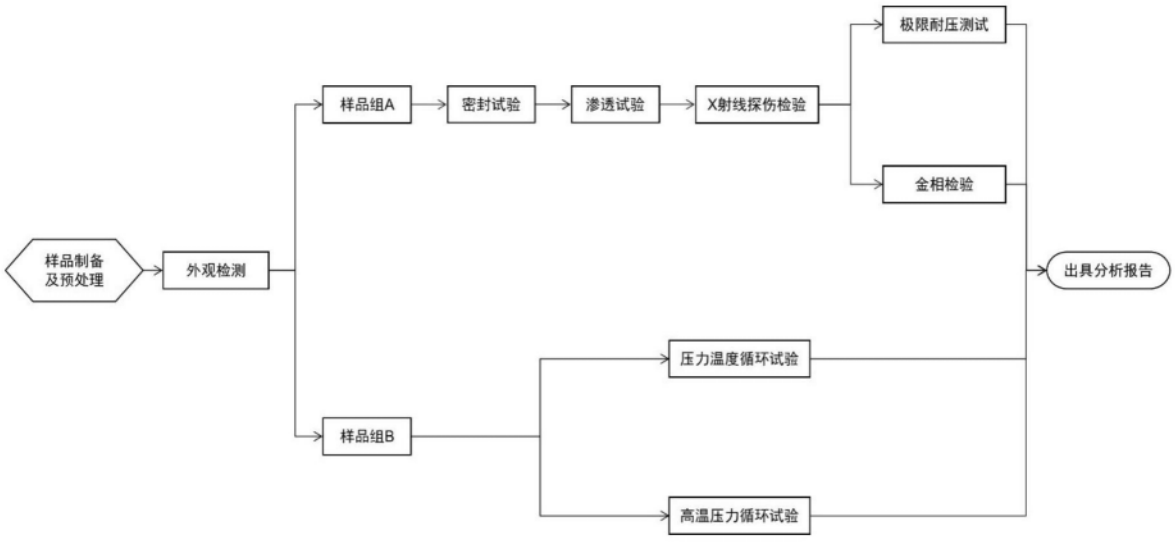

样品制备及预处理
外观检测
样品组A
密封试验
渗透试验
X射线探伤检验
极限耐压测试
金相检验
样品组B
压力温度循环试验
高温压力循环试验
出具分析报告

图2