

用于生产钨钼的大型常压还原炉氢气回收设备

朱同清

(苏州竞立制氢设备有限公司, 江苏 苏州 215128)

摘 要: 简介了我国钨钼生产中采用的增压与常压还原炉过量氢气回收设备现状, 重点介绍了当前国内处理能力大、工艺先进、PLC 全自动操作控制的首台大型常压还原炉氢气回收设备的运行工艺和特点。经过运行实践, 其主要技术性能达到了设计要求。

关键词: 氢还原炉过剩氢气; 常压法回收; 氢气再利用

中图分类号: X 756 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004 - 0536(2003)02 - 0042 - 03

Large - capacity H₂ Pressure Recovery Equipment from H₂ - Reduction Furnance for W/ Mo Production

ZHU Tong - qing

(Suzhou Jing Li Hydrogen - making Equipment Co Ltd , Suzhou 215128 , China)

Abstract : Brief description is made of the present status of equipment for excess H₂ high - pressure and pressure recovery from reduction furnace. It focused on the operating process and characteristics of the first large capacity H₂ pressure recovery equipment from reduction furnace. The said equipment is characterized by large capacity , advanced technology , PLC fully - automatic operation control. Through operating practice , the main technical specifications have met the design requirement.

Key words : H₂ reduction furnace excess ; H₂ ; pressure recovery ; H₂ reutilization

1 前 言

在氢还原粗、中、细粒度的钨、钼化合物生产纯钨、纯钼粉过程中, 需要大量的纯氢气于 800 ℃ 以上温度下进行还原反应。为使钨、钼粉充分 (100%) 被还原, 通常要 5 ~ 8 倍的过量纯氢作反应原料。

若不将过量的氢气回收再利用, 势必会造成能源的严重浪费和生产成本过高, 失去竞争力。所以一般厂家均对反应后含有微量氢, 微量钨、钼粉尘, 温度 < 200 ℃, 5 ~ 8 倍的过量氢气回收再利用。消耗的氢气再由水电解氢气补充, 过量氢气经过回收处理后再利用。

据有关资料, 我国无锡钻探工具厂, 北方工具厂, 湖南株洲、四川自贡、广东河源硬质合金有限公

司, 江西大余和赣州南方有色金属冶炼厂, 福建厦门春保、江西南昌、辽宁抚顺钨钼材料厂等单位, 先后都建有还原炉过量氢气回收再利用生产线。实践证明, 过量氢气的回收再利用, 其节约的能源开支, 半年多就可回收回收设备投资, 具有极明显的经济效益和社会效益, 有效地提高了生产的安全性, 同时也减少了环境污染。

因此, 钨、钼粉还原炉过量氢气回收设备是纯钨钼粉生产的必备设备。

2 还原炉过量氢气回收工艺及设备现状

钨、钼粉还原炉过量氢气回收工艺有增压法和常压法。

收稿日期: 2002 - 12 - 27

作者简介: 朱国清 (1940 -), 男, 高级工程师, 现任苏州竞立制氢设备有限公司副总工程师。

增压法是将多个常压还原炉过量的氢气经各自的水封冷却后通回收氢气总管,并补充进新鲜水电解氢气,共同入淋洗塔洗涤除杂、除尘、降温,经气水分离后入氢气集气罐,继而入氢压缩机增压到 0.6~0.8 MPa,再经冷却进入氢气纯化装置。通过纯化装置除氧和去湿达标后,30%的回收产品氢气作为再生气体,再生后的氢气冷却至常温回到氢集气罐被回收,70%回收产品氢气经缓冲、减压、调压后送还原炉循环生产使用。

由于增压法采用氢压机增压到 0.6~0.8 MPa,使其能在压力下催化除氧和吸附干燥,获得的回收产品氢质量较高。

使用实践证明,增压法相对于常压法虽回收氢质量较高,设备体积较小且质量较轻,但存在如下几个缺点:

- (1) 一次性投资比常压法要大。
- (2) 耗电耗水量大,故运行费用高。而且压力越高,一次性投资和运行费用也就相对越高。
- (3) 安全性相对要差。

生产实践已经证实,对常压法进行改进,采用强化去湿、强化加热、再生气冷却后吹冷,同样能够获得较高质量氢气。因此,国内绝大多数厂家均采用常压法回收氢气。

从国内钨、钼还原炉过量氢气的回收情况来看,由于种种原因不少厂家的工艺设备较简陋、采用简易分析测定、手动操作控制,同时采用硅胶作干燥剂,回收的氢气不仅含氧量高而且含湿量大多只能达到 -30~-40 露点。

改进后的常压法回收氢气,其含氧量 5×10^{-6} ,含湿量 -60 露点。下面对改进后的常压法氢气回收作一简要介绍。

3 大型常压还原炉氢气回收设备

3.1 主要技术性能指标

处理量:常压还原炉过量氢气 2 600 m³/h。

回收产品氢气质量:含湿量 -60 露点,含氧量 5×10^{-6} 。

耗冷却水:100 t/h(0.2~0.3 MPa, 32 的软化水)。

耗电:380 V/200 kW。

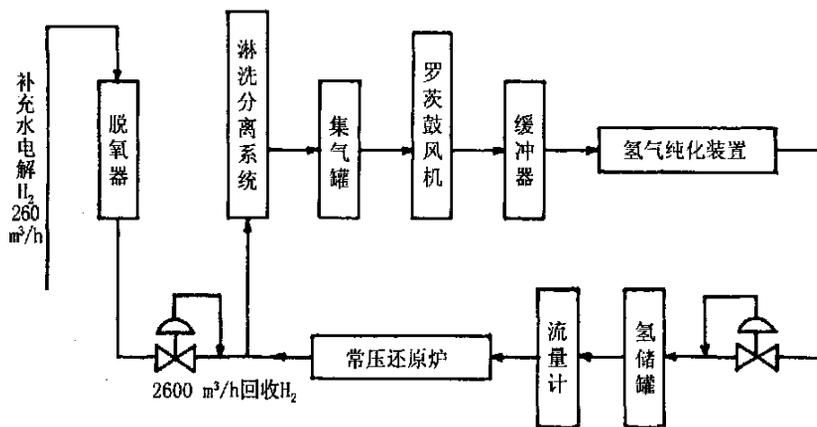
仪表耗气:2 m³/h。

操作方式:PLC 全自动操作控制。

3.2 工艺流程简述

过量氢气回收工艺设备原则连接图如附图所示。

集数个还原炉反应过量的 2 600 m³/h 氢气和经



附图 过量氢气回收设备原理图

前脱氧器一级催化除氧、两级减压,又经气动薄膜调节阀调压计量至 2 kPa、260 m³/h 的水电解氢气,首先进入装有填料、带有液封的淋洗塔,清洗去钨尘、微量的氨、微量的碱(KOH)和降温。淋洗即可并流又可串联作业,以确保洗涤效能和检修不停产。洗涤水经水封罐入沉降池,澄清的洗水和钨泥回收利

用。经清洗降温的氢气,在塔内经粗分离后进入气水分离器和集气罐并汇合再生氢气,通过罗茨鼓风机(一用一备设置)自动调频增压到所需流量和压力,然后进入缓冲器、后脱氧器二级催化除氧,达到 5×10^{-6} 含氧量。接着又经过水冷却的氢气冷却器及 2~3 冷冻水冷凝的氢气冷凝器一级去湿,冷

凝水由放凝水器自动排放。氢气被冷到温度 10 后,经旋风分离进入两个交替使用的装有干燥剂的干燥器二级去湿,使回收的氢气含水量达到 -60 露点。设备总处理量最大可达 3 460 m³/h 获得的回收产品氢气,30% 作为干燥器自身再生用气,其余的 70% (最大可达 2 860 m³/h 氢气) 经过滤、除尘和计量,并由气动薄膜调节阀自动调压到 6~7 kPa 后进入产品氢集气罐,作为工作气送各常压还原炉循环使用。经还原炉消耗后,反应过量的氢气 (最大为 2 600 m³/h) 通过炉后水封降温,全部循环送到淋洗系统。

吸附干燥器两座并联,一座吸附干燥去湿时,另一座在同时被加热再生、吹冷待用。吸附干燥器从下向上,常温常压下工作,额定气量下连续工作 24 h (可调)。再生时一座抽 30% 产品氢气经计量送入外加热器加热后,从上向下再生,控制温度于 300 下恒温 12 h,第 12 h 自动停电加热,变加热为吹冷。回收设备是由 PLC 自动控制操作运行的,吹冷到常温均自动切换各阀门,变吸附干燥器为再生干燥器,再生干燥器为吸附干燥器,实现自动往复连续地操作运行。

被加热的再生氢气,能将塔内上一周期吸附于干燥剂上的水分吸带出来,然后将此再生氢气冷却冷凝分离,冷凝水自动排放入地沟内,再生氢气汇入集气罐内回收利用。

3.3 操作运行

国内首台大型常压还原炉氢气回收设备,是由苏州竞立制氢设备有限公司经过 6 个月的研制设计和加工安装,于 2002 年 8 月 6 日,在江西崇义县章源钨制品有限公司调试一次成功,验收合格,并已正式投入生产运行。设备 PLC 控制操作运行正常、稳定、可靠。各项技术性能指标均达到或超过合同指标及设计要求。部分数据测试结果见附表。

附表 氢气回收设备运行监测数据

日期	处理能力 m ³ ·h ⁻¹	再生氢气		含氧量 ×10 ⁻⁶	含湿量 (露点)	纯钨粉 质量
		温度	流量 m ³ ·h ⁻¹			
2002-08-06	1 120	300	800	1.78	-58~-64	合格
2002-08-08	2 160	300	800	3.25	-57~-65	合格
2002-08-10	2 600	300	800	2.50	-57~-64	合格

3.4 设备特点

(1) 该设备能根据常压还原炉氢气消耗情况 (也包括碳化钨车间和硬质合金车间氢气消耗量), 将 1.6 MPa 中压水电解制得的氢气, 除氧后自动减压并调压至还原炉系统的回收氢气压力 (2~3 kPa), 然后共同进入淋洗塔, 洗涤去极微量的碱 (KOH)、回收氢气中的钨尘、微量的氨并达到降温作用。设备能确保系统压力自动平衡, 风机不抽负压。

(2) 根据生产实际需要, 淋洗系统既可串联又可并联使用。全系统只用一台罗茨鼓风机, 取消了国内常压还原炉氢气回收习惯所用的再生罗茨鼓风机流程。系统共用一台罗茨鼓风机将加压出口的氢气入缓冲器, 后经脱氧器、水冷却器、冷冻水冷凝器、气水分离器, 进行二级催化除氧和冷却冷凝一级干燥, 然后进入回收氢气干燥装置完成二级吸附干燥获得合格的回收氢气。继而, 又分为二路, 一路将 30% 回收氢气, 经外加热电炉加热至 280~300 进入再生干燥器再生操作, 并让再生氢气入冷却器冷却到小于 40 后, 进入到风机入口的氢气集气罐内回收使用; 另一路, 70% 的回收氢气经微水、微氧在线分析仪测量合格, 再经过滤、计量、自动调压并缓冲后, 送还原炉生产使用。从而简化了回收工艺流程, 降低了回收设备一次性投资和节省了常年的运行费用。

(3) 能按照常压还原炉、硬质合金和碳化钨车间及再生循环用氢气量的变化值, 通过鼓风机变频控制, 自动改变风机转速自动地调节风机出口氢气量, 从而随时满足生产需求量的变化要求, 极大地节省能源。

(4) 系统中设有前后二道脱氧器, 确保了回收产品氢气中含氧量 5×10^{-6} 。同时, 干燥器内装有足量、吸附深度大的 5A 干燥剂, 又确保了回收产品氢气的含湿量 -60 露点, 这种高质量的氢气能够确保还原炉钨、钼粉的生产质量。

(5) 回收产品氢气的含氧、含湿量实现了在线连续检测, 随时可显示回收氢气的质量。

(6) 回收产品氢气出口压力采用 PLC + 气动薄膜阀的自动调节控制, 出口压力、流量稳定, 保证了常压还原炉稳定的用氢压力为 6~7 kPa, 从而确保了还原炉正常、稳定生产出各种合格产品。

(7) 回收干燥系统的吸附干燥、加热再生、系统停热吹冷、阀门切换、及排放冷凝水和补充新鲜氢气

(下转第 54 页)

充金属 TiCuNi 具有最稳定的行为,其剪切强度是最高的,并且通过 1 000 \times 3 min 的钎焊而取得了最佳的结果,其平均剪切强度为 398 MPa,最高剪切强度达到 420 MPa。但应指出,钎焊之后经 880 \times 120 min 热处理的接头剪切强度的平均值为 317 MPa,但其中两个最高剪切强度值异乎寻常的高,分别达到 484 MPa 和 442 MPa。事实证明,延长钎焊时间对接头剪切强度有负面影响,其平均剪切强度保持在 295 MPa。

填充金属 ABA Cu 的钎焊结果再次证实了控制工艺过程的重要性,1 030 \times 1 min 的钎焊使接头的平均剪切强度达到 214 MPa。但是,如果将钎焊时间延长到了 3 min,或者将钎焊温度提高到 1 050 \times ,其平均剪切强度都会显著下降。

填充金属 ABA Au 钎焊接头的主要特征表现为存在一些结构缺陷,故其平均剪切强度还不到 50 MPa,最高数值也低于 100 MPa。

对于以 Microbrog 30 为填充金属的钎焊接头,其剪切强度主要受两方面的影响,一是取决于填充材料的厚度,二是因分散性过大,导致最佳平均剪切强度数值仅为 141 MPa。如果不通过后续 1 050 \times 120 min 的热处理来加以改善,那么填充金属越薄,接头的剪切强度就越低。

3 结 语

(上接第 44 页)

等,均实施了 PLC 全自动操作控制、显示、报警和调节,可做到无人值守。

4 结 语

每小时处理 2 600 m³ 常压还原炉过量氢气的回收设备,是当前国内钨钼行业最大、工艺较先进、控制检测现代化的氢气回收设备,该设备自 2002 年 8

已经利用五种填充金属制作了真空钎焊的 TiAl 合金接头,并且通过光学显微镜、扫描电子显微镜、能散 X 射线分析、显微硬度测量和剪切强度试验等手段,分析了不同填充金属接头的显微组织和机械性能。结果表明:采用 TiCuNi 填充金属的接头性能效果最好,其平均强度达到基本材料强度的 90%,并且高于扩散连接接头的强度;以 ABA Cu 为填充金属钎焊的 TiAl 合金接头,其组织和性能对钎焊工艺参数非常敏感,若使可重复性得到改善,也能具有高强度;ABA Au 填充金属因其润湿行为和存在过多的空隙,在实际应用中缺乏竞争力;Microbrag 30 填充金属呈现的钎焊行为非常有限;Pd - 40Ni 填充金属钎焊接头虽具有良好的高温强度,但是钎焊行为使其很难得到实际应用。

参数文献:

- [1] Uenishi K, *et al.* Joining of intermetallic compound TiAl by using Al filler metal [J]. Zeitschrift Fuer Metallkunde, 1995, 86(4): 270.
- [2] Blue C A, *et al.* Microstructural evolution in joining of TiAl with a liquid Ti alloys [J]. Scripta Metallurgica et Materialia, 1998, (32) 1:127.
- [3] Siren M, *et al.* Brajing of TiAl for high temperature applications [Z]. Germany: Intermetallics and Superalloys DGM. 2002. 277.

月初正式投运以来,主要技术性能指标均达到或超过了设计要求。

参考文献:

- [1] 王廉舫. 水电解制氢氧[M]. 长沙:湖南省工业气体委员会, 1995.
- [2] 陈霖新,等. 氢气生产与纯化[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 1983.