

# 几种新材料、新技术在燃气设备上的应用

北京市公用事业科学研究所(100011) 齐 旭

**摘要** 本文阐述了镍磷化学镀、格莱圈、斯特封、聚四氟乙烯包覆 O 形圈、卷制轴套、自保持电磁线圈, 这几种新材料、新技术的原理、构造以及在燃气设备中的应用。

**关键词** 镍磷化学镀 格莱圈 斯特封 聚四氟乙烯包覆 O 形圈 卷制轴套 自保持电磁线圈  
燃气输配设备

## A few new materials, new technique with the application on the fuel gas equipment

Beijing Public Utility Science Institute(100011) Qi Xu

**Abstract** The text have expounded the nickel phosphorus chemistry plating, glyd ring, stepseal, polytef covers the O shape ring, wrapped bushes, self-perpetuating solenoid coil, this a few new materials, new technique principle, structure, and the application in the fuel gas transport equipment.

**Keywords** nickel phosphorus chemistry plating glyd ring stepseal polytef covers the O shape ring  
wrapped bushes self-perpetuating solenoid coil fuel gas equipment

### 1 前言

在设备制造上, 大多采用传统的材料和工艺方法, 随着科技的进步, 出现了许多新材料、新技术和新工艺, 只要在我们的产品里正确地应用, 就能够提高产品质量、降低劳动强度、减小成本、加快生产周期。本文中有些新材料、新技术, 已经有十几年或更长的历史, 但由于在本行业推广、应用不普及而有

“新”的感觉, 本文作者特把一些应用经验、心得与读者分享。

### 2 镍磷化学镀

#### 2.1 镍磷化学镀技术简介

镍磷化学镀技术是近年发展起来的先进的金属表面防护技术, 是利用化学镀工艺在金属或非金属

挥燃气资源在实现我省节能减排目标、绿色转型过程中的优势。

总之, 对山西省而言, 面临着燃气市场发展的新

机遇, 政府有关部门应把握时机, 做好政策导向和全省规划, 带领全省燃气事业健康和谐发展。

表面形成一层均匀的非晶化镍磷金属镀层,将基体材料与腐蚀介质隔离开,利用镍磷金属镀层良好的耐蚀性能可达到防腐、耐磨的效果。

化学镀是通过溶液中的还原剂使金属离子在金属表面的自催化作用下还原而进行的金属沉积过程,也叫无电解镀或者自催化镀。化学镀的实质是化学氧化、还原反应,有电子转移而无外电源的化学沉积过程。

镀的过程中被镀零件不需要接电极,而把被镀零件直接浸泡在一定温度的镀液里,浸泡时间越长镀层则越厚,镀层的速度一般可达  $20\mu\text{m}/\text{h}$ ,这比普通电镀的速度要快得多。

## 2.2 耐腐蚀性能

镍磷化学镀镀层的耐蚀性与镀层含磷量有关,也与镀层孔隙率有关,镀层按含磷量分为低磷镀液、中磷镀液和高磷镀液,低磷镀液获得的镀层是晶态结构,具有硬度高、耐磨、耐碱腐蚀特点。中磷镀液获得的镀层为晶态和非晶态共同体,镀层既耐腐蚀又耐磨,在工业中应用最为广泛。高磷镀液获得的镀层为非晶态,呈非磁性,主要用于计算机硬盘的底镀层以及电子仪器防电磁波干扰的屏蔽层,在酸性介质中耐腐蚀性好。

非晶态镍磷合金镀层是用浸渍方法,在镀件表面发生自催化反应形成的,不用外加电流,不受电力线遮蔽的影响,避免了电镀所固有的边角效应。因此,在任何形状复杂的镀件上,凡是浸得到的地方都可以得到厚度一致的均匀镀层,镀层孔隙率较低,故耐蚀性很好,经硫酸、盐酸、烧碱、盐水同比试验,其腐蚀性好于 1Cr18Ni9Ti 不锈钢,其耐腐蚀性优于纯镍电镀层,但低于酸性化学镀镍层。

## 2.3 表面粗糙度与硬度

镀层表面粗糙度与零件本身的粗糙度有关,零件表面粗糙度越高,镀后表面粗糙度也会越高,不会因为镀层而提高零件表面粗糙度,但是可以通过在镀液里添加光亮剂提高零件表面光亮度,这里要注意:表面粗糙度与光亮度是两个不同的概念。

零件镀后,金属表面硬度可提高 1 倍以上,在钢铁及铜表面可达 HRC50°~55°镀层经  $300^{\circ}\text{C}$ ~ $400^{\circ}\text{C}$  热处理后硬度可达 HRC65°~70°(相当于金属锉刀的硬度),工模具镀膜后一般寿命提高 3 倍以上。由于催化处理后的表面为非晶态,即处于基本平面状态,有自润滑性,因此,磨擦系数小,非粘着性好,耐磨性能高。

## 2.4 应用

燃气调压器、放散阀、切断阀等阀门内的阀座、阀杆和其他零件,可以使用普通碳素钢经过镍磷化学镀后代替较昂贵的 1Cr18Ni9Ti 不锈钢。铝合金阀体使用在人工煤气、沼气场合,为抗硫化氢的腐蚀也可以进行镍磷化学镀。国内一些较有影响的厂家,已经在涡轮流量计、罗茨流量计内部的铝合金零件上实施镍磷化学镀。一般机加工金属件镀层厚度  $2\mu\text{m}$ ~ $5\mu\text{m}$  即可,基本上不影响原来零件的尺寸精度,也可以根据镀层厚度适当减小零件表面的实际尺寸,铸件的镀层就要厚许多,镍磷化学镀的价格略便宜于普通镍、铬电镀。

## 3 格莱圈与斯特封

### 3.1 简介

格莱圈与斯特封是译音,原来主要应用在液压行业油缸内活塞、活塞杆的密封,解决在高压介质情况下有相对运动部件的泄漏和磨损问题,图 1a 是格莱圈,在国内称为:孔用组合密封。图 1b 是斯特封,在国内称为:轴用组合密封。组合密封由两个零件组成,标准的 O 形密封圈和用填料聚四氟乙烯制成的密封环,它可以工作在 40MPa 以下,密封环是用含有铜、石墨等材料的聚四氟乙烯复合材料制作,因此自润滑性能极好,不容易磨损,但在长期、大负荷条件下也必然会造成磨损,由于 O 形圈装配后呈压缩状态,一旦密封环壁磨损,O 形圈会恢复压缩变形,

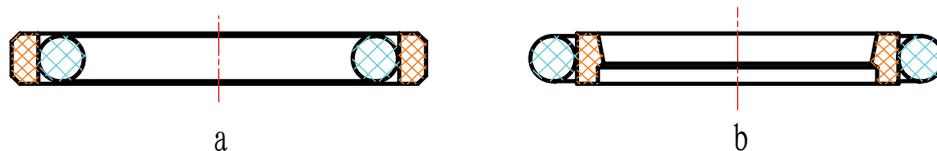


图 1 格莱圈与斯特封

在一定程度上随时可以补偿密封环的磨损。

### 3.2 使用示例

图 2a 是格莱圈(孔用组合密封)应用示例,图 2b 是斯特封(轴用组合密封),应用示例,O 形圈安装在固定的沟槽里,被挤压成椭圆形,阀杆按箭头方向做上下运动,图 2b 内密封环的内侧有一个钩状阶梯,钩头朝向压力 P 的方向,阶梯状钩头可以对运动轴起到刮削清洁的作用。这两种密封方式效果相同,但对于图 2b 方式,轴类零件外圆的精度和表面粗糙度更容易加工制造。在高压调压器或轴流式调压器对阀杆、阀筒的密封中采用图 2b 组合密封,可取得良好的效果。

### 3.3 使用中的注意事项

格莱圈或斯特封在生产液压密封件的厂家很容易采购到,应该仔细阅读有关产品样本,要注意沟槽尺寸、轴孔间隙等要求,按照这些要求进行设计、加工。

格莱圈或斯特封其密封环与运动部件之间是过盈配合,过盈量的大小对摩擦力影响很大,如果介质压力不很高,运动部件直径又比较大,那么应该在订货时要求厂家减小过盈量,比如:在 1.6MPa 高压调压器中  $\phi 100$  阀筒与内密封环的配合经试验为  $\phi 100Z10/g7$ 。

## 4 聚四氟乙烯包覆 O 形圈

在燃气行业,防止泄漏是重中之重的大事,O 形

橡胶密封圈在燃气设备中随处可见,普通 O 形橡胶密封圈大多数材料是丁腈橡胶,O 形橡胶密封圈的标准很多,我们主要执行 GB/T3452.1-2005《液压气动用 O 形橡胶密封圈》,或执行 JB/T6659-2007《气动用 O 形橡胶密封圈尺寸系列和公差》标准。

聚四氟乙烯包覆 O 形圈是近几年出现的新产品,聚四氟乙(PTFE)烯俗称:塑料王,有极强的耐腐蚀性,但是它没有弹性,受压缩变形后不会恢复,这种性能被称为:冷流动性,但是它与橡胶的结合却扩展了使用范围,其他一些塑料也可以作为密封圈外层包覆材料,比如:聚酯材料(PTA)、聚全氟乙丙烯(FEP)等。

聚四氟乙烯包覆 O 形圈目前有 3 个品种:(a)单层全包 O 形密封圈:由二部分组成、内芯橡胶弹性体,外层包覆塑料薄膜。(b)双层全包 O 形密封圈:是由三部分组成,内芯橡胶弹性体,外包覆两层塑料薄膜。(c)内芯由弹性钢丝或弹簧作芯部材料,外层包覆一层或两层塑料薄膜。

聚四氟乙烯包覆 O 形圈有如下优点:工作压力最高达 35MPa,工作温度 $-50^{\circ}\text{C}\sim+260^{\circ}\text{C}$ ;有突出的耐化学性能,几乎适用于所有化学介质,抗腐蚀性优良;有良好的抗溶胀性;有良好的自润滑、自洁性。

### 4.1 适用场合

80 年代已经有燃气设备技术人员与橡胶技术人员联合为解决人工煤气、液化石油气设备的密封问题进行研究,丁腈橡胶使用在上述场合会发生严重的溶胀、变形,当时的研究试验成果是使用氯醇橡胶

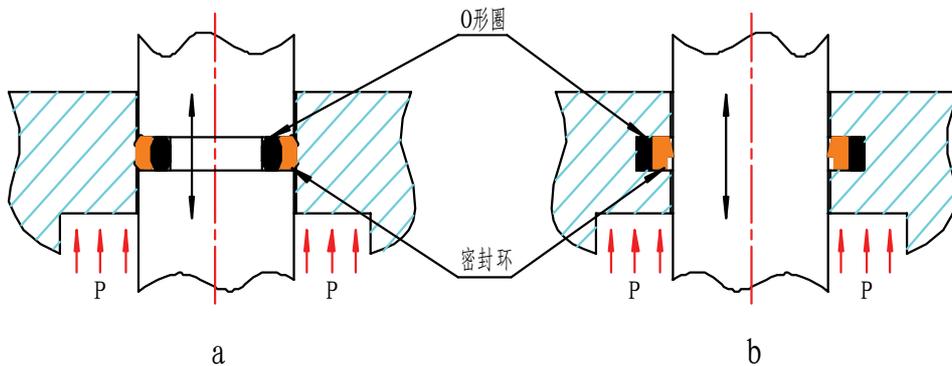


图 2

(包含膜片材料),但由于氯醇橡胶制造 O 形圈无法实现产业化,而不能实际应用。聚四氟乙烯包覆 O 形圈的出现解决了这个问题。

聚四氟乙烯包覆 O 形圈的适用场合是人工煤气、液化石油气、油井气、二甲醚等使用的设备,建议使用外层包覆材料为聚全氟乙丙烯(FEP)单层全包 O 形密封圈,因为聚全氟乙丙烯(FEP)比聚四氟乙烯(PTFE)有较好的低温柔韧性,可长期在 $-85^{\circ}\text{C}$ 至 $+205^{\circ}\text{C}$ 工作。

超压切断阀、电磁切断阀等产品其阀杆原来使用丁腈橡胶 O 形圈作密封,如果库存时间过长或长期不动作,会发生橡胶与不锈钢阀杆粘连的现象,使切断动作不可靠,在这种情况下更换用聚四氟乙烯包覆 O 形圈或者格莱圈,可有效地解决上述问题。

#### 4.2 注意事项

只要将“聚四氟乙烯包覆 O 形圈”输入到计算机搜索网站,就会找到许多生产厂家,要想买到好的产品,需要对厂家进行甄别以避免伪劣产品,好的聚四氟乙烯包覆 O 形圈,包括外包覆层,它的尺寸是符合上述国家、机械部关于 O 形圈标准的,可以想到;除去外包覆层后,内芯弹性体 O 形圈的截面尺寸肯定小于标准规定尺寸,这需要厂家重新制造模具,但是一些没有实力厂家买来标准 O 形圈当作内芯弹性体,经包覆外层后出售,其截面尺寸大于标准,而内圆直径小于标准直径,这种“加肥”O 形圈是不能选购的。

设备上放置 O 形圈的沟槽尺寸应分别符合 GB/T3452.3-2005《液压气动用 O 形橡胶密封圈 沟槽尺寸》和 JB/T6658-2007《气动用 O 形橡胶密封圈沟槽尺寸和公差》标准,建议沟槽或被密封的轴类零件表面粗糙度能比使用普通 O 形圈时提高一级,防止包覆层被刮磨掉,影响使用寿命。

## 5 卷制轴套

卷制轴套实际是一种无油润滑轴承,这种产品在最新化工版的《机械设计手册》上作为标准件被收录,标准号及名称为:GB/T 12613-1990《卷制轴套》,后来又又被 GB/T12613.1-2002《滑动轴承 卷制轴套 第一部分:尺寸》替代(以下简称:轴套)。图 3 是某厂生产的各种轴套图片,而其中锥形的、端面用的等产

品还没有被收录到标准中,目前属于非标准件,只执行企业标准,但不影响我们选用。

### 5.1 轴套的材料

轴套产品成型之前以冷轧钢板为基体,表面镀铜,从图 3 上看出金黄色的外表,钢板的另一面通过烧结、塑化、辊轧等工艺生成一层聚四氟乙烯复合材料,含有铜粉、铅等颗粒,卷制后,铜背在外面,复合材料在里面,然后经过剪裁、冲压、定型等工艺形成产品。

也有轴套内壁采用聚甲醛复合材料的,聚甲醛复合材料表面上有规律地制出许多小凹坑,凹坑内可以贮存润滑油,这种轴套实际上是一种含油轴承,其不在本文讨论范围之内。



图 3

### 5.2 应用及特点

轴套主要应用在调压器、切断阀、放散阀等阀门中作为阀杆导向之用,它的特点是:(a)卷制轴套内孔摩擦系数很小,有很好的自润滑性能并能在无油状态下工作;(b)能吸收震动减少金属零件运动中的噪声,使用在调压器中可有良好的效果;(c)允许小的颗粒异物进入轴与轴套之间,异物可以嵌入复合层内不影响轴的运动;(d)化学性能稳定,在一定程度上耐酸、碱、盐;(e)价格非常便宜,它比用铜棒料车制轴套要经济得多。

### 5.3 轴套的安装使用

轴套是母线上带开口的薄壁筒件,自由状态下其开口微裂开,外径尺寸略大于机体上的座孔,轴套压入座孔后其开口收紧,呈过盈配合,轴套内孔直径由 6mm 至 200mm 可供选择,具体尺寸可以查相关标准。座孔的尺寸公差按 H7 加工,表面粗糙度不低于 Ra 1.6 $\mu\text{m}$ 。运动轴的直径尺寸公差可选 f7 或 g7,表面粗糙度不低于 Ra 0.8 $\mu\text{m}$ 。

轴套座孔的孔口应当有 T $\times$ 20 $^{\circ}$ 倒角,以方便引导

轴套压入,轴套压入时,应先自制一个带阶梯的导向芯轴,将轴套套在导向芯轴上,再用压力机将轴套垂直地压入座孔,如图4。

图4a标注了导向芯轴的直径公差,并将轴套套在直径d上,图4b绘制了座孔的倒角尺寸,当轴套外径小于 $\phi 50$ 时,倒角宽度 $T=0.8$ ;轴套外径 $\phi 50\sim\phi 130$ 时 $T=1.2$ ;轴套外径大于 $\phi 130$ 时, $T=2$ 。图4c是轴套压入座孔的情形。

## 6 自保持电磁线圈

电磁式燃气紧急切断阀是城镇燃气输配常用到安全设备,该阀门的切断动作来自于电磁线圈,对于常闭型切断阀,常态下电磁线圈总要处于通电状态,对于常开型切断阀,切断之后在没有复位之前,电磁线圈也处于长时间通电状态,使用普通电磁线圈,目前还很难解决长期通电发热,甚至烧毁的问题。自保持电磁线圈的出现不但彻底解决了上述问题,而且还能达到节约电能的效果。

电磁线圈的结构和工作原理见图5。整个电磁线圈部件,由后盖、手动拉扭、定铁芯、弹簧、隔磁管、线圈、动铁芯等组成,这是一种传统、常见的结构,当线圈得电后,动、定铁芯上分别产生感应磁场,而动、定铁芯相对端面的磁极性正好相反,因而使动铁芯迅速向定铁芯方向移动并吸合,使切电磁断阀产生动作。

### 6.1 变电流自保持电磁线圈

根据图5,当给线圈通电时,线圈通电瞬间电流

很大,动、定铁芯吸合几毫秒后,再切换成小电流维持吸合状态,而小电流不会使线圈过分发热,还能达到节约电能的目的。这种原理必须配合电子电路才能保证运行,它是由可控硅(开关三极管)、延时、触发等电路组成的,而且电路比较复杂。近年来,新电子元件、集成电路等的出现使电路结构变得简单,可将电子器件制成厚膜电路或焊接在一小块印刷电路板上,与线圈一起用环氧树脂浇封在线圈壳里,经过防爆认证,防爆标志为:Exm II T6。标志的前两位“Ex”是通用防爆标识,第三位“m”表示采用了浇封防爆形式,第四位“II”表示可用于除煤矿外的其他爆炸性气体环境用电器设备(I类:煤矿用电器设备),最后两位“T6”表示温度等级,其发热温度在 $85^{\circ}\text{C}$ 以下。以前我们使用过的电磁线圈其温度等级为“T4”其发热温度在 $135^{\circ}\text{C}$ 以下,可见“T4”与“T6”还是有很大差别的。

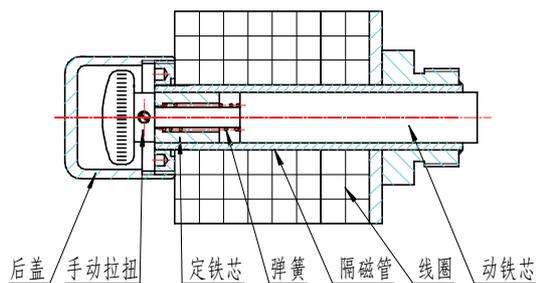


图5

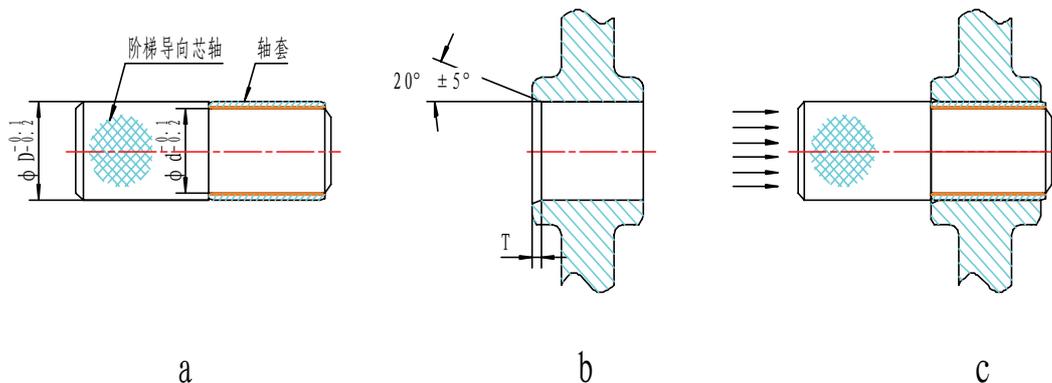


图4

## 6.2 永久磁铁自保持电磁线圈

它的结构与图 5 基本相同,只是多了一个零件:永久磁铁,见图 6,环状永久磁铁采用了钕铁硼材料,其磁能积一般在 N32~N35 之间,永久磁铁可以与动铁芯粘结在一起也可与定铁芯粘结在一起,它的 N、S 极性与线圈的旋向有关,如果极性安装反了,常闭型就变成了常开型,粘接之前要校准极性。

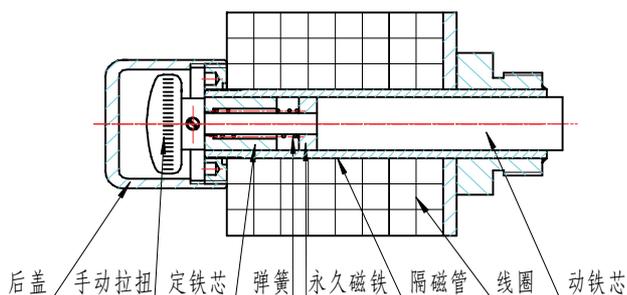


图 6

线圈未通电时,永久磁铁与定铁芯之间有一定的空气间隙,且在弹簧的作用下,动、定铁芯之间磁力不够而不能吸合,当线圈通电后动、定铁心立即吸合,此后线圈立刻断电,依靠永久磁铁的磁场维持吸合,实际上给了线圈一个脉冲电压,如果需要动铁芯斥出,只要将线圈的起始端对调,接脉冲电压即可,这比图 5 电磁线圈更加节省电能。同样,这种自保持电磁线圈的运行也要配合电子电路,目前已将单片机植入电路中,只要改变单片机的程序,可以控制动铁芯吸合、斥出的频率、次数、间隔时间等,这种电磁线圈也已经应用于给排水、液压、气动等其他行业。由于直流电磁线圈与交流电磁线圈相比较,直流电磁线圈有明显的优点;首先产生的磁场吸合力大,其次不会产生交流震动和嗡响声,所以,凡是标明交流 220V 使用的电磁线圈,实际电路里连接了整流桥,线圈仍然工作在直流状态,图 5 与图 6 电磁线圈都采用了这种方法。

永久磁铁自保持电磁线圈与图 5 一样,电子电路与线圈一起用环氧树脂浇封在线圈壳内,达到防爆要求。线圈在吸合状态下的静态功耗可以做到 0.04W~0.08W,这点功耗只是在维持着电子电路的工作。

电子元器件的老化、筛选工作非常重要,尤其是电解电容,必须经过反复冲、放电和在高温下老化合格后才能使用。

## 9 结束语

镍磷化学镀只是现代化学镀中的一种,其中还有镍硼、镍铜磷、镍钨磷、镍锡磷、镍钴磷等化学镀,另外还有化学复合镀技术,它在镀液里添加了非金属微粒,比如:金刚石、碳化硼、石墨、聚四氟乙烯等,所以用途非常广泛。

卷制轴套安装也可以使用手锤敲击导向芯轴的方法,要求锤头落在芯轴端面上的力尽量与座孔垂直,并要求边敲击边转动芯轴,注意观察轴套是否有歪斜,这种操作需要一定的经验和熟练性。

格莱圈、斯特封也在不断发展,又有许多新组合密封出现,在国内标准件号和名称为:GB/T 15242.1《同轴密封》,还有国内专利“车氏组合密封”等,后来斯特封的内环也可以制成不带阶梯钩头的形状,往往国内一些人将格莱圈与斯特封统称为:格莱圈。

本文介绍的几种新材料、新技术已在产品上应用数年,经过实践证明确实解决了很多技术问题,有的是现成新技术拿就用,也有些新技术笔者参与其中,比如:自保持电磁线圈,现在仍然不断摸索电路的简化、小型化,其寿命试验历经 50 万次仍在运行,也证明了钕铁硼永久磁铁与定铁芯在 50 万次的撞击下仍保持磁性不变。

### 参考文献

1. 闫洪. 现代化学镀镍和复合镀新技术. 国防工业出版社
2. 蒋兆芬. 煤气调压器主体阀氯醇橡胶衬垫. 特种橡胶制品 1984,6