

文章编号:1001-3849(2012)04-0020-06

钕铁硼电镀技术生产现状与展望

刘伟¹, 侯进²

(1. 天津市镍铝表面处理技术有限公司, 天津 300384; 2. 邯郸市大舜电镀设备有限公司, 河北邯郸 056106)

摘要: 随着稀土钕铁硼永磁材料的快速发展, 钕铁硼电镀中表现出的问题日益显现, 从而成为制约其发展的一个重要因素。首先总结了钕铁硼电镀的多个难点, 然后以目前钕铁硼电镀生产中普遍采用的工艺为生产线, 对钕铁硼电镀技术的生产现状、存在的问题及生产设备等逐一进行了详细分析和介绍, 随后仍以这些工艺为生产线, 提出改进问题的方案、工艺及设备等的发展方向。

关键词: 钕铁硼电镀; 难点; 现状; 展望

中图分类号: TQ153.2 文献标识码: A

Production Status and Prospect of NdFeB Magnet Electroplating

LIU Wei¹, HOU Jin²

(1. Tianjin Niccol Finishing Co. Ltd., Tianjin 300384, China; 2. Handan Dashun Electroplating Equipment Co. Ltd., Handan 056106, China)

Abstract: With the rapid development of NdFeB magnet in industry, the problems in NdFeB magnet electroplating were always met and became the important factor to restrict its application. In this paper, several difficulties in NdFeB magnet electroplating were reviewed firstly. And then the production status, problems and manufacturing equipment in the present NdFeB magnet electroplating process were analyzed and introduced in detail. Finally, the solution for resolving these problems and the development trend of electroplating techniques and equipment were put forward.

Keywords: NdFeB electroplating; difficulty; status; prospect

引言

自20世纪80年代中期稀土钕铁硼(Nd₂Fe₁₄B)永磁材料问世以来, 以其独特的高磁能积、高矫顽力及高剩磁等特点, 迅速在很多行业展开应用。我国自20世纪80年代末开始批量生产钕铁硼材料, 其后逐年高速增长, 于2001年达到了世界产量的52.9%, 更于2008年达到了世界产量的78.6%, 成

为名副其实的钕铁硼生产大国^[1]。钕铁硼材料为精细合金体, 其主要成分为Fe(质量分数约65%)、B(质量分数约1%)及稀土金属Re(含钕Nd、镨Pr、镝Dy、铽Tb等, 总质量分数约33%)。材料中的富钕相、富硼相与磁体合金主相间存在电位差, 极易形成原电池使材料表面发生电化学腐蚀。另外, 钕铁硼磁体采用粉末冶金工艺生产, 使得材料的实际密度无法达到理论密度, 内部存在微小孔隙与空

收稿日期: 2011-08-23

修回日期: 2011-10-25

洞,在大气中易吸氧令稀土元素氧化,破坏合金组分。材料腐蚀或组分破坏后,日久造成磁性能衰减直至丧失,从而影响整机的使用性能和寿命,所以使用前必须进行严格的防腐处理。目前钕铁硼防腐处理普遍采用电镀、化学镀、化学转换膜、电泳及喷涂等方法,其中电镀作为一种成熟的金属表面处理手段应用较为广泛。

1 钕铁硼工件的电镀难点^[2]

钕铁硼磁体多为小工件(质量0.25~20g),电镀生产以滚镀为主,辅以挂镀。但钕铁硼零件滚镀较普通钢件要困难得多。

1) 材料中的钕化学活性极强,钕铁硼零件甚至与水接触都会产生氢气而腐蚀,所以:a. 镀前处理时用酸、碱均不宜太强,否则材料基体易受腐蚀,且因盐酸中的氯与钕会发生反应,应忌用盐酸;b. 预镀或直接镀时选择简单盐镀液(如瓦特镍和氯化钾镀锌等),易使零件氧化而影响镀层与基体的结合力,且因零件受到腐蚀将镀液污染;c. 难以选择大容积的滚筒(导致影响产能),否则对混合周期影响较大,零件氧化严重。

2) 钕铁硼磁体为磁功能材料,金属镀层会对其磁性能产生影响,所以如何协调镀层的种类、组合及厚度等(此几项关系到镀层的防腐性)与产品磁性能的关系,是钕铁硼电镀的难点之一。

3) 钕铁硼磁体表面疏松多孔、粗糙不平,微观表面积远大于宏观表面积,所以:a. 表面污垢不易清理,镀前处理要求高;b. 预镀或直接镀时无法选择结合力好、耐蚀性好的络合物镀液(因络合物镀液电流效率低,不易在多孔的零件表面沉积),如碱性镀铜和碱性镀锌等。

4) 钕铁硼材质脆性大,表面易受损,导致:a. 工人操作难度加大;b. 难以选择大容积的滚筒(否则零件翻动强烈造成磕碰),影响劳动生产效率的提高。

2 钕铁硼电镀技术生产现状

目前钕铁硼电镀生产主要采用镀锌、镍/铜/镍及镍/铜/化学镍三大工艺或工艺组合,其他如镀

金、镀银、镀锡及镀黑镍等,一般在上述流程上另加施镀。

2.1 镀前处理

由于钕铁硼材质的特殊性(化学活性强、表面疏松多孔等),镀前处理是钕铁硼电镀技术的一大难点,经过多年的实践,目前通过以下措施可以得到解决。

1) 倒角。即光饰处理。此工序可使零件表面平整、光滑、微观面积减小,利于镀层快速、均匀、连续地沉积。设备多采用卧式行星滚光机和振动光饰机(一般统称倒角机),其分别采用行星式运动和振动原理,可在不损伤零件的情况下达到光整目的。卧式行星滚光机多用于较小尺寸零件的光整处理,振动光饰机多用于较大尺寸零件的光整处理。

2) 除油、酸洗及活化。除油液和酸洗液的酸碱性不宜太强,以免零件受到腐蚀,且处理液中尚需添加对钕具有络合作用的物质,防止钕的氧化。酸洗液和活化液忌用盐酸。

3) 超声波处理。超声波的空化作用可彻底清除钕铁硼微孔中的油污和酸碱等物质,前处理中应根据情况尽量采用超声波处理技术。实际操作时,一般用塑料网盛少许零件进行人工晃动清洗,完成超声除油、酸洗及水洗等步骤后再装入滚筒电镀。此操作虽然工人劳动强度稍大,但清理彻底、效果好。

2.2 镀锌

由于材料中的钕电位极负,钕铁硼件镀锌不能像普通钢件一样对基体起到非常明显的阳极保护作用,其镀层致密度对耐蚀性的意义重大。碱性镀锌层的致密度高,但碱性镀锌液的电流效率低,难以在疏松多孔的钕铁硼表面直接施镀。目前一般采用酸性氯化钾镀锌工艺,但该工艺属于简单盐镀液类型,直接在钕铁硼表面施镀,会出现镀层结合力不良、零件发生腐蚀及镀液容易受到污染等问题。解决这些问题主要从如何使零件表面尽快沉积着手,沉积越快零件表面氧化就越慢。目前多采取以下措施:1) 使用阴极电流密度上限高的镀液;2) 采用小容积细长型滚筒;3) 带电入槽、大电流冲击及工序间不间断操作等。

2007年后应欧盟 RoHS 指令要求, 钕铁硼件镀锌钝化淘汰了传统的铬酸盐钝化工艺, 采用新型的轻污染三价铬钝化工艺, 目前随着三价铬钝化溶液的应用, 已形成了以蓝白和彩色为主的三价铬钝化膜体系。

但钕铁硼镀锌采用氯化钾镀锌和三价铬钝化工艺后, 暴露出三价铬钝化膜耐蚀能力与铬酸盐相比大幅下降的问题。原因是: 铬酸盐钝化膜厚且具有自我修复能力, 三价铬钝化膜薄, 且受镀层中杂质的干扰明显, 需要在纯度较高的锌层表面才能生成连续覆盖的膜层。氯化钾镀锌镀层中有机杂质的夹附量较大, 则不利于三价铬优良钝化膜的生成, 所以三价铬钝化膜耐蚀能力下降在所难免。

2.3 镀镍

目前, 钕铁硼镀镍一般采用镍/铜/镍(即预镀镍+中间铜+面层光亮镍)镀层组合体系。预镀镍的目的是为后续镀铜提供一层电位较正的、结构致密的底镀层, 保证后续铜的正常施镀, 防止基体被镀铜液腐蚀, 保证镀层与基体的结合力和深镀能力等。预镀铜的结合力和深镀能力较好, 但难以用于钕铁硼基体的打底, 因为预镀铜工艺属于络合物镀液类型, 溶液电流效率低, 在疏松多孔的钕铁硼基体上无法获得连续的、合格的铜镀层。钕铁硼预镀镍多采用瓦特型镀镍工艺, 适量使用半光亮镍添加剂, 使用添加剂的目的并非追求亮度, 而是可使用大的阴极电流密度, 利于镀层的快速沉积。瓦特型镀镍同样属于简单盐镀液类型, 因需要在钕铁硼基体上直接施镀, 对如镀液、滚筒及操作等要求与钕铁硼镀锌大致相同。

面层镍多采用标准的光亮镀镍工艺, 目前的光亮镀镍工艺已足够成熟, 不再多述。极少数厂家使用氨基磺酸盐镀镍工艺。

一般, 钕铁硼件预镀镍层平均厚度要求不低于 $4 \sim 5 \mu\text{m}$, 以保证零件低电流密度区镀层完全覆盖, 防止后续镀铜液对基体的腐蚀。面镍层 δ 为 $8 \sim 10 \mu\text{m}$, 以保证镀层的抗腐蚀能力。这样, 镍层总 δ 达到 $12 \sim 15 \mu\text{m}$ 。镍属于铁磁性金属, 其镀层不仅不产生磁性输出, 还会屏蔽钕铁硼磁体的磁性输出, 镀层越厚屏蔽作用就越大。以目前的镍/铜/镍

镀层组合体系, 对于 0.5 g 以下的小尺寸磁体, 可使其磁性能衰减 $10\% \sim 15\%$ 。如何减少电镀镍层的厚度又不影响后续镀铜和镀层防腐性能, 是解决或改善问题的关键。

2.4 镀铜

钕铁硼件镀铜指预镀镍与面层镍间的中间镀铜层, 目的是依靠铜层来增加镀层总厚度, 以减少面镍层的厚度, 其好处为: 1) 铜为不导磁金属, 对磁体的磁屏蔽小于镍, 以铜代替部分镍, 可使磁体因镍层磁屏蔽造成的磁性能损失减小; 2) 铜的孔隙率比镍低, 可提高镀层的耐蚀性; 3) 可降低电镀成本; 4) 面积体积比值(也称比表面积)较大的产品尤其超小体积产品, 镍层厚度对磁体磁性能的影响较大, 此时减薄镍层厚度的意义更大。

镀铜是钕铁硼件采用镍/铜/镍组合工艺不稳定的主要隐患点。业内的共识是, 镀铜采用氰化镀铜工艺较好, 溶液稳定, 抗污染能力强, 深镀能力好, 镀层亮度均匀、柔软、应力低, 各方面性能均衡稳定。但氰化物为剧毒物质, 国家对其有严格的管理和使用限制, 目前仅有少数厂家使用该工艺。酸性镀铜工艺对预镀层要求极高, 稍微控制不好即可能造成钕铁硼基体腐蚀, 且酸性镀铜镀半光亮镍打底结合力很差^[3], 而钕铁硼普遍采用半光亮镍打底, 所以在目前的钕铁硼电镀镍/铜/镍体系中, 至少滚镀铜不建议采用此工艺(挂镀铜另议)。

目前, 钕铁硼镀铜多采用焦磷酸盐镀铜工艺(约 85% 以上), 其次是近年发展起来的柠檬酸盐镀铜工艺。多年的生产实践表明, 在精细控制的情况下, 采用这两种工艺生产, 基本能满足钕铁硼件镀铜的要求。但两种工艺尚存在不尽人意之处。

1) 焦磷酸盐镀铜存在的问题。焦磷酸盐镀铜是 1997 年开始在钕铁硼电镀行业使用的, 目前存在如下问题: a. 该镀液中 $\rho(\text{Cu}^{2+})$ 为 18 g/L 以上, 溶液波美度 35 左右, 溶液黏度大, 生产过程中带出量大, 清洗困难, 适合手动线生产, 不宜用于自动线生产; b. 溶液稳定性差, 工艺参数范围窄 [$\rho(\text{P}_2\text{O}_7^{4-})$: $\rho(\text{Cu}^{2+})$ 为 $7.5 \sim 8.8$] 则工艺参数控制难度相应提高; c. 主要控制成分焦磷酸根分析难度大、准确率低, 往往无法准确判断焦磷酸根与铜离子的比例关

系是否在正常范围内; d. 焦磷酸盐镀铜工艺应用面窄,光亮剂生产厂家少,光亮剂制造技术不是十分成熟,使得光亮剂的添加控制难度远高于镀镍。

总之,焦磷酸盐镀铜工艺往往难以实现超前控制,总是在出现镀层质量问题后,依靠经验调整恢复,而难以通过分析溶液参数及时补加调整,溶液的工作稳定性差,易造成生产质量事故多发。

2) 柠檬酸盐镀铜存在的问题。钕铁硼柠檬酸盐镀铜是2003年后开发应用的新工艺,在其他行业使用很少,几乎属于磁铁行业专用镀铜工艺。该工艺也存在分析困难、控制手段欠缺等难题,但更主要的是溶液生菌问题,若处理措施不当,往往使工件表面光亮度产生局部发蒙,从而影响产品质量。

3) 以上两种工艺存在的共同问题。焦磷酸根、柠檬酸根都是铜离子的弱络合剂,上述两种工艺都对底镍层质量(厚度、覆盖能力及无漏镀等)要求较高,否则会产生置换铜现象而影响镀层结合力,并将镀铜液污染。目前生产中钕铁硼滚镀焦磷酸铜溶液稳定性相对稍差,说明钕铁硼基体逐渐受到镀液腐蚀,产物将溶液污染。一般采用以上两种工艺生产,均要求底镍层平均 δ 不低于 $4 \sim 5 \mu\text{m}$,以保证底镍层覆盖完全,避免产生置换铜现象。但底镍层过厚增加了总镍层厚度,这尤其对小体积产品的磁屏蔽作用影响较明显,磁体磁性能大幅衰减。

2.5 化学镀镍

钕铁硼件电镀锌、镍能够满足镀层耐蚀性的一般要求(中性盐雾试验72h以下),若要求更高(如96h以上),则只有增加镀层厚度。但镀层太厚,会影响磁体磁性能;造成生产效率较低和镀层脆性增加。所以,当钕铁硼对镀层防腐要求较高时靠增加厚度是不合适的,此时一般不再采用电镀而采用化学镀镍来解决问题。

钕铁硼件化学镀镍主要采用磷含量高的酸性化学镀镍-磷合金工艺,其好处有:1) 镀层耐蚀性较高,不用镀得很厚,以免加大对磁体磁性能的影响;2) 重要的是,高磷化学镍层[$w(\text{P}) 8\%$ 以上]不导磁,利于磁体磁性能的保持;3) 钕铁硼镀件磁体深孔、盲孔、沟槽等较多,电镀镍往往难以在镀层厚度与防腐能力间取得平衡,化学镀镍可实现薄镀层、

低磁屏蔽和高防腐性等,成为钕铁硼磁体表面处理的优良选择。

钕铁硼化学镀镍采用的高磷合金工艺,往往借用其他行业的常规工艺,这种工艺操作温度高($85 \sim 92^\circ\text{C}$),多适用于挂镀。而钕铁硼产品多为小工件,小工件仅适合滚镀,此时选用常规化学镀镍工艺往往会出现滚镀机的塑料滚筒被金属化、氟塑料加热器被金属化及溶液失稳报废等,同时还造成钕铁硼产品的镀镍质量事故。

2.6 生产设备及过程

钕铁硼产品表面易氧化,材质脆性大,滚镀时若选用大容积滚筒(预镀或直接镀时)镀层结合力不易保证,工件易磕碰受损,只能选用小容积滚筒(装载质量 $3 \sim 5 \text{kg}$)。但钕铁硼产量大,滚镀时间长,而小滚筒产能低,只能增加滚筒数量。所以,滚筒的小和多满足了钕铁硼件电镀质和量的双重要求,同时也构成钕铁硼电镀设备的一大特色。

数量众多的小滚筒是靠一种叫作“多头滚镀机”的形式将其组合在一起的。多头滚镀机一般是四头,称作“四头机”,即一只镀槽配四只小滚筒,传动采用槽边多工位联合驱动方式。一般,可根据生产量选择数台甚至数十台四头机并用。由于钕铁硼磁体特有的小工件、多品种混线生产的特殊性,四头机一般采用手工操作方式,并根据情况多台组合成不同形式的手动滚镀生产线(单镀种生产线或组合镀种生产线)。生产过程采用不连续方式,中间转换镀种时更换滚筒,避免不同镀种间溶液交叉污染。目前,该生产方式被大多数厂家所采用。

手动滚镀线存在生产效率低、工人劳动强度大、质量控制中人为因素多等问题。滚镀自动线一直是钕铁硼电镀行业追求的目标,生产实践证明,至少目前此方式用于钕铁硼滚镀生产尚不太理想。其原因如下。

1) 钕铁硼零件虽有批量,但品种繁多,且单一品种批量小,不同品种对镀层的要求(装饰、防腐及磁屏蔽等)也多有不同,自动线灵活性不足,不易满足要求。

2) 钕铁硼生产线上电镀工位众多(可有上百个),辅助工位也较多,若设计成一条连续的自动线

将是一个不小的工程,若分割成几条自动线,则增加了设备成本,降低了利用率。

3) 钕铁硼电镀普遍采用的镍/铜/镍组合工艺,简单移植到普通自动线上,难免会因滚筒清洗不净产生各镀种溶液交叉污染问题。

另外,自动线投资大,周期长,维护费用高、难度大,操作人员难以灵活使用和熟练掌握等,也是造成钕铁硼件滚镀自动线实际应用效果不佳的原因。

3 钕铁硼电镀技术的改进

目前的钕铁硼电镀生产技术,基本适应了市场的需要,满足了大多数产品的要求,但其中一些工艺固有的不利因素,既制约了磁体表面品质的稳定,且造成生产成本的提高,所以有待进一步改善和提高。

3.1 镀锌

针对三价铬钝化膜耐蚀性差的问题,解决或改善思路:1) 寻找一种杂质含量低的纯锌电镀工艺,直接在钕铁硼基体上施镀;2) 纯锌电镀层工艺若不能直接在钕铁硼基体上施镀,可采用氯化钾镀锌或浸锌打底后再镀纯锌层的方式。采用该思路进行初步生产实验后,效果与预期较吻合。

另外,可通过以下途径来提高钕铁硼镀锌层的耐蚀性。

1) 采用碱性镀锌层。碱性镀锌层致密度高,这在钕铁硼镀锌层要靠低孔隙率(而非阳极保护作用)保证其耐蚀性的情况下意义更大,并且碱性镀锌层有机杂质夹附少,利于三价铬钝化膜的生成。但碱性镀锌工艺不能直接在钕铁硼基体上施镀,需浸锌或氯化钾镀锌预镀。

2) 采用锌-镍合金镀层。锌-镍合金镀层对钕铁硼基体的阳极保护作用也不明显,但耐蚀性极佳(最高可比纯锌层提高约10倍),可做为钕铁硼镀锌的高端镀层。目前的问题:a. 酸性锌-镍合金镀层含镍量高,耐蚀性好,但滚镀难度大;b. 碱性锌-镍合金宜滚镀,但镀层含镍量低,耐蚀性稍差,且需浸锌或氯化钾镀锌预镀。

3.2 镀镍

预镀镍采用瓦特型半光亮镀镍工艺,主要目的

是保证镀层与基体的结合力稳定,深镀能力佳,为后续镀铜打好基础。但钕铁硼在简单盐镀液类型的半光亮镀镍液中易受腐蚀将镀液污染,除采取措施(从镀液、滚筒及操作等方面)尽量减轻磁体腐蚀外,还应对溶解到镀液中的铁离子采取措施:1) 定期处理镀液,但会增加处理溶液的费用,造成部分溶液流失,影响生产的连续进行;2) 采用杂质掩蔽剂,与镀液中的铁离子形成螯合物,使铁与镍共沉积,变害为利,这样可延长溶液大处理周期,保持生产质量稳定,降低非生产性成本损耗。

较厚的底镍层增加了总镍层厚度,加大了对磁体的磁屏蔽作用,减薄底镍层厚度可减小其影响,但增加了基体受后续镀铜液腐蚀的风险。为此可采取如下措施:1) 尽量选用分散性能好的预镀镍工艺,零件低区镀层厚度相应增加,则可减薄底镍层平均厚度;2) 尽量选用对磁体腐蚀性小的镀铜工艺,对底镀层的要求降低,则可减薄底镍层厚度。

面层亮镍较厚是影响磁体磁性能的主要因素,但不能单纯靠减薄面镍层来减小其影响,因为面镍太薄会降低镀层抗蚀性,得不偿失。比较好的方案是尽量多使用不导磁镀层:1) 首先保持镀铜层 δ 为7~9 μm ;2) 其次使用不导磁的高磷化学镍代替光亮镀镍 δ 为8~10 μm 。这样,既能提高镀层防腐,又能减小对磁体磁性能的影响。

3.3 镀铜

目前钕铁硼镀铜存在的一个关键问题是镀铜液对磁体腐蚀严重,影响镀层结合力,且腐蚀产物将镀铜液污染,因此对底镍层的质量(厚度、覆盖能力及无漏镀等)要求较高。针对钕铁硼的特殊性,寻找更加稳定的络合剂,开发新型无氰碱性镀铜工艺,是解决或改善问题的关键。新型无氰碱铜工艺采用与 Cu^{2+} 络合能力强的络合剂,与钕铁硼基体不产生置换反应,可以接受 δ 为1~2 μm 的底镍层,而始终保持结合力良好。甚至可以采用冲击电流方法,直接在钕铁硼磁体表面镀铜,镀层结合力良好。同时新型无氰碱性镀铜工艺还具有如下优越性。

1) 镀液中 $\rho(\text{Cu}^{2+})$ 为7~8g/L,溶液波美度22左右,黏度低,则带出损失少,溶液稳定性好,流程清洗简单化,适合自动化生产线连续生产使用。

2) 无需添加光亮剂,镀层自然整平出光,光亮度足够高,生产控制更加容易。

3) 溶液控制容易,无需复杂的络合剂分析,测试方便;络合剂稳定不水解,无水解产物干扰。

4) 深镀能力、均镀能力俱佳,铜镀层纯度高、应力低,整体效果好于氰化物镀铜。

经过一年多生产实践证明,新型无氰碱性镀铜工艺是一种很适合在钹铁硼表面处理生产中采用的镀铜工艺。

3.4 化学镀镍

目前钹铁硼件化学镀镍采用的高磷合金工艺多借用其他行业的常规工艺,存在操作温度高、设备塑料部分被易金属化、溶液稳定性差等缺陷。针对钹铁硼的特殊性,开发低温、高稳定和适合滚镀生产的化学镀镍工艺,是钹铁硼化学镀镍改进的方向。比较可行的钹铁硼整套化学镀镍工艺,其主要流程如下。

预镀镍 $2\ \mu\text{m}$ → 电镀铜 $4\ \mu\text{m}$ → 化学镀镍 $1\ \mu\text{m}$ → 化学镀镍-铜-磷合金 $10\sim 15\ \mu\text{m}$ 。

该工艺可获得至少满足 96 h 中性盐雾试验要求的钹铁硼化学镀镍层,并且: 1) 镀层不导磁,对磁体磁性能影响小; 2) 溶液操作温度低($65\sim 72\ ^\circ\text{C}$),寿命长; 3) 无滚筒及氟塑料加热器被金属化现象,适合连续生产; 4) 使用者自行配制镍补充浓缩液,生产成本低; 5) 镀层无铅、镉,完全满足 RoHS 指令要求。采用该套工艺方案是解决钹铁硼化学镀镍问题的一条有效途径。

3.5 生产设备方式

钹铁硼滚镀生产采用自动线问题较多,现仅就各镀种溶液交叉污染问题提出以下几项改善措施。

1) 实现充分水洗。手动线转换镀种时更换滚筒,可彻底解决清洗问题,自动线不半途换筒,则易交叉污染。所以自动线生产应实现充分水洗,每次转换镀种时采用两级回收后四级逆流漂洗,水洗过程中每一级应清洗三次以上,每次滚筒在清洗槽内转动三圈以上。清洗水需精密过滤,纯水效果更佳。镍回收槽添加镍离子回收装置,降低镍离子升高的速度。

2) 选择更适合自动线的工艺,解决镍、铜溶液

交叉污染问题。例如,预镀镍采用低浓度工艺,降低黏度,减少带出量,利于水洗环节的清洗效果;镀铜采用新型无氰碱性镀铜工艺,铜离子浓度低,溶液黏度低,带出少,有利水洗。

3) 各镀种增加在线连续电解净化环节,将生产中难以避免的交叉污染通过净化装置,实现溶液的自我维护,保持溶液的品质。例如,镀铜和镀镍槽旁,增添循环电解净化槽,24 h 连续不间断低电流电解净化溶液。

钹铁硼半自动滚镀生产线是适合具有特殊性质的钹铁硼零件滚镀生产的一种方式。钹铁硼各镀种单独成线(如镀锌线、镀底镍线、镀铜线、镀亮镍线等),滚筒施镀仍采用原滚镀机形式,并增加相应辅助槽,滚筒运送采用半自动行车。这种形式介于手动线与自动线之间,兼顾了两者的优点,剪性强,无交叉污染问题,同时劳动生产效率提高,工人劳动强度降低,可实现钹铁硼镀件滚镀高质高产的双重目的。目前国内已有多家企业在使用该方式生产。

4 结 语

钹铁硼材料电镀经过近 20 年的发展,已经取得了长足的进步,但其中存在的问题还需要进一步改善和解决。本文内容仅涉及通用的液相电化金属表面处理。钹铁硼真空相镀铝技术,长期由日本企业垄断,我国还处于较低的开发水平,期待更多的有识之士参与其中,共谋发展。未来五年,我国依托稀土资源优势,将会在稀土磁钢全球市场上拓展出更大的空间,钹铁硼表面处理技术将会面临更多的问题,期待更多的新工艺、新材料和新技术在钹铁硼表面处理中展开应用。

参考文献

- [1] 周寿增,高学绪. 烧结钹铁硼永磁材料产业现状与挑战[J]. 新材料产业 2011(5): 8.
- [2] 侯进. 滚镀工艺技术与应用[M]. 北京: 化学工业出版社 2010: 263-264.
- [3] 沈品华. 现代电镀手册(上)[M]. 北京: 机械工业出版社 2010: 4-39.