



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104812930 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 29

(21) 申请号 201480000506. 0

(22) 申请日 2014. 01. 27

(30) 优先权数据

U201313219 2013. 11. 13 UA

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/UA2014/000014 2014. 01. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/072954 RU 2015. 05. 21

(71) 申请人 FED 联合股份公司

地址 乌克兰哈尔科夫市

(72) 发明人 阿列克塞·弗拉迪斯拉沃维奇·萨加洛维奇

弗拉迪斯拉夫·维克多洛维奇·萨加洛维奇

维克多·瓦西里耶维奇·波波夫

亚历山大·弗拉迪米尔洛维奇·坎诺尼辛

弗拉迪米尔·伊万诺维奇·波哥斯拉采夫

(74) 专利代理机构 北京中原华和知识产权代理有限公司 11019

代理人 寿宁

(51) Int. Cl.

G23C 14/06(2006. 01)

G23C 14/24(2006. 01)

G23C 8/36(2006. 01)

B82Y 30/00(2006. 01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

耐磨减摩涂层摩擦副

(57) 摘要

本发明涉及一种通过真空电弧镀膜获得的高精度减摩耐磨涂层,并且可以用于机械工程、飞机、建立具有高抗侵蚀、减摩和防护特性的设计。本发明的基础在于改善耐磨涂层的任务,所述耐磨涂层包括钛的氮化物层和氮化铝层,其中由于以下实施,第一钛层在预氮化基础材料的表面上,第二层是钛与氮化钛的交互纳米层的形式,第三层是氮化钛与氮化铝的交互纳米层的形式,以及第四层是氮化铝,而提供了新的技术结果。在从易碎氮化表面通过固态基础纳米层过渡到具有高化学惰性的连续涂布氮化铝外侧时,制造传统层为层提供平稳的可塑性变化。磨合层期间的这个表面提供最佳的一对动摩擦表面,从而增强纳米层涂层(TiN-AlN涂层)的耐久性,并且通常提供任何类型的耐磨性,包括恶劣环境的侵蚀作用。从所请求的技术解决方案和实施实例的阐述本质可以看出,使用具有分布线轴的纳米层涂层(Avinit C310-n1)确保生产与新单元设计的高可靠性,并且增加了5-20倍的份额。

CN 104812930 A

1. 耐磨减摩涂层摩擦副,包括氮化物层和钛与氮化铝层,其特征在于,所述第一钛层在基础材料的预氮化表面上制成,第二层是钛与氮化钛的交互纳米层的形式,以及第三层也是氮化钛与氮化铝的交互纳米层的形式,第四层是由氮化铝制成。

2. 根据权利要求1所述的耐磨减摩涂层,其特征在于,所述第一层由厚度为0.2-0.3微米的钛制成。

3. 根据权利要求1所述的耐磨减摩涂层,其特征在于,所述第二层是钛与氮化钛的交互纳米层的形式,其中重现期是10nm,并且个别纳米层的厚度分别是2nm和8nm,所述纳米层的总厚度是0.2-0.3微米。

4. 根据权利要求1所述的耐磨减摩涂层,其特征在于,第三层是氮化钛与氮化铝(TiN-AlN(50/50))的交互纳米层的形式,具有20nm重复性的重现期和均匀厚度的选定纳米层,其中所述纳米层的总厚度是0.5-0.7微米。

5. 根据权利要求1所述的耐磨减摩涂层,其特征在于,所述第四层由厚度为0.3-0.5微米的氮化铝制成。

耐磨减摩涂层摩擦副

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过真空电弧镀膜获得的高精度减摩耐磨涂层,并且可以用于机械工程、飞机、建立具有高抗侵蚀、减摩和防护特性的设计。

背景技术

[0002] 广泛用于燃油供应单元和航空发动机控制中的泵,尤其是泵 HP180 和 HT40,的一个最关键元素是分布滑阀(以对为基础-单独)。平坦分布的阀隔开泵吸入和排出空腔。通过工作面线圈,氮化硬化所得的硬度 $\geq 770\text{HV}$,使青铜泵送单元滑动,为燃油供应泵提供所需压力。

[0003] 为了确保泵工作面线圈的效率,将泵送单元制造为具有 $\leq 0.001\text{mm}$ 的非平面度和表面粗糙度 $R_a = 0.08$ 。

[0004] 上述摩擦副在喷气燃料(不同质量的煤油)的环境中操作,摩擦接触的条件相比其他副来说相对更紧密,速度更高(高达 7000 转/分)并且压力更大(单位感测压力达 20kg/cm^2)。因此,不足耐磨性的线圈可以有效地限制资源指示泵并且由于摩擦副的效率损失而导致失败(L. I. Seleznev, V. A. Rizhenkov, Estimate of the duration of the incubation period of erosive wear(侵蚀磨损的潜伏期的持续时间的评估)-金属科技,2007 年第 3 期)。

[0005] 已知的显著改善结构材料耐磨性的最有效方法是使用和改善防护涂层。

[0006] 例如,耐磨和耐蚀涂层可能是多层耐蚀金属交互层,耐蚀金属选自自由钼、铌、钽、钨、铬、钛、锆、镍或上述金属的合金组成的群。众所周知,例如,在三层涂层中,第一层是金属或金属混合物层或 Medeleeva 元素周期表中的 1VA - 6VA 层,所述层在惰性气体介质中形成,第二层为惰性与反应气体的反应混合物,并且第三层为氮化物、碳化物、硼化物或上述物质的混合物的层(参见 2001 年 01 月 10 日公布的专利 RF2161661, I. Cl. C23C14/16 的说明书)。涂层包括厚度为 0.02-0.08 微米的钨、钽或稀土金属次层,层的数量可能从 x 到 500。层厚度的比例为 (0.02-5.0)、(0.04-10)、(0.1-12.5),并且前两层的厚度比例是 1.0 : 2.0 : 2.5。

[0007] 上述耐磨涂层具有耐磨性,但是,这种耐磨性对上述恶劣环境而言并不够。

[0008] 现有技术已知,耐磨等离子涂层以镀膜在金属产品上的铬为基础(参见 1994 年 12 月 30 日公布的俄罗斯期专利第 2,025,543 号 I. Cl. C23C14/08 的说明书),所述金属产品包括氮化钒组合物 $(\text{Cr-V})\text{N}$,其中铬与钒原子百分比含量的比率为 :Cr28-50, V50-72。

[0009] 上述涂层可在工业中用于改善切割工具和技术工具的耐磨性,涂层具有 1-3.08 的相对耐磨性,所述耐磨性取决于组合物而变化。

[0010] 这种涂层的耐磨性相对较高,但其使用主要局限于切割工具,即为了工业产品能够迅速恢复而设计。

[0011] 现有技术还已知,基于钛、铝及铬的合成复合氮化物 $((\text{Ti}_x\text{Al}_y\text{Cr}_z)\text{N})$ 的耐磨等离子涂层负载在金属或陶瓷产品上(见 2010 年 11 月 27 日公布的俄罗斯期专利第 2,050,060

号 I. C1. C23C14/06 说明书), 其中铬 (z) 的含量取决于铝与钛的含量, 并且表示出从 (x-y) 的 1/7 到 1/5 的限制, 其中 $0.05 \leq x \leq y$, $x/y < 1$ 。

[0012] 上述涂层具有改进的耐磨性并且可用于切割工具, 即其功能性也局限于该领域。

[0013] 发明概述

[0014] 最接近所请求技术解决方案的使用目的、技术本质和结果的是多层涂层, 包含氮化层和氮化钛与铝层 (见 2009 年 05 月 14 日公布的美国专利申请 US2009/0123737 “所处理的表面的涂层因固态粒子而耐侵蚀” I. C1. B32B18/00 的说明书), 其中氮化钛位于以常用方式获得的氮化层上, 并且与厚度从 10nm 到 100nm 的 AlCrN 层交替, 其中总厚度从 19 微米到 20 微米。

[0015] 这种涂层可具有相当大的耐磨性。然而, 这种涂层的形成通过工作表面的几何参数的显著变化而实现。为了在多个装置中使用所处理的表面, 需要与高达 1-2 微米的涂层厚度的减少相关联的额外加工, 使得化学热处理的结果无效。

[0016] 对具有破纪录的性能的新材料的开发 (如对耐磨性、粗糙度和在极端条件下工作的机会) 的现代研究与纳米技术密切相关, 这使得人们创造具有结构元素的多组分组合物, 所述组合物具有从几百纳米到几纳米的大小。与具有传统结构的相同组合物材料相比, 这种材料的不同特征, 如摩擦及其他特性, 可以高出几倍。

[0017] 本发明的基础在于改善用于摩擦副的耐磨涂层, 所述涂层含有氮化物层、钛层及氮化铝层, 其中由于以下实施: 第一钛层在预氮化基础材料的表面上, 第二层是钛与氮化钛的交互纳米层的形式, 第三层是氮化钛与氮化铝的交互纳米层的形式, 以及第四层是氮化铝, 从而提供了新的技术结果。在从易碎氮化表面通过固态基础纳米层过渡到具有高化学惰性的连续涂布氮化铝外侧时, 制造传统层为层提供平稳的可塑性变化。磨合层期间的这个表面提供最佳的一对动摩擦表面, 从而增强纳米层涂层 (TiN-AlN 涂层) 的耐久性, 并且通常提供任何类型的耐磨性, 包括恶劣环境的侵蚀作用。

[0018] 所述问题得以解决是因为已知耐磨涂层包括氮化物层及钛的氮化物层和氮化铝。根据本发明, 第一钛层在基础材料的预氮化表面上制成, 第二层是钛与氮化钛的交互纳米层的形式, 及第三层也是氮化钛与氮化铝的交互纳米层的形式, 第四层由氮化铝制成。

[0019] 根据本发明, 第一层由厚度为 0.2-0.3 微米的钛制成。

[0020] 根据本发明, 第二层是钛与氮化钛的交互纳米层的形式, 其中重现期是 10nm, 并且个别纳米层的厚度分别是 2nm 和 8nm, 同时所述纳米层的总厚度是 0.2-0.3 微米。

[0021] 根据本发明, 第三层是氮化钛与氮化铝 (TiN-AlN(50/50)) 的交互纳米层的形式, 具有 20nm 重复性的周期和均匀厚度的选定纳米层, 其中所述纳米层的总厚度是 0.5-0.7 微米。

[0022] 根据本发明, 第四层由厚度为 0.3-0.5 微米的氮化铝制成。

[0023] 从以上技术方案可以看出, 本发明不同于现有技术, 因此是全新的技术。

[0024] 发明详述

[0025] 本发明的技术方案从根本上不同于提供具有高耐磨性和耐粘附性的涂层的现有技术, 同时支持保持在高速度下操作的精度部件的强度特征、摩擦副的部件的相对运动和圆盘的实质轴向负载。

[0026] 本发明提出的技术方案在工业上是适用的, 并且以涂层 Avinit C310-n1 的形式、

使用在现代化生产条件下制成的设备来实施。

[0027] 表 1 显示了涂覆到钢铁样品 8X4B9Φ2-III 的涂层的特征。

[0028] 表 1

[0029]

	硬度基础, HRC	涂层组合物	涂 层 厚 度, 微米	微硬度涂层	粗糙度 Ra, mm
覆盖 Avinit C310 -n1	≥61	Ti-(Ti-TiN) - (TiN-AlN (50/50)-AlN	1.2	‡ 3000 - 3200 HV †N=2500 MPa	0.16
覆盖 Avina		Ti-(Ti-TiN)		‡ 3000 - 3200	

[0030]

C310 -n1	≥61	- (TiN-AlN (50/50)-AlN	1.5	HV †N=3000 MPa	0.08
覆盖 Avina C310 -n1	≥61	Ti-(Ti-TiN) - (TiN-AlN (50/50)-AlN	1.8	‡ 3000 - 3200 HV †N=3000 MPa	0.16

[0031] ‡ 使用 PMT-3 维氏硬度计测量核查用样品的微硬度 HV100, 微硬度值以 HV = 3000-3200 给出。涂层的厚度为 9 微米。

[0032] † 使用用于测量纳米硬度的仪器 (瑞士 CSM 公司) 测量核查用样品的涂层 Avinit C310-n1 的纳米硬度和杨氏模量 (加载速率为 20.00mH/min, 在 0.6g 的负载下最大深度为 100.00nm, 处理结果在 Oliver-Farah 模型中), $H = 2500-3000\text{MPa}$, $E = 250-300\text{GPa}$, 泊松比 $K = 0.30$ 。涂层厚度为 1.5 微米时最佳。

[0033] 在简图上, 对成对“立方体滚筒” (钢铁 8H4V9F2-III- 青铜) 和与青铜搭配的涂层 Avinit C310-n1 (TiAlN-AlN) 进行摩擦测试来决定摩擦系数值 F_{fr} , 耐磨性和耐划痕性具有大的 PV 范围 ($PV \geq 2000[\text{kgf/cm} \times \text{m/s}]$):

[0034] - 通过工业技术处理青铜 Br. 010S2H3;

[0035] - 通过工业技术处理青铜 Br. Cu3H3CS20F0.2 (B B 23HII);

[0036] - 通过工业技术处理青铜 Br. Cu6F0.9 (VB-24)。

[0037] 同时, 发现摩擦副的具有纳米层 Avinit C310-n1 覆盖物的工作表面在边界润滑条件下测试 (工作流体 - 喷气燃料 TC-1), 其特征在于:

- [0038] - 抗刻痕形成的高抗性；
- [0039] - 最佳的连续工作表面，“通过工业技术处理的覆盖物 Avinit C310-n1 (TiAlN-AlN)- 青铜 Br. 010S2N3”；
- [0040] - 缺乏二次磨合，同时预热时间的持续时间约为 60 分钟，之后，摩擦系数稳定在 1600H 的恒定负载下，系数在 0.1 至 0.09 内；
- [0041] - 在缺乏设置一对“通过工业技术处理的覆盖物 Avinit C310-n1 (TiAlN-AlN)- 青铜 Br. Su6F0,9 (VB-24)”的情况下，两个工作表面的耐磨性最佳。
- [0042] 作为实际样品和通常为一对的摩擦副 Avinit C310-n1- 青铜的耐磨性最大，并且显著大于“基础副”8H4V9F2-SH- 青铜 Br. Su3N3CS20F0,2 (VB23NC) 的耐磨性。目前，更佳的一种正在航空燃料中使用。
- [0043] 在磨损试验 8 小时后检测的重量磨损如下：
- [0044] - 比作为一个整体的“基底”副至少小 12 倍；
- [0045] - 比更结实的样品副，至少小 2.5 倍；
- [0046] - 比更柔软的样品副，至少小 44 倍；
- [0047] - 关于“直接”副，在测试涂层 8 小时后，展示几乎为零的磨损或劣化，这并不显示控制方法适用，而是指示这些副具有非常高的耐磨性。发现通过工业技术处理的“覆盖物 Avinit C310-n1 (TiAlN-AlN)- 青铜 Br. Su6F0,9 (VB-24)”副的摩擦系数低于“基础副”8H4V9F2-SH-Br. Su3N3CS20F0,2 (VB23NC)。
- [0048] 最低的摩擦系数使覆盖物 Avinit C310-n1 副具有 3200HV 的硬度和 0.001-0.002mm 的厚度，所述最低摩擦系数适用于不经任何后续加工的具有粗糙度 Ra ▼ 10 的工作磨光面氮化钢 8X4V9F2-SH。
- [0049] 所述副的摩擦系数不超过整个负载范围的 0.095，并且在满负载下，摩擦系数为 0.065，对应于最小值。所述摩擦系数针对摩擦副研究涂层而获得。
- [0050] 上文所述 Br. Su6F0,9 (VB-24) 在扩散焊接中是极低技术的，并且在摩擦副的批量制造过程中使用，允许选择一对摩擦覆盖物“通过工业技术处理的 Avinit C310-n1 (TiAlN-AlN)- 青铜 Br. 010S2N3”作为在这些分布线轴的使用中最有希望的摩擦覆盖物。
- [0051] 针对对比资源测试的资源，制造集合有经验的一方的未涂布和涂布 Avinit C310-n1 的分布线轴（表 2）。
- [0052] 表 2. 分布线圈的几何参数。
- [0053]

	测试的线圈的数目，件	硬度基础，HRC	非平面度，mm	粗糙度 Ra，mm
未涂布先导线轴的单元	3	≥ 61	≤ 0.001	0.08
涂布 Avinit				

[0054]

C310 -n1 的先 导线轴的单元	3	≥ 61	≤ 0.001	0.08
-----------------------	---	-----------	--------------	------

[0055] 涂布表面的几何失真和粗糙度与在涂布之前的状态相比未检出。

[0056] 如资源聚集测试（表 3）显示，工作面分布线轴上的涂层 Avinit C310-n1 提供明显更高的性能泵送资源。

[0057] 表 3. 总体资源的测试结果。

[0058]

	工作资源，小时
未涂布先导线轴的单元	200
涂布 Avinit C310 -n1 的先导线 轴的单元	4000

[0059] 在测试期间，检测应用纳米层涂层 Avinit C310-n1 的另一明显的正点数。

[0060] 通常在航空燃料泵中工作时，在产生焦化产品的极高温度的摩擦区中，工作环境进一步降低摩擦条件并且明显限制了资源指示摩擦副。测试已表明，使用纳米层涂层 Avinit C310-n1 几乎完全防止了在单元的操作条件下的焦化煤油，由此改善了工作摩擦参数对。

[0061] 因此，应用与分布滑阀摩擦的纳米层 Avinit C310-n1 涂层确保聚集新设计的高稳定性和高生产率，并且增加使用寿命达 5-20 倍。

[0062] 改善资源工作是通过以下条件提供：

[0063] - 针对泵的所有操作条件，摩擦涂层材料与材料泵送单元的相容性，摩擦系数具有一定减少；

[0064] - 将分配阀的工作面的硬度（强度）增加至 $\geq 3200\text{HV}$ ，同时涂层不改变上文界定的工作面的初始几何参数；

[0065] - 消除煤油焦化产品对摩擦副的性能的负面影响。