



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109764355 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201910042231.1

审查员 施琼琼

(22)申请日 2019.01.17

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109764355 A

(43)申请公布日 2019.05.17

(73)专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72)发明人 马鹏 王双峰

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.

F23Q 2/28(2006.01)

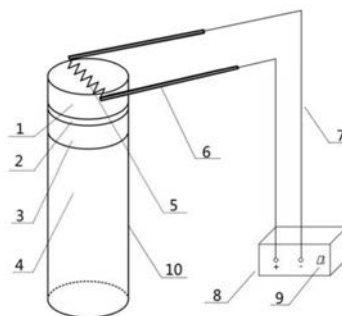
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统

(57)摘要

本发明公开了一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统,包括由氧化还原反应提供热量的引燃单元,用于触发引燃单元燃烧的点火单元,以及通过引燃单元引燃的燃烧单元;点火单元为含有电热丝的控制电路;燃烧单元是由与水点火反应比较困难的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;引燃单元包括由电热丝触发的氧化还原反应提供热量实现燃烧单元均匀受热的点火药层,用于阻断点火药层和燃烧单元直接接触并将点火药层产生的热量传递至燃烧单元的镁粉层,以及用于将镁粉层的热量稳定地传递至燃烧单元以实现燃烧单元充分点火的点火凝胶层。本发明的点火系统能够实现分层逐级点火,点火温度高,可实现任意微米级的微米金属粉和水稳定点火。



1. 一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统,其特征在于,包括由氧化还原反应提供热量的引燃单元,用于触发所述引燃单元燃烧的点火单元,以及通过所述引燃单元引燃的燃烧单元;

所述点火单元为含有电热丝的控制电路;

所述燃烧单元是由与水点火反应比较困难的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;

所述引燃单元包括由所述电热丝触发的氧化还原反应提供热量实现所述燃烧单元均匀受热的点火药层,用于阻断所述点火药层和所述燃烧单元直接接触并将所述点火药层产生的热量传递至所述燃烧单元的镁粉层,以及用于将所述镁粉层的热量稳定地传递至所述燃烧单元以实现所述燃烧单元充分点火的点火凝胶层。

2. 根据权利要求1所述的点火系统,其特征在于,所述点火凝胶层是由粒径小于所述燃烧单元中微米金属粉的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;所述微米金属粉为铝粉。

3. 根据权利要求2所述的点火系统,其特征在于,所述点火凝胶层是由粒径为1-10微米的铝粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系。

4. 根据权利要求3所述的点火系统,其特征在于,所述燃烧单元中微米金属粉是指粒径大于所述点火凝胶层中微米金属粉且在空气或惰性气体中与水点火反应比较困难的金属燃料粉,所述微米金属粉为镁粉、铝粉、铅粉或铍粉。

5. 根据权利要求4所述的点火系统,其特征在于,所述点火凝胶层的厚度为3-7mm。

6. 根据权利要求1所述的点火系统,其特征在于,所述点火药层发生的氧化还原反应为镁热反应或其他高温氧化还原反应。

7. 根据权利要求1所述的点火系统,其特征在于,所述镁粉层的厚度不大于1mm;所述镁粉的粒径为250-450目。

8. 根据权利要求3所述的点火系统,其特征在于,所述凝胶剂为分子量大于1000万的凝胶剂。

9. 根据权利要求1所述的点火系统,其特征在于,所述电热丝的长度与所述点火药层的铺设跨度一致;所述电热丝的两端分别连接有导电金属棒,所述导电金属棒通过导线连接至直流稳压电源的两端;通过控制所述直流稳压电源上的开关控制所述电热丝的通电状态。

一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统

技术领域

[0001] 本发明属于点火装置,具体地涉及一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统。

背景技术

[0002] 铝和镁等水反应金属燃料具有高能量密度优势,在水下推进和空间推进中应用前景广阔。同时,金属燃料水反应作为氢气制取途径也长期受到关注。

[0003] 国内外对纳米铝/水混合体系的燃烧特性进行了较多的研究。纳米级铝粉活性高,点火容易,但铝粉颗粒表面氧化铝膜(不参与燃烧反应)所占比重较大,如粒径为38nm的铝粉表面氧化铝膜占总质量比重可高达45.7%,严重削弱了燃料的高能量优势,且纳米铝粉储存条件严苛,价格昂贵。与之相比,微米铝粉颗粒中氧化铝膜的比重小于3%,原料丰富,成本低廉,储存性能好,因此从实际应用的角度出发,人们十分希望实现微米铝粉与水的稳定燃烧反应,发展相关的推进和制氢技术。

[0004] 微米铝粉与水反应面临的一个关键技术问题是,由于微米铝粉表面约5nm厚致密氧化铝膜的存在,隔绝了颗粒内性质活泼的铝与水的直接接触,同时微米铝粉比表面积较小,加热时颗粒内外热量交换速率低,最终导致反应启动(点火)十分困难。目前已有实验研究均需通过其他方法如对铝粉进行球磨(可以去除铝粉表面氧化铝膜)、或者使用比表面积更大的片状铝粉,或者在混合物中添加氧化性更强的过氧化氢等方法来促进点火。对于粒径较大的微米镁粉,也存在类似的问题。

[0005] 一般点火方法常采用电热丝点火,如韩国延世大学的Wando Ki等人在期刊《Combustion and Flame》(2013年第160卷,第12期)中发表的文章《Combustion of micro aluminum-water mixtures》,就是采用的电热丝对片状铝粉/液态水混合物进行点火,其片状铝粉厚度已经达到纳米级。电热丝点火时的温度较低,仅通过电热丝点火难以点燃微米铝粉/液态水混合物。

[0006] 激光点火温度较高,但是由于成本大,系统复杂,一般很少使用。针对微米铝粉和微米镁粉等金属燃料与液态水反应的点火问题,本发明提出了一种新的点火方法,能够实现混合物的可靠点燃。

发明内容

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统。

[0008] 具体技术方案如下:

[0009] 一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统,包括由氧化还原反应提供热量的引燃单元,用于触发所述引燃单元燃烧的点火单元,以及通过所述引燃单元引燃的燃烧单元;

[0010] 所述点火单元为含有电热丝的控制电路;

[0011] 所述燃烧单元是由与水点火反应比较困难的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系；

[0012] 所述引燃单元包括由所述电热丝触发的氧化还原反应提供热量实现所述燃烧单元均匀受热的点火药层,用于阻断所述点火药层和所述燃烧单元直接接触并将所述点火药层产生的热量传递至所述燃烧单元的镁粉层,以及用于将所述镁粉层的热量稳定地传递至所述燃烧单元以实现所述燃烧单元充分点火的点火凝胶层。

[0013] 优选地,所述点火凝胶层是由粒径小于所述燃烧单元中微米金属粉的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系。

[0014] 优选地,所述点火凝胶层是由粒径为1-10微米的铝粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;更优选地,所述点火凝胶层是由粒径为3.5-10微米的铝粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系。

[0015] 优选地,所述燃烧单元中微米金属粉是指粒径大于所述点火凝胶层中微米金属粉且在空气或惰性气体中与水点火反应比较困难的金属燃料粉,优选地,所述微米金属粉为镁粉、铝粉、锆粉或铍粉;更优选地,所述微米金属粉为铝粉。

[0016] 优选地,所述点火凝胶层的厚度为3-7mm。

[0017] 优选地,所述点火药层发生的氧化还原反应为镁热反应或其他高温氧化还原反应。

[0018] 优选地,所述凝胶体系是通过如下方法制备得到的:将所述凝胶剂和水混合并搅拌2-5h,然后放置12-24h后得到质量分数为1%-3%的水凝胶;将所述水凝胶和微米金属粉按化学当量比混合得凝胶体系。

[0019] 优选地,所述镁粉层的厚度不大于1mm;所述镁粉的粒径为250-450目。

[0020] 优选地,所述凝胶剂为分子量大于1000万的凝胶剂,优选地,所述凝胶剂为聚丙烯酰胺(PAM)或聚丙烯酸-丙烯酰胺(PAA)。

[0021] 优选地,所述电热丝的长度与所述点火药层的铺设跨度一致;所述电热丝的两端分别连接有导电金属棒,所述导电金属棒通过导线连接至直流稳压电源的两端;通过控制所述直流稳压电源上的开关控制所述电热丝的通电状态。

[0022] 本发明的有益效果如下:

[0023] 1、本发明的点火系统能够实现分层逐级点火,且点火稳定性好,点火温度高,可实现任意微米级的微米金属粉和水稳定点火。

[0024] 2、本发明的点火系统不仅可以在空气中点火,还可以在惰性气体中点火,而且通过点火单元可以实现远程点火控制。

[0025] 3、本发明的点火系统组成材料易得,成本低,操作简单,容易实施。

附图说明

[0026] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细的说明。

[0027] 图1示出了本发明第二种实施方式中一种用于微米铝粉和液态水混合物的点火系统的结构示意图。

[0028] 其中,1、点火药层,2、镁粉层,3、点火凝胶层,4、燃烧单元,5、镍铬合金电热丝,6、导电金属棒,7、导线,8、直流稳压电源,9、直流稳压电源开关,10、壳体。

具体实施方式

[0029] 为了更清楚地说明本发明,下面结合优选实施例和附图对本发明做进一步的说明。附图中相似的部件以相同的附图标记进行表示。本领域技术人员应当理解,下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的,不应以此限制本发明的保护范围。

[0030] 在本发明的第一种实施方式中,提供一种用于微米金属粉和液态水混合物的点火系统,包括由氧化还原反应提供热量的引燃单元,用于触发引燃单元燃烧的点火单元,以及通过引燃单元引燃的燃烧单元;

[0031] 点火单元为含有电热丝的控制电路;

[0032] 燃烧单元是由与水点火反应比较困难的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;

[0033] 引燃单元包括由电阻丝触发的氧化还原反应提供热量实现燃烧单元均匀受热的点火药层,用于阻断点火药层和所述燃烧单元直接接触并将点火药层产生的热量传递至燃烧单元的镁粉层;以及设置在镁粉层和燃烧单元之间的用于将镁粉层的热量稳定地传递至燃烧单元以实现燃烧单元充分点火的点火凝胶层。

[0034] 点火药层燃烧时产生的热量不仅使镁粉层的镁粉受热气化产生镁蒸汽,而且热量还可以传导至点火凝胶层使点火凝胶层中的部分水汽化,镁蒸气与水蒸汽发生反应,从而使燃烧波从点火药层到点火凝胶层的传播,实现热量的传递;点火凝胶层和燃烧单元都是凝胶体系,两个体系一致的情况下,火焰从一层传到另一层只需要足够的温度。目前已经能保证点火后成功引燃点火凝胶层,这样问题就成了把火焰从点火凝胶层传递至燃烧单元。对于燃烧单元,点火需要两个条件,一个是比较高的温度,另一个是使这个高的点火温度保持一定时间。本发明的点火凝胶层是燃烧单元的预混合体,可以同时满足上述两个方面,而且自身着火时不需要再消耗燃烧单元中的水。点火凝胶层厚度为3-7mm的点火凝胶层。

[0035] 如果没有点火凝胶层,在一定情况下点火药层和镁粉层也是可以点燃燃烧单元的,但是当选择一个比较难燃的燃烧单元时,很大情况下无法点燃(实验时有时点火凝胶段放少了,也会出现点火失败)。这是由于燃烧单元可以选择不同的金属粒径,不同的当量配比等,点燃的难度也随着粒径和当量比的变化改变,比如选用较大微米的粒径,以及采取富燃的当量配比,此时的点火难度就更大,镁粉层还会消耗掉燃烧单元与其接触部分的一部分水,令本来就是富燃的燃烧单元更加富燃,更加难以点火。

[0036] 在本实施方式中,电热丝的两端分别连接有导电金属棒,导电金属棒通过导线连接至直流稳压电源的两端;通过控制直流稳压电源上的开关控制电热丝的通电状态。优选地,电热丝设置在点火药层内部,点火单元的电热丝长度与点火药层的铺设跨度一致。

[0037] 在本实施方式中,点火药层的主要成分是固体成分。点火药层一方面可以快速的释放能量,能达到整个面同时加热燃烧单元,而不是像电热丝那样只有几个点与燃烧单元接触,另一方面它还可以覆盖在燃烧单元上阻碍能量的耗散。本发明通过增加电热丝的温度使其达到点火药层的燃点使点火药层点燃;优选地,点火药层发生的氧化还原反应为镁热反应或其他高温氧化还原反应。

[0038] 在本实施方式中,点火凝胶层是由粒径小于燃烧单元中微米金属粉的微米金属粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;优选地,微米金属粉为铝粉。

[0039] 点火凝胶层是由粒径为1-10微米的铝粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系;

优选地,点火凝胶层是由粒径为3.5-10微米的铝粉通过凝胶剂分散在水中形成的凝胶体系。

[0040] 点火凝胶层的厚度为3-7mm,点火凝胶层中的凝胶体系是通过如下方法制备得到的:将凝胶剂和水混合并搅拌2-5h,然后放置12-24h后得到质量分数为1%-3%的水凝胶;将水凝胶和粒径为3.5-10微米的铝粉按化学当量比混合得凝胶体系。

[0041] 在本实施方式中,镁粉层设置在点火药层和燃烧单元之间,用于将点火药层和燃烧单元的凝胶体系分离开,使得火药层能保持干燥,避免凝胶体系中的水分扩散至点火药层,导致点火药层温度降低,从而不能达到燃烧单元的着火点,无法点燃微米金属粉和水的混合物。优选地,镁粉层的厚度小于1mm;这是由于镁粉层厚度太厚不仅会导致点火药层和点火凝胶层之间热量传递困难,而且镁粉层燃烧时会消耗更多点火凝胶层中水,不利于点火凝胶层向燃烧单元稳定传递热量;更优选地,镁粉层镁粉的粒径为250-450目;镁粉粒径再小就太过活泼,粒径太大不易点火。

[0042] 在本实施方式中,燃烧单元中微米金属粉是指粒径大于点火凝胶层中微米金属粉且在空气或惰性气体中与水点火反应比较困难的金属燃料粉,优选地,微米金属粉为镁粉、铝粉、锆粉或铍粉。

[0043] 燃烧单元中的凝胶体系是通过如下方法制备得到的:将凝胶剂和水混合并搅拌2-5h,然后放置12-24h后得到质量分数为1%-3%的水凝胶;将水凝胶和微米金属粉按任意比例混合得凝胶体系。

[0044] 本发明凝胶剂可以增加水的粘稠度使得微米金属粉均匀悬浮在水中,从而使得微米金属粉和水充分接触发生反应,实现稳定燃烧。

[0045] 由于凝胶剂的分子量越小凝胶的效果越不好,需要添加的凝胶剂就越多;优选地,凝胶剂为分子量大于1000万的凝胶剂;更优选地,凝胶剂为聚丙烯酰胺(PAM)或聚丙烯酸-丙烯酰胺(PAA)。

[0046] 发明的第二实施方式中,如图1所示,提供一种用于微米铝粉和液态水混合物的点火系统,点火系统的具体结构与第一种实施方式相同;包括柱状的壳体10,从下到上依次设置在壳体10内的燃烧单元4、引燃单元和点火单元。

[0047] 根据实际应用场景,壳体10可以选择不同的材质;在本实施方式中为了方便观察点火系统的点火状态,所以选择壳体10为纸壳体。

[0048] 点火单元,是含有镍铬合金电热丝5的控制电路;镍铬合金电热丝5设置在点火药层1的内部,且长度与点火药层1的铺设跨度一致;镍铬合金电热丝5的两端分别连接有导电金属棒6,导电金属棒6通过导线7连接至直流稳压电源8的两端;通过控制直流稳压电源8上的开关控制所述镍铬合金电热丝5的通电状态。直流稳压电源8的电压设定应使控制电路通电时镍铬合金电热丝5的发热功率约为35W/cm。

[0049] 燃烧单元4,是粒径大于10微米的铝粉通过聚丙烯酰胺分散在水中形成的凝胶体系。例如将聚丙烯酰胺(分子量1200万)和纯净水以质量比0.02:0.98混合并搅拌2-5h,然后放置12-24h后得到水凝胶备用,然后将水凝胶和大于10微米铝粉按任意当量比混合后得到凝胶体系。

[0050] 引燃单元,包括由镍铬合金电热丝5触发的镁热反应提供热量实现燃烧单元均匀受热的点火药层1,用于阻断点火药层1和燃烧单元4直接接触并将点火药层1产生的热量传

递至燃烧单元4的镁粉层2,以及用于将镁粉层2的热量稳定地传递至燃烧单元4以实现燃烧单元4充分点火的点火凝胶层3。

[0051] 其中,点火药层1的厚度为10mm,点火药层1的主要成分为325目的镁粉和800目的三氧化二铁粉按化学当量比进行配比,镁粉和三氧化二铁粉质量比为0.45:1;根据理论计算,该点火药层1在常温常压环境中燃烧的绝热火焰温度为3183K。在该粒径和配比条件下,两种粉末的混合物可以长期存放。

[0052] 镁粉粒径再小就太过活泼,粒径太大不易点火;三氧化二铁选择800目也是比较常见的尺寸。虽然没有试验,但是采用其他粒径应该也可以解决本发明的问题。本发明设计点火药层1一方面希望点火容易,温度高,但是又希望比较稳定,所以粒径不可以太大或太小,在一定范围内就可以。

[0053] 另外,本发明若采用专用的点火药(高氯酸氨类或者其他)点火时有气化过程(高氯酸氨分解),可能会不利于热量聚集。

[0054] 镁粉层2,设置在点火药层1和点火凝胶层3之间;镁粉层2是由粒径为325目镁粉铺设成的厚度为1mm的薄层。

[0055] 点火凝胶层3,厚度为4mm,由水凝胶和10微米铝粉按化学当量比混合后得到的凝胶体系,制备过程为:将聚丙烯酰胺(分子量1200万)和纯净水以质量比0.02:0.98混合并搅拌2-5h,然后放置12-24h后得到水凝胶备用,其中聚丙烯酰胺的作用是增加水的粘稠度使得金属粉可以均匀悬浮于水中;将水凝胶与粒径10微米的铝粉按化学当量比均匀混合。点火凝胶层3燃烧稳定,反应温度高,可实现对燃烧单元4的点火。

[0056] 在本发明中选用10微米的铝粉,这是由于铝粉粒径太大不易点燃,铝粉粒径太小容易在水凝胶中发生团聚,混合不均匀;例如,采用3.5微米的铝粉,也可以点火成功,但是铝粉团聚比较严重,需要长时间搅拌才能使铝粉均匀分散在水中,实现成功点火。

[0057] 如果本实施方式中引燃单元中不设置点火药层和镁粉层;直接通过电热丝加热点火凝胶层,无法将燃烧单元点燃,这是由于热量聚集过程中,点火凝胶层中的水分蒸发,导致与电热丝接触部分的水分完全蒸干,失去氧化剂的铝粉无法燃烧。

[0058] 在本发明的第三实施方式中,供一种用于微米镁粉和液态水混合物的点火系统,点火系统的具体结构与第二种实施方式相同;唯一不同的是将点火单元中的微米铝粉换成了微米镁粉。

[0059] 燃烧单元4,是粒径大于50微米的镁粉通过聚丙烯酰胺分散在水中形成的凝胶体系。例如将聚丙烯酰胺(分子量1200万)和纯净水以质量比0.02:0.98混合并搅拌2-5h,然后放置12-24h后得到水凝胶备用,然后将水凝胶和大于50微米的镁粉按任意当量比混合后得到凝胶体系。

[0060] 本实施方式中引燃单元中不设置点火药层和镁粉层;可以直接通过电热丝加热点火凝胶层,使燃烧单元点燃,但是燃烧不稳定。

[0061] 本发明引燃单元中点火凝胶层的凝胶体系和燃烧单元的凝胶体系是两个独立的体系,不能发生混合。

[0062] 采用本发明点火系统进行点火的方法:需启动点火系统点火时,将直流稳压电源开关9闭合3秒左右后断开,开关闭合时镍铬合金电热丝5通电。点火过程中,点火药层1燃烧产生的高温可能使镍铬合金电热丝5熔断,但不影响点火效果和直流稳压电源8供电系统的

安全。本发明通过延长控制电路的导线7远程控制直流稳压电源8的开关实现远程控制点火。

[0063] 显然,本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非是对本发明的实施方式的限定,对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动,这里无法对所有的实施方式予以穷举,凡是属于本发明的技术方案所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之列。

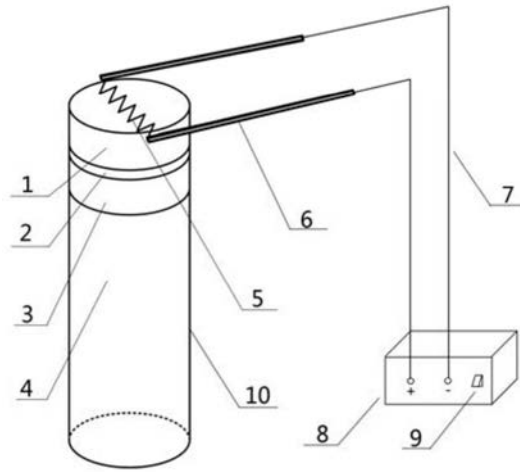


图1