特定海区海底油管牺牲阳极材料研究

李　异　李永广

（华南理工大学　510641）

摘　要　本文为南海某海区海底输油管线的保护寻找在海泥中性能较优的铝合金牺牲阳极。通过各种测试，找到较为满意的阳极材料，供海上油气田工程设计参考。

关键词　海底管线　　铝牺牲阳极　　海上油田　　材料研究

1　前言

随着海洋石油工业的发展，愈来愈多的输油管线或海底构筑物需要建造，为了这些海底设施能安全有效的运行，目前大多采用涂层加牺牲阳极保护的方法。但是在海水中具有良好性能的阳极材料在海泥中却不一定能显示其优点[1][2]，特别是在加热操作的情况下，阳极的性能急剧下降[3]，在海底管线保护中阳极失效的情况经常出现，这不仅维修费庞大增加采油成本，而且影响油气的生产损失巨大。因此，结合生产实际情况选出在海泥中具有较好性能的阳极品种，供海底管线的工程设计采用是建设的迫切要求。

应某油田建设的需要，本文中炼制了多种阳极在常温海泥中进行测试，并挑选出几种性能较好的阳极在加热情况下测试。获得了性能较好的阳极材料，供设计使用参考。

2　实验方法与步骤

2.1　试验材料：挑选五种性能较好的阳极配方，其化学成份见表 1。在熔铸车间铸造成阳极，然后按标准做成试样进行有关测试。

表 1. 五种阳极的化学成分

成份 / 样品	锌(%)	铟(%)	硒 (%)	锆(%)	锰(%)	硅(%)	钛(%)	镁(%)	铝(%)	杂质
AZIM	3~4	0.025 ~0.035		0.05 ~0.15	0.15 ~0.25				余量	允许范围
AZIE	3~4	0.025 ~0.035	0.15 ~0.25	0.15 ~0.25					余量	允许范围
AZIS	5~6	0.025 ~0.035				0.10 ~0.20	0.01 ~0.10		余量	允许范围
AZIT	4~5	0.025 ~0.035					0.01 ~0.10	0.10 ~0.90	余量	允许范围
AZIG	3~4	0.020 ~0.030				0.05 ~0.15		1.0~2.0	余量	允许范围

2.2　恒电流电化学性能测试：铝阳极在常温和热海泥中进行恒电流法电流效率试验。海泥采自南海某油田区域，试验方法参照 GB4948-85 附录 C 进行。分别在 25℃、40℃和 55℃中进行每期 18 天。

2.3　阳极试样溶解形态的分析：观察阳极试样的宏观溶解形貌，并通过金相显微分析获得试样溶解面的显微状况及试样的金相结构。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 实验结果及讨论

3.1 常温海泥中恒电流试验结果：将五种不同成分的阳极在常温的海泥中进行恒电流试验，时间 18 天所得结果列表 2。

表 2. 五种阳极的电化学性能

项目 / 样品	开路电位 (-V)	工作电位 (-V)	电流效率 (%)	电容量 Ah/kg	表面溶解状况
AZIM	0.956~1.028	0.808~0.995	67.74	1967.9	表面溶解尚均匀，产物尚易脱落
AZIE	1.023~1.052	0.759~0.998	62.5	1816.3	溶解不均匀，局部腐蚀，产物不易脱落
AZIS	0.998~1.030	0.855~0.997	75.16	2153.9	表面溶解均匀，产物易脱落
AZIT	0.994~1.038	0.786~0.948	64.74	1866.5	表面溶解不均匀，产物不易脱落
AZIG	1.021~1.064	0.970~1.014	77.56	2250.3	表面溶解均匀，产物易脱落

从表 2 可看出，AZIM、AZIE 及 AZIT 三种阳极材料的电流效率都在 68%以下，这与文献报导一般海水用阳极在海泥中效率下降 20%以上相似，且表面溶解不均匀、腐蚀产物不易脱落、性能较差。阳极 AZIS 和 AZIG 则电位较负，电流效率都在 75%以上比一般阳极的高，且表面溶解均匀，腐蚀产物易脱落清除。初步认为是较好的选择。

3.2 热海泥中恒电流试验结果：把在常温海泥试验中性能较好的 AZIS 和 AZIG 阳极进一步在 40℃和 55℃的热海泥中进行恒电流试验，结果见表 3。

表 3 AZIS、AZIG 阳极在 40℃、55℃海泥中的电化学性能

项目 / 样品	试验温度 (℃)	开路电位 (-v)	工作电位 (-v)	电流效率 (%)	电容量 (Ah/kg)	表面溶解状况
AZIS	40	1.009~1.079	0.946~1.031	70.56	2046.18	表面溶解较均匀、产物尚易脱落
	55	1.180~1.065	0.989~1.064	62.42	1813.08	同上
AZIG	40	1.014~1.097	1.002~1.091	71.15	2064.82	表面溶解较均匀、产物易脱落
	55	1.188~1.063	0.981~1.072	64.87	1880.11	同上

从表 3 可看到，两种阳极在热海泥中经 18 天试验后电流效率随温度的升高而急剧下降这是由于阳极在热海泥中，表面被海泥和腐蚀产物组成的硬壳包裹着，使自腐蚀增大消耗了电流所致。但比一般阳极仍有较高的效率[2][3]，电位较负且稳定。表面溶解较均匀腐蚀产物也较易脱落，具有较优良的阳极性能。

3.3 阳极试样溶解形态的分析结果：AZIS 、AZIG 这两种阳极无论是在常温海泥或热海泥中试验时，其表面溶解都比较均匀且腐蚀产物易脱落，但是情况随试验温度的升高而变差，且出现轻度缩颈现象，与一般的阳极比较还是具有较好的性能。

AZIS 和 AZIG 两种阳极经常 温海泥试验后将溶解面切断做成金相样品,经抛光浸蚀后在 XJ-16B 金相显微镜下观察其溶解面和样品本身的金相显微形态后，拍得图 1（AZIS 阳极)和图 2(AZIG 阳极)。从图中可看到 AZIS 阳极由大小不规则排列的晶粒组成，晶粒与晶粒之间的界线有松有紧，溶解表面不够平滑、有尚未溶解的微粒存留。AZIG 阳极由柱状晶组成晶粒间排列紧密,未发现有品界偏折及晶间腐蚀的痕迹，溶解表面均匀且平滑。两者比较可看出 AZIG 阳极优于 AZIS 阳极。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

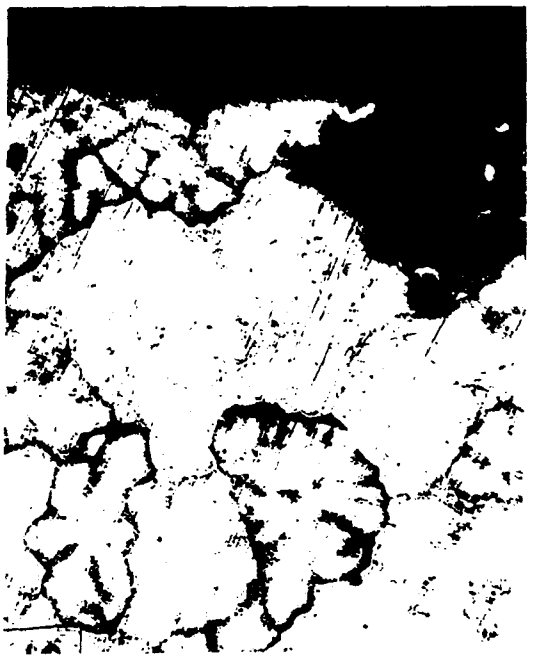


图 1. AZIS 阳极的显微分析



图 2. AZIG 阳极的显微分析

4 结论

通过对五种不同添加成分的铝合金阳极在常温海泥中的试验，并从中选取电流效率较高的 AZIS 和 AZIG 阳极在热海泥中做一步试验及各种测试。结果表明，这两种阳极在不同温度的海泥中都具有电位负且相对稳定，电流效率高电容量较大。金相组织结构紧密无发现晶间偏折物及晶间腐蚀迹象，表面极化率小，表面溶解均匀腐蚀产物易脱落等优点，其中 AZIG 阳极的性能优于 AZIS 阳极。可作为海底管线及金属构筑物阴极保护的阳极材料，将会有良好的保护效果，并带来较好的经济效益。

参考文献

[1] 陈光章、陈仁兴：海泥中新型铝牺牲阳极的研制，海洋工程腐蚀与防护学术交流会论文集、第三册，青岛 1986. P32–34

[2] Li Yi Proceedings of Pacific Corrosion 87′ V1 section 6 Melbourne 1987. P161~163

[3] 李异、邓和平，铝合金牺牲阳极在南海海泥中的性能研究“腐蚀科学与防护技术”V3 No1, 1991 p22–26

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net