

合金元素对低合金钢在不同区带 耐腐蚀性能影响的研究*

侯保荣 郭公玉 孙可良 张经磊

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提 要

在模拟的近海条件下采用电连接方法研究了合金元素对低合金钢腐蚀性能的影响, 结果表明元素 Cu, P, Mo, W, V, 和 Cr, Al, Mo 分别对大气区、飞溅区和全浸区的耐蚀性有明显的影响。

在海洋开发中, 除采用阴极保护、油漆、覆盖层等措施来防止钢铁腐蚀外, 努力提高低合金钢本身在海洋环境中的耐腐蚀性是很重要的手段。研究低合金钢所含有的各种合金元素与海水的腐蚀关系屡见报道^[2-7], 但大都是研究合金元素对海洋单一区带的影响, 关于同一元素分别对不同区带耐腐蚀性能影响的研究则报道较少。最初进行这方面研究工作的是 C. P. Larrabee^[8], 他利用长 20 英尺的长尺带钢在外海进行了 5—9 年实验, 其中 0.5% Ni-0.5% Cu-0.1% P 钢种耐飞溅带腐蚀性能最好。本文作者利用所建立的模拟外海的腐蚀试验装置, 采用电连接的试验方法, 对 10 个含有不同合金元素的低合金钢进行了腐蚀试验, 分析了不同合金元素对电连接挂片所处的海洋大气区、浪花飞溅区和海水全浸区等不同区带耐腐蚀性能的影响。

试 验 方 法

试验装置

采用作者所建立的模拟外海的腐蚀试验装置^[1], 用电连接方法进行腐蚀试验。

试片尺寸及处理

将试片加工为 50 × 6.0 × 100 mm 大小, 表面磨光, 酒精去油, 称重后置于干燥器中待用。

试片安装

利用试片中间的 φ8 圆孔将其安装在试架上, 使试架垂直于槽底安放, 试片分别处于模拟环境的大气区、飞溅区、潮差区和海水全浸区, 详细位置见图 1。

试验时间

从 1979 年 5 月 24 日开始共计 350 天。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1130 号。
收稿日期: 1983 年 1 月 31 日。

试验后试样处理

试验结束后取出试片, 用 20% 工业盐酸加 1% 六次甲基四胺溶液在常温下酸洗除锈, 用重量法求得腐蚀失重, 计算腐蚀速度。

试验材料

选用含有不同合金元素的 10 个钢种进行试验, 其化学成分列于表 1。

表 1 试验钢种的化学成分

编号	钢种	元 素 含 量 (%)												
		C	Mn	S	P	Si	Cr	Mo	Al	Cu	V	Ni	W	Re
1	10 MoWPVRe	0.12	0.46	0.02	0.08	0.03		0.48			0.104		0.47	
2	10 MoWPV	0.11	0.47	0.02	0.102	0.125		0.46			0.122		0.42	
3	16 MnCu	0.16	1.45	0.022	0.021	0.40				0.348				
4	17NiCuP	0.18	0.61	0.02	0.124	0.058				0.34		0.46		
5	15 SiMoAl	0.13	1.44	0.013	0.018	0.57			0.20					
6	10 CrAl	0.12	0.51	0.014	0.014	0.068	0.41		0.27	0.33				
7	10 Cr ₂ AlMoRe	0.06	0.62	0.0045	0.011	0.27	1.93	0.33	0.89	0.12				0.06
8	10 Cr ₂ AlMo	0.06	0.65	0.008	0.017	0.39	2.12	0.42	0.86	0.12				
9	SM41C	0.135	0.68	0.19	0.017	0.25								
10	A ₃	0.16	0.46	0.036	0.006	0.20								

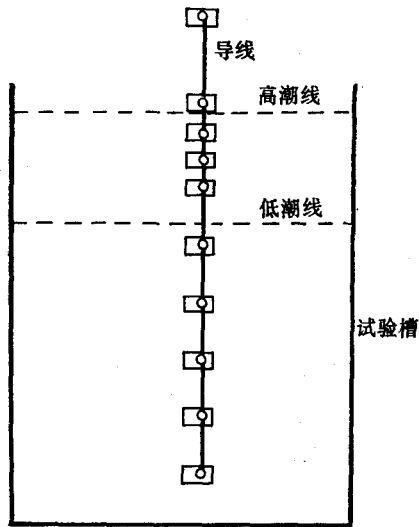


图 1 试片安装位置

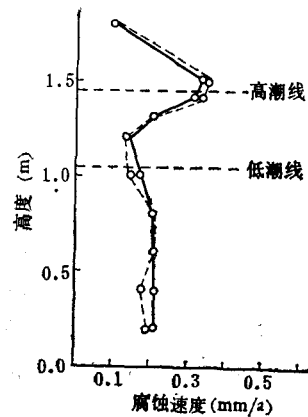


图 2 10MoWPVRe 钢和 10MoWPV 钢的腐蚀
 ○—○ 10 MoWPVRe 钢 ○---○ 10 MoWPV 钢

结果与讨论

1. 作者本次的试验结果同以往的试验结果^[1]均表明, 浪花飞溅区是腐蚀最严重的部位, 出现明显的严重腐蚀峰, 10 个钢种 350 天腐蚀试验结果绘于图 2—6。从图中可以看出研究钢材在浪花飞溅区的耐腐蚀性尤为重要, 为便于比较, 现将所试验的 10 个钢种在浪花飞溅区的腐蚀速度绘于图 7。从图中可以看出, 其耐蚀性能较好的钢种是: 10MoW-

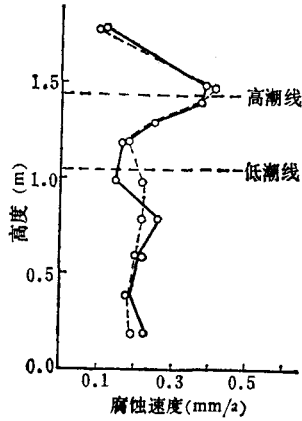


图3 16 MnCu 钢和 17 NiCuP 钢的腐蚀
 ○— 16 MnCu 钢 ○--- 17 NiCuP 钢

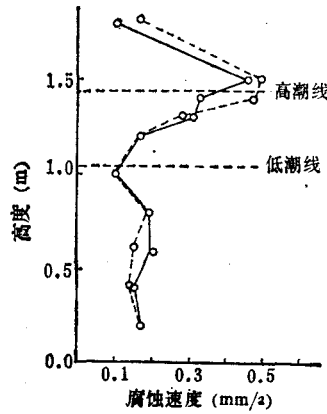


图4 15 SiMoAl 钢和 10 CrAl 钢的腐蚀
 ○— 15 SiMoAl 钢 ○--- 10 CrAl 钢

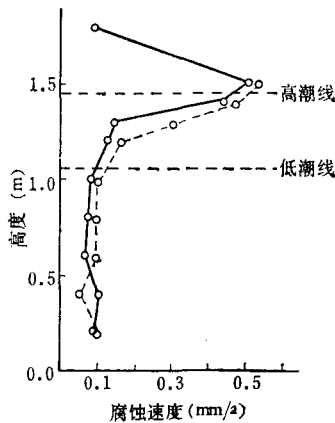


图5 10 Cr₂MoAlRe 钢和 10 Cr₂MoAl 钢的腐蚀
 ○— 10 Cr₂MoAlRe 钢 ○--- 10 Cr₂MoAl 钢

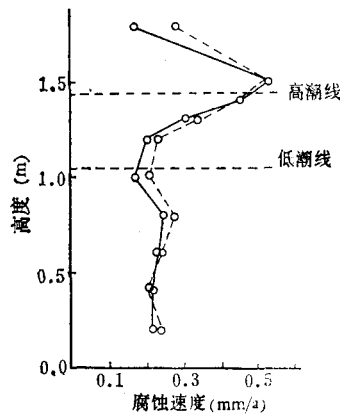


图6 SM41C 钢和 A₃ 钢的腐蚀
 ○— SM41C 钢 ○--- A₃ 钢

PVRe, 10 MoWPV, 17 NiCuP 和 16 MnCu 等。与普通碳钢 A₃ 和 SM41C 钢相比较,其耐腐蚀性能可提高 30% 以上,从这些钢种所含有的合金元素可知 Cu, P, V, Mo 等都是提高低合金钢在浪花飞溅区耐腐蚀性能的重要元素。C. P. Larrabee^[8] 经过外海长尺挂样认为 NiCuP 钢在浪花飞溅带的耐蚀性能比普通碳钢明显提高,与我们的试验结果相一致。在这些有效的元素中,采用合理的相互搭配效果更好。

2. 在本次试验中,每个钢种在全浸区有 5 片试片。现取其腐蚀速度的平均值,绘于图 7 进行比较,可以看出与普通碳钢相比,10 个钢种中耐蚀性能提高最明显的是 10 Cr₂MoAlRe 钢和 10 Cr₂MoAl 钢,其次是 10 CrAl 钢。在这三个钢种中均含有 Cr 和 Al。一般认为,Cr 是提高钢材在海水全浸区耐蚀性能的重要元素,并且其耐蚀性随 Cr 含量的增加而提高,同时 Cr 和 Al 搭配更为有益。350 天试验结束后,10 Cr₂AlMoRe 钢和 10 Cr₂AlMo 钢的大部分表面上尚有金属光泽。但应指出,这种钢的平均腐蚀速度虽然比普通碳钢小,但局部坑蚀较普通碳钢严重些。另外,Mo 也可提高钢材在全浸区的耐腐蚀性能。

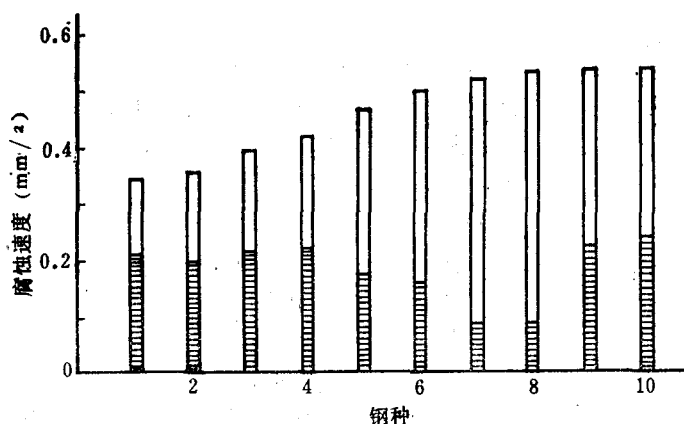


图7 各钢种在飞溅区和全浸区腐蚀速度比较

▨ 飞溅区 □ 全浸区

3. 从图2—6可以看出,与普通碳钢相比在所试验的10个钢种中,耐大气腐蚀性能都有明显提高,一般认为Cu是提高耐海洋大气腐蚀最有效的元素之一,在所试验的钢种中,17NiCuP和16MnCu中均含有Cu,在10MoWPV,10MoPV,17NiCuP中均含有P。同时,在这几个钢种中还分别含有Mo, W, V等元素,这些元素对提高耐大气腐蚀性能来说也是有效的。

4. 添加不同合金元素的低合金钢(图2—5)与普通碳钢A₃和SM41C(图6)相比,不管是在大气区、飞溅区,还是海水全浸区其耐蚀性均有提高。所不同的是,添加不同合金元素对低合金钢在不同区带耐蚀性能影响程度不同。例如,与普通碳钢相比10MoWPVRe钢、10MoWPV钢、17NiCuP钢在浪花飞溅区耐蚀性能提高较明显,在海水全浸区的耐蚀性能无明显提高。而在海水全浸区耐蚀性明显提高的10Cr₂MoAlRe钢和10Cr₂MoAl钢,在浪花飞溅区和大气区的耐蚀性能的提高又较少。另外,比较17NiCuP钢和10CrAl钢可以看出,在浪花飞溅区17NiCuP钢的耐蚀性能优于10CrAl钢,而在海水全浸区的情况却与此相反,即17NiCuP钢的耐蚀性又劣于10CrAl钢,有的作者认为^[8],在飞溅区耐蚀性能好的合金元素在全浸区就差,说明合金元素对低合金钢耐蚀性能的影响随环境条件不同而有所差异,必须分别不同的情况进行分析研究。由于海洋中的钢结构是一个整体,应当努力寻求在浪花飞溅区和海水全浸区都较有效的合金元素。在钢中加入合金元素能使耐蚀性提高的原因尚不清楚,有的认为应当从腐蚀产物上找原因。与普通碳钢相比,这可能是由于合金元素的加入能够改善锈层与基体的结合程度,提高了锈层本身的致密性,能够生成坚硬而致密的内锈层,阻碍了氧向基体的扩散从而减轻了腐蚀,有关这方面的研究,作者将另文报道。

结 语

1. 添加不同的合金元素可以提高钢材在海洋环境中的耐腐蚀性能,本次试验结果表明,Cu, P, V, Mo等元素可以提高钢材在浪花飞溅区的耐腐蚀性能;Cr, Al, Mo等元素是提高钢材在海水全浸区的耐腐蚀性能的重要元素;在大气区Cu, P, Mo, W, V

等是有效的合金元素。

2. 在钢材中, 添加不同的合金元素可以提高钢材耐海洋环境腐蚀的能力, 但由于钢材所处的环境不同, 其合金元素的影响效果也不一样, 有的元素在某一区带是提高耐蚀性能的重要元素, 而在另一个区带则效果不明显, 甚至有害, 这种情况应当引起注意。

参 考 文 献

- [1] 侯保荣, 1979. 海洋结构钢腐蚀试验方法研究. 海洋科学集刊 **18**: 87—93.
- [2] 陈仁霖, 1982. 海洋工程用钢的耐蚀性研究. 海洋科学 **5**: 12—17.
- [3] 佐武二郎, 1969. 鋼の耐海水性に及ぼす合金元素の影響. 日本鉄鋼協会第78回講演大会講演概要集. 鉄と鋼 **55**: 246.
- [4] 門智, 渡辺常安, 1976. 低合金鋼の海水腐蝕. 防食技術 **25**(3): 173—190.
- [5] 岡田秀弥, 内藤浩光, 堀田涉, 1973. 鋼の海水腐蝕における合金元素の影響. 日本鉄鋼協会第85回講演大会講演概要集. 鉄と鋼 **59**: 125.
- [6] 高村 昭, 荒川 要, 藤原和雄, 広瀬博章, 1970. 海水飛沫帯における鋼の耐食性に及ぼす合金元素の影響. 防食技術 **19**(7): 18—25.
- [7] 内藤浩光, 堀田涉, 岡田秀弥, 1975. 海水飛沫部における鋼の腐食过程. 製鉄研究 **284**: 63—69.
- [8] Larrabee, C. P., 1958. Corrosion resistant experimental steel for marine applications. *Corrosion* **14**: 501—504.

EFFECT OF ALLOY ELEMENTS ON CORROSION OF LOW ALLOY STEEL IN DIFFERENT ZONES*

Hou Baorong Guo Gongyu Sun Keliang and Zhang Jinglei
(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

Effect of alloy elements on corrosion of low alloy steel is studied in simulated off-shore condition. The results show that elements Cu, P, Mo, W, V have an evident effect on corrosion resistance in atmospheric zone; Cu, P, V, Mo in splash zone; Cr, Al, Mo in submerged zone.

* Contribution No. 1130 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.