DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.04.004

铬对建筑用耐蚀钢筋耐蚀性能的影响

王春晓[1],马龙飞[1],王丙超[1],郭春方[2]

(1.中铁隧道局集团有限公司设备分公司,河南 洛阳 471009; 2.河南科技大学 材料科学与工程学院,河南 洛阳 471003)

摘　要:通过显微组织观察、XRD、加速腐蚀试验等手段,研究了不同铬含量对耐腐蚀钢筋耐腐蚀性能的影响。结果表明,腐蚀试验开始阶段,铬含量为1.3%的钢筋腐蚀率较为平缓,而铬含量继续增加后腐蚀率快速上升;腐蚀后期腐蚀率平缓且有下降趋势。铬含量为0.5%的钢筋在整个试验周期内,腐蚀率直线上升,变化不大。试验周期过程中,铬含量为1.3%的钢筋腐蚀率均明显低于铬含量为0.5%的钢筋,铬元素的添加可以降低钢筋腐蚀率,尤其在腐蚀初期和后期。

关键词:耐腐蚀钢筋;铬元素;腐蚀率

中图分类号:TG142　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)04-0324-03

Effect of Cr on Corrosion Resistance of Corrosion-resistant Steel Rebar for Construction

WANG Chunxiao[1], MA Longfei[1], WANG Bingchao[1], GUO Chunfang[2]

(1. China Railway Tunnel Group Co., Ltd., Luoyang 471009, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: The effects of different chromium contents on corrosion resistance of corrosion-resistant steel rebars were studied by means of microstructure observation, XRD and accelerated corrosion test. The results show that at the beginning of the corrosion test, the corrosion rate of the steel bar with 1.3%Cr is relatively gentle, while the corrosion rate increases rapidly after the chromium content continues to increase. The corrosion rate in the later stage of corrosion is gentle and has a downward trend. During the whole test period, the corrosion rate of the steel rebar with chromium content of 0.5% increase linearly, but the change is not significant. During the test cycle, the corrosion rate of rebar with chromium content of 1.3% is significantly lower than that of rebar with 0.5%Cr. The addition of chromium can reduce the corrosion rate of rebar, especially in the early and late corrosion stage.

Key words: corrosion resistant rebar; Cr element; corrosion rate

钢筋混凝土结构是应用最为广泛的建筑结构。据统计,中国每年建筑用钢占据全部钢产量一半以上,然而随着钢筋混凝土结构建筑服役时间的增长,其耐久性方面的问题也日益显露,因钢筋混凝土腐蚀导致的经济损失被日趋关注。根据研究,造成钢筋混凝土结构失效的最主要原因是钢筋锈蚀,钢筋锈蚀后,承载力明显下降,对建筑结构安全性形成巨大的威胁。近年来,越来越多的跨海大桥、海底隧道、海港等基础设施在海洋环境中建设,为了满足海洋环境下建筑结构耐腐蚀性方面的要求,开发具有低成本、高耐腐蚀性的耐腐蚀钢筋十分迫切。根据相关研究[1],含铬元素的钢材的锈层更加致密,铬元素对提高钢的耐腐蚀性作用明显。为进一步研究铬元素对钢筋耐腐蚀性的影响规律,本文对不同铬含量的钢筋进行了加速腐蚀试验,并通过显微组织观察、XRD等手段,研究了元素铬对钢筋耐腐蚀性能的影响,以期为更加合理的设计成本低、耐腐蚀性好的耐腐蚀钢筋提供依据。

1　试验材料与方法

试验中选用Cr元素含量差别较大的两种钢筋为研究对象,其化学成分如表1所示。两种钢筋的显微组织相同,均为铁素体+贝氏体,仅是晶粒大小不同。根据文献[2],这种组织的差别对钢筋的腐蚀性影响很小。试验中两种钢筋主要差别在于铬元素的含量,1号钢筋铬含量明显高于2号钢筋,因此通过两种钢筋相应试验比较,进一步研究铬元素对钢筋

表1 试验钢筋化学成分 w(%)

Tab.1 Chemical compositions of experiment steel rebar

编号	C	Si	Cr	Mn	Ni	Cu	Fe
1	0.12	0.54	1.3	1.37	0.26	0.26	余量
2	0.15	0.60	0.5	1.39	0.25	0.20	余量

收稿日期:2018-05-16

作者简介:王春晓(1984-),河南洛阳人,助理工程师.主要从事耐候钢材料方面的工作.电话:18137380014,
E-mail:guochunfang76@163.com

腐蚀性的影响。

周期浸泡加速腐蚀试验以 3.5%NaCl 为腐蚀溶液，溶液温度 35 ℃。通过 YZJ-1 型侵蚀试验箱按照 GB/T 19746-2005 标准要求进行试验。钢筋试样尺寸为 ϕ15 mm×50 mm，一次循环周期为 1 h，其中浸泡 12 min，暴露 48 min，试验周期分别为 48、72、144、216 h。实验过程中，每天补充侵蚀液一次。腐蚀前后试样重采用精度为 0.001 g 电子天平称量，失重率以 3 个同类试样失重平均值计算。锈层成分分析采用 D8 ADVANCE 多晶 X 射线衍射仪[3]。

2　试验结果与分析

2.1　显微组织

两种试验钢筋显微组织如图 1 所示。两种钢筋的显微组织相同，均为铁素体+贝氏体，但铁素体和贝氏体晶粒的大小稍有差异，这对腐蚀性影响不大。

2.2　表面宏观形貌

铬含量为 1.3%的 1 号钢筋在不同周期腐蚀试验后，表面宏观形貌如图 2 所示。可见，腐蚀开始阶段，钢筋表面锈层为黑色基体加橙色铁锈相间状态，而后随着周期的增加，锈层中黑色基体部分慢慢被锈层覆盖，最后几乎被橙色锈层全部覆盖，腐蚀速率也趋于稳定。

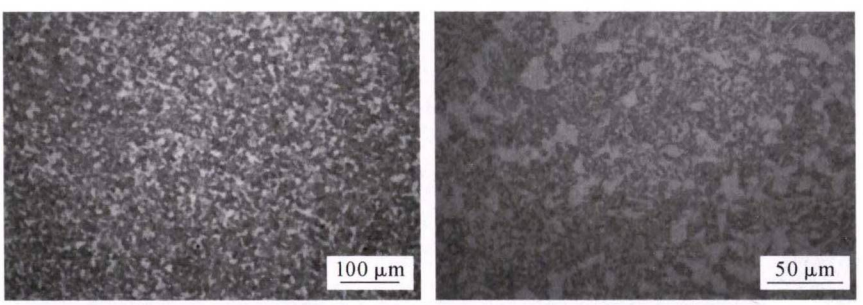
铬含量为 0.5%的 2 号钢筋在不同周期腐蚀试验后，表面宏观形貌如图 3 所示。可见，2 号试验钢筋锈层表面变化与 1 号钢筋不同。腐蚀开始阶段就出现了较为严重的局部腐蚀，腐蚀周期为 72 h 时，锈层表面有明显的锈胞出现，随着周期的增长，腐蚀状况逐渐加重，缺陷增多。

2.3　腐蚀率曲线

两种钢筋腐蚀率随着试验周期变化曲线如图 4 所示，可见，在整个试验周期内，铬含量为 1.3%的 1 号钢筋试样的腐蚀率均明显低于铬含量为 0.5%的 2 号钢筋试样。铬含量 1.3%的钢筋试样腐蚀开始阶段腐蚀率较为平缓，腐蚀性能明显好于铬含量 0.5%的钢筋试样。腐蚀第二阶段，铬含量 1.3%的钢筋试样腐蚀率快速上升，腐蚀试验后期，其腐蚀率平缓且有下降趋势。铬含量 0.5%的 2 号钢筋试样在整个试验周期内，腐蚀率一直直线上升，变化不大。进一步计算两种钢筋的相对腐蚀率，试验周期分别是 48、72、144 和 216 h 时，铬含量 1.3%的 1 号钢筋相对于铬含量 0.5%的 2 号钢筋的相对腐蚀率分别为 0.66、0.60、0.76 和 0.69。试验整个周期内，1 号钢筋腐蚀性均优于 2 号钢筋。

2.4　锈层 XRD 分析

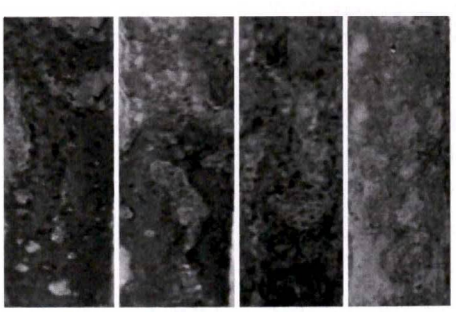
铬含量 1.3%的 1 号钢筋试样不同试验周期的 XRD 分析结果如图 5 所示。可见，1 号钢筋锈层主要物相为 Fe_3O_4、γ-FeOOH、α-FeOOH 以及少量 NaCl。随着试验周期的增加，α-FeOOH、Fe_3O_4 的峰强度逐



(a)1.3%Cr 1号钢筋　　(b)0.5%Cr 2号钢筋

图 1　钢筋显微组织

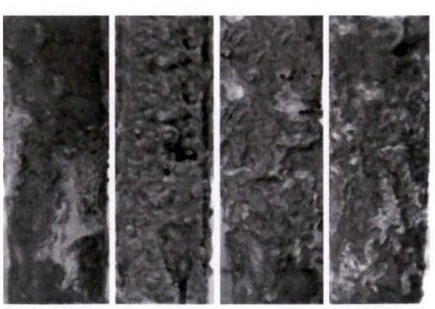
Fig.1　Microstructures of experiment steel rebar



(a)48 h　(b)72 h　(c)144 h　(d)216 h

图 2　1 号钢筋腐蚀表面形貌

Fig.2　Corrosion surface appearance of NO.1 steel rebar



(a)48 h　(b)72 h　(c)144 h　(d)216 h

图 3　2 号钢筋腐蚀表面形貌

Fig.3　Corrosion surface appearance of NO.2 steel rebar

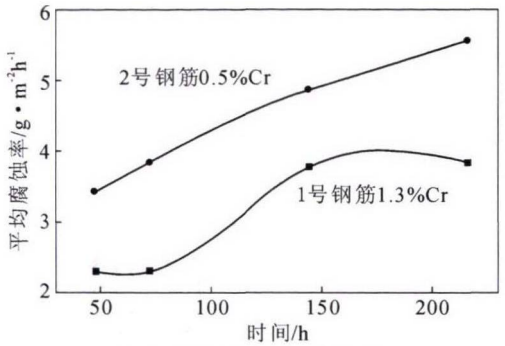


图 4 试验钢筋腐蚀率曲线

Fig.4 Corrosion rate curve of experiment steel rebars

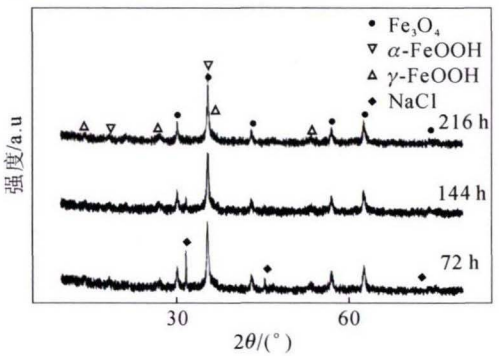


图 5 1 号钢筋 XRD 分析结果

Fig.5 XRD pattern of NO.1 steel rebar

渐上升，γ-FeOOH 变化不大。由于 α-FeOOH、Fe_3O_4 相对稳定，腐蚀后期，二者含量的提高，有利于降低腐蚀速率。

2 号钢筋试样不同试验周期的 XRD 分析结果如图 6 所示。可见，2 号钢筋锈层主要物相为 Fe_3O_4、γ-FeOOH、α-FeOOH。随着周期的增加，Fe_3O_4、γ-FeOOH 的峰强度降低，α-FeOOH 相峰强提高。

3 结论

(1)在腐蚀试验开始阶段，1.3%Cr 的 1 号钢筋腐蚀率较为平缓，而后快速上升，腐蚀后期腐蚀率平缓且有下降趋势。0.5%Cr 2 号钢筋在整个试验周期内，腐蚀率一直直线上升，变化不大。

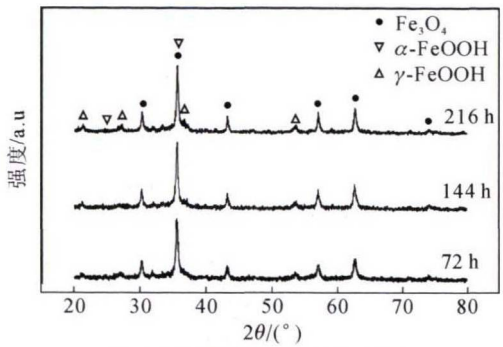


图 6 2 号钢筋 XRD 分析结果

Fig.6 XRD pattern of NO.2 steel rebar

(2)整个试验周期过程中，1.3%Cr 1 号钢筋的腐蚀率均明显低于 0.5%Cr 2 号钢筋，铬元素的添加可以降低钢筋的腐蚀率，尤其在腐蚀初期和后期。

参考文献：

[1] 郑山锁，张艺欣，黄鹰歌，等. 酸雨环境下钢筋混凝土框架梁抗震性能试验研究[J]. 建筑结构学报，2017，38(9): 20-27.

[2] 田惠文，李伟华，宗成中，等. 海洋环境钢筋混凝土腐蚀机理和防腐涂料研究进展[J]. 涂料工业，2008，38(8): 62-67.

[3] 汪洋. 变形工艺参数对 HRB400 钢显微组织的影响研究 [D]. 包头: 内蒙古科技大学，2013.

[4] 周大元. 耐蚀钢筋组织及合金元素对耐蚀性能影响的研究[D]. 马鞍山: 安徽工业大学，2017.

[5] 宋丹，游凯，程兆俊，等. 混凝土结构用钢筋耐蚀性提升研究进展[J]. 热加工工艺，2016，45(2): 9-13.

[6] 张琦. 表面热处理工艺对建筑钢性能的影响 [J]. 热加工工艺，2017，46 (8): 193-195.

[7] 高亚男，鲍远通，张全逾，等. 不锈钢 / 碳钢复合钢筋内外温差轧制工艺研究[J]. 铸造技术，2017，38(7): 1708-1712.

技术资料邮购

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

本书由西安理工大学魏兵教授编著。共8章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书320页。

特快专递邮购价：226元。

邮购咨询：李巧凤　　电话/传真：029-83222071　　技术咨询：13609155628