CHAPTER (6)

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION

6-1 Conclusions

From above mentioned results it can be concluded that:

- Steel pile sheets immersed in sea water or in similar environment must be cathodically protected from both sides. Moreover, one side protection may initiate parasitic corrosion cells on either side. This point needs further investigation.
- Metal loss from coupons fixed on the sheet surface can monitor its corrosion pattern.
- The unprotected sheet side behaves not better – if not worse – than the surfaces of unprotected sheet because of induced corrosion cells
- Cathodic protection of steel sheet piles from one side only could be worse than no protection at all.
- Electronic photography and components spectrum using X-ray have been used to determine the effects of the cathodic protection on the surfaces of the three plates at the end of the experimental work.

6-2 Recommendation

- It is highly recommended to protect sheet metal piles from both sides.
- The solar photovoltaic system has to be examined as a reliable source of the required power supply needed for the cathodic protection in remote areas.

REFERENCES

1 **G. Fontana and Norbert D. Greene,** "Corrosion Engineering", 2nd Edn. McGraw-Hill International Book Company, 1982

2 **Davy, H., Phil,** Trans. Royal Soc. London, Vol. 114, 1824, p 151.

3 **Davy, H., ibid,** Vol. I 14, 1824, p 242.

4 **Davy, H., ibid,** Vol. 115, 1825, p 328.

5 **W. H. Hartt,** "Marine Cathodic Protection - Historical Trends and Recent Accomplishments", Center for Marine Materials Florida Atlantic University - Sea Tech Campus 101 North Beach Road Dania Beach, Florida 33004

6 **Uhlig, H. H. and Revie, R. W.,** "Corrosion and Corrosion Control", Third Ed., J. Wiley and Sons, New York, pp. 223-228, 1985.

7 "Corrosion Control of Steel-Fixed Offshore Platforms Associated with Petroleum Production", NACE Standard RP 01 76-94, NACE International, Houston, 1994.

8 **Tamada-Akihiro,** "Development on Super Heavy Duty Corrosion Protection Measures and Factors Affecting Endurance of Them for Marine Structures", Cairyo to Kankyo, Corrosion Engineering, v 45, n 4, pp 244-255, Apr, 1996.

9 **Balakrishnan K.,** "Trends in Corrosion Protection of Materials", Bulletin of Materials Science, v 17, n 7, pp 1331-1339, Dec 1994.

10 **Abe-Masami, Ueda Shigeru and Shimizu Kazuo,** "Protective Effectiveness of Cathodic Protection for Sand Erosion in Waves Sea", Zairyo to Kankyo Corrosion Engineering, v 47, n 1, pp 36-41, Jan 1998.

11 **Honda Masaharu, Hattori Tadashi, Okumura Taketo, Okada Minoru, Yamada Michimasa, and Sugimoto Hironori,** "Application of the Corrosion Resistant Clad Steel Plates for the Hull Structures of the Huge Floating", ASME, MAE, New York, NY, USA, v 6, pp 285-291, 1997.

12 **Krasnoyarskii V. V., Usachev I. N., Petrova L. M., Strugova Yu N., Dorofeev A. S., and Zhukova T. I.,** "Corrosion Protection of Reinforced-Concrete and Metallic Structures in Tidal Power Plants", Prot Met. v 25, n 5, pp 688-689, May 1990.

13 **Venkatesan P., Rajendran A., Srinivasan S., and Kannan S.,** "Corrosion of Reinforced Concrete Exposed to Marine Atmosphere", Transactions of the SAEST (Society for Advancement of Electrochemical Science and echnology), v 38, n 2, pp 53-56, April/June 2003.

14 **Iwata M, Wu Q., Huang Y., and Yajima H.,** "Study on the Inverse Analysis Method for Cathodic Protection Problems", Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference, v 1, 1997.

15 **Aoki Shigeru, Takahashi Toru, Uragou Masataka, Amaya Kenji, and Nishikawa-Akinobu,** "Boundary Element Analysis of Galvanic Corrosion of Long Structure Buried in Soil with Gradient Electrical Conductivity", Zairyo Journal of the Society of materials Science, Japan, v 46, n 2, Feb 1997,.

16 **Dickie Neil,** "Corrosion Monitoring in Remote or Hostile Locations", Pipes and Pipelines International, v 41, n 5, pp 16-17, Sep-Oct 1996.

17 **Anon,** "Computer Aids Cathodic Protection Monitoring", Gas Ind (Park Ridge IL), v 35, n 5, pp 18-19, Mar 1991.

18 **Maynard, R. J.,** "Cathodic Protection Current Testing for Large Plant Structures", Materials-Performance, v 35, n 7, p 22-28, Jul 1996.

19 **Russell William B.,** "Safe Electrical Isolation of Cathodically Protected Pipe", pipe Line and Gas Industry, v 80, n 6, pp 35-37, Jun 1997.

20 **Krivian L.,** "Cathodic Protection Criteria", Prot Met, v 22, n 5, pp 586-588, Sep-Oct 1986.

21 **Thomason W. H., and Schmauch E. H.,** "Optimization of Sacrificial Anode Cathodic Protection Design", Proceedings of the International Off shore Mechanics and Arotic Engineering Symposium -6th, v 3, Published by ASME, New York, NY, USA, pp 409-418.

22 **Turnipseed Stephen P., and Nekoksa George,** "Potential Measurement on Cathodically Protected Structures Using an Integrated Salt Bridge and Steel Ring Coupon", Materials-Performance. v 35, n 6, pp 21-25, June 1996.

23 **Leask Linden J.,** "Cathodic Protection Survey of Deep-Water Structures and Sub-sea Installations", Mater Perform, v 28, n 11, pp 21-24, Nov 1989.

24 **D 1125** Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water[1]
G 1 Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens[2]
G 102 Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements[2]
1 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 11.01.
2 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.02.

25 **Osvoll Harald, Gartland Per-Olav, and Thomason William H.,** "Computer Modeling of Cathodic Protection on Risers/Tendons", Materials Performance, v 34, n 2, pp 35-41, Feb 1995.

26 **Haruyama Shiro and Sudo Shirohi,** "Electrochemical Impedance for a Large Structure in Soil", Electrochimica-Acta, v 38, n 14, pp 1857-1865, Oct 1993.

27 **Robinson Ronald C.,** "Expert Computer Systems for Corrosion Control of Metallic Structures", Mater-Perform, v 28, n 5, pp 13-17, May 1989.

28 **Wrobel L. C., Telles J. C. F., Mansur W. J., Azevedo J. P. S., Meniconi L. C. M., and Farias F. M.,** "Boundary Element System for Cathodic Protection Design", Offshore Engineering, Volume 5, Proceedings of the 5th International Symposium on Offshore Engineering. Rio de Janeiro, Braz, Publ by Pentech Press, London, Engi, pp 753-768.

29 **Wu Joe Y., and Liu W. T.,** "Numerical Modeling of Cathodic Protection", MRL-Bull-Res-Dev. v 1, n 1, pp 41-47, Mar 1987.

30 **Wrobel Luiz C., and Miltiadou Panayiotis,** "Genetic Algorithms for Inverse Cathodic Protection Problems", Engineering Analysis with Boundary Elements, v 28, n 3, pp 267-277, March 2004.

31 **Anis Wagdy R., and Alfons Hany A.,** "Photovoltaic Powered Regulated Cathodic Protection System", Solar Energy, Ain Shams University, v 53, n 2, pp 211-214, Aug 1994.

32 **Hemmingham C.,** "Intelligent Controller for Cathodic Protection", Commission of the European Communities, (Report) EUR. 1002, 5 EN. Publ by D. Reidel Publ Co, Dordrecht, Neth and Boston, MA, USA pp 361-365.

33 **Katsukiyo Marukawaa, Kevin L. Edwards,** "Development of iron and steel into eco-material", Materials and Design 22, pp 133-136, 2001.

34 **Brady G.S,, Clauser H.R., and Vaccari J. A.,** Materials Handbook, 14th Ed., McGraw-Hill, 1997.

35 **Helen Lewis and John Gertsakis,** "Design + Environment", Greenleaf Publisher, 2001.

36 **K. R., Trethewey and J. Chamberlain,** "Corrosion for Science and Engineering", Longman, group ltd. 1995.

37 **D. ZABOWSKI, C. L. HENRY, Z. ZHENG and X. ZHANG, "** Mining Impacts on Trace Metal Content of Water, Soil and Stream Sediments in the Hei River Basin", CHINA, Water, Air, and Soil Pollution 131, pp 261–273, 2001.

38 **Homma, S.,** "The Yoneshiro River Basin: Soil Pollution by Heavy Metals Discharged from Various Mines", Heavy Metal Pollution in Soils of Japan, Japan Sci. Soc. Press, pp. 137–148, 1981.

39 **Morishita, T.,** "The Jinzu River Basin: Contamination of Soils and Paddy Rice with Cadmium Discharged from Kamioka Mine", Heavy Metal Pollution in Soils of Japan, Japan Sci. Soc. Press, pp 107–124, 1981.

40 **Schintu, M., Kudo, A., Sarritzu, G. and Contu, A.,** Water, Air, and Soil Pollut, pp 57–58, 329, 1991.

41 **Zabowski, D. and Everett, R. L.,** "Extractable Metals and Plant Uptake with Amelioration and Revegetation of Abandoned Copper Mine Tailings", Remediation of Soils Contaminated with Metals, Science Reviews, Northwood, U.K., pp 111–122, 1997.

42 **Harmsen, K.,** "Behavior of Heavy Metals in Soils", Centre for Agricultural Publ. And Doc., Agric. Res. Rep. 866. Wageningen, The Netherlands, 1977.

43 **McBride, M. B.,** "Environmental Chemistry of Soils", Oxford University Press, Oxford, p 406, 1994.

44 **Thomas Kemper and Stefan Sommer,** "Estimate of Heavy Metal Contamination in Soils after a Mining Accident Using Reflectance Spectroscopy, Environmental Science & Technology, Vol. 36, No. 12, 2002.

45 **U.S. Bureau of Mines.** Proceedings of the International Land Reclamation and Mine Drainage Conference and 3rd International Conference on the Abatement of Acidic Drainage; U.S. Bureau of Mines Special Publication SP 06D-94; pp 1-4, 1994.

46 **Runnels, D. D., Shepherd, T. A., and Angino, E. E.,** Environ. Sci. Technol., 26 (12), pp 2316-2323, 1992.

47 **Nordstrom, D. K.,** "Acid Sulfate Weathering", Soil Science Society of America Special Publication No. 10; pp 37-56, 1979.

48 **Nordstrom, D. K., and Alpers, C. N.,** Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 96, pp 3455-3462, 2000.

49 **Grimalt, J. O., Ferrer, M., and Macpherson, E.,** Sci. Total Environ., 242 (1-3), pp 3-11, 1999.

50 **European Commission 2000.** Communication from the Commission, Comm2000 664 final, 23.10.2000.

51 **Everett J.E.,** "Development and Application of Computer Techniques to Environmental Studies", Environmental Studies, v11, Development and Application of Computer Techniques to Environmental Studies X, pp 53-62, 2004,

52 **Roussel, Christophe,** "Arsenic speciation: involvement in evaluation of environmental impact caused by mine wastes", Journal of Environmental Quality, v 29, n 1, pp 182-188, Jan, 2000.

53 **Victoria Tkatcheva, Heikki Hyvarinen, Jussi Kukkonen, Leonid P. Ryzhkov, and Ismo J. Holopainen.** "Toxic effects of mining effluents on fish gills in a subarctic lake system in NW Russia", Ecotoxicology and Environmental Safety 57, pp 278–289, 2004.

54 **Lozovik, P. A., Markkanen, S. L., Morozov, A. K., Platonov, A. V.,**
Potapova, I. J., Kalmikov, M. B., Kurinnaja, A. A., Efremenko,
N. A., and Regerand, T. I., "Surface Waters of the Kalevala and Kostomuksha Areas Under Anthropogenic Influence", Karelia Science Center RAN, Petrozavodsk, pp 13–34, 2001.

55 **Morozov, A.,** "General Description and Chemical Composition of Water", Result of Monitoring, Karelian Research Centre of Russian,
Academy of Sciences, Northern Water Problems Institute, 1992–1997. Petrozavodsk, Chapter 7, pp 122–134, 1998.

56 **Virtanen, K., and Markkanen, S.L.,** "Monitoring The Kostomuksha Mining Combine Waste Waters And Water Quality In The Receiving Water System, 1990–1998". Kainuu Regional Environment Centre 6, pp 1–28, 2000.

57 **Holopainen, I. J., Holopainen, A. L., Ha" ma" la" inen, H., Rahkola-Sorsa, M., Tkatcheva, V. G., and Viljanen, V.,** "Effects of Mining Industry Waste Waters on a Shallow Lake Ecosystem in Karelia, North-West Russia". Hydrobiologia, in press, 2003.

58 **Miller, Chaz,** "Recycling's Impact", *Waste Age*, v 35, n 3, March, p 22, 2004.

59 **P. D. Osborn,** "The Engineers' Clean Air Handbook", Publisher: Butterworth, 1989.

60 **Ignacio Hidalgo, Laszlo Szabo, Juan Carlos Ciscar and Antonio Soria.** "Technological Prospects and CO_2 Emission Trading Analyses in the Iron and Steel Industry: A Global Model". Energy 30, pp 583–610, 2005.

61 **Grubb M.**, "The Kyoto Protocol": an Economic Appraisal Working Paper 30-00",. Milan, Italy: Fondazione Eni Enrico Mattei; 2000.

62 **Levine MD, Martin N, Price L, and Worrell E.**, "Energy Efficiency Improvement Utilizing High Technology - an Assessment of Energy Use in Industry and Buildings". London, UK: World Energy Council; 1995.

63 **EUROSTAT,** New Cronos Database: http://europa.eu.int/comm/eurostat

64 **Norgate, T. E. and Rankin, W. J.,** "The Role of Metals in Sustainable Development". International Conference on the Sustainable Processing of Minerals, pp 49-55, 2002.

65 **De Benedetti, Baldo, Gian Luca; Del Carlo, A. and Maglioni, A. Bruno,** "Environmental Sustainability of Steel Active Corrosion Protection Processes", *Materials Transactions*, v 44, n 7, pp 1262-1265, July, 2003.

66 **Raggio, Carlo,** "Clean Technologies for a Sustainable Steel Industry", MPT Metallurgical Plant and Technology International, v 27, n 3, pp 54-59, June, 2004.

67 "Energy Awareness in the Steel Industry" **AISE** Steel Technology, v 80, n 2, pp 48-51, February, 2003.

68 **Shibata, Kiyoshi and Hayashi, Jun-Ichi,** "Steel Making Technology for Environmental Protection". The Second International Conference on Processing Materials for Properties, Nov 5-8, pp 501-506, 2000.

69 **Emi, T. and Min, D. J.** "Strategies and Achievements for Moving Towards Minimum Wastes and Emissions in the Asian Steel Industry". 2nd International Conference on the Sustainable Processing of Minerals, pp 27-34, 2004.

70 **Buttiens, K.; De Lassat de Pressigny, Y.; and De Quievrecourt, B.** "Technologies to reduce environmental burdens. Evolutions in Europe", Revue de Metallurgie. Cahiers D'Informations Techniques, v 100, n 3, pp 271-279, March, 2003.

71 **Camci, Ladin, Aydin Suheyla and Arslan Cuneyt**, "Reduction of Iron Oxides in Solid Wastes Generated by Steelworks". Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, v 26, n 1, pp 37-44, 2002.

72 **Guglielmini, andrea, Chiappelli, Lisa; Fontana, Piergiorgio, Bertossi, Paola, and Degel, Rolf,** "New Redsmelt NST process improves environmental impact on iron and steelmaking", *Stahl und Eisen*, v 124, n 1, pp 33-38, Jan 19, 2004.

73 **Dolf Gielen, and Yuichi Moriguchi,** "CO_2 in the iron and steel industry: an analysis of Japanese emission reduction potentials", Energy Policy 30, pp 849–863, 2002.

74 **Brooks, G. and Pan, Y.** "Developments in Steel Recycling Technology", 2nd International Conference on the Sustainable Processing of Minerals, pp 65-72, 2004.

75 **Wright, S., Jahanshahi, S., Jorgensen, F., and Brennan, D.,** "Is Metal Recycling Sustainable?", *International Conference on the Sustainable Processing of Minerals*, pp 335-341, 2002.

76 **Bruckard, W.J., and Woodcock, J.T.,** "Characterisation of Metal-containing Waste Products in Relation to Retreatment Methods for Metal Recovery and Recycling", 2nd International Conference on the Sustainable Processing of Minerals, pp 217-224, 2004.

77 **Fitzgerald, F.,** "Global warming: A cool view", Ironmaking and Steelmaking, v 31, n 3, pp 191-198, June, 2004.

78 **A. B. Antonsson, S. Runmark and J. Mowrer,** "Dioxins in the Work Environment in Steel Mills", Chemosphere, Vol.19, Nos.1-6, pp 699-704, 1989.

79 **Nordiska Rådet**, Nordisk dioxinriskbedömnina, 1988.

80 **Ulrich Quab,** Michael Fermann, Günter Bröker, "The European Dioxin Air Emission Inventory Project - Final Results", Chemosphere 54, pp 1319-1327, 2004.

81 **Kasai, E.,** Dioxin "Emissions from Metallurgical Processes and Their Reduction", International Conference on the Sustainable Processing of Minerals, pp 343-350, 2002.

82 **Hsi-Hsien Yang, Soon-Onn Lai, Lien-Te Hsieh, Hung-Junt Hsueh, and Tze-Wen Chi.,** "Profiles of PAH emission from steel and iron industries", Chemosphere 48, pp 1061-1074, 2002.

83 **Internal Agency for Research on Cancer, IARC,** "Monographs on Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Overall Evaluation of Carcinogenicity": An updating of monographs. IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risk Chem. Hum., Lyon. 1987.

84 **Bjørseth, A., and Ramdahl, T.,** "Sources and Emissions of PAH. In: Emission Sources and Recent Progress in Analytical Chemistry", Handbook of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, vol. 2. Marcel Dekker, New York and Barcel. 1985.

85 **Nelson, D., Scheff, P.A., and Keil, C.,** "Characterization of Volatile Organic Compounds Contained in Coke Plant Emissions". In: The 84th Annual meeting & Exhibition of Air & Waste Manage. Assoc., Vancouver, BC, vol. 6, pp. 79–91, 1991.

86 **Internal Agency for Research on Cancer, IARC** monographs on evaluation of polynuclear aromatic compounds, Part 1, chemical, environmental and experimental data. IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risk Chem. Hum., Lyon, 1983.

87 **Lloyd, W.L.,** "Long-term study of steelworkers-respiratory cancer in coke plant workers. J. Occup. Med. 13, 1971, pp 53–68.

88 **Gibson, E.S., Martin, R.H., and Lockington, J.N.,** "Lung Cancer Mortality in a Steel Foundry". J. Occup. Med. 19, pp 807–812, 1977.

89 **Van Brummelen, T.C., Verweil, R.A., Wedzinga, S.A., and Van Gestel, C. A. M.,** "Enrichment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Forest Soils Near a Blast Furnace Plant". Chemosphere 32 (2), pp 293–314, 1996.

90 **Näf, C., Broman, D., Rolff, C., Pettersen, H., and Zebuhr, Y.,.** "Flux Estimates and Pattern Recognition of Particulate Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Dibenzop-Dioxins, and Dibenzofurans in The Waters Outside Various Emission Sources on The Swedish Baltic Coast". Envion. Sci. Technol. 26, pp1444-1457, 1992.

91 **Kirton, P.J., Ellis, J., and Crisp, P.T.,** "The Analysis of Organic Matter in Coke Oven Emissions". Fuel 70, pp 1383-1389, 1991.

92 **Khalili, N.R., Scheff, P.A., and Holsen, T.M.,** "PAH Source Fingerprints for Coke Ovens, Diesel and Gasoline Engines, Highway Tunnels, and Wood Combustion Emissions", Atmos. Environ. pp 29, 533-542, 1995.

93 **Tsai, J.H., Jenq, F.T.,and Lee, C.C.,** PAH characteristics in ambient air within a steel industrial complex. Toxicol. Environ. Chem. 53, pp 127-136, 1996.

94 **Daisey, J.M., Cheney, J.L., and Lioy, P.J.,** "Profiles of Organic Particulate Emissions From Air Pollution Sources: Status and Needs for Receptor Source Apportionment Modeling". Air Pollut. Control Assoc. 36 (1), pp 17-33, 1986.

95 **Cheng, K.I., and Richard, M.K.,** "The Use of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as Source Signatures in Receptor Modeling". Atmos. Environ. 27A, pp 523-532, 1993.

96 **M. Hutton,** "Sources of Cadmium in the Environment", Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 7, Issue 1, pp 9-24, February 1983.

97 **J. J. Emery and D. B. Matchett,** "A Waste Management Strategy for Major Industries", Conservation & Recycling, Volume 3, Issues 3-4, pp 439-446, 1979.

98 **Dolf Gielen,** "CO_2 Removal in the Iron and Steel Industry", Energy Conversion and Management 44, pp 1027–1037, 2003.

99 **IEA.** "Coal Information". Paris: International Energy Agency; 2000.

100 **WRI.** World Resources 2000–2001. Washington, DC: World Resources Institute; 2000.

101 **National Energy Technology**. First National Conference on Carbon Sequestration. Proceedings, 2001.

102 **Farla JC, Hendriks CA, Blok K.** "Carbon Dioxide Recovery from Industrial Processes", Climatic Change, pp 29: 439-461. 1995.

103 **Gretz, W. Korf and R. Lyons**, "Hydrogen in the Steel Industry", International Journal of Hydrogen Energy, Volume 16, Issue 10, pp 691-693, 1991.

104 **Dell'Amico, M. Fung, P.; Lovel, R.; Manuel, J.; and O'Connor, M.,** "Green Iron Ore Sintering", 2nd International Conference on the Sustainable Processing of Minerals, May 10-12, 2004

105 **Yeonbae Kim, and Ernst Worrell,** "International Comparison of CO_2 Emission Trends in the Iron and Steel Industry", Conferences and legislations, Energy Policy 30, pp 827–838, 2002.

106 **UN**, United Framework Convention on Climate Change. United Nations, Geneva, 1992.

107 **IISI, 2000**. "The Steel Industry's Position in Climate Change: Meeting the Challenge tf The 21st Century". International Iron and Steel Institute

108 **Price, L., Worrell, E., and Phylipsen, D.,** "Energy Use and Carbon Dioxide Emissions in Energy-Intensive Industries in Key Developing Countries", paper presented to the 1999 Earth Technologies Forum, Washington, DC, 27–29 September, 1992.

109 **Jyri Seppala, Sirkka Koskela, Matti Melanen, and Matti Palperi,** "The Finnish Metals Industry And The Environment", Finnish En_ironment Institute, PB 140, FIN- 00251 Helsinki, Finlan Resources, Conservation and Recycling 35, pp 61–76, 2002.

110 **Oosterhuis F., Rubik F., and Scholl G,.** "Product Policy in Europe: New Environmental Perspectives. Kluwer Dordrecht: Academic Publishers, 1996.

111 **OECD**. Eco-efficiency. Paris, 1998.

112 **ISO 14040**. "Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework", 1997.

113 **ISO 14041**. "Environmental Management-Life Cycle Assessment-Goal and Scope Definition and Inventory Analysis", 1998.

114 **CA**. "Ecoprofile of Primary Copper Production". A report by Boustead Consulting Ltd. for the International Copper Association, 1998.

115 **IZA**. "Ecoprofile of Primary Zinc Production". A report by Boustead Consulting Ltd. for the International Zinc Association, 1998.

116 **Melanen M., Palperi M., Viitanen M., Dahlbo H., Uusitalo S., Juutinen A., Lohi T. K., Koskela S., and Seppa¨la¨ J.**, "Metal Flows and Recycling of Scrap in Finland", The Finnish Environment 401. Helsinki: Finnish Environment Institute, 2000.

117 **A. W. Peabody,** "Control of Pipeline Corrosions". National Association of Corrosion Engineers, NACE, 1967,

118 **D. A. Tefankjian,** "Application of Cathodic Protection". National Association of Corrosion Engineers, 1991,

119 **Herbert H., Uhlig and R. Winston Revie,** "Corrosion and Corrosion Control". 3rd Edn. John Wiley & Sons, 1971.

120 **Göran Camitz,** "Corrosion and protection of steel piles and sheet piles in soil and water". **Report 93**, *Swedish Commission on Pile Research,* 2005.

121 **"Steel Pile",**
http:/www.geoforum.com/info/pileinfo/view.asp?ID=49

122 **John Morgan**, "Cathodic Protection", 2nd Edn. National Association of Corrosion Engineers, 1993.

123 **Zheng Jian Hua,** "Electrochemical Techniques for Corrosion Testing and Monitoring", METALogic n. v. Belgium, for PLAN HT6, Dec. 2000.

124 **"Corrosion Control in Petroleum Production"**, National Association of Corrosion Engineering, **NACE**, Publication TPC 5, 1979.

125 **"Technical Report on the Application and Interpretation of Data from External Coupons Used in the Evaluation of Cathodically Protected Metallic Structures", NACE** Publication 35201, February 2001.

126 **In-Dong Kim and Eui-Cheol Nho,** "Module Type Switching Rectifier for Cathodic Protection of Underground and Maritime Metallic Structures", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 52, No. 1, February 2005.

127 **"Cathodic Protection Manual, Design and Engineering Practice",** Companies of the Royal Dutch/Shell Group, DEP 30.10.73.10-Gen, June 1983.

128 **V. V. Krasnoyarskii,** "Parameters of Cathodic Protection – development of the Theory", Protection of metal, Vol. 38, No. 2, pp157-160, 2002

التحكم في تآكل المنشآت المعدنية وأثاره البيئية تطبيق لظاهرة الحجب

رسالة مقدمة من

مهندسة/ إيمان محمد سعد الدين السيد نعيمي

بكالوريوس هندسة القوي الميكانيكية ـ هندسة الزقازيق ١٩٨٨م

دبلوم علوم الهندسة البيئية ـ معهد الدراسات والبحوث البيئية ـ جامعة عين شمس ٢٠٠٢م

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير

في العلوم البيئية (هندسة)

قسم الهندسة البيئية

معهد الدراسات والبحوث البيئية

جامعة عين شمس

٢٠٠٥م

صفحة الموافقة على الرسالة

التحكم في تآكل المنشآت المعدنية وأثاره البيئية
تطبيق لظاهرة الحجب

رسالة مقدمة من

مهندسة/ إيمان محمد سعد الدين السيد نعيمي

بكالوريوس الهندسة الميكانيكية – هندسة الزقازيق ١٩٨٨م
دبلوم علوم الهندسة البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية
جامعة عين شمس ٢٠٠٢م

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الهندسة البيئية
قسم الهندسة البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية – جامعة عين شمس

وقد تمت مناقشة الرسالة والموافقة عليها.

اللجنة:

الاسم **التوقيع**

الأستاذ الدكتور/ صلاح محمود الحجار .....
أستاذ هندسة القوي الميكانيكية – الجامعة الأمريكية

الأستاذ الدكتور/ محمد فاروق عزت .....
أستاذ الكيمياء بمعهد بحوث البترول – وزارة التعليم والبحث العلمي

الأستاذ الدكتور/ أحمد شوقي عبد الغني .....
أستاذ متفرغ – كلية الهندسة – جامعة عين شمس

دكتور/ سعد الدين محمد دسوقي .....
أستاذ مساعد - معهد بحوث البترول – وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

٢٠٠٥م

التحكم في تآكل المنشآت المعدنية وأثاره البيئية تطبيق لظاهرة الحجب

رسالة مقدمة من

مهندسة/ إيمان محمد سعد الدين السيد نعيمي

بكالوريوس هندسة القوي الميكانيكية – هندسة الزقازيق ١٩٨٨م

دبلوم علوم الهندسة البيئية – معهد الدراسات والبحوث البيئية- جامعة عين شمس ٢٠٠٢م

لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في العلوم البيئية (هندسة)

قسم الهندسة البيئية

تحت إشراف

دكتور مهندس/ أحمد شوقي عبد الغني

أستاذ متفرغ بقسم هندسة القوي الميكانيكية - كلية الهندسة - جامعة عين شمس

دكتور مهندس/ سعد الدين محمد دسوقي

أستاذ مساعد - معهد بحوث البترول - وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

ختم الإجازة:

أجيزت الرسالة بتاريخ: / / ٢٠٠٥م

موافقة مجلس المعهد / /٢٠٠٥م

موافقة الجامعة / /٢٠٠٥م

المستخلص

هدف البحث في هذه الرسالة هو دراسة الحماية الكاثودية لألواح الصلب المعدنية (محاكاة لستائر الصلب المعدنية المستخدمة في الموانئ). تم دراسة كفاءة الحماية في حالة استخدام الحماية من جهة واحدة أو من الجهتين. تضمنت الرسالة أيضاً إلقاء الضوء على الآثار البيئية الضارة المصاحبة للاستخدام الكثيف للطاقة في صناعة الحديد والصلب بالإضافة إلي مشكلة التخلص من نفايات الحديد المتآكل.

تم دراسة التآكل على ثلاث ألواح متماثلة من صاج الصلب حيث لم يتم عمل أية حماية للوح الأول (X) كمرجع للمقارنة بينما تم عمل حماية كاثودية جهة واحدة فقط للوح الثاني (Y) في حين تم حماية اللوح الثالث (Z) من الجهتين. تم الحفاظ على فرق جهد الحماية عند (-١,١) فولت الذي يعتبر فوق مستوي الحماية المتعارف عليه وهو (-٠,٨٥) فولت.

تم قياس الفاقد في وزن المعدن للألواح الثلاث ووجد أن اللوح (X) كانت نسبة التآكل فيه عالية كما هو متوقع واللوح (Y) متآكل بدرجة ملحوظة أما اللوح (Z) فكان تقريباً غير متآكل. ظهرت ظاهرة الحجب علي أطراف اللوحين (Y & Z) وقد تم عمل مقارنة للوزن المفقود وتوزيعه عن طريق تثبيت كوبونات معدنية علي سطحي كل لوح.

تم حساب معدل فقد المعدن باستخدام كوبونات من نفس معدن الألواح ثبتت على سطحي كل لوح لبيان شكل توزيع التآكل على سطح الألواح الثلاثة. تم بيان توزيع التآكل على أسطح الألواح بمنحنيات أعمدة وأسطح ثلاثية الأبعاد وخطوط كنتورية. كذلك بيان توزيع الجهد الكهربي بين الماء المالح واللوح Y من الجهتين وعلاقته بالتآكل.

تم عمل تصوير الكتروني ومسح تراكيب باستخدام أشعة X باستخدام ميكروسكوب الكتروني لأسطح خمس عينات مأخوذة من الألواح الثلاثة لتحديد تأثير الحماية الكاثودية على تركيب أسطح الألواح.

ملخص الرسالة

الرسالة تتعلق ببحث مدي كفاية الحماية الكاثودية لألواح الصلب من جهة واحدة والآثار البيئية الضارة للاستخدام الكثيف للطاقة في صناعة الحديد والصلب ومشاكل التخلص من مخلفات المنشات المتآكلة.

بالرسالة مسح شامل ومستفيض لما سبق نشره في الموضوع بالدوريات العالمية والمحلية فيما يخص حماية المنشآت من التآكل بوجه عام وطرق ووسائل حماية المنشآت الحديدية من التآكل بوجه خاص وكذلك تصميم منظومات الحماية الكاثودية وكيفية متابعتها.

بالرسالة أيضاً دراسة شاملة للأثر البيئي لتآكل المنشآت المعدنية والانبعاثات الضارة بالبيئة والمرتبطة بصناعة الحديد والصلب. كما تحتوي الرسالة على تحليل متعمق للآثار البيئية المباشرة وغير المباشرة لتآكل المنشآت المعدنية مع الإشارة للاتفاقيات الدولية المتعلقة بحماية البيئة خاصة من زيادة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وظاهرة الانحباس الحراري. كذلك بيان مختصر لبعض البدائل المقترحة لاستخدامات الطاقة النظيفة.

تحتوي الرسالة على وصف تفصيلي للتجهيزات المعملية التي تم إنشاءها لإجراء التجارب المعملية لدراسة تأثر الحماية الكاثودية على عدد ثلاثة ألواح من نفس الصلب متماثلة في الأبعاد (٨٠٠×٨٠٠×١,٥مم) وقياس مدي تأكلها خلال فترة زمنية حوالي ستة أشهر من غمسها في ماء مالح بتركيز ٢,٥% بالوزن. تم وضع كل لوح صلب في حوض منفصل والأحواض الثلاثة متماثلة في الأبعاد وتم عزلها لمنع تسرب المياه وموجودة في نفس الظروف المناخية. وضع اللوح الأول بدون حماية بيمنا طبقت الحماية الكاثودية على اللوح الثاني من جهة واحدة فقط بينما طبقت الحماية الكاثودية على اللوح الثالث من الجهتين. تم الحفاظ على فرق جهد الحماية عند (-١,١) فولت والذي يعتبر فوق مستوي الحماية المتعارف عليه وهو (-٠,٨٥) فولت.

تم بيان مواضع قياس فرق الجهد خلال فترة التجارب وكذلك وصف لأجهزة القياس التي تم استخدامها في الحصول على النتائج المعملية.

تحتوي الرسالة على نتائج قياسات فرق الجهد بين الألواح والماء المالح التي سجلت بصورة شبه يومية وخلال فترات أثناء مدة إجراء التجارب. كذلك تم قياس التآكل في ألواح الصلب والكوبونات التي ثبتت على الألواح أثناء التجربة كذلك مقدار التآكل في أقطاب الحماية الموجبة عند نهاية فترة البحث وتم حساب معدل التآكل وتمثيل النتائج في صورة جداول ومنحنيات تفصيلية مع تحليلها ومناقشتها بصورة علمية سليمة. أظهرت النتائج توزيع التآكل على أسطح الألواح وعلاقتها بتوزيع الجهد الكهربي والتي شملت منحنيات ثنائية وثلاثية الأبعاد وخطوط كنتورية.

بالرسالة نتائج التصوير باستخدام ميكروسكوب الكتروني ومسح تراكيب الأسطح باستخدام أشعة X لأسطح خمس عينات مأخوذة من الألواح الثلاثة لتحديد تأثير الحماية الكاثودية على تركيب أسطح الألواح والتي بينت التآكل الشديد ووجود نقر على سطح لوح الصلب الذي لم تطبق عليه الحماية والتآكل لسطح اللوح الذي طبقت عليه الحماية من جهة واحدة بينما احتفظ اللوح الثالث المحمي من الجهتين بالتآكل الطفيف وعدم وجود نقر على سطحه.

وانتهي البحث بالخلاصة التي بينت أن الحماية الكاثودية من جهة واحدة للستائر المعدنية المستخدمة في حماية الموانئ تكون غير كافية وأنها تتآكل مثل الستائر الغير محمية بل قد تكون أسوأ.