

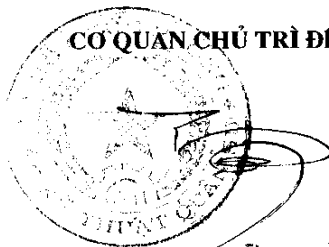
**BỘ QUỐC PHÒNG**  
**VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHCN CẤP NHÀ NƯỚC**  
**TRIỂN KHAI CHẾ TẠO CÁC TỔ HỢP BÊ TÔNG, VỮA**  
**CÓ MỘT SỐ PHỤ GIA VÀ CHẤT ỨC CHẾ, BỀN ĂN**  
**MÒN VÀ BẢO VỆ CỐT THÉP CAO TRONG MÔI**  
**TRƯỜNG BIỂN VIỆT NAM ( 10/1994 - 12/1995).**

**MÃ SỐ KC - 05/13 a.**

**CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI: KS. TRẦN NHU THỌ**

**CƠ QUAN CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI:**



Thượng tá. **DẠO TUẤN**

**HÀ NỘI 1 - 1996**

2675

• Chủ nhiệm các đề tài nhánh thuộc đề tài KC - 05/13a:

- 1 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 01:        Kỹ sư Trần Như Thọ  
Viện Hoá Kỹ thuật - Viện Kỹ thuật Quân sự.
- 2 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 02:        PTS. Đặng Duy Thuỳ  
Viện Khoa học Kỹ thuật Giao thông vận tải.
- 3 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 03: PGS. PTS. Phan Văn Tường  
Đại học Tự nhiên - Đại học Quốc gia.
- 4 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 04:        PTS. Lê Minh  
Viện Nghiên cứu Khoa học và Kinh tế Thuỷ lợi.
- 5 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 05:        PTS. Lê Quốc Minh  
Viện Khoa học Vật liệu - TTKHTN & CNQG.
- 6 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 06: PGS. PTS. Nguyễn Việt Huệ  
Viện Khoa học Vật liệu - TTKHTN & CNQG.
- 7 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 07:        Kỹ sư Lê Xuân Quế  
Viện Kỹ thuật Nhiệt đới - TTKHTN & CNQG.
- 8 - Chủ nhiệm đề tài nhánh KC - 05/13a - 08:        PGS. PTS. Lê Quốc Hùng  
Viện Hoá học - TTKHTN & CNQG.

• Các cán bộ tham gia thực hiện đề tài KC - 05/13a:

PTS Nguyễn Văn Đạt, KS. Nguyễn Văn Dũng, KS. Nguyễn Văn Cầu        (VKTQS);  
PTS. Nguyễn Bích Thuỷ, KS. Nguyễn Thị Hồng Nụ, KS. Vũ Công Hiệp,  
KS. Nguyễn Quốc Bảo, KS. Chế Thị Hiền, KS. Đặng Tiến Hưng        (VKHKTGTVT);  
KS. Nguyễn Thị Kháng        (VNCKH & KTTL);  
KS. Phạm Minh Quang, KS. Thái Hồng Chương, KS. Đỗ Thị Phương Chi (VKHVL);  
PTS. Phan Thị Bình, CN. Vũ Thị Thanh Hà, CN. Phạm Hồng Phong,  
KS. Đỗ Quang Minh        (VHH - TTKHTN & CNQG).

## LỜI CẢM ƠN.

Đề tài KC - 05/13giai đoạn 2 (10/1994 đến 12/1995) được đầu tư triển khai gồm 8 đề tài nhánh. Chúng tôi trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường, Ban chủ nhiệm Chương trình vật liệu mới KC - 05, Chủ nhiệm Chương trình KC - 05 - Giáo sư Viện sĩ Nguyễn Văn Hiệu đã đầu tư kinh phí cho hướng nghiên cứu quan trọng này và quan tâm chỉ đạo trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các cơ quan tham gia đề tài: Viện Khoa học Kỹ thuật Giao thông Vận tải; Viện nghiên cứu Khoa học và Kinh tế Thủy lợi; Đại học Tự nhiên thuộc Đại học Quốc gia; Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hoá học và Viện Kỹ thuật Nhiệt đới thuộc TTKHTN & CNQG; Viện Hoá Kỹ thuật thuộc Viện Kỹ thuật Quân sự đã có trách nhiệm quản lý và tích cực hỗ trợ mọi mặt để các đề tài nhánh triển khai hoàn thành tốt những kế hoạch đặt ra.

Cuối cùng, chúng tôi xin cảm ơn Viện Kỹ thuật Quân sự cùng các Phòng, Ban có liên quan - Cơ quan chủ trì đề tài đã thường xuyên chỉ đạo, giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi cho đề tài.

Thay mặt cán bộ, nhân viên kỹ thuật  
thực hiện đề tài KC - 05/13a  
Chủ nhiệm đề tài Trần Như Thọ.

# MỤC LỤC

<b>MỞ ĐẦU</b>	4
<b>PHẦN I: Tổng quan về ăn mòn cốt thép và bê tông bảo vệ và con đường nâng cao độ lâu bền công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển</b>	
<b>I.1 Giới thiệu chung</b>	6
<b>I.2 Nguyên nhân ăn mòn cốt thép và bê tông bảo vệ trong môi trường biển</b>	
I.2.1 Sự thụ động thép trong môi trường kiềm cao của bê tông	7
I.2.2 Ăn mòn cốt thép do quá trình cacbonat hoá hoặc do sự xâm nhập của ion Cl <sup>-</sup> qua lớp bê tông bảo vệ	8
I.2.2.1 Nguyên nhân ăn mòn cốt thép do cacbonat hoá bê tông bảo vệ	9
I.2.2.2 Ăn mòn cốt thép trong môi trường có ion Cl <sup>-</sup> (môi trường biển)	12
I.2.2.3 Ăn mòn cốt thép ở chỗ nứt lớp bê tông bảo vệ	16
I.2.2.4 Hậu quả do ăn mòn cốt thép	17
I.2.3 Độ lâu bền của bê tông trong môi trường biển	
I.2.3.1 Thành phần hoá học của nước biển và môi trường biển	18
I.2.3.2 Cơ chế ăn mòn bê tông trong nước biển	20
<b>I.3 Con đường nâng cao độ lâu bền công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển</b>	
I.3.1 Các giải pháp hiện tại	23
I.3.2 Biến đổi bê tông làm tăng độ bền ăn mòn và khả năng bảo vệ cốt thép trong môi trường biển	
I.3.2.1 Một số đặc trưng quan trọng của bê tông có đặc trưng bền cao	25
<b>PHẦN II: Một số kết quả nghiên cứu tổ hợp bê tông và vữa có phụ gia polime tan trong nước hoặc phụ gia siêu dẻo</b>	
(Đề tài nhánh KC - 05/13a-01)	
<b>II.1 Đặt vấn đề</b>	29
<b>II.2 Nghiên cứu tổng hợp nâng cao hoạt tính của phụ gia siêu dẻo melaminformaldehytsulfonat</b>	30

II.3. Đặc trưng của 1 số tổ hợp bê tông và vữa có phụ gia polime tan trong nước hoặc phụ gia siêu dẻo	33
II.3.1 Một số đặc trưng của tổ hợp bê tông có phụ gia dẻo hoá cao MFS - 92A	
II.3.1.1 Đặc trưng của hỗn hợp bê tông có MFS - 92A	34
II.3.1.2 Đặc trưng độ bền của bê tông có MFS - 92A	35
II.3.2 Độ bền ăn mòn sulfat của bê tông có phụ gia polime tan trong nước hoặc phụ gia MFS - 92A	
II.3.2.1 Độ bền nén và kéo khi uốn của các tổ hợp bê tông trong dung dịch $\text{Na}_2\text{SO}_4$	38
II.3.2.2 Sự tách vôi các mẫu bê tông ngâm trong dung dịch $\text{Na}_2\text{SO}_4$	39
II.3.2.3 Đặc trưng cấu trúc các mẫu bê tông ngâm trong dung dịch $\text{Na}_2\text{SO}_4$	41
II.3.3 Độ bền thấm của bê tông có MFS - 92A và chất ức chế ăn mòn kim loại	46
II.3.4 Khả năng bảo vệ cốt thép của một số tổ hợp bê tông chọn nghiên cứu trong môi trường có ion $\text{Cl}^-$	51
II.3.4.1 Ăn mòn thép được bảo vệ bằng vữa có polime HKT - 15B hoặc MFS - 92A theo phương pháp trọng lượng	53
II.3.4.2 Đánh giá ăn mòn cốt thép trong bê tông theo tiêu chuẩn thí nghiệm ASTM G109 và ASTM G59	
II.3.5 Công nghệ sử dụng phụ gia dẻo hoá cao MFS - 92A cho bê tông và vữa xi măng	65
II.4. Khả năng sử dụng bê tông, vữa có phụ gia polime và phụ gia dẻo hoá cao	68
II.5 Một số kết quả đã triển khai áp dụng thực tế	69
Kết luận của đề tài nhánh KC - 05/13a- 01	70

Tài liệu tham khảo

**PHẦN III:** Tóm tắt một số kết quả chính của các đề tài nhánh thuộc đề tài KC - 05/13a

III.1 Nghiên cứu chế tạo bê tông, bê tông cốt thép trên cơ sở phụ gia Zecagi - XB và phụ gia polime bền trong môi trường biển Việt nam

(Mã số KC - 05/13a-02)

76

III.2 Chế tạo phụ gia khoáng hoạt tính cho xi măng để phục vụ các công trình bê tông cốt thép ở biển	(Mã số KC - 05/13a-03)	82
III.3 Khảo sát dùng một số phụ gia để chế tạo bê tông chống thấm cao và hạn chế ăn mòn cốt thép trong môi trường biển	(Mã số KC - 05/13a-04)	86
III.4 Nghiên cứu sản xuất phụ gia bê tông dùng trong các công trình xây dựng miền biển	(Mã số KC - 05/13a-05)	89
III.5 Lựa chọn và chế tạo phụ gia ức chế đa chức năng Canxinitrit cho bê tông biển	(Mã số KC - 05/13a-06)	92
III.6 Nghiên cứu áp dụng phương pháp điện hoá đánh giá ăn mòn cốt thép trong bê tông	(Mã số KC - 05/13a-07)	95
III.7 Chế tạo thiết bị đánh giá ăn mòn thép trong bê tông tại hiện trường	(Mã số KC - 05/13a-08)	97
<b>IV. KẾT LUẬN CHUNG</b>		101
<b>V. KIẾN NGHỊ</b>		105
<b>VI. PHỤ LỤC</b>		107
VI.1 Các công trình đã công bố		
VI.2 Kết quả đào tạo		
VI.3 Địa chỉ một số công trình triển khai áp dụng kết quả nghiên cứu của đề tài		

## MỞ ĐẦU

Xi măng pooclan ra đời năm 1824 [1, 2]. Một năm sau (1825) bê tông trên cơ sở xi măng pooclan đã được chế tạo [1, 3]. *Monier* và *Lambot* (1848), *Coignet* (1852), *Hennebique* (1880) đã tiến hành xây dựng các công trình bê tông cốt thép đầu tiên [3]. Cùng thời gian này, vấn đề nghiên cứu độ bền của công trình bê tông và bê tông cốt thép dưới tác động của môi trường, nhất là môi trường xâm thực biển đã được quan tâm. Việc nghiên cứu cơ bản và tổng hợp kinh nghiệm sử dụng bê tông và bê tông cốt thép trong các công trình công nghiệp đã được đặt ra từ đầu thế kỷ XX. Trong [1, 4 - 6] đã trình bày quá trình lịch sử phát triển, thống kê các công trình nghiên cứu và các cuộc hội nghị quốc tế lớn về độ lâu bền của công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển cũng như những thành tựu đạt được trong lĩnh vực này đến những năm gần đây. Từ những kết quả thu được đã khẳng định nguyên nhân phá huỷ công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển chủ yếu là do quá trình ăn mòn điện hoá cốt thép trong bê tông. Tác nhân gây ăn mòn chính là ion clo có trong nước biển khuếch tán qua lớp bê tông bảo vệ đến bề mặt cốt thép. Vì vậy, về mặt nguyên tắc tuổi thọ công trình bê tông trong môi trường biển phụ thuộc vào chất lượng bê tông bảo vệ mà quan trọng hơn cả là cấu trúc xốp và chiều dày của nó. Con đường nâng cao độ đặc chắc của bê tông đến nay đã được giải quyết bằng cách sử dụng phụ gia polime, phụ gia siêu dẻo hoặc phụ gia siêu dẻo kết hợp với phụ gia khoáng siêu mịn có khả năng phản ứng cao [3, 7, 8]. Để đảm bảo độ bền ăn mòn của bê tông trong môi trường biển (chủ yếu ăn mòn sulfat), căn cứ vào nồng độ ion sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) của môi trường bên ngoài để lựa chọn loại xi măng thích hợp theo ASTM - C150.

Từ những năm 80 đánh dấu bước ngoặt phát triển trong nghiên cứu về bê tông - đó là sự ra đời của bê tông có các đặc trưng bền cao [3 - 12]. Sử dụng loại bê tông mới này xây dựng công trình biển đảm bảo được độ lâu bền. Bên cạnh việc nâng cao chất lượng bê tông, còn có một số phương pháp khác [13] để nâng cao tuổi thọ công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển như bảo vệ cathod [6, 14], đưa chất ức chế ăn mòn kim loại vào hỗn hợp bê tông [6, 15], sơn phủ cốt thép [6, 16], sử lý mặt ngoài công trình bê tông [17], hoặc sử dụng vật liệu tăng cường bền ăn mòn khi tiếp xúc với Cl [18, 19].

Nước ta có bờ biển dài và nhiều đảo, để xây dựng được các công trình bê tông cốt thép có tuổi thọ theo tính toán cần phải giải quyết tổng thể các vấn đề gồm điều tra, đánh giá phân loại được độ xâm thực cụ thể của môi trường khí hậu biển, đảo ở từng vùng và trên cơ sở đó xây dựng qui phạm thiết kế, yêu cầu về chất lượng vật liệu, chế độ thi công cũng như các biện pháp bảo vệ kết hợp (nếu cần). Cần đây, vấn đề này từng bước mới được quan tâm. Việc nghiên cứu đánh giá đặc trưng khí

hậu, thủy văn phân vùng biển, hải đảo theo quan điểm mức độ xâm thực đã được triển khai [20, 21]. Một số kết quả nghiên cứu tìm hiểu nguyên nhân hư hỏng của công trình bê tông cốt thép và kiến nghị các điều kiện kỹ thuật nhằm đảm bảo độ bền của chúng trong môi trường khí hậu biển được trình bày trong [22]. Tuy nhiên, chúng ta chưa có những kết quả nghiên cứu có tính hệ thống đánh giá mối quan hệ giữa độ bền vật liệu (chủ yếu độ bền ăn mòn và khả năng bảo vệ cốt thép) với mức độ xâm thực khác nhau trong phòng thí nghiệm và nhất là trong điều kiện môi trường biển, đảo tự nhiên của nước ta. Có được những kết quả nghiên cứu về đặc trưng độ bền vật liệu sẽ là tiền đề cho việc thiết kế và thi công xây dựng công trình bê tông cốt thép trong môi trường biển có tuổi thọ theo tính toán.

Cóp phần triển khai trong hướng nghiên cứu lớn về "*Bê tông và bê tông cốt thép bền trong môi trường biển*" đề tài KC-05/13 trong năm 1994 - 1995 đã tập trung triển khai các nội dung sau:

1- Nghiên cứu tổng hợp và nâng cao hoạt tính một số phụ gia (phụ gia polime, phụ gia dẻo hoá cao, phụ gia trên cơ sở khoáng puzzolan và phụ gia chứa  $\text{SiO}_2$  có hoạt tính phản ứng và độ mịn cao) để biến đổi bê tông và vữa nhằm nâng cao một số đặc trưng quan trọng, đặc biệt là *độ bền chống thấm* - yếu tố quyết định độ bền ăn mòn và khả năng bảo vệ cốt thép của các tổ hợp vật liệu xây dựng trong môi trường biển.

2 - Bước đầu nghiên cứu tổng hợp chất ức chế ăn mòn kim loại có hiệu quả hiện nay là canxinitrit cũng như đặc trưng độ bền và khả năng bảo vệ cốt thép của một số tổ hợp bê tông khi có mặt chất ức chế này.

3- Nghiên cứu chọn các tiêu chuẩn và phương pháp có độ tin cậy để đánh giá ăn mòn cốt thép được bảo vệ bằng các tổ hợp bê tông chọn nghiên cứu trong môi trường xâm thực có chứa ion clo. Chế tạo một số thiết bị khảo sát quá trình ăn mòn cốt thép trong bê tông ở phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường.

Các nội dung nghiên cứu này được triển khai ở 8 đề tài nhánh. Đây cũng là những nội dung đang được nhiều nước tập trung nghiên cứu.

Bản báo cáo này sẽ trình bày các kết quả nghiên cứu tiếp của đề tài KC - 05/13 sau giai đoạn (1991-1994) gồm:

- a - Tổng quan về ăn mòn bê tông, bê tông cốt thép trong môi trường biển.
- b - Một số kết quả nghiên cứu các tính năng kỹ thuật của bê tông có phụ gia polime tan trong nước và phụ gia siêu dẻo cũng như khả năng bảo vệ cốt thép của các tổ hợp vật liệu chọn nghiên cứu trong môi trường chứa ion clo.
- c - Tóm tắt kết quả nghiên cứu của các nhánh đề tài thuộc đề tài KC-05/13 giai đoạn (1994-1995).



## PHẦN I

# TỔNG QUAN VỀ ĂN MÒN CỐT THÉP VÀ BÊ TÔNG BẢO VỆ VÀ CON ĐƯỜNG NÂNG CAO ĐỘ LÂU BỀN CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN.

### I.1. GIỚI THIỆU CHUNG.

Sự kết hợp thép với bê tông tạo thành một cặp tương hợp tốt trong kết cấu công trình bằng bê tông cốt thép (BCT). Về mặt nguyên tắc độ lâu bền của công trình BCT được đảm bảo nhờ bê tông bảo vệ về mặt vật lý và hoá học thép khỏi bị ăn mòn. Bản chất sự kim hãm quá trình ăn mòn thép là do môi trường kiềm cao ( $\text{pH} \geq 13$ ), của lớp bê tông bảo vệ. Tuy nhiên, sau một thời gian nhất định và tùy thuộc vào môi trường ngoài (môi trường bình thường, môi trường ô nhiễm công nghiệp hoặc môi trường biển...) nhiều công trình BCT bị hư hỏng. Các kết quả điều tra nguyên nhân hư hỏng thường gặp ở nhiều công trình là do cốt thép bị ăn mòn [1, 4 - 6, 15]. Hai quá trình làm giảm khả năng bảo vệ cốt thép trong bê tông là:

- Sự biến đổi làm giảm môi trường kiềm của bê tông bảo vệ đến dưới ngưỡng thụ động ( $\text{pH} \leq 11,4$ ) do quá trình rửa trôi kiềm hoặc phổ biến hơn là quá trình cacbonat hoá.
- Sự thấm qua lớp bê tông bảo vệ vào đến cốt thép của tác nhân gây ăn mòn đặc biệt là ion clo.

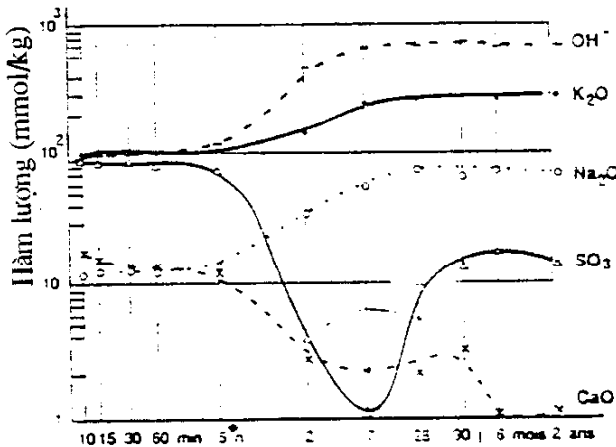
Cơ chế cacbonat hoá bê tông gây ra ăn mòn cốt thép trong bê tông là hiện tượng chung đối với mọi công trình. Ngược lại, nguyên nhân gây ăn mòn do sự thấm ion Cl<sup>-</sup> là đặc trưng cho công trình BCT trong môi trường biển.

Khả năng duy trì bảo vệ cốt thép khỏi ăn mòn của bê tông phụ thuộc vào chất lượng của nó mà quyết định trước tiên là độ bền chống thấm để ngăn cản sự xâm nhập các tác nhân gây ăn mòn đến cốt thép và độ lâu bền của bản thân vật liệu. Vì vậy để xây dựng công trình BCT có tuổi thọ theo thiết kế trong môi trường biển cần phải hiểu biết bản chất quá trình gây ra ăn mòn bê tông và cốt thép trong điều kiện này. Từ đó có cơ sở khoa học để đặt ra các yêu cầu về chất lượng vật liệu, qui phạm thiết kế, thi công và các phương pháp bảo vệ kết hợp khác (tùy theo độ khắc nghiệt của môi trường), cũng như các qui định khác liên quan trực tiếp đến sự ăn mòn cốt thép như giới hạn hàm lượng Cl<sup>-</sup> và khe nứt của bê tông.

I.2. NGUYÊN NHÂN ĂN MÒN CỐT THÉP VÀ BÊ TÔNG BẢO VỆ TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN.  
 I.2.1. SỰ THỤ ĐỘNG THÉP TRONG MÔI TRƯỜNG KIỀM CAO CỦA BÊ TÔNG.

Khi trộn xi măng pooclan với nước, chỉ sau một thời gian ngắn nước chiết xi măng đã đạt pH = 13,4 - 14. Môi trường kiềm cao này là do quá trình hydrat hoá các thành phần khoáng clinke  $C_3S$ ,  $C_2S$  của xi măng tạo ra portlandit  $Ca(OH)_2$  và sự hoà tan một lượng nhỏ oxyt kim loại kiềm mạnh ( $Na_2O$ ,  $K_2O$ ) có trong thành phần xi măng. Kết quả quá trình biến đổi các hợp phần hoá học trong pha lỏng nước chiết xi măng theo thời gian ở hình 1. Điều này giải thích độ kiềm nước chiết bê tông có giá trị pH >13, trong khi đó dung dịch bão hòa  $Ca(OH)_2$  chỉ đạt pH = 12,5.

Theo giản đồ *Pourbaix* [6] sự biến đổi thế của sắt trong dung dịch nước phụ thuộc vào pH chỉ ra rằng ở giá trị pH cỡ 13,5 có cân bằng Fe với  $Fe_3O_4$  ở thế khoảng -900 mV ; ở dưới giá trị thế này, sắt không bị ăn mòn và ở các giá trị cao hơn,  $Fe_3O_4$  và  $Fe_2O_3$  tạo ra màng thụ động trên bề mặt thép làm giảm tốc độ ăn mòn. Theo giản đồ *Pourbaix* thế thụ



Hình 1: Biến đổi các hợp phần hoá học của pha nước chiết xi măng theo thời gian, theo [6].

động thép có giá trị khá rộng từ - 900 mV đến + 200 mV. Kết quả phân tích màng thụ động trên bề mặt thép trong bê tông nhận thấy chúng có thành phần gồm  $Fe_3O_4$  -  $Fe_2O_3$   $\gamma$  với chiều dày  $10^{-3}$  -  $10^{-1}$   $\mu m$  [6]. Như vậy, sự hình thành màng thụ động trên bề mặt thép trong môi trường bê tông là một qui luật chung và quá trình phát triển sự thuỷ hoá xi măng pooclan theo thời gian tiếp tục làm giàu thêm ion  $OH^-$  và điều đó chỉ có lợi cho sự ổn định lớp thụ động này (xem hình 1).

Xi măng pooclan có thể đưa thêm thành phần phụ gia khoáng như tro bay, tro trấu, silicafume... Các phụ gia khoáng này có khả năng phản ứng với portlandit,