

# TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9492 : 2012

ASTM C1556 - 11a

BÊ TÔNG - XÁC ĐỊNH HỆ SỐ KHUẾCH TÁN CLORUA BIỂU KIẾN THEO CHIỀU SÂU KHUẾCH TÁN

*Standard test method for determining the apparent chloride diffusion coefficient of cementitious mixtures by bulk diffusion*

## Lời nói đầu

**TCVN 9492:2012** được xây dựng trên cơ sở hoàn toàn tương đương với ASTM C1556 - 11a *Standard test method for determining the apparent chloride diffusion coefficient of cementitious mixtures by bulk diffusion* với sự cho phép của ASTM quốc tế, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Tiêu chuẩn ASTM C1556 - 11a thuộc bản quyền của ASTM quốc tế.

**TCVN 9492:2012** do Hội Công nghiệp Bê tông Việt Nam biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

BÊ TÔNG - XÁC ĐỊNH HỆ SỐ KHUẾCH TÁN CLORUA BIỂU KIẾN THEO CHIỀU SÂU KHUẾCH TÁN

*Standard test method for determining the apparent chloride diffusion coefficient of cementitious mixtures by bulk diffusion*

## 1. Phạm vi áp dụng

**1.1.** Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định hệ số khuếch tán clorua biểu kiến trong phòng thí nghiệm của bê tông hoặc vữa xi măng đã đóng rắn.

**1.2.** Trong tiêu chuẩn này, các giá trị được công bố theo đơn vị thuộc hệ SI.

**1.3.** Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các vấn đề liên quan đến an toàn khi sử dụng. Người sử dụng tiêu chuẩn này có trách nhiệm thiết lập các nguyên tắc về an toàn và bảo vệ sức khỏe cũng như khả năng áp dụng phù hợp với các giới hạn quy định trước khi đưa vào sử dụng.

## 2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là rất cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

### 2.1. Tiêu chuẩn ASTM

C31/C31M, *Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field* (Hướng dẫn chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử bê tông tại hiện trường).

C42/C42M, *Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete* (Phương pháp thu thập và thử nghiệm mẫu khoan và dầm bê tông đã được cưa cắt).

C125, *Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (Thuật ngữ liên quan đến bê tông và cốt liệu bê tông).

C192/C192M, *Practice for Making and Curing Concrete in the Laboratory* (Hướng dẫn về chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử bê tông trong phòng thí nghiệm).

C670, *Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials* (Hướng dẫn thực hành xử lý, biểu thị độ chính xác và độ lệch đối với các phương pháp thử vật liệu xây dựng).

C1152/C1152M, *Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete* (Phương pháp xác định clorua tan trong axit của vữa và bê tông).

C1202, *Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration* (Phương pháp đo điện lượng xác định khả năng chống thấm thấu ion clo của bê tông).

### 2.2. Tiêu chuẩn NORDTEST

NT BUILD 443, *Approved 1995-11, Concrete, Hardened: Accelerated Chloride Penetration (in English)* (thông qua 11 - 1995, Bê tông: Thẩm thấu clorua nhanh).

### 3. Thuật ngữ và định nghĩa

#### 3.1. Định nghĩa

3.1.1. Các định nghĩa của thuật ngữ dùng trong tiêu chuẩn này tuân theo ASTM C125.

#### 3.2. Các định nghĩa về thuật ngữ dùng riêng cho tiêu chuẩn này

##### 3.2.1. Hệ số khuếch tán clorua biểu kiến, $D_a$ (Apparent chloride diffusion coefficient)

Thông số chuyển clorua tính từ số liệu xác định clorua tan trong axit của mẫu thử đã được ngâm trong dung dịch clorua đến bão hòa, không hiệu chỉnh đối với clorua liên kết, nó cung cấp thông tin về sự dễ dàng thẩm clorua vào trong vữa hoặc bê tông xi măng.

##### 3.2.2. Clorua liên kết (Chloride binding)

Quá trình hóa học ion clo di chuyển từ dung dịch và liên kết với sản phẩm thủy hóa của xi măng.

###### 3.2.2.1. Giải thích

Clorua liên kết là sự phối hợp chủ yếu với sản phẩm thủy hóa hình thành bởi pha aluminat của xi măng và hỗn hợp có chứa xỉ lò cao.

##### 3.2.3. Thẩm thấu clorua (Chloride penetration)

Sự xâm nhập ion clo vào vật ngâm trong dung dịch clorua.

##### 3.2.4. Dung dịch ngâm (Exposure liquid)

Dung dịch natri clorua dùng để ngâm các mẫu thử trước khi lấy ra xác định clorua.

##### 3.2.5. Thời gian ngâm (Exposure time)

Thời gian mẫu thử được ngâm trong dung dịch có chứa ion clo.

##### 3.2.6. Hàm lượng ion clo ban đầu $C_i$ (Initial chloride-ion content)

Tỷ lệ giữa khối lượng ion clo và khối lượng mẫu thử bê tông chưa nhiễm ion clo từ nguồn bên ngoài.

##### 3.2.7. Nghiền lát cắt (Profile grinding)

Quá trình nghiền khô và thu mẫu dạng bột ở các lớp mỏng kế tiếp nhau từ mẫu thử.

##### 3.2.8. Hàm lượng clorua bề mặt $C_s$ (Surface chloride content)

Tỷ lệ theo lý thuyết giữa khối lượng ion clo và khối lượng bê tông ở bề mặt tiếp xúc với dung dịch ngâm.

### 4. Tóm tắt phương pháp thử

#### 4.1. Lấy mẫu đại diện cho vữa hoặc bê tông xi măng trước khi ngâm vào dung dịch chứa ion clo.

Tách mỗi mẫu thành mẫu thử và một mẫu dùng để xác định hàm lượng ion clo ban đầu. Nghiền mẫu thử ion clo ban đầu và xác định hàm lượng ion clo ban đầu trong axit. Bịt kín tất cả các mặt của mẫu thử bằng lớp phin ngăn nước thích hợp, trừ bề mặt được hoàn thiện. Làm bão hòa mẫu thử đã bịt kín trong dung dịch canxi hydroxyt  $Ca(OH)_2$ , rửa sạch mẫu dưới vòi nước, sau đó cho vào dung dịch clorua natri. Sau thời gian ngâm quy định, lấy mẫu ra và cắt thành các lát mỏng song song với bề mặt nhiễm clorua. Xác định hàm lượng ion clo tan trong axit của mỗi lớp. Tính hệ số khuếch tán clorua biểu kiến và nồng độ ion clo bề mặt bằng cách dùng hàm lượng ion clo ban đầu. Ít nhất phải có 6 giá trị tương ứng với hàm lượng ion clo và chiều sâu dưới bề mặt dung dịch ngâm.

### 5. Ý nghĩa và sử dụng

5.1. Phương pháp thử này áp dụng cho vữa hoặc bê tông xi măng chưa chịu tác động của ion clo bên ngoài, hoặc có một lượng không đáng kể ion clo có trong nước được dùng để chuẩn bị mẫu thử trước khi thử.

5.2. Quy trình tính toán được mô tả trong tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho mẫu thử trong phòng thí nghiệm chịu tác động của dung dịch clorua natri được mô tả trong tiêu chuẩn này, không áp dụng cho các mẫu thử chịu tác động của ion clo theo chu kỳ khô và ẩm.

CHÚ THÍCH 1: Các loại ion khuếch tán trong bê tông xảy ra ở trong các lỗ xốp, các vết nứt và các khoảng trống khác có chứa chất lỏng. Nồng độ và hóa trị của các loại ion khác trong lỗ xốp có chất lỏng cũng ảnh hưởng đến tốc độ khuếch tán clorua, vì thế hệ số khuếch tán biểu kiến cũng được xác định theo quy trình này.

**5.3.** Trong hầu hết các trường hợp, giá trị hệ số khuếch tán clorua biểu kiến của vữa hoặc bê tông xi măng thay đổi theo thời gian (xem Chú thích 2). Vì vậy, hệ số khuếch tán biểu kiến thu được ở tuổi sớm có thể chưa đại diện cho tính năng làm việc của vật liệu.

CHÚ THÍCH 2: Tốc độ thay đổi hệ số khuếch tán biểu kiến đối với vữa hoặc bê tông xi măng có puzolan hoặc xỉ lò cao sẽ khác hơn so với hỗn hợp chỉ có xi măng poóc lăng.

**5.4.** Hệ số khuếch tán clorua biểu kiến theo định luật khuếch tán thứ hai của Fick được dùng để đánh giá sự thẩm thấu clo vào trong vữa hoặc bê tông xi măng ở điều kiện bão hòa.

**5.5.** Hệ số khuếch tán clorua biểu kiến được dùng phổ biến trong mô hình xâm nhập clo dựa trên định luật khuếch tán thứ hai của Fick. Hệ số khuếch tán biểu kiến xác định theo phương pháp này bao gồm clorua liên kết, do đó sử dụng đúng hệ số khuếch tán clorua biểu kiến để xác định trước sự thẩm thấu clo đòi hỏi phải xem xét cả clo liên kết.

**5.6.** Khả năng chống thẩm thấu clo chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như môi trường, mức độ hoàn thiện, thành phần hỗn hợp, tay nghề thi công, điều kiện bảo dưỡng và tuổi của hỗn hợp.

## **6. Thiết bị, dụng cụ**

**6.1. Cân,** có độ chính xác đến  $\pm 0,01$  g;

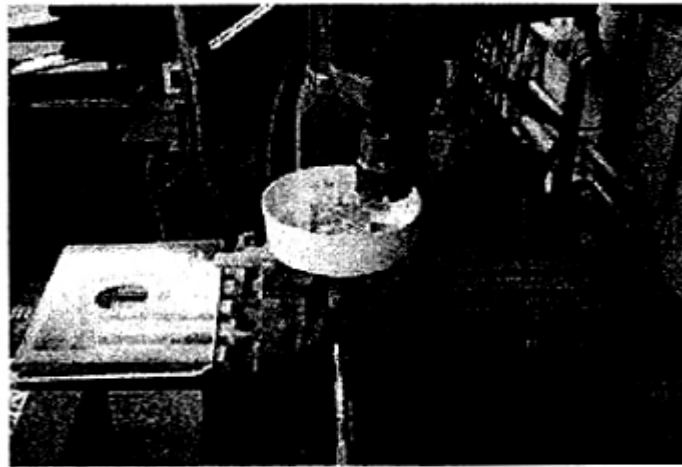
**6.2. Nhiệt kế,** có độ chính xác đến  $\pm 1,0$  °C;

**6.3. Phòng thí nghiệm hoặc buồng thí nghiệm** kiểm soát được nhiệt độ, duy trì nhiệt độ nước trong thùng ở  $(23 \pm 2)$  °C;

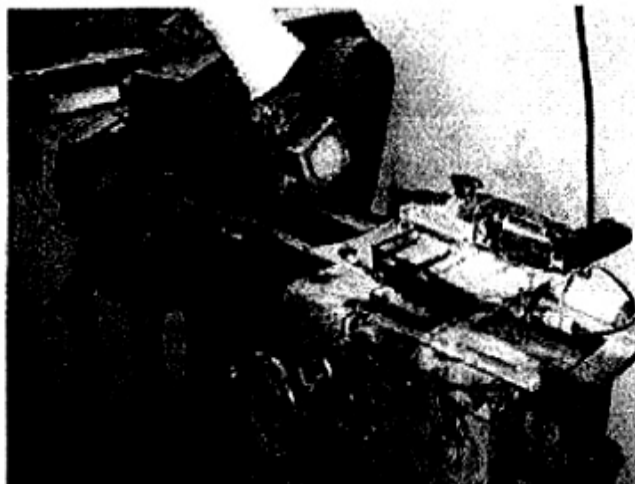
**6.4. Thùng nhựa có nắp đậy kín,** kích thước phù hợp với yêu cầu trong 9.1.2;

**6.5. Thiết bị nghiền và lấy mẫu thử** (Hình 1 và Hình 2 là những thiết bị thích hợp) (xem Chú thích 3). Các thiết bị này dùng để nghiền và lấy mẫu thử dạng bột từ bê tông, vữa hoặc vữa rót theo từng lớp dày khoảng 2 mm.

CHÚ THÍCH 3: Máy tiện hoặc máy nghiền có gắn các đầu bịt bằng cacbít hoặc kim cương.



**Hình 1 - Nghiền mẫu bằng máy phay**



## Hình 2 - Nghiền mẫu bằng máy tiện

**6.6. Túi polyetylen** có thể dán kín được, rộng (200 ÷ 300) mm, dài (250 ÷ 300) mm và có độ dày không dưới 0,1 mm;

**6.7. Các thiết bị nghiền** bê tông, vữa hoặc vữa rót được mô tả trong ASTM C1152/C1152M;

**6.8. Thiết bị phân tích clo** theo ASTM C1152/C1152M;

**6.9. Thước cặp** có độ chính xác đến  $\pm 0,1$  mm.

### 7. Hóa chất và vật liệu

**7.1. Nước cất** hoặc nước đã khử ion;

**7.2. Canxi hydroxyt**  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  cấp kỹ thuật;

**7.3. Dung dịch canxi hydroxyt** bão hòa (khoảng 3 g/L);

**7.4. Natri clorua** (NaCl) cấp kỹ thuật.

**7.5. Dung dịch natri clorua** nồng độ  $(165 \pm 1)$  g/L;

**7.6. Sơn epoxy hoặc polyuretan** hai thành phần, có khả năng tạo màng ngăn sự khuếch tán ion clo.

### 8. Mẫu thử

**8.1.** Mẫu khoan, mẫu đúc hình trụ hoặc mẫu lập phương đều có thể dùng làm mẫu thử. Một tổ mẫu phải gồm ít nhất hai mẫu thử (xem Chú thích 4). Mẫu thử phải không có khuyết tật như lỗ rỗng, vết nứt nhìn thấy được bằng mắt (xem Chú thích 5). Kích thước nhỏ nhất cắt ngang bề mặt hoàn thiện của mỗi mẫu thử ít nhất phải bằng 75 mm nhưng không nhỏ hơn ba lần kích thước danh nghĩa của hạt cốt liệu lớn nhất. Độ dày của mẫu thử ít nhất phải bằng 75 mm.

**CHÚ THÍCH 4:** Vật liệu nằm giữa bề mặt chịu tác động và lớp ngoài cùng của cốt thép thường được coi trọng vì rất cần bảo vệ chống clo xâm nhập, hơn thế nữa, chất lượng vật liệu ở vùng đặc biệt này có thể lệch khỏi hệ thống do chịu ảnh hưởng của thực tế thi công.

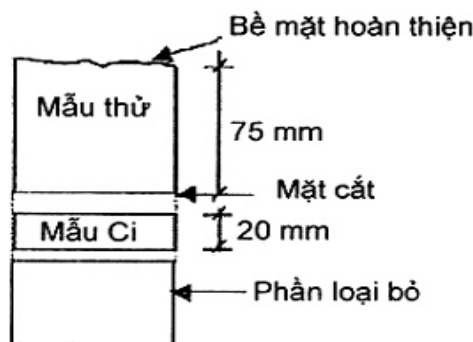
**CHÚ THÍCH 5:** Mẫu thử có các lỗ rỗng ở sâu hơn lớp chiều dày đã tính sẽ làm tăng tốc độ thẩm thấu clo biểu kiến và làm tăng độ biến thiên của phép thử.

**8.2.** Trừ khi có những quy định khác, mẫu thử phải được bảo dưỡng ẩm 28 ngày trong phòng thí nghiệm theo ASTM C31/C31M hoặc ASTM C192/C192M trước khi đem ngâm trong dung dịch.

**8.2.1.** Bất kỳ sự thay đổi nào từ thực tế bảo dưỡng cũng phải được đưa vào báo cáo.

**8.3.** Đối với mẫu khoan lấy theo ASTM C42/C42M, khi chuẩn bị mẫu thử cần cắt bỏ 75 mm lớp ngoài cùng của nó. Mẫu thử như thế sẽ có một mặt là mặt đã hoàn thiện ban đầu, mặt còn lại là mặt đã cắt như Hình 3.

**8.4.** Đối với các mẫu thử được chuẩn bị theo ASTM C31/C31M hoặc C192/C192M, đường cắt song song với mặt đã hoàn thiện. Phần 75 mm phía trên được dùng làm mẫu thử (xem Hình 3).



Hình 3 - Ví dụ về mẫu thử lấy từ mẫu đại diện

**8.5.** Từ phần còn lại của mẫu khoan hoặc mẫu đúc, cắt các lát mỏng dày ít nhất 20 mm. Dùng các lát cắt này để xác định hàm lượng ion clo ban đầu,  $C_i$ , bằng cách nghiền đập toàn bộ lát cắt hoặc nghiền mài theo lớp dày ít nhất 2 mm. Ngoài ra, nếu lớp mỏng từ các mẫu thử khuếch tán được lấy đủ sâu như thế nào đó để hai lớp kế tiếp nhau sau cùng có hàm lượng clorua trong khoảng 0,01 % khối lượng bê tông của mỗi mẫu thử, thì cho phép ngoại suy một phương trình phù hợp nhất của clorua để thu được hàm lượng ion clo ban đầu  $C_i$ .

**8.6.** Rửa mẫu thử dưới vòi nước ngay sau khi cắt. Lau chùi bề mặt bằng bàn chải nilon mềm và rửa lại. Làm khô mẫu trong không khí cho đến khi không thể lau ẩm trên bề mặt bằng khăn giấy khô trước khi bịt kín (xem Chú thích 6).

**8.6.1.** Bảo dưỡng mẫu thử trong điều kiện tiêu chuẩn, nhiệt độ môi trường ( $23 \pm 2$ )<sup>o</sup>C, độ ẩm tương đối ( $65 \pm 3$ )% không quá 24 h.

**CHÚ THÍCH 6:** Mẫu thử bảo dưỡng trong dung dịch nước vôi bão hòa thường có các hạt vôi lắng đọng trên bề mặt. Nếu không làm sạch mà để làm khô trong không khí ngay sẽ tạo nên lớp cacbonát trên bề mặt mẫu thử. Lớp cacbonát này sẽ làm sai lệch kết quả thử. Đó là lý do tại sao lại phải làm sạch và rửa sau khi lấy mẫu thử ra khỏi dung dịch nước vôi bão hòa.

**8.7.** Bịt kín tất cả các mặt của mẫu thử trừ mặt đã hoàn thiện theo quy trình trong ASTM C1202.

**8.8.** Xác định khối lượng ban đầu của mẫu thử sau khi lớp phủ đã đóng rắn.

**8.9.** Ngâm mẫu thử trong nước vôi bão hòa ở ( $23 \pm 2$ )<sup>o</sup>C trong thùng nhựa kín. Thùng phải chứa đầy nước vôi để tránh hiện tượng cacbonát hóa. Sau 24 h, lấy mẫu thử ra, làm khô bề mặt bằng khăn giấy, cân xác định khối lượng mẫu thử ở trạng thái khô bề mặt.

**8.10.** Ngâm ngập mẫu thử trong nước vôi bão hòa cho đến khi khối lượng thay đổi không quá 0,1% (thường là sau 24 h) (xem Chú thích 7). Quy trình thay thế được chấp nhận là bão hòa trong chân không theo ASTM C 1202.

**CHÚ THÍCH 7:** Thường khối lượng mẫu thử sẽ ổn định sau 48 h bảo dưỡng ẩm.

## **9. Cách tiến hành**

### **9.1. Ngâm**

**9.1.1.** Lấy mẫu thử đã bão hòa ra khỏi thùng chứa nước vôi, rửa ngay dưới vòi nước, đặt mẫu thử vào thùng chứa dung dịch thử, đậy nắp thùng. Để thùng trong buồng hoặc phòng có nhiệt độ ( $23 \pm 2$ )<sup>o</sup>C. Ghi ngày và giờ, chính xác đến từng giờ, từ khi bắt đầu ngâm.

**9.1.2.** Cho phép đặt nhiều mẫu thử trong cùng một thùng, khoảng cách giữa chúng phải đủ để chất lỏng bao bọc hoàn toàn các bề mặt của mẫu thử. Duy trì tỷ lệ diện tích bề mặt mẫu thử được ngâm và thể tích dung dịch bằng ( $50 \pm 30$ ) cm<sup>2</sup>/L (xem Chú thích 8).

**CHÚ THÍCH 8:** Thể tích chất lỏng đối với mẫu trụ hoặc mẫu khoan đường kính danh nghĩa 100 mm cần khoảng một lít cho một mẫu.

**9.1.3.** Các mẫu thử phải được ngâm trong chất lỏng ít nhất 35 ngày (xem Chú thích 9).

**CHÚ THÍCH 9:** Thời gian ngâm nên kéo dài đối với hỗn hợp đã được chế tạo từ lâu, được chế tạo với tỷ lệ nước/xi măng (N/X) thấp hoặc hỗn hợp chất lượng cao có chứa phụ gia xi măng.

**9.1.4.** Nếu chất lỏng bị bay hơi hoặc thùng chứa bị rò rỉ làm cho bề mặt mẫu thử bị khô trong thời gian ngâm, thì kết quả thử sẽ không được chấp nhận (xem Chú thích 10).

**CHÚ THÍCH 10:** Nên gắn màn hình theo dõi mức dung dịch trong thùng.

**9.1.5.** Ghi thời gian ngâm chính xác đến từng giờ.

### **9.2. Nghiền mẫu**

**9.2.1.** Lấy mẫu thử ra khỏi dung dịch ngâm, rửa dưới vòi nước, làm khô ít nhất 24 h trong phòng thí nghiệm có nhiệt độ ( $23 \pm 2$ )<sup>o</sup>C và độ ẩm tương đối ( $65 \pm 3$ )%.

**9.2.2.** Nếu nghiền mẫu sau 48 giờ kể từ khi lấy ra khỏi dung dịch thì chứa mẫu thử trong túi polyetylen mềm kín cho đến khi đem ra nghiền. Nếu nghiền mẫu sau 7 ngày kể từ khi lấy ra khỏi dung dịch thì chứa mẫu thử trong bao kín và bảo quản ở nhiệt độ ( $- 15 \pm 5$ )<sup>o</sup>C cho đến khi đem ra nghiền.

**9.2.3.** Lấy mẫu bột bằng cách nghiền theo lớp song song với bề mặt ngâm của mẫu thử. Trừ khi lớp phủ đã được tách ra bằng cách cưa xẻ hoặc bằng cách dùng đục. Không nghiền phần cách cạnh nhỏ hơn 5 mm để tránh ảnh hưởng của các cạnh và nhiễu loạn do lớp phủ.

**9.2.4.** Đối với mẫu ngâm 35 ngày thì nghiền ít nhất 8 lớp như ghi trong Bảng 1. Đối với mẫu ngâm lâu hơn, chọn khoảng tăng độ sâu như thế nào đó để có ít nhất 6 điểm theo chiều sâu tuyến tính từ khoảng cách 1 mm dưới bề mặt ngâm đến độ sâu có hàm lượng ion clo bằng hoặc lớn hơn so với hàm lượng ion clo ban đầu.

**Bảng 1 - Các khoảng độ sâu (mm) khuyến cáo lấy mẫu để nghiền**

N/X	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70
-----	------	------	------	------	------	------	------

Độ sâu 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1	0 ÷ 1
Độ sâu 2	1 ÷ 2	1 ÷ 2	1 ÷ 2	1 ÷ 3	1 ÷ 3	1 ÷ 3	1 ÷ 5
Độ sâu 3	2 ÷ 3	2 ÷ 3	2 ÷ 3	3 ÷ 5	3 ÷ 5	3 ÷ 6	5 ÷ 10
Độ sâu 4	3 ÷ 4	3 ÷ 4	3 ÷ 5	5 ÷ 7	5 ÷ 8	6 ÷ 10	10 ÷ 15
Độ sâu 5	4 ÷ 5	4 ÷ 6	5 ÷ 7	7 ÷ 10	8 ÷ 12	10 ÷ 15	15 ÷ 20
Độ sâu 6	5 ÷ 6	6 ÷ 8	7 ÷ 9	10 ÷ 13	12 ÷ 16	15 ÷ 20	20 ÷ 25
Độ sâu 7	6 ÷ 8	8 ÷ 10	9 ÷ 12	13 ÷ 16	16 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30
Độ sâu 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 16	16 ÷ 20	20 ÷ 25	25 ÷ 30	30 ÷ 35

**9.2.5.** Có thể sử dụng quy trình sau đây nếu thời gian ngâm đủ để ion clo thấm vào sâu hơn 40 mm. Cắt mẫu thử bằng cưa đĩa kim cương, làm lạnh bằng nước, theo hướng song song với bề mặt ngâm với các khoảng (5 ÷ 6) mm, giảm tối thiểu thời gian ngâm mẫu thử. Làm khô các lát cắt 24 h trong phòng thí nghiệm, sau đó nghiền và chuẩn bị mẫu bột như hướng dẫn trong ASTM C1152/C1152M.

**9.2.6.** Lấy một mẫu ít nhất 10 g bột từ mỗi lớp. Xác định khoảng cách từ bề mặt ngâm đến điểm giữa của mỗi lớp. Ví dụ, chiều dày của lớp và điểm giữa của độ sâu được xác định từ các phép đo mẫu thử trước và sau khi lấy mẫu bột. Độ sâu dưới bề mặt ngâm là giá trị trung bình của năm số đo bằng thước cặp phân bố đồng đều.

### 9.3. Phân tích clorua

**9.3.1.** Xác định hàm lượng ion clo hòa tan trong axit của mẫu bột,  $C_x$  (% khối lượng), chính xác đến 0,001 % theo ASTM C1152/C1152M.

**9.3.2.** Lấy hàm lượng ion clo ban đầu,  $C_i$  (% khối lượng) từ lát cắt dày 20 mm bằng cách nghiền và chuẩn bị bột theo hướng dẫn của ASTM C1152/C1152M.

**9.4.** Ghi lại bất kỳ sự sai lệch nào so với yêu cầu của tiêu chuẩn này.

## 10. Tính kết quả

### 10.1. Kết quả thử

**10.1.1.** Xác định nồng độ bề mặt và hệ số khuếch tán biểu kiến của clorua bằng cách kết hợp phương trình (1) với hàm lượng ion clo đo được bằng phương pháp phân tích hồi quy không tuyến tính với việc dùng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Bỏ qua hàm lượng ion clorua được xác định từ lớp bề mặt ngâm trong phân tích hồi quy. Tất cả các số đo hàm lượng ion clo khác đều dùng trong phân tích hồi quy.

$$C_{(x,t)} = C_s - (C_s - C_i) \cdot \operatorname{erf} \left( \frac{x}{\sqrt{4 \cdot D_a \cdot t}} \right) \quad (1)$$

Trong đó:

$C_{(x,t)}$  - nồng độ clo đo được ở độ sâu  $x$ , thời gian ngâm  $t$ , % khối lượng;

$C_s$  - nồng độ clo ở bề mặt giữa chất lỏng và mẫu thử được xác định bằng phương pháp phân tích hồi quy, % khối lượng;

$C_i$  - nồng độ ion clo khởi đầu của hỗn hợp xi măng trước khi ngâm, % khối lượng;

$x$  - độ sâu dưới lớp bề mặt (đến điểm giữa của lớp), m;

$D_a$  - hệ số khuếch tán biểu kiến của clorua,  $m^2/s$ ;

$t$  - thời gian ngâm, s;

$\operatorname{erf}$  - hàm sai số được tính theo phương trình (2):

$$\operatorname{erf}(z) = 2/\sqrt{\pi} \int_0^z \exp(-u^2) du \quad (2)$$

**10.1.2.** Các giá trị của hàm sai số được nêu trong các tài liệu tiêu chuẩn toán học. Hàm sai số cũng bao gồm cả hàm tra cứu trong các phần mềm tính toán điện tử.

**10.1.3.** Kết quả thử là

**10.1.3.1.** Hàm lượng ion clo ban đầu,  $C_i$  (% khối lượng) lấy chính xác đến ba số thập phân.

**10.1.3.2.** Nồng độ ion clo bề mặt ngâm chịu tác động của dung dịch,  $C_s$  (% khối lượng) lấy chính xác đến ba số thập phân.

**10.1.3.3.** Hệ số khuếch tán biểu kiến của clorua,  $D_a$  ( $m^2/s$ ), lấy chính xác đến hai số thập phân.

## 10.2. Phân tích hồi quy không tuyến tính

Thực hiện phân tích hồi quy không tuyến tính bằng cách tối thiểu hóa tổng đưa ra trong phương trình (3). Xem Hình 4 để hiểu rõ hơn.

$$S = \sum_{n=2}^N \Delta C^2(n) = \sum_{n=2}^N [C_m(n) - C_c(n)]^2 \quad (3)$$

Trong đó:

S - tổng các bình phương được tối thiểu hóa, (% khối lượng);

N - số lượng các lớp;

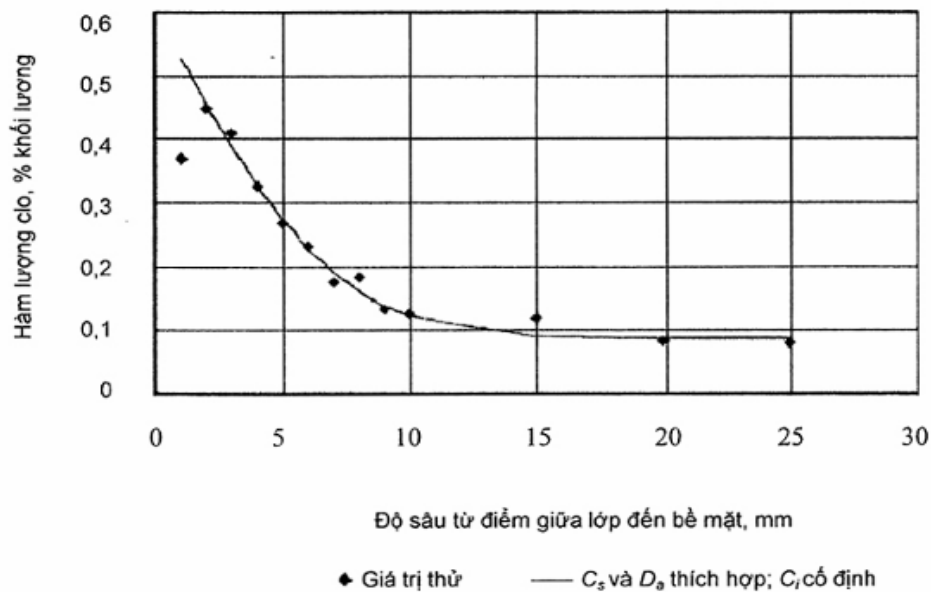
$\Delta C(n)$  - sự sai khác giữa nồng độ clo tính toán và đo của lớp thứ n, % khối lượng;

$C_m(n)$  - nồng độ clo đo được ở lớp thứ n, % khối lượng;

$C_c(n)$  - nồng độ clo tính được ở chính giữa lớp thứ n, % khối lượng.

**Đường cong phù hợp về mối quan hệ giữa hàm lượng clo và độ sâu lấy mẫu**

$$C_{x,t} = C_s - (C_s - C_i) \cdot (\text{erf}[x/\text{spr}(4Dt)])$$



**Hình 4 - Ví dụ về phân tích hồi quy**

## 10.3. Các tính toán khác

**10.3.1.** Vẽ biểu đồ hàm lượng clorua với tất cả các điểm đo được theo độ sâu bên dưới bề mặt. Đường cong phù hợp nhất giống như biểu đồ ở Hình 4.

## 11. Báo cáo thử nghiệm

**11.1.** Báo cáo cần thể hiện các thông tin sau:

**11.1.1.** Tên và địa chỉ phòng thí nghiệm, địa điểm thực hiện phép thử nếu khác với địa chỉ của phòng thí nghiệm.

**11.1.2.** Ngày và số của báo cáo.

**11.1.3.** Phương pháp lấy mẫu và các tình huống khác (ngày, người đại diện lấy mẫu, người chứng kiến).

**11.1.4.** Mô tả đối tượng thử nghiệm bao gồm loại mẫu thử, ký hiệu nhận dạng, tỷ lệ cấp phối, ngày tạo mẫu, chế độ bảo dưỡng, tuổi ở thời điểm bắt đầu ngâm.

**11.1.5.** Ngày bắt đầu và khoảng thời gian ngâm.

**11.1.6.** Chế độ ổn định mẫu thử, mô tả điều kiện ngâm mẫu trong khi thử như nhiệt độ, dấu hiệu bay hơi.

**11.1.7.** Các thiết bị và dụng cụ sử dụng.

11.1.8. Các sai lệch so với quy định của phương pháp thử này và những thông tin quan trọng khác cần cho việc đánh giá kết quả.

11.1.9. Lập bảng số đo hàm lượng ion clo cho mỗi lớp và độ sâu tại điểm giữa của mỗi lớp.

11.1.10. Vẽ biểu đồ hàm lượng ion clo cho mỗi lớp và so với đường cong phân tích hồi quy.

11.1.11. Giá trị  $C_i$ ,  $C_s$  đo được và  $D_a$  xác định từ phân tích hồi quy.

11.1.12. Ngày tháng năm, ký tên.

**Bảng 2 - Ví dụ tính toán**

$C_s$ , % khối lượng	$C_i$ , % khối lượng	$D_a$ , m <sup>2</sup> /s	t (năm)	Tổng (Sai lệch) <sup>2</sup>
0,605	0,085	4,86E-13	1,00	2,2151E-03
x, mm	Giá trị đo được	Giá trị dự đoán	Sai lệch, $\Delta C(n)$ (đo - dự đoán)	(Sai lệch) <sup>2</sup>
1	0,368	0,530		
2	0,450	0,458	-8,19E - 03	6,72E - 05
3	0,410	0,391	1,94E - 02	3,76E - 04
4	0,326	0,329	-3,31E - 03	1,10E - 05
5	0,266	0,275	-9,49E - 03	9,01E - 05
6	0,231	0,230	1,25E - 03	1,55E - 06
7	0,175	0,192	-1,71E - 02	2,93E - 04
8	0,183	0,162	2,08E - 02	4,34E - 04
9	0,132	0,139	-7,07E - 03	5,00E - 05
10	0,124	0,122	2,16E - 03	4,66E - 06
15	0,117	0,089	2,85E - 02	8,12E - 04
20	0,080	0,085	-5,16E - 03	2,66E - 05
25	0,078	0,085	-7,00E - 03	4,90E - 05

**Bảng 3 - Đánh giá độ chụm<sup>A</sup>**

Hệ số	Thống kê	Phòng thí nghiệm đơn	Nhiều phòng thí nghiệm
$D_a$	CV <sup>B</sup>	14,2	20,2
	d2s %	39,8	56,6
$C_s$	CV	13,3	18,1
	d2s %	37,2	50,7

CHÚ THÍCH:

<sup>A</sup> đại lượng thống kê CV (1s%) và d2s% như định nghĩa trong hướng dẫn C 670;

<sup>B</sup> hệ số biến thiên.

## 12. Độ chụm và độ chệch

### 12.1. Độ chụm

Chưa có nghiên cứu chung giữa các phòng thí nghiệm về phép thử này. Tuy nhiên, đã có số liệu về độ chụm từ một nghiên cứu giữa các phòng thí nghiệm của NORDTEST NT Build 443, từ đó mà phương pháp này được phát triển. Báo cáo bao gồm số liệu từ hai nghiên cứu giữa các phòng thí nghiệm trên ba hỗn hợp bê tông và ba đến năm phòng thí nghiệm tham gia trên từng hỗn hợp. Giá trị trung bình của  $D_a$  trong số các hỗn hợp nằm trong phạm vi từ  $(2,1 \times 10^{-12})$  m<sup>2</sup>/s đến  $(14,7 \times 10^{-12})$  m<sup>2</sup>/s. Giá trị trung bình của  $C_s$  trong các hỗn hợp nằm trong phạm vi từ 0,61% đến 1,0%. Bảng 3 tổng hợp của phòng thí nghiệm đơn và nhiều phòng thí nghiệm, hệ số thay đổi và sự khác nhau tối đa đạt được giữa các phép xác định giống nhau bằng 95% của sự so sánh như thế. Vì vậy, kết quả hệ số khuếch tán biểu kiến của hai phép thử được thực hiện đúng sẽ khác nhau không quá 39,8% so với giá trị trung bình.



## 12.2. Độ chệch

Chưa có tài liệu thông tin phù hợp để xác định độ lệch của tiêu chuẩn này, chưa có thông báo về độ lệch đã được xác định.

### MỤC LỤC

Lời nói đầu

1. Phạm vi áp dụng
2. Tài liệu viện dẫn
3. Thuật ngữ và định nghĩa
4. Tóm tắt phương pháp
5. Ý nghĩa và sử dụng
6. Thiết bị, dụng cụ
7. Hóa chất và vật liệu
8. Mẫu thử
9. Cách tiến hành
10. Tính kết quả
11. Báo cáo thử nghiệm
12. Độ chụm và độ chệch