

**TCVN 3111:2022**

Xuất bản lần 3

**HỖN HỢP BÊ TÔNG – PHƯƠNG PHÁP ÁP SUẤT  
XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG BỌT KHÍ**

*Fresh concrete - Test method for air content by the pressure method*

HÀ NỘI - 2022



**Mục lục**

Trang

Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	5
4 Thiết bị, dụng cụ.....	6
5 Hiệu chuẩn thiết bị.....	8
6 Xác định hệ số hiệu chỉnh cốt liệu.....	9
7 Chuẩn bị mẫu thử.....	10
8 Quy trình xác định hàm lượng bột khí.....	11
9 Biểu thị kết quả.....	13
10 Báo cáo thử nghiệm.....	14
Phụ lục A (quy định) Hiệu chuẩn thiết bị.....	15
Phụ lục B (tham khảo) Xác định hàm lượng bột khí bằng phương pháp tính toán.....	20
Phụ lục C (tham khảo) Độ chính xác.....	21

**Lời nói đầu**

**TCVN 3111:2022** thay thế TCVN 3111:1993.

**TCVN 3111:2022** được xây dựng trên cơ sở tham khảo ASTM C231/C231M-17a, Standard test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method.

**TCVN 3111:2022** do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng 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.

# Hỗn hợp bê tông - Phương pháp áp suất xác định hàm lượng bọt khí

*Fresh concrete - Test method for air content by the pressure method*

## 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông bằng cách quan sát sự thay đổi thể tích của hỗn hợp bê tông khi thay đổi áp suất.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho bê tông và vữa có cốt liệu đặc chắc, không áp dụng cho bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ, xỉ bọt lò cao hoặc cốt liệu có độ rỗng cao.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho hỗn hợp bê tông có độ sụt từ 10 mm trở lên.

## 2 Tài liệu viện dẫn

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

TCVN 3105:2022, *Hỗn hợp bê tông và bê tông - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.*

TCVN 3106:2022, *Hỗn hợp bê tông - Phương pháp xác định độ sụt.*

TCVN 3108:2022, *Hỗn hợp bê tông - Phương pháp xác định khối lượng thể tích.*

TCVN 4030:2003, *Xi măng - Phương pháp xác định độ mịn.*

TCVN 7572:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.*

TCVN 8826:2011, *Phụ gia hóa học cho bê tông..*

## 3 Thuật ngữ và định nghĩa

### 3.1

#### Hàm lượng bọt khí (air content)

Lượng khí cuốn vào hỗn hợp bê tông trong quá trình trộn (không bao gồm lượng bọt khí nằm trong lỗ rỗng của các hạt cốt liệu).

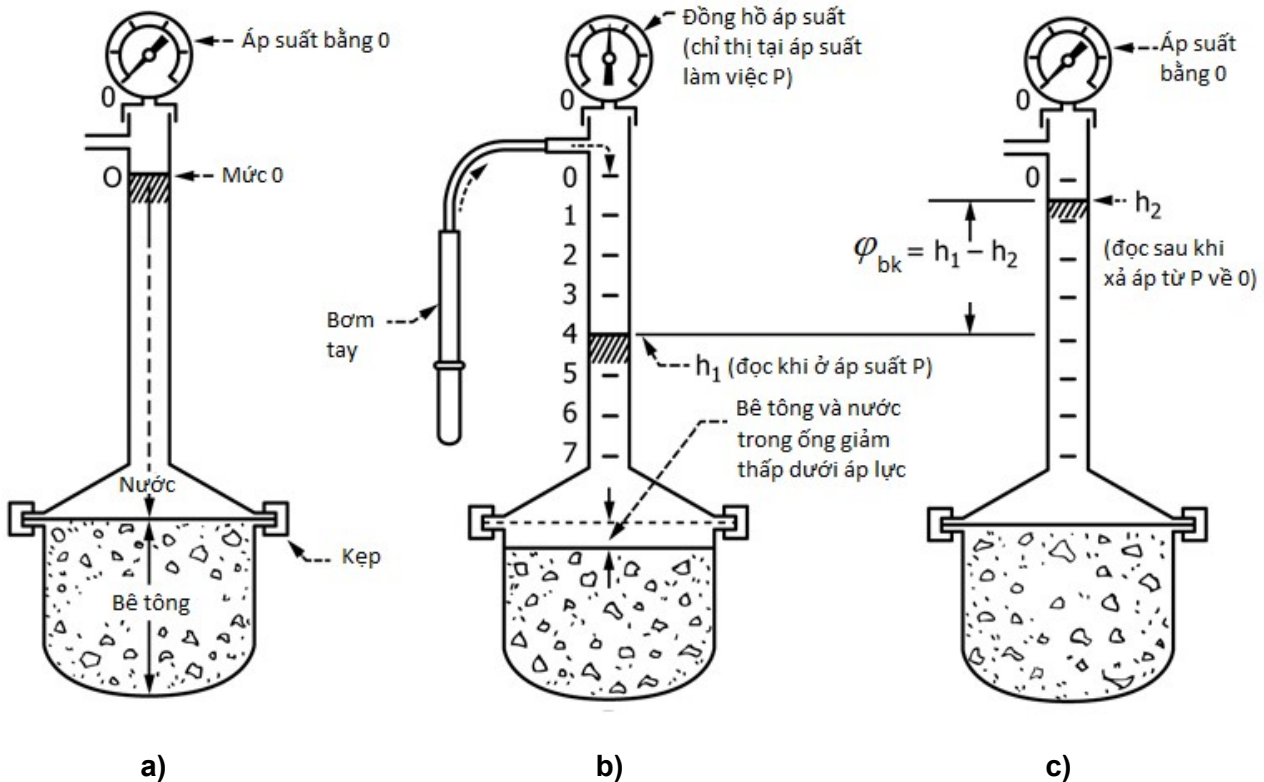
4 Thiết bị, dụng cụ

4.1 Bình thử bọt khí

Tiêu chuẩn này sử dụng hai loại bình thử bọt khí được thiết kế theo hai kiểu vận hành khác nhau là bình thử kiểu A (Hình 1) và bình thử kiểu B (Hình 2).

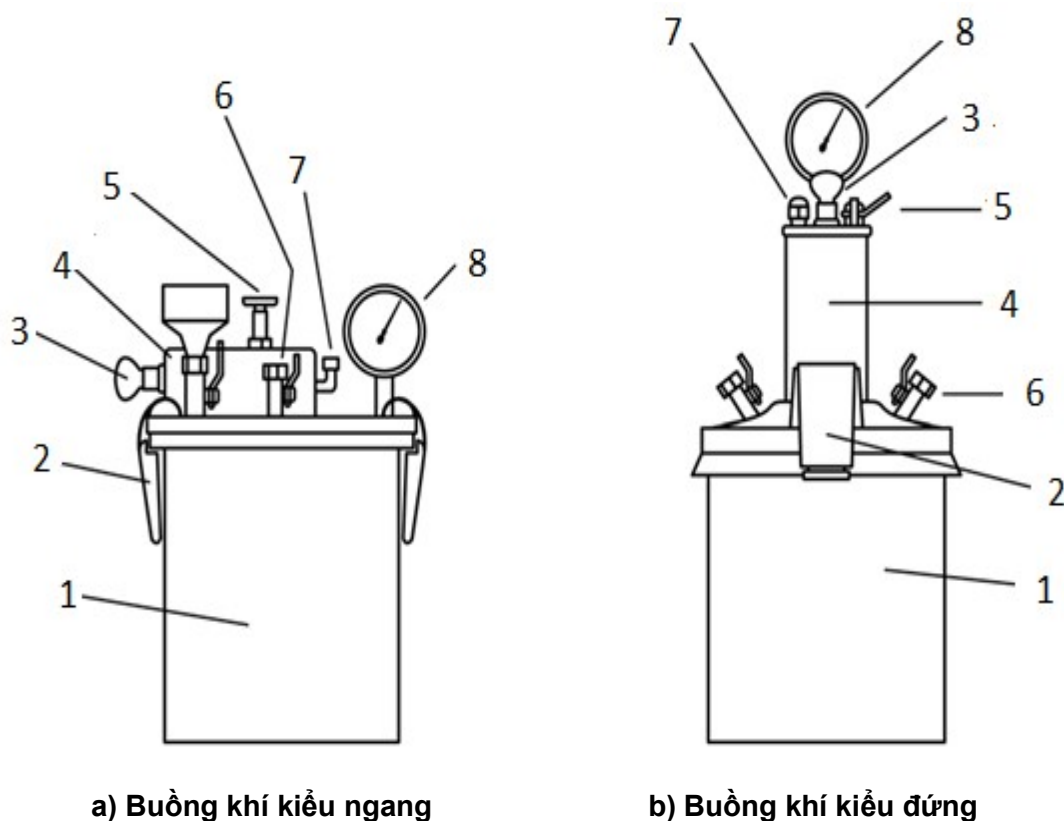
4.1.1 Bình thử kiểu A

Thiết bị bao gồm bình chứa và cụm nắp. Nguyên tắc hoạt động của thiết bị này là đổ nước đến độ cao xác định vào bên trên mẫu bê tông biết trước thể tích và tác dụng một áp suất không khí định trước lên mặt nước. Xác định mức giảm thể tích khí trong mẫu hỗn hợp bê tông bằng cách quan sát mực nước hạ xuống dưới áp lực, sau đó qui ra hàm lượng bọt khí trong mẫu hỗn hợp bê tông.



Hình 1 - Sơ đồ bình thử bọt khí kiểu A

#### 4.1.2 Bình thử kiểu B



a) Buồng khí kiểu ngang

b) Buồng khí kiểu đứng

#### CHÚ DẪN

1 Bình chứa	3 Bơm tay	5 Van khí chính	7 Van xả khí
2 Kẹp	4 Buồng khí	6 Khóa nước	8 Đồng hồ

**Hình 2 - Sơ đồ bình thử bột khí kiểu B**

Nguyên tắc hoạt động của thiết bị này là làm cân bằng thể tích không khí đã biết ở áp suất định trước trong buồng khí kín với thể tích không khí chưa biết trong mẫu bê tông. Đồng hồ đo áp suất gắn trên thiết bị được hiển thị theo hàm lượng bột khí để đọc tại điểm cân bằng áp lực.

#### 4.2 Bình chứa

Bình có dạng hình trụ, làm bằng thép hoặc kim loại cứng hoặc vật liệu cứng khác không bị ăn mòn trong môi trường hồ xi măng có đường kính bằng 0,75 đến 1,25 lần chiều cao và thể tích tối thiểu 6 L. Bình chứa có cấu trúc đảm bảo độ khít, chặt giữa bình chứa với cụm nắp. Bề mặt bên trong của bình chứa, miệng bình, mặt bích và các bộ phận gắn liền khác phải được làm nhẵn. Bình chứa và cụm nắp phải đủ cứng để hệ số dẫn nở  $D$  của tổ hợp thiết bị không lớn hơn 0,1 % hàm lượng bột khí trên dải đo dưới áp suất vận hành bình thường.

#### 4.3 Cụm nắp

**4.3.1** Cụm nắp phải được làm bằng thép hoặc kim loại cứng hoặc vật liệu cứng khác không bị ăn mòn trong môi trường hồ xi măng. Cụm nắp có cấu trúc đảm bảo độ khít, chặt giữa bình chứa với cụm nắp, bề mặt bên trong được làm nhẵn và hơi cong để tạo khoảng không bên trên bề mặt bình chứa.

## TCVN 3111:2022

**4.3.2** Cụm nắp của bình thử kiểu A được gắn ống đứng trong suốt có chia vạch hoặc ống kim loại có khe gắn mặt kính chia vạch để đọc mực nước khi thay đổi áp suất. Bình thử kiểu B, mặt số của đồng hồ đo phải được hiển thị theo hàm lượng bọt khí (tính bằng %). Phạm vi đo tối thiểu đến 8 % và đọc được đến 0,1 %.

**4.3.3** Cụm nắp được trang bị các van khí, van xả khí và các khóa nước. Bộ phận kẹp cụm nắp vào bình chứa phải đảm bảo chắc chắn, kín áp và không làm kẹt không khí ở vị trí khớp nối giữa cụm nắp với bình chứa. Bơm nén khí bằng tay có thể được gắn liền với nắp hoặc tách rời.

**4.4 Ống hiệu chuẩn** là ống đồng có thể tích xấp xỉ với hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông cần thử (tính bằng % thể tích bình chứa). Nếu thể tích của ống hiệu chuẩn nhỏ hơn, việc hiệu chuẩn có thể thực hiện bằng cách đổ đầy ống đồng nhiều lần. Nếu việc hiệu chuẩn bình thử bọt khí yêu cầu đặt ống hiệu chuẩn trong bình chứa, ống đồng phải có dạng hình trụ.

**4.5 Lò xo** để cố định ống hiệu chuẩn.

**4.6. Ống phun** bằng đồng, có đường kính thích hợp được gắn liền với cụm nắp hoặc tách riêng thành phụ kiện rời. Khi thêm nước vào thiết bị, nước từ ống sẽ phun lên mặt trong của nắp và chảy xuống theo các cạnh nhằm làm giảm thiểu tác động tới cấu trúc bề mặt của hỗn hợp bê tông.

**4.7. Que đâm** qui định trong TCVN 3105:2022

**4.8 Búa** có đầu bằng cao su hoặc bọc da, trọng lượng 0,60 kg ± 0,25 kg cho bình thử bọt khí ≤14 L, trọng lượng 1,0 kg ± 0,25 kg cho bình thử bọt khí lớn hơn 14 L.

**4.9 Thanh gạt** bằng thép thẳng, phẳng, kích thước tối thiểu: dày 3 mm, rộng 20 mm, dài 300 mm.

**4.10 Tấm làm mặt** có tiết diện hình chữ nhật, bề mặt phẳng, chiều dày tối thiểu 6 mm khi làm bằng kim loại hoặc 12 mm khi làm bằng thủy tinh, acrylic. Chiều rộng và chiều dài tấm phải lớn hơn đường kính của bình chứa ít nhất 50 mm. Các cạnh của tấm phải thẳng, nhẵn với sai số trong khoảng 1,5 mm.

**4.11 Ống đồng nước** có thể tích đủ để đổ nước vào cụm thiết bị từ mặt trên của hỗn hợp bê tông tới mức 0.

**4.12 Bàn rung** đáp ứng các yêu cầu như qui định tại 4.3, TCVN 3105:2022

**4.13 Sàng** có kích thước lỗ 40 mm với diện tích sàng không nhỏ hơn 0,2 m<sup>2</sup>.

**4.14 Quả bóp cao su** (hoặc bình tia, xilanh) để bơm nước vào bình chứa qua các khóa van A hoặc B.

**4.15 Một số dụng cụ khác** như: khay chứa (để trộn lại bê tông), bay, xẻng, giẻ ẩm

CHÚ THÍCH: Do thiết kế các bình thử bọt khí rất đa dạng, nên không phải tất cả các hạng mục mô tả từ 4.5 đến 4.15 đều cần thiết.

## 5 Hiệu chuẩn thiết bị

**5.1** Thiết bị được hiệu chuẩn theo quy định trong Phụ lục A. Sự thay đổi áp suất khí quyển ảnh hưởng đến công tác hiệu chuẩn bình thử bọt khí kiểu A nhưng không ảnh hưởng đến công tác hiệu chuẩn



binh thử bọt khí kiểu B. Các qui định từ A.1 đến A.5 chỉ cần được thực hiện khi hiệu chuẩn lần đầu hoặc khi kiểm định thiết bị. Công tác hiệu chuẩn qui định trong A.6 và A.8 được thực hiện định kỳ trong khoảng thời gian không quá ba tháng, hoặc khi có yêu cầu. Đối với bình thử kiểu A, khi có sự thay đổi về độ cao trên 180 m so với nơi thiết bị được hiệu chuẩn lần cuối, công tác hiệu chuẩn phải được thực hiện lại.

## 5.2 Ghi chép hiệu chuẩn

Thông tin được lưu trữ trong hồ sơ phải bao gồm hệ số dẫn nở, kích thước của ống hiệu chuẩn được sử dụng và các số đọc khi tiến hành hiệu chuẩn.

## 6 Xác định hệ số hiệu chỉnh cốt liệu

**6.1** Hệ số hiệu chỉnh cốt liệu được xác định trên mẫu hỗn hợp cốt liệu nhỏ với cốt liệu lớn theo qui định từ 6.2 đến 6.4. Hệ số này được xác định độc lập bằng cách sử dụng áp lực đã hiệu chuẩn trên mẫu cốt liệu ngập nước có cùng độ ẩm, khối lượng, tỷ lệ với cốt liệu trong mẫu bê tông.

### 6.2 Khối lượng mẫu cốt liệu

Khối lượng cốt liệu trong mẫu hỗn hợp bê tông dùng để xác định hàm lượng bọt khí được tính như sau:

$$m_c = \frac{V_{bc}}{V_{mt}} \times M_c \quad (1)$$

$$m_d = \frac{V_{bc}}{V_{mt}} \times M_d \quad (2)$$

trong đó:

$m_c$  là khối lượng cốt liệu nhỏ trong mẫu bê tông thử nghiệm, tính bằng kilôgam (kg)

$M_c$  là tổng khối lượng của cốt liệu nhỏ trong mẻ trộn kể cả độ ẩm của nó khi đưa vào trộn, tính bằng kilôgam (kg)

$m_d$  là khối lượng cốt liệu lớn trong mẫu bê tông thử nghiệm, tính bằng kilôgam (kg)

$M_d$  là tổng khối lượng của cốt liệu lớn trong mẻ trộn kể cả độ ẩm của nó khi đưa vào trộn, tính bằng kilôgam (kg)

$V_{bc}$  là thể tích của mẫu bê tông (bằng thể tích bình chứa), tính bằng mét khối (m<sup>3</sup>)

$V_{mt}$  là thể tích bê tông thực tế của mẻ trộn, tính bằng mét khối (m<sup>3</sup>)

### 6.3 Đổ cốt liệu vào bình chứa

## **TCVN 3111:2022**

Trộn cốt liệu nhỏ với cốt liệu lớn và đổ dần vào bình chứa đã có 1/3 nước, bổ sung nước để làm ngập cốt liệu nếu cần. Thêm dần cốt liệu sao cho tạo ra ít bọt khí nhất và nhanh chóng loại bỏ bọt tích tụ trên mặt nước. Dùng búa cao su gõ vào cạnh của bình chứa và sử dụng thanh đũa chọc nhẹ, xuyên qua bề mặt cốt liệu khoảng 25 mm từ 8 đến 12 lần. Khuấy sau mỗi lần thêm cốt liệu để loại bỏ không khí bị cuốn vào.

### **6.4 Xác định hệ số hiệu chỉnh cốt liệu**

#### **6.4.1 Bước 1 (áp dụng cho cả hai kiểu bình thử bọt khí)**

Khi toàn bộ cốt liệu được đổ vào bình chứa, loại bỏ bọt khí trên mặt nước và giữ cốt liệu ngập nước một khoảng thời gian xấp xỉ bằng thời gian từ thời điểm đổ nước vào để trộn bê tông tới thời điểm bắt đầu thử nghiệm xác định hàm lượng bọt khí của bê tông trước khi tiến hành theo 6.4.2.

#### **6.4.2 Bước 2**

##### **6.4.2.1 Bình thử kiểu A**

Tiến hành xác định hệ số hiệu chỉnh cốt liệu theo qui trình trong các mục từ 8.2.1 đến 8.2.3. Hệ số hiệu chỉnh  $\varphi_{cl} = h_1 - h_2$  (xem Hình 1).

##### **6.4.2.2 Bình thử kiểu B**

Tiến hành xác định hệ số hiệu chỉnh cốt liệu theo qui trình trong 8.3.1. Từ thiết bị đã được lắp ráp và đầy nước, lấy ra một lượng nước tương đương với hàm lượng bọt khí trong một hỗn hợp bê tông điển hình theo thể tích của bình chứa. Phương pháp lấy nước ra khỏi thiết bị được qui định trong A.8. Hệ số hiệu chỉnh cốt liệu  $\varphi_{cl}$  được xác định theo qui định trong 8.3.2 bằng số đọc trên đồng hồ trừ đi thể tích nước được lấy ra. Kết quả được biểu thị theo % thể tích của bình chứa.

## **7 Chuẩn bị mẫu thử**

Chuẩn bị mẫu bê tông theo quy trình của TCVN 3105:2022. Nếu bê tông chứa các hạt cốt liệu lớn trên sàng 40 mm, sàng ướt một lượng mẫu đủ để thử hàm lượng bọt khí qua sàng 40 mm theo quy trình sau:

**7.1** Lắc sàng bằng tay hoặc bằng máy lắc sàng cho đến khi trên sàng không còn vật liệu nhỏ hơn 40 mm. Giữ nguyên phần vữa bám trên cốt liệu còn lại trên sàng cho đến khi phần cốt liệu đó được loại bỏ. Chỉ đổ một lượng bê tông vừa đủ cho mỗi lần sàng, sao cho sau khi sàng, chiều dày lớp cốt liệu còn lại trên sàng không lớn hơn chiều dày của một hạt cốt liệu.

**7.2** Hỗn hợp bê tông lọt qua sàng được chứa trong khay chứa đã được làm ẩm. Phần vữa dính trên các mắt sàng được cạo hết vào khay. Thử nghiệm được tiến hành ngay sau khi hỗn hợp bê tông được trộn lại bằng xẻng.

## 8 Qui trình xác định hàm lượng bọt khí

### 8.1 Đổ và đầm mẫu

#### 8.1.1 Đổ và đầm mẫu

Trước khi đổ và đầm mẫu, dùng giẻ ẩm làm ẩm bên trong bề mặt của thiết bị. Sau đó đổ và đầm hỗn hợp bê tông theo TCVN 3105:2022. Khi sử dụng que đầm, sau mỗi lớp đầm, dùng búa cao su gõ nhẹ xung quanh bình chứa từ 10 đến 15 lần để loại bỏ lỗ rỗng do que đầm để lại hoặc các bọt khí lớn có thể còn kẹt trong hỗn hợp bê tông.

#### 8.1.2 Làm phẳng mặt

Sau khi đầm, gạt bỏ phần bê tông thừa bằng cách trượt thanh gạt ngang qua miệng bình chứa theo chuyển động ziczac đến khi bình chứa vừa đầy. Khi sử dụng tấm làm mặt, gạt bỏ bê tông thừa bằng cách ép tấm lên khoảng 2/3 diện tích mặt trên của bình chứa và di chuyển theo chuyển động ziczac cho đến khi tấm cùng với bê tông thừa trượt khỏi miệng bình. Lặp lại thao tác tương tự tại vị trí cũ nhưng theo hướng ngược lại, sau đó nghiêng tấm làm mặt và dùng cạnh tấm gạt trên mặt bình chứa để làm nhẵn, bóng bề mặt hỗn hợp bê tông.

## 8.2 Cách tiến hành - Bình thử kiểu A

### 8.2.1 Chuẩn bị

Vệ sinh sạch các mặt bích hoặc vành của bình chứa và cụm nắp để đảm bảo kín áp khi cụm nắp được kẹp vào vị trí. Lắp ráp thiết bị và thêm nước lên trên bề mặt hỗn hợp bê tông cho đến khi nước dâng lên khoảng 1/2 chiều cao ống đứng chia vạch. Nghiêng cụm thiết bị khoảng 30° so với chiều thẳng đứng và sử dụng đáy của bình chứa làm trục, xoay toàn bộ cụm bình thử bọt khí vài vòng đồng thời gõ nhẹ vào nắp để loại bỏ bong bóng khí bên trên bề mặt mẫu. Đưa bình thử bọt khí về vị trí thẳng đứng và nhẹ nhàng đổ đầy cột nước lên trên mức 0, đồng thời gõ nhẹ vào các cạnh của bình chứa. Điều chỉnh mực nước về mức 0 của ống chia vạch trước khi đóng lỗ thông hơi ở đỉnh cột nước (xem Hình 1a).

**8.2.2** Bề mặt bên trong của cụm nắp phải được giữ sạch, không bám dầu mỡ và được làm ẩm để bọt khí dễ dàng thoát ra sau khi lắp ráp thiết bị.

### 8.2.3 Qui trình thử

Nâng áp suất trong bình chứa bằng bơm tay lên cao hơn áp suất thử yêu cầu  $P$  khoảng 1,4 kPa. Gõ mạnh thành bình chứa đến khi đồng hồ đo áp suất chỉ đúng áp suất thử,  $P$ , được xác định theo A.6, thì đọc mực nước  $h_1$  (xem Hình 1b). Đối với các hỗn hợp bê tông quá cứng, gõ mạnh vào bình chứa cho đến khi mực nước trong ống đứng không đổi. Giải phóng áp suất từ từ qua lỗ thông hơi trên đỉnh cột nước và gõ nhẹ vào thành của bình chứa trong khoảng 1 min, sau đó ghi lại mực nước  $h_2$  (xem Hình 1c). Tính hàm lượng bọt khí biểu kiến,  $\varphi_{bk}$ , như sau:

$$\varphi_{bk} = h_1 - h_2 \quad (3)$$

## TCVN 3111:2022

trong đó:

$h_1$  là mực nước giảm dưới áp suất thử yêu cầu  $P$  trên ống đứng, tính bằng phần trăm (%);

$h_2$  là mực nước trên ống đứng sau khi xả áp từ áp suất thử  $P$  về 0, tính bằng phần trăm (%).

### 8.2.4 Thử nghiệm lặp

Lặp lại các bước theo quy định trong 8.2.3 mà không thêm nước đến mức 0. Hàm lượng bọt khí biểu kiến sau hai lần xác định liên tiếp phải chênh lệch nhau không quá 0,2 % và được tính trung bình để xác định giá trị  $\varphi_{bk}$  sử dụng trong tính toán hàm lượng bọt khí ở Điều 9.

**8.2.5** Trong trường hợp hàm lượng bọt khí vượt quá phạm vi đo của thiết bị dưới áp suất thử thông thường  $P$ , giảm áp suất trong thiết bị về áp suất thử thay thế  $P_1$  và lặp lại các bước được nêu trong 8.2.2 và 8.2.3. Giá trị gần đúng của áp suất thay thế,  $P_1$ , (sao cho hàm lượng bọt khí bằng hai lần chỉ số đọc trên bình thử bọt khí) có thể được tính theo công thức sau:

$$P_1 = \frac{P_a \times P}{2P_a + P} \quad (4)$$

trong đó:

$P$  là áp suất thử yêu cầu, tính bằng kilô Pascal (kPa);

$P_1$  là áp suất thay thế, tính bằng kilô Pascal (kPa);

$P_a$  là áp suất khí quyển, tính bằng kilô Pascal (kPa).

## 8.3 Cách tiến hành - Bình thử kiểu B

### 8.3.1 Chuẩn bị

Vệ sinh sạch miệng của bình chứa và cụm nắp để đảm bảo kín áp khi cụm nắp được kẹp vào vị trí. Lắp ráp bình thử bọt khí, đóng van khí chính từ buồng khí sang bình chứa và mở cả hai khóa nước. Thêm nước qua một khóa cho đến khi nước chảy ra từ khóa còn lại, lắc nhẹ bình thử bọt khí cho đến khi tất cả không khí thoát ra khỏi bình chứa.

### 8.3.2 Qui trình thử

Đóng van xả khí và bơm khí vào buồng khí đến khi đồng hồ chỉ vào vạch áp suất ban đầu. Đợi một vài giây để khí nén nguội tới nhiệt độ bình thường. Ổn định kim đồng hồ tại vị trí áp suất ban đầu bằng cách bơm hoặc xả khí nếu cần, đồng thời dùng ngón tay gõ nhẹ lên đồng hồ.

Đóng cả 2 khóa nước trên nắp, mở van khí chính, gõ nhẹ xung quanh bình chứa bằng búa cao su và dùng ngón tay gõ nhẹ vào đồng hồ để ổn định kim đo. Đọc hàm lượng bọt khí trên đồng hồ, khóa van khí chính.

Việc không khóa van khí chính trước khi xả áp từ bình chứa hoặc buồng khí sẽ dẫn đến nước bị hút vào buồng khí, gây lỗi trong các lần thử tiếp theo. Trong trường hợp để nước lọt vào buồng khí, thì lượng nước lọt vào phải được thổi ra qua van xả khí. Xả áp trong bình chứa bằng cách mở cả hai khóa nước (xem Hình 2) trước khi tháo nắp.

## 9 Biểu thị kết quả

### 9.1 Hàm lượng bọt khí của mẫu thử nghiệm

Tính toán hàm lượng bọt khí của bê tông,  $\varphi_k$ , chính xác đến 0,1 % trong bình chứa như sau:

CHÚ THÍCH : Với bình đo bọt khí kiểu B, khi hàm lượng bọt khí cao hơn 8 % thì đọc số gần nhất với  $\frac{1}{2}$  vạch chia trên đồng hồ.

$$\varphi_k = \varphi_{bk} - \varphi_{cl} \quad (5)$$

trong đó:

$\varphi_k$  là hàm lượng bọt khí của mẫu thử nghiệm, tính bằng phần trăm (%);

$\varphi_{bk}$  là hàm lượng bọt khí biểu kiến (xem 8.2.3 và 8.3.2), tính bằng phần trăm (%);

$\varphi_{cl}$  là hệ số hiệu chỉnh cốt liệu (xem Điều 6), tính bằng phần trăm (%).

### 9.2 Hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông ban đầu

Khi mẫu thử nghiệm là phần mẫu chuẩn bị bằng cách sàng ướt để loại bỏ các hạt lớn hơn 40 mm thì hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông ban đầu (chưa sàng loại) được tính chính xác đến 0,1 % như sau:

$$\varphi_{hh40} = \frac{100\varphi_{hh} \times V_{a40d}}{(100V_t - \varphi_{hh} \times V_{a40t})} \quad (6)$$

trong đó:

$\varphi_{hh}$  là hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông đã sàng loại cỡ hạt lớn hơn 40 mm, tính bằng phần trăm (%);

$\varphi_{hh40}$  là hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông có chứa cỡ hạt lớn hơn 40 mm, tính bằng phần trăm (%);

$V_{a40d}$  là thể tích tuyệt đối của các thành phần trong hỗn hợp bê tông lọt qua sàng 40mm, xác định theo cấp phối ban đầu, tính bằng mét khối (m<sup>3</sup>);

$V_{a40t}$  là thể tích tuyệt đối của phần cốt liệu lớn trên sàng 40 mm, xác định theo cấp phối ban đầu, tính bằng mét khối (m<sup>3</sup>);

## TCVN 3111:2022

$V_t$  là thể tích tuyệt đối của tất cả các thành phần trong hỗn hợp, tính bằng mét khối ( $m^3$ ).

### 9.3 Hàm lượng bọt khí của thành phần vữa

Khi có yêu cầu, hàm lượng bọt khí,  $\varphi_v$ , của thành phần vữa trong hỗn hợp bê tông được tính chính xác tới 0,25 % như sau:

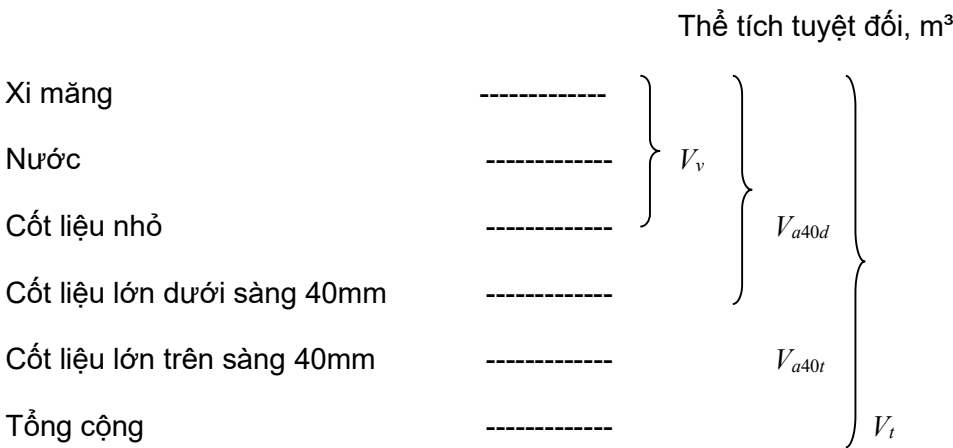
$$\varphi_v = \frac{100\varphi_{hh} \times V_{a40d}}{(100V_v + \varphi_{hh} \times (V_{a40d} - V_v))} \quad (7)$$

trong đó:

$\varphi_v$  là hàm lượng bọt khí của thành phần vữa, tính bằng phần trăm (%);

$V_v$  là thể tích tuyệt đối các thành phần của vữa trong hỗn hợp, tính bằng mét khối ( $m^3$ ).

Sơ đồ biểu thị mối tương quan giữa các đại lượng sử dụng trong công thức (6), (7) cho mẻ trộn có thể tích bất kỳ như sau:



## 10 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm gồm ít nhất các thông tin sau:

- Tên mẫu, ký hiệu mẫu;
- Ngày, giờ thử nghiệm;
- Hàm lượng bọt khí của mẫu bê tông;
- Hàm lượng bọt khí của thành phần vữa trong hỗn hợp (nếu được yêu cầu);
- Viện dẫn tiêu chuẩn này;
- Người thử nghiệm.

## Phụ lục A

(quy định)

### Hiệu chuẩn thiết bị

#### A.1 Hiệu chuẩn ống hiệu chuẩn

Xác định chính xác trọng lượng của nước,  $w$ , cần thiết để đổ đầy ống hiệu chuẩn, với độ chính xác tới 0,1 % trọng lượng của ống chứa đầy nước. Bước hiệu chuẩn này được áp dụng cho cả bình thử kiểu A và kiểu B.

#### A.2 Hiệu chuẩn bình chứa

Xác định trọng lượng của nước,  $W$ , cần thiết để đổ đầy bình chứa, với độ chính xác tới 0,1 % trọng lượng bình chứa đầy nước kể cả tấm kính. Cách hiệu chuẩn như sau: Bôi một lớp mỡ mỏng lên miệng bình chứa. Đổ đầy nước vào bình và trượt một tấm kính trên mặt bình để đảm bảo nước đã được đổ đầy. Lớp mỡ mỏng trên miệng bình sẽ đảm bảo sự kín nước giữa miệng bình chứa và tấm kính. Bước này được thực hiện cho cả bình thử kiểu A và kiểu B.

#### A.3 Thể tích hữu dụng của ống hiệu chuẩn, $R$

Hằng số,  $R$ , tính bằng phần trăm (%) thể tích của bình chứa, được xác định như sau:

##### A.3.1 Bình thử kiểu A

$$R = 0,98 \times \frac{w}{W} \quad (\text{A.1})$$

trong đó:

$w$  là trọng lượng nước cần để đổ đầy ống hiệu chuẩn

$W$  là trọng lượng nước cần để đổ đầy bình chứa

CHÚ THÍCH: Hệ số 0,98 được sử dụng để điều chỉnh cho sự giảm thể tích không khí trong ống hiệu chuẩn khi nó được nén với chiều cao cột nước bằng chiều sâu bình chứa. Hệ số này xấp xỉ 0,98 cho bình chứa cao 200 mm ở độ cao mực nước biển. Giảm xuống 0,975 ở độ cao 1.500 m và 0,97 ở 4.000 m so với mực nước biển. Giá trị của hằng số này giảm 0,01 cho mỗi 100 mm tăng lên của chiều cao bình chứa. Chiều cao của bình chứa và áp suất khí quyển không ảnh hưởng tới thể tích hữu dụng của ống hiệu chuẩn sử dụng cho bình thử kiểu B.

##### A.3.2 Bình thử kiểu B

$$R = \frac{w}{W} \quad (\text{A.2})$$

#### A.4 Xác định hệ số dẫn nở, $D$

## TCVN 3111:2022

**A.4.1** Hệ số dẫn nở,  $D$  (xem Chú thích 1), cho các bình thử kiểu A được xác định bằng cách đổ nước vào thiết bị (đảm bảo phần không khí bị kẹt đã được loại bỏ), điều chỉnh mực nước chính xác ở mức 0 (xem Chú thích 2) và áp dụng áp suất không khí xấp xỉ bằng áp suất vận hành,  $P$ , được xác định theo quy trình hiệu chuẩn qui định trong A.6. Mực giảm của cột nước là hệ số dẫn nở,  $D$ .

CHÚ THÍCH 1: Mặc dù bình chứa, nắp và cơ cấu kẹp của thiết bị đã có kết cấu chắc chắn, kín áp, nhưng việc gia tăng áp suất trong thiết bị sẽ dẫn đến sự tăng nhỏ về thể tích. Sự dẫn nở này không ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm, vì độ dẫn nở của thiết bị khi thử nghiệm bọt khí biểu kiến và khi xác định hệ số hiệu chỉnh cốt liệu là giống nhau (theo quy trình được mô tả trong Điều 5 và Điều 7) nhưng sự giãn nở này lại có ảnh hưởng tới kết quả hiệu chuẩn xác định áp suất làm việc của bình thử kiểu A.

CHÚ THÍCH 2: Các cột nước trên một số bình thử kiểu A được đánh dấu mực nước ban đầu và mức 0, sự khác biệt giữa hai mức chính là mức cho phép của hệ số dẫn nở. Mực nước ban đầu phải được kiểm tra theo cách tương tự như đối với các bình thử bọt khí không được đánh dấu và khi đó, hệ số dẫn nở sẽ được bỏ qua trong tính toán các chỉ số hiệu chuẩn trong A.6.

CHÚ THÍCH 3: Để xác định độ giãn nở  $D$  của thiết bị tại áp suất làm việc  $P$ , vì cả 2 đại lượng ( $D, P$ ) đều là những giá trị chưa biết nên phải sử dụng giá trị  $P'$  (là giá trị xấp xỉ  $P$ ) được xác định theo quy trình quy định trong A.6 với hệ số hiệu chuẩn  $K = 0,98w/W$  và bỏ qua hệ số dẫn nở.

**A.4.2** Đối với bình thử kiểu B, mức cho phép của hệ số dẫn nở,  $D$ , chính là vạch áp suất ban đầu trên đồng hồ đo (thường được nhà sản xuất xác định trước cho mỗi thiết bị xuất xưởng). Mức cho phép được kiểm tra bằng cách đổ đầy nước vào thiết bị (đảm bảo tất cả không khí kẹt trong bình thử đã được loại bỏ), bơm không khí vào buồng khí cho đến khi kim đồng hồ ổn định tại vạch áp suất ban đầu đã được định trước, sau đó xả khí từ buồng áp vào bình chứa. Nếu vạch áp suất ban đầu được định vị chính xác, sau khi xả khí, kim đo của đồng hồ sẽ dịch chuyển về vạch 0 %. Vạch áp suất ban đầu sẽ phải thiết lập lại nếu kim đo không trở về vạch 0 % khi được kiểm tra lặp. Lặp lại thử nghiệm để kiểm tra vạch áp suất ban đầu mới sau khi điều chỉnh.

CHÚ THÍCH: Quy trình này có thể được thực hiện cùng với thử nghiệm hiệu chuẩn được mô tả trong A.8.

## A.5 Chỉ số hiệu chuẩn, $K$

Chỉ số hiệu chuẩn,  $K$ , là số đọc của đồng hồ khi bình thử bọt khí được vận hành ở áp suất đã hiệu chuẩn chính xác.

**A.5.1** Với bình thử kiểu A, chỉ số hiệu chuẩn,  $K$ , được tính như sau

$$K = R + D \tag{A.3}$$

trong đó:

$R$  là thể tích hữu dụng của ống hiệu chuẩn;

$D$  là hệ số dẫn nở.

**A.5.2** Với bình thử kiểu B, chỉ số hiệu chuẩn,  $K$ , bằng thể tích hữu dụng của ống hiệu chuẩn (xem A.3.2) như sau:



$$K = R$$

(A.4)

CHÚ THÍCH: nếu trên ống nước chia độ có chia các vạch nước ban đầu và mức 0, sự khác nhau giữa hai mức chính là hệ số dẫn nở, thành phần  $D$  sẽ được loại bỏ trong công thức A.3.

## A.6 Hiệu chuẩn áp suất làm việc $P$ - bình thử kiểu A

Nếu miệng ống hiệu chuẩn không có cấu tạo rãnh hoặc vấu, lắp 03 (hoặc nhiều hơn) miếng đệm cách đều nhau xung quanh miệng ống. Đảo ngược ống hiệu chuẩn và đặt vào giữa đáy bình chứa đã lau khô. Các miếng đệm sẽ tạo lỗ mở cho nước chảy vào ống hiệu chuẩn khi áp suất tăng lên.

Cố định ống hiệu chuẩn và cẩn thận lắp ráp cụm nắp. Sau khi nắp được kẹp đúng vị trí, cẩn thận điều chỉnh cụm thiết bị về vị trí thẳng đứng và thêm nước ở nhiệt độ không khí bằng ống và phễu cho đến khi nước dâng lên trên vạch 0 trên ống đứng. Đóng lỗ thông hơi và bơm không khí vào thiết bị đến xấp xỉ áp suất vận hành.

Nghiêng bình thử bọt khí khoảng  $30^\circ$  so với chiều đứng, sử dụng đáy của bình chứa làm trục, xoay bình thử bọt khí vài vòng, đồng thời gõ nhẹ vào nắp và xung quanh bình chứa để loại bỏ bọt khí bị vướng vào mặt trong của thiết bị. Đưa thiết bị về vị trí thẳng đứng, giải phóng dần áp suất (để tránh mất không khí từ ống hiệu chuẩn) và mở lỗ thông hơi.

Đưa mực nước chính xác đến mức 0 bằng cách xả nước qua khóa nước ở trên nắp. Sau đó đóng lỗ thông hơi, gia tăng áp lực cho đến khi mực nước giảm thấp hơn giá trị của chỉ số hiệu chuẩn,  $K$ , được xác định như mô tả trong A.5 từ 0,1 % đến 0,2 %. Gõ nhẹ vào xung quanh bình chứa và khi mực nước đúng bằng chỉ số hiệu chuẩn,  $K$ , đọc áp suất,  $P$ , hiển thị trên đồng hồ đo và ghi lại giá trị áp suất với độ chính xác tới 0,5 kPa.

Giải phóng dần áp suất và mở lỗ thông hơi để xác định xem mực nước có trở về mức 0 hay không trong khi gõ nhẹ xung quanh bình chứa. Nếu mực nước không trở lại mức 0, không khí đã bị thoát ra từ ống hiệu chuẩn hoặc nước đã bị rò rỉ từ bình thử bọt khí. Nếu mực nước không trở về trong phạm vi 0,05 % mức 0 và không có rò rỉ nước, một phần không khí có thể đã bị mất đi từ ống hiệu chuẩn. Trong trường hợp này, lặp lại quy trình hiệu chuẩn từ đầu điều A.6. Nếu nước bị rò rỉ, siết chặt khớp nối trước khi lặp lại quy trình hiệu chuẩn.

Kiểm tra giá trị áp suất  $P$  vừa xác định được bằng cách đưa mực nước chính xác đến mức 0, đóng lỗ thông hơi và đưa áp suất trong bình đến mức  $P$ . Gõ nhẹ vào đồng hồ đo bằng tay. Khi đồng hồ đo đạt chính xác áp suất,  $P$ , cột nước sẽ phải hiển thị đúng giá trị của chỉ số hiệu chuẩn,  $K$ , với sai số 0,05 %.

CHÚ THÍCH: Không được làm nghiêng cụm thiết bị cho đến khi nước dâng lên khoảng một phần ba ống hiệu chuẩn dưới áp suất.

## A.7 Hiệu chuẩn xác định áp suất thay thế $P_1$ - bình thử kiểu A

## TCVN 3111:2022

Giá trị hàm lượng bọt khí có thể được nhân đôi khi sử dụng áp suất thay thế giảm  $P_1$ , ứng với chỉ số hiệu chuẩn  $K_1$  có giá trị bằng  $\frac{1}{2}$  chỉ số hiệu chuẩn  $K$  (xác định theo công thức A.3), thay cho áp suất vận hành  $P$ . Để hiệu chuẩn chính xác áp suất thay thế  $P_1$ , phải xác định hệ số dẫn của thiết bị ở giá trị áp suất thay thế  $P_1$  theo A.4. Tuy nhiên, hệ số dẫn nở này thường được bỏ qua và giá trị áp suất thay thế  $P_1$  được xác định như cách xác định giá trị áp suất  $P$ , quy định trong A.6.

### A.8 Hiệu chuẩn đồng hồ đo – bình thử kiểu B

Đổ đầy nước vào bình chứa. Lắp một đoạn ống ngắn hoặc đoạn ống được trang bị kèm theo bình thử bọt khí vào lỗ khóa nước có ren ở mặt dưới cụm nắp.

Lắp ráp cụm thiết bị. Đóng van khí chính từ buồng khí sang bình chứa và mở cả hai khóa nước. Thêm nước thông qua lỗ khóa được lắp ống cho đến khi tất cả không khí thoát ra khỏi lỗ khóa còn lại.

Bơm không khí vào buồng khí cho đến khi áp suất đạt đến vạch áp suất ban đầu. Để một vài giây để khí nén nguội đến nhiệt độ bình thường. Ổn định kim đồng hồ ở vạch áp suất ban đầu bằng cách bơm hoặc xả khí nếu cần, gõ nhẹ vào đồng hồ.

Đóng khóa nước không được lắp ống ở bên dưới. Nối thêm ống xả nước lên trên khóa nước còn lại (khóa có lắp ống ở dưới), rồi xả nước từ cụm thiết bị vào ống hiệu chuẩn bằng cách mở khóa nước và mở dần van khí chính từ buồng khí sang bình chứa, hoặc mở van khí chính và sử dụng khóa nước để kiểm soát dòng nước.

Công tác hiệu chuẩn được thực hiện với ống hiệu chuẩn có thể tích khoảng từ 3 % đến 5 % (tương ứng với hàm lượng bọt khí phổ biến của bê tông). Với một vài loại bình thử, ống hiệu chuẩn có thể tích nhỏ hơn hàm lượng bọt khí, lượng nước lấy ra khi hiệu chuẩn phải được thực hiện nhiều lần. Trong trường hợp này, sử dụng cân để xác định lượng nước được lấy ra với độ chính xác đến 0,1 %. Tính toán thể tích hữu dụng (hàm lượng bọt khí chuẩn),  $R$ , bằng công thức A.2.

Xả không khí ra khỏi cụm thiết bị bằng lỗ khóa không được lắp ống. Trường hợp có sử dụng ống phụ để lấy nước từ bình chứa vào ống hiệu chuẩn thì phải mở khóa nước nối với ống phụ để lượng nước trong ống phụ chảy trở lại bình chứa. Lượng khí trong bình chứa tại thời điểm trước khi mở khóa nước bằng với thể tích của ống hiệu chuẩn.

Bơm không khí vào buồng khí cho đến khi áp suất đạt đến vạch áp suất ban đầu (được đánh dấu trên đồng hồ đo), đóng cả hai khóa nước trên cụm nắp, sau đó mở van khí chính từ buồng khí sang bình chứa. Hàm lượng bọt khí chỉ thị trên mặt đồng hồ đo phải đúng với hàm lượng bọt khí chuẩn đã được xác định trong bình chứa.

Nếu hàm lượng bọt khí chuẩn hiển thị trên đồng hồ đo bị sai khác sau không ít hơn 2 lần xác định, tháo nắp đồng hồ và chỉnh kim đo về hàm lượng bọt khí chuẩn và thử nghiệm lặp lại cho đến khi chỉ số đo tương ứng với hàm lượng bọt khí chuẩn, với sai số không quá 0,1 % theo thể tích.

Trường hợp phải đặt lại kim đồng hồ, kiểm tra lại điểm đánh dấu áp suất ban đầu như trong A.4.2. Và nếu vạch áp suất ban đầu cũng phải được đặt lại, lặp lại công tác hiệu chuẩn từ đầu Điều A.8.

Nếu các số đọc không nhất quán sau các lần hiệu chuẩn, kiểm tra xem có tồn tại sự rò nước từ thiết bị, nước lọt vào buồng khí hay bọt khí bám trên bề mặt bình thử do sử dụng nước lạnh chưa khử khí hay không. Trong trường hợp sau cùng, đun sôi nước sau đó làm mát nước đến nhiệt độ phòng sẽ đảm bảo giảm thiểu bọt khí cuốn vào bình thử.

CHÚ THÍCH: Nếu ống hiệu chuẩn là một phần gắn liền với cụm nắp, khóa sử dụng để đổ nước vào ống hiệu chuẩn phải được đóng ngay sau khi đầy và không mở cho đến khi thử nghiệm hoàn thành.

**Phụ lục B**

(tham khảo)

**Xác định hàm lượng bọt khí bằng phương pháp tính toán**

Hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông,  $\varphi_k$ , được tính toán chính xác tới 0,1 % theo công thức:

$$\varphi_k = \frac{1000 - \left( \frac{X}{\rho_X} + \frac{C}{\rho_C} + \frac{D}{\rho_D} + N + \frac{PG}{\rho_{PG}} \right)}{10} \quad (\text{B.1})$$

trong đó:

$X, C, D, N, PG$  là khối lượng thực tế của xi măng, cốt liệu nhỏ, cốt liệu lớn, nước và phụ gia trong 1 m<sup>3</sup> hỗn hợp bê tông đầm chặt, tính bằng kilôgam (kg);

$\rho_X$  là khối lượng riêng của xi măng xác định theo TCVN 4030:2003, tính bằng gam trên centimet khối (g/cm<sup>3</sup>);

$\rho_C, \rho_D$  là khối lượng riêng của cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn xác định theo TCVN 7572:2006, tính bằng gam trên centimet khối (g/cm<sup>3</sup>);

$\rho_{PG}$  là khối lượng riêng của phụ gia xác định theo TCVN 8826:2011, tính bằng gam trên centimet khối (g/cm<sup>3</sup>).

## Phụ lục C

(tham khảo)

### Độ chính xác

#### C.1 Bình thử kiểu A

**C.1.1** Với một thí nghiệm viên: không được qui định.

**C.1.2** Giữa các phòng thí nghiệm: không được qui định.

**C.1.3** Giữa các thí nghiệm viên

Khi hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông  $\leq 7\%$ , số liệu thống kê sai số về kết quả thử nghiệm giữa các thí nghiệm viên là 0,28 %. Do vậy, quy định sai số cho phép về kết quả hai lần thử nghiệm giữa các thí nghiệm viên trên cùng loại vật liệu không được vượt quá 0,8 %.

#### C.2 Bình thử kiểu B

**C.2.1** Với một thí nghiệm viên

**C.2.1.1** Hàm lượng bọt khí nhỏ hơn 3 %

Số liệu thống kê sai số về kết quả thử nghiệm của một thí nghiệm viên là 0,18 %. Do vậy, quy định sai số cho phép về kết quả giữa hai lần thử nghiệm do một thí nghiệm viên thực hiện trên cùng loại vật liệu không được vượt quá 0,5 %.

**C.2.1.2** Hàm lượng bọt khí từ 3 % đến 8 %

Số liệu thống kê sai số về kết quả thử nghiệm của một thí nghiệm viên tăng dần theo hàm lượng bọt khí (xem Bảng 1). Do vậy, quy định sai số cho phép về kết quả hai lần thử nghiệm do một thí nghiệm viên thực hiện trên cùng loại vật liệu không được vượt quá giá trị ở cột cuối trong Bảng 1.

**C.2.2** Giữa các phòng thí nghiệm

**C.2.2.1** Hàm lượng bọt khí nhỏ hơn 3 %

Số liệu thống kê sai số về kết quả thử nghiệm giữa các phòng thí nghiệm là 0,26 %. Do vậy, quy định sai số cho phép về kết quả hai lần thử nghiệm giữa các phòng thí nghiệm trên cùng loại vật liệu không được vượt quá 0,75 %.

**C.2.2.2** Hàm lượng bọt khí từ 3 % đến 8 %

Số liệu thống kê sai số về kết quả thử nghiệm giữa các phòng thí nghiệm tăng dần theo hàm lượng bọt khí (xem Bảng C.1). Do vậy, quy định sai số cho phép về kết quả hai lần thử nghiệm giữa các phòng thí nghiệm trên cùng loại vật liệu không được vượt giá trị ở cột cuối trong Bảng C.1.

**Bảng C.1 - Sai số thử nghiệm khi hàm lượng bột khí từ 3 % đến 8 %**

Hàm lượng bột khí, %	Độ lệch chuẩn, %	Sai khác giữa hai kết quả, %
Một thí nghiệm viên		
3	0,12	0,33
4	0,16	0,44
5	0,19	0,55
6	0,23	0,66
7	0,27	0,77
8	0,31	0,88
Giữa nhiều phòng thí nghiệm		
3	0,17	0,49
4	0,23	0,65
5	0,29	0,81
6	0,35	0,98
7	0,40	1,14
8	0,46	1,30

CHÚ THÍCH: Sử dụng phương pháp nội suy để xác định sai số cho các giá trị nằm giữa các giá trị hàm lượng bột khí cho trong Bảng C.1.

**Thư mục tài liệu tham khảo**

- [1] ASTM C172/C172M-17a Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
-