

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 8506:2010

ISO 10280:1991

Xuất bản lần 1

**THÉP VÀ GANG - XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG TITAN –
PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ DIANTIPYRYLMETAN**

*Steel and iron – Determination of titanium content –
Diantipyrylmethane spectrophotometric method*

HÀ NỘI - 2010

Lời nói đầu

TCVN 8506:2010 hoàn toàn tương với ISO 10280:1991.

TCVN 8506:2010 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 17 *Thép* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Thép và gang - Xác định hàm lượng titan - Phương pháp quang phổ diantipyrylmetan

Steel and iron – Determination of titanium content – Diantipyrylmethane spectrophotometric method

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp quang phổ diantipyrylmetan để xác định hàm lượng titan trong thép và gang.

Phương pháp này áp dụng cho hàm lượng titan trong phạm vi 0,002% (khối lượng) và 0,80 % (khối lượng).

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu dưới đây là rất cần thiết đối với việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với tài liệu có ghi năm công bố, áp dụng phiên bản được nêu. Đối với tài liệu không có năm công bố, áp dụng phiên bản mới nhất kể cả các sửa đổi, nếu có.

TCVN 1811:2008 (ISO 14284:1996) , *Thép và gang – Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu để xác định thành phần hoá học.*

TCVN 4851 (ISO 3696), *Nước dùng để phân tích trong phòng thí nghiệm - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.*

TCVN 6910 (ISO 5725), *Độ chính xác (độ đúng và độ chụm) của phương pháp đo và kết quả đo.*

TCVN 7149 (ISO 385), *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh - Buret.*

TCVN 7151 (ISO 648), *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh - Pipet một mức.*

TCVN 7153 (ISO 1042), *Dụng cụ thí nghiệm bằng thủy tinh - Bình định mức.*

TCVN 8506:2010

3 Nguyên tắc

Hoà tan khối lượng mẫu phân tích trong các axit clohydric, nitric và sunfuric.

Nung chảy cặn không tan bằng kali bisunfat.

Tạo phức màu vàng với 4,4'-diantipyrilmetan.

Đo quang phổ của phức có màu tại bước sóng 385 nm.

4 Thuốc thử

Trong quá trình phân tích, nếu không có thoả thuận nào khác, thì chỉ sử dụng thuốc thử được chứng nhận tinh khiết phân tích và chỉ dùng nước loại 2 như được quy định trong TCVN 4851 (ISO 3696).

4.1 Sắt, có độ tinh khiết cao chứa ít hơn 2 µg Ti/g.

4.2 Kali bisunfat, (KHSO₄)

4.3 Natri cacbonat (Na₂CO₃), khan

4.4 Axit clohydric, ρ = 1,19 g/ml;

4.5 Axit nitric, ρ = 1,40 g/ml;

4.6 Axit flohydric, ρ = 1,15 g/ml;

4.7 Axit clohydric, ρ = 1,19 g/ml, dung dịch pha loãng 1+1;

4.8 Axit clohydric, ρ = 1,19 g/ml, dung dịch pha loãng 1+3;

4.9 Axit sunfuric, ρ = 1,84 g/ml, dung dịch pha loãng 1+1;

4.10 Axit tataric, dung dịch 100 g/l;

4.11 Axit ascorbic, dung dịch 100 g/l;

Pha ngay trước khi dùng

4.12 Dung dịch amoni oxalat,

Hoà tan 6 g amoni oxalat ngậm một phân tử nước [(COONH₄)₂.H₂O] trong nước và pha loãng đến 200 ml.

4.13 Dung dịch sắt, 12,5 g/l.

Hoà tan 1,25 g sắt (4.1) vào 10 ml axit clohydric (4.7) đun nóng nhẹ cho tan. Thêm vào 5 ml axit nitric (4.5) và đun sôi đến khi thể tích của dung dịch xấp xỉ 10 ml. Làm nguội và chuyển vào bình định mức 100 ml, thêm nước đến vạch và lắc kỹ.

4.14 Dung dịch trắng thuốc thử

Chuẩn bị dung dịch thí nghiệm trắng thuốc thử song song với việc xác định, sử dụng cùng những lượng thuốc thử như đã dùng cho việc phân tích nhưng không có sắt. Sau đó tiến hành đúng như quá trình đã nêu trong 7.3.1 và 7.3.2, pha loãng bằng nước đến 100 ml.

4.15 Dung dịch diantipyrylmetan.

Hoà tan 4 g 4,4'-metylenbis (2,3-dimetyl-1-phenyl-5-pyrazolon) ngậm một phân tử nước, $C_{23}H_{24}O_2N_4 \cdot H_2O$, (diantipyrylmetan) trong 20 ml axit clohydric (4.7) và pha loãng đến 100 ml nước.

4.16 Dung dịch tiêu chuẩn titan**4.16.1 Dung dịch gốc titan, tương ứng với 1g Ti trên lít.**

Dùng cân có độ chính xác 0,0001g, cân 0,500 g titan kim loại có độ tinh khiết cao (độ tinh khiết > 99,9% (khối lượng)) và chuyển vào cốc 300 ml. Cho vào 180 ml axit sunfuric ($\rho = 1,84$ g/ml), được pha loãng 1+3, đặt cốc bằng mặt kính đồng hồ, đun nóng đến khi kim loại tan hết và thêm vào từng giọt một axit nitric (4.5) để oxy hoá. Làm nguội, chuyển vào bình định mức 500 ml, pha loãng bằng nước đến vạch và lắc kỹ.

1 ml dung dịch gốc này chứa 1,0 mg Ti.

4.16.2 Dung dịch tiêu chuẩn titan, tương ứng với 50 mg Ti trên lít.

Chuyển 10,0 ml dung dịch gốc titan (4.16.1) vào bình định mức 200 ml. Pha loãng bằng nước đến vạch và lắc kỹ.

Pha dung dịch ngay trước khi dùng.

1 ml dung dịch tiêu chuẩn này chứa 50 μ g Ti.

5 Thiết bị, dụng cụ

Tất cả dụng cụ thủy tinh đo thể tích phải là loại A phù hợp với TCVN 7149 (ISO 385), TCVN 7151 (ISO 648) hoặc TCVN 7153 (ISO 1042).

Sử dụng dụng cụ thông dụng của phòng thí nghiệm và

5.1 Chén nung, bằng platin hoặc hợp kim vàng-platin, dung tích 30 ml.**5.2 Máy quang phổ**

Phải trang bị máy quang phổ đo được độ hấp thụ quang ở bước sóng 385 nm.

Bước sóng của phép đo phải chính xác đến ± 2 nm hoặc nhỏ hơn. Trong phạm vi độ hấp thụ quang từ 0,05 đến 0,85, phép đo độ hấp thụ quang phải có khả năng lặp lại đến $\pm 0,003$ hoặc tốt hơn.

TCVN 8506:2010

6 Lấy mẫu

Tiến hành lấy mẫu thép và gang theo TCVN 1811 (ISO 14284).

7 Cách tiến hành

7.1 Khối lượng mẫu phân tích

Dùng cân có độ chính xác 0,0005 g, cân một khối lượng mẫu phân tích phù hợp với hàm lượng titan dự tính như sau:

- a) Đối với hàm lượng titan trong phạm vi 0,002 % (khối lượng) đến 0,125 % (khối lượng), khối lượng mẫu là 1,00 g;
- b) Đối với hàm lượng titan trong phạm vi 0,125 % (khối lượng) đến 0,80 % (khối lượng), khối lượng mẫu là 0,50 g.

7.2 Thí nghiệm trắng

Tiến hành thí nghiệm trắng song song với việc phân tích và theo cùng một phương pháp, sử dụng cùng những lượng thuốc thử và cùng cuvet như trong việc phân tích, thay khối lượng mẫu bằng lượng sắt tương đương (4.1).

7.3 Tiến hành xác định

7.3.1 Hoà tan mẫu phân tích

Đặt khối lượng mẫu phân tích (7.1) vào trong cốc 250 ml. Cho vào 20 ml axit clohydric (4.4), đậy cốc bằng mặt kính đồng hồ và giữ cho nhiệt độ ở 70 °C đến 90 °C cho đến khi ngừng phản ứng của axit. Thêm vào 5 ml axit nitric (4.5) và đun sôi đến khi thể tích dung dịch còn phạm vi 10 ml.

Làm nguội dung dịch, thêm vào 20 ml axit sunfuric (4.9) và bốc hơi đến xuất hiện khói lưu huỳnh trioxit. Ngay trước khi khói sinh ra, các kết tủa rắn bắt đầu hình thành và cần thiết phải đun nhẹ để dung dịch không bị bắn ra. Ngay khi bắt đầu bốc khói hỗn hợp trở nên bền vững và có thể cho bốc nhanh ở nhiệt độ cao hơn. Cần tránh bốc khói quá mức, đặc biệt với hợp kim chứa crom vì nếu để muối crom đông tụ lại gây khó cho việc tái hoà tan.

Làm nguội, thêm vào 20 ml axit clohydric (4.8) và đun nóng để tái hoà tan muối.

Lọc qua giấy lọc chảy trung bình có hàm lượng tro thấp và rửa bằng nước nóng. Rửa bằng 10 ml axit clohydric (4.7) và rửa lại bằng nước nóng lần nữa. Giữ giấy lọc lại.

7.3.2 Xử lý cặn không tan

Chuyển giấy lọc và cặn vào chén (5.1), sấy khô và nung ở nhiệt độ thấp có thể cho đến khi cacbon cháy hết và cuối cùng giữ ở 700 °C ít nhất trong 15 min. Làm nguội và cho vào vài giọt axit sunfuric (4.9) và 2 ml axit flohydric (4.6), bốc hơi đến khô và nung ở 700 °C.

CHÚ THÍCH 1: Đối với khối lượng mẫu có chứa vonfram, thực hiện như đã nêu trong điều 9.

Nung chảy cạn với 1,0 g kali bisunfat (4.2) trên một đèn khí ga Bunsen và làm nguội chén. Hoà tan bằng cách đun nóng với 10 ml dung dịch axit tataric (4.10) và gộp vào dung dịch lọc chính. Chuyển vào bình định mức 100 ml hoặc 200 ml theo như Bảng 1, pha loãng bằng nước đến vạch và lắc kỹ.

Bảng 1

Hàm lượng titan % (khối lượng)	Khối lượng mẫu g	Thể tích pha loãng của dung dịch phân tích (7.3.2) (V ₀) ml	Thể tích hút ra (V ₁) ml	Thể tích dung dịch sắt (4.13) thêm vào ml	Thể tích dung dịch trắng thuốc thử (4.14) thêm vào ml	Chiều dày cuvet cm
0,002 đến 0,050	1,0	100	10,0	-	-	2
trên 0,050 đến 0,125	1,0	100	10,0	-	-	1
trên 0,125 đến 0,50	0,5	200	10,0	6,0	5,0	1
trên 0,50 đến 0,80	0,5	200	5,0	7,0	7,5	1

7.3.3 Lên màu

Để chuẩn bị dung dịch phân tích và dung dịch so sánh, chuyển 2 phần thể tích theo như Bảng 1 vào hai bình định mức 50 ml riêng rẽ. Dùng buret hoặc pipet để thêm vào theo thứ tự dưới đây, lắc đều sau mỗi lần thêm.

a) Dung dịch thử:

- Dung dịch sắt (4.13) nếu cần (xem Bảng 1);
- Dung dịch thí nghiệm trắng thuốc thử (4.14) nếu cần (xem Bảng 1);
- 2,0 ml dung dịch amoni oxalat (4.12);
- 6,0 ml axit clohydric (4.7);
- 8,0 ml dung dịch axit ascorbic (4.11) , để yên trong 5 min;
- 10,0 ml dung dịch diantipyrylmetan (4.15).

b) Dung dịch so sánh:

- Dung dịch sắt (4.13) nếu cần (xem Bảng 1);
- Dung dịch thí nghiệm trắng thuốc thử (4.14) nếu cần (xem Bảng 1);
- 2,0 ml dung dịch amoni oxalat (4.12);

TCVN 8506:2010

- 8,0 ml axit clohydric (4.7);
- 8,0 ml dung dịch axit ascorbic (4.11), để yên trong 5 min;

Pha loãng dung dịch a) và b) bằng nước đến vạch và lắc kỹ. Để yên trong 30 min ở nhiệt độ phòng (trong phạm vi từ 20 °C đến 30 °C). Nếu nhiệt độ phòng trong phạm vi từ 15 °C đến 20 °C, tăng thời gian để yên lên 60 min.

7.3.4 Đo quang phổ

Điều chỉnh bước sóng của máy quang phổ (5.2) đến 385 nm.

Đặt cuvet chứa nước vào máy quang phổ và điều chỉnh thiết bị về độ hấp thụ quang bằng 0. Cần sử dụng kích thước cuvet phù hợp đối với toàn bộ phạm vi yêu cầu (xem Bảng 1). Khi thay đổi kích thước cuvet, cần thiết điều chỉnh lại điểm "không" của máy quang phổ sử dụng cuvet mới.

Đo độ hấp thụ quang của dung dịch phân tích đã lên màu và dung dịch so sánh của mẫu phân tích và thí nghiệm trắng .

Đối với từng cặp độ hấp thụ quang ghi được, xác định độ hấp thụ quang thực bằng cách lấy độ hấp thụ quang dung dịch phân tích trừ đi độ hấp thụ quang dung dịch so sánh.

7.4 Xây dựng đường chuẩn

7.4.1 Chuẩn bị dung dịch tiêu chuẩn

Cân chính xác 1,000 g những lượng sắt (4.1) cho vào trong một loạt những cốc 250 ml. Thêm dung dịch titan tiêu chuẩn (4.16.2) như được nêu trong Bảng 2 và thực hiện như đã miêu tả trong 7.3.1.

Thêm vào 10 ml axit clohydric (4.7), 1,0 g kali bisunfat (4.2) và 10 ml dung dịch axit tataric (4.10) cho từng cốc. Lắc kỹ cho tan. Làm nguội và chuyển vào trong một loạt bình định mức 100 ml, pha loãng bằng nước đến vạch và lắc kỹ.

Chuyển những thể tích 10 ml của từng dung dịch tiêu chuẩn vào những bình định mức 50 ml riêng rẽ và hoàn thiện việc lên màu như đã miêu tả trong 7.3.3. Không cần phải thêm dung dịch sắt (4.13) và dung dịch thí nghiệm trắng thuốc thử (4.14).

CHÚ THÍCH 2: Không cần thiết phải chuẩn bị dung dịch so sánh cho từng dung dịch tiêu chuẩn. Chỉ chuẩn bị dung dịch so sánh cho mẫu chuẩn "không" và dùng nó để khấu trừ cho từng dung dịch tiêu chuẩn.

Bảng 2

Hàm lượng titan % (khối lượng)	Dung dịch titan tiêu chuẩn (4.16.2) ml	Nồng độ titan trong dung dịch tiêu chuẩn lên màu. $\mu\text{g/ml}$	Hàm lượng titan tương ứng trong khối lượng mẫu thử % (khối lượng)
từ 0,002 đến 0,050	0 ¹⁾	0	0
	1	0,1	0,005
	3	0,3	0,015
	5	0,5	0,025
	7	0,7	0,035
	10	1,0	0,050
trên 0,050 đến 0,125	0 ¹⁾	0	0
	5	0,5	0,025
	10	1,0	0,050
	15	1,5	0,075
	20	2,0	0,100
	25	2,5	0,125
trên 0,125 đến 0,50	0 ¹⁾	0	0
	5	0,5	0,100
	10	1,0	0,200
	15	1,5	0,300
	20	2,0	0,400
	25	2,5	0,500
trên 0,50 đến 0,80	0 ¹⁾	0	0
	5	0,5	0,20
	10	1,0	0,40
	15	1,5	0,60
	20	2,0	0,80
¹⁾ Mẫu chuẩn "không"			

TCVN 8506:2010

7.4.2 Đo quang phổ

Tiến hành đo quang phổ của từng dung dịch tiêu chuẩn như được miêu tả trong 7.3.4. Đối với hàm lượng titan dự tính dưới 0,050 % (khối lượng) tiến hành đo độ hấp thụ quang bằng cuvet 2 cm. Đối với phần còn lại, đo độ hấp thụ quang bằng cuvet 1 cm.

7.4.3 Vẽ đồ thị chuẩn

Dựng đồ thị chuẩn bằng cách vẽ giá trị độ hấp thụ quang thực so với nồng độ titan tính ra microgram trên mililit trong dung dịch đo.

8 Tính toán kết quả

8.1 Phương pháp tính

Chuyển đổi độ hấp thụ quang thực (xem 7.3.4) ra nồng độ tương ứng tính bằng microgram Ti trên mililit, trong dung dịch mẫu phân tích đã lên màu bằng cách sử dụng đồ thị chuẩn (7.4.3).

Hàm lượng titan w_{Ti} , biểu thị ra phần trăm khối lượng, được tính bằng công thức sau:

$$\begin{aligned}w_{Ti} &= (\rho_{Ti,1} - \rho_{Ti,0}) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{V_0}{V_1} \times \frac{V_t}{m} \times 100 \\ &= (\rho_{Ti,1} - \rho_{Ti,0}) \times \frac{1}{10^6} \times \frac{V_0}{V_1} \times \frac{50}{m} \times 100 \\ &= \frac{V_0 (\rho_{Ti,1} - \rho_{Ti,0})}{200 m V_1}\end{aligned}$$

Trong đó:

$\rho_{Ti,0}$ là nồng độ titan trong dung dịch thí nghiệm trắng đã lên màu (đã chỉnh sửa đối với dung dịch so sánh của nó), tính bằng microgram trên mililit;

$\rho_{Ti,1}$ là nồng độ titan trong dung dịch mẫu phân tích đã lên màu (đã chỉnh sửa đối với dung dịch so sánh của nó), tính ra microgram trên mililit;

V_0 là thể tích của dung dịch phân tích (xem 7.3.2 và Bảng 1), tính bằng mililit;

V_1 là thể tích của phần dung dịch hút ra (xem Bảng 1), tính bằng mililit;

V_t là thể tích của dung dịch đã lên màu (xem 7.3.3), tính bằng mililit;

m là khối lượng mẫu phân tích (7.1), tính bằng gam.

8.2 Độ chụm

Việc kiểm tra độ chụm của phương pháp này được thực hiện bởi 17 phòng thí nghiệm thực hiện sử dụng 9 mức titan, mỗi phòng thí nghiệm xác định ba kết quả cho từng mức hàm lượng titan (xem Chú thích 3 và 4).

Các mẫu sử dụng được thống kê trong Bảng A.1.

Kết quả được xử lý bằng phương pháp thống kê phù hợp với TCVN 6910 (ISO 5725),

Các dữ liệu nhận được cho thấy có sự tương quan logarit giữa hàm lượng titan và độ lặp lại (r) hoặc độ tái lập (R và R_w) của kết quả phân tích (xem chú thích 5) như đã tóm tắt trong Bảng 3. Đồ thị biểu diễn các dữ liệu về độ chụm được trình bày trong Phụ lục B.

Bảng 3

Hàm lượng titan % (khối lượng)	Độ lặp lại r	Độ tái lập	
		R	R_w
0,002	0,000 35	0,000 80	0,000 68
0,005	0,000 54	0,001 3	0,000 99
0,010	0,000 75	0,002 0	0,001 3
0,025	0,001 2	0,003 3	0,001 9
0,050	0,001 6	0,004 8	0,002 5
0,10	0,002 2	0,007 1	0,003 4
0,25	0,003 4	0,011 9	0,004 9
0,50	0,004 7	0,017 5	0,006 5
0,80	0,005 8	0,022 5	0,007 8

CHÚ THÍCH:

- Hai trong ba kết quả xác định được thực hiện trong những điều kiện có độ lặp lại như đã định rõ trong TCVN 6910 (ISO 5725), nghĩa là một nhân viên thí nghiệm với cùng thiết bị, điều kiện vận hành giống hệt nhau, cùng đường chuẩn và một phạm vi thời gian ngắn nhất.
- Kết quả xác định thứ ba được thực hiện tại một thời điểm khác (ở một ngày khác) cũng do chính nhân viên thí nghiệm như trong Chú thích 3 trên, sử dụng cùng thiết bị nhưng với đường chuẩn mới
- Từ hai kết quả có được của ngày 1, sử dụng phương pháp quy định trong TCVN 6910 (ISO 5725), có thể tính được độ lặp lại (r) và tính tái sản xuất (R). Từ kết quả đầu tiên trong ngày 1 và kết quả trong ngày 2, tính được độ tái lập trong phạm vi phòng thí nghiệm (R_w).

TCVN 8506:2010

9 Trường hợp đặc biệt

Đối với mẫu chứa vonfram, nung chảy cạn từ việc xử lý bằng axit flohydric- sunfuric với 5 g natri cacbonat (4.3) ở 950 °C. Làm nguội và hoà tan sản phẩm nung trong 200 ml nước. Đun đến sôi và lọc qua giấy lọc chày trung bình và rửa bằng nước nóng. Vứt bỏ phần nước lọc. Chuyển giấy lọc và cặn vào chén (5.1), sấy khô và nung ở 700 °C.

Thực hiện như đã chỉ rõ trong đoạn thứ hai của 7.3.2, từ "Nung chảy cạn với 1,0 g kali bisunfat (4.2) ..." cho đến hết.

Tiến hành thí nghiệm trắng riêng rẽ (7.2) và chuẩn bị dung dịch thí nghiệm trắng thuốc thử (4.14) để bao hàm cho quá trình này.

10 Báo cáo thử

Báo cáo thử phải bao gồm các nội dung sau:

- a) Tất cả mọi thông tin cần thiết để phân biệt được mẫu, phòng thí nghiệm và ngày tháng phân tích;
- b) Phương pháp được sử dụng viện dẫn tiêu chuẩn này;
- c) Kết quả và hình thức biểu thị;
- d) Những nét đặc biệt khác thường được ghi lại trong quá trình xác định;
- e) Mọi cách thao tác không được quy định trong tiêu chuẩn này hoặc mọi cách thao tác tùy ý có ảnh hưởng đến kết quả phân tích.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Thông tin bổ sung về các thử nghiệm có sự hợp tác quốc tế

Bảng 3 được lấy từ kết quả thử nghiệm phân tích quốc tế đã tiến hành năm 1987 và 1988 trên tám mẫu thép và một mẫu gang thời ở tám quốc gia do 17 phòng thí nghiệm thực hiện.

Kết quả thử nghiệm được báo cáo trong tài liệu 17/1 N 807 tháng 5 năm 1989. Đồ thị biểu diễn các dữ liệu về độ chụm được nêu trong Phụ lục B.

Các mẫu phân tích sử dụng được liệt kê trong Bảng A.1

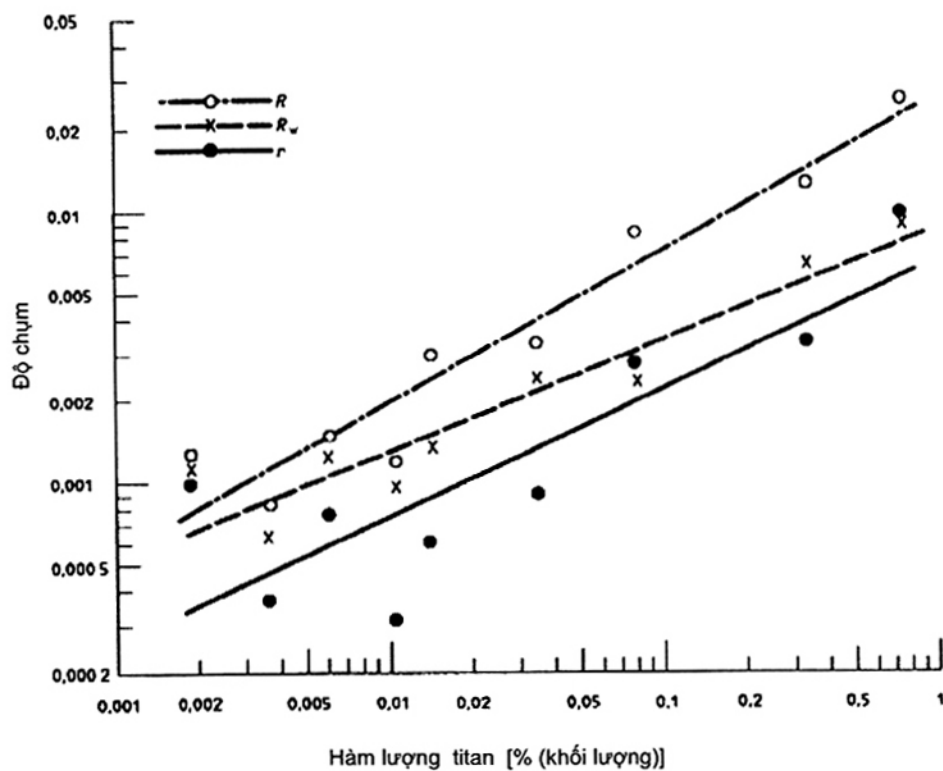
Bảng A.1

Mẫu	Hàm lượng titan % (khối lượng)		
	Công nhận	Tìm được	
		$\bar{W}_{Ti,1}$	$\bar{W}_{Ti,2}$
BHP – D3 (Thép mềm)	0,002 ¹⁾	0,001 9	0,001 9
NBS 11 h (Thép mềm)	0,004	0,003 7	0,003 6
JSS 500-5 (Thép hợp kim thấp)	0,008	0,006 1	0,006 0
JSS 169-5 (Thép mềm)	0,012	0,010 7	0,010 8
BCS 453 (Thép mềm)	0,016	0,014 1	0,014 4
JSS 171-3 (Thép mềm)	0,036	0,035 0	0,034 9
JSS 102-4 (Gang thời)	0,083	0,080 9	0,080 9
NBS 121 d (Thép không gỉ)	0,342	0,339	0,340
BCS 398 (Hợp kim nam châm vĩnh cửu)	0,79	0,764	0,764
$\bar{W}_{Ti,1}$: Trung bình đại diện trong một ngày			
$\bar{W}_{Ti,2}$: Trung bình đại diện giữa các ngày			
¹⁾ Kết quả chưa được công nhận			

Phụ lục B

(Tham khảo)

Đồ thị biểu diễn các dữ liệu về độ chụm



$$\lg r = 0,4673 \lg \bar{W}_{T_{1,1}} - 2,189$$

$$\lg R = 0,5587 \lg \bar{W}_{T_{1,1}} - 1,590$$

$$\lg R_w = 0,3648 \lg \bar{W}_{T_{1,2}} - 2,901$$

Trong đó:

$\bar{W}_{T_{1,1}}$ trung bình đại diện trong một ngày;

$\bar{W}_{T_{1,1}}$ trung bình đại diện trong nhiều ngày.

Hình B.1 – Mối tương quan logarit giữa hàm lượng titan (\bar{W}_{T_i}) và độ lặp lại (r) và độ tái lập (R và R_w).