

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 8998:2011

ASTM E 415-08

THÉP CACBON VÀ THÉP HỢP KIM THẤP – PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH BẰNG QUANG PHỔ
PHÁT XẠ CHÂN KHÔNG

Standard test method for atomic emission vacuum spectrometric analysis of carbon and low-alloy steel

Lời nói đầu

TCVN 8998:2011 hoàn toàn tương đương ASTM E 415-08

TCVN 8998:2011 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 CACBON VÀ THÉP HỢP KIM THẤP – PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH BẰNG QUANG
PHỔ PHÁT XẠ CHÂN KHÔNG

Standard test method for atomic emission vacuum spectrometric analysis of carbon and low-alloy steel

1. Phạm vi áp dụng

1.1. Tiêu chuẩn này quy định phương pháp thử để xác định đồng thời 20 nguyên tố hợp kim và tạp chất trong thép cacbon và thép hợp kim thấp ở phạm vi hàm lượng dưới đây.

Phạm vi hàm lượng

Nguyên tố	Phạm vi áp dụng, % ^A	Phạm vi hàm lượng, % ^B
Nhôm	0 đến 0,075	0,02 đến 0,075
Asen	0 đến 0,1	0,05 đến 0,1
Bo	0 đến 0,007	0,002 đến 0,007
Canxi	0 đến 0,003	0,001 đến 0,003
Cacbon	0 đến 1,1	0,08 đến 1,1
Crom	0 đến 2,25	0,02 đến 2,25
Coban	0 đến 0,18	0,008 đến 0,18
Đồng	0 đến 0,5	0,04 đến 0,5
Mangan	0 đến 2,0	0,10 đến 2,0
Molipden	0 đến 0,6	0,03 đến 0,6
Niken	0 đến 5,0	0,02 đến 5,0
Niobi	0 đến 0,085	0,02 đến 0,085
Nitơ	0 đến 0,015	0,004 đến 0,015
Photpho	0 đến 0,085	0,02 đến 0,0085
Silic	0 đến 1,15	0,07 đến 1,15
Lưu huỳnh	0 đến 0,055	0,01 đến 0,055
Thiếc	0 đến 0,045	0,01 đến 0,045

Titan	0 đến 0,2	0,004 đến 0,20
Vanadi	0 đến 0,3	0,004 đến 0,3
Ziriconi	0 đến 0,05	0,02 đến 0,05
^A Phạm vi áp dụng phù hợp với ASTM E 1763 đối với kết quả ghi nhận phù hợp với ASTM E 1950.		
^B Phạm vi định lượng phù hợp với ASTM E 1601.		

CHÚ THÍCH 1: Phạm vi hàm lượng của các nguyên tố kể trên đã được xác lập qua việc thử nghiệm có sự kết hợp của các vật liệu chuẩn. Ngoài các số liệu gốc của ASTM E415-71, các số liệu từ việc hợp tác thử nghiệm với một phạm vi rộng rãi hơn của các vật liệu chuẩn cũng được đưa vào để mở rộng phạm vi hàm lượng của các nguyên tố.

1.2. Tiêu chuẩn này quy định việc phân tích các vật mẫu có đường kính phù hợp để đặt khí vào lỗ khoan của phần mở giá phát tia lửa điện (có tác dụng nút kín khí argon). Chiều dày mẫu có thể thay đổi đáng kể tùy thuộc thiết kế giá thử nghiệm của máy quang phổ, nhưng thích hợp nhất là chiều dày ở trong khoảng từ 10 mm đến 38 mm.

1.3. Tiêu chuẩn này quy định việc phân tích kiểm tra thường nhật trong quá trình sản xuất gang, thép và phân tích vật liệu gia công. Nó được thiết kế cho các vật mẫu được đúc bằng khuôn kim loại, được cần và được rèn. Hiệu suất tốt nhất có được khi mẫu chuẩn và mẫu phân tích có thành phần và trạng thái luyện kim tương tự. Tuy nhiên không đòi hỏi tất cả các ứng dụng phải tuân theo tiêu chuẩn này.

1.4. Tiêu chuẩn này không có ý hướng tới những băn khoăn về độ an toàn nếu bất kỳ người nào liên quan đến việc sử dụng nó. Trách nhiệm của người sử dụng tiêu chuẩn này là thiết lập sự an toàn thích hợp và thực hành thoải mái cũng như xác định việc sử dụng có những điều chỉnh về giới hạn trước khi dùng.

2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn. 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 (nếu có).

ASTM E 135, *Terminology Relating to Analytical Chemistry for Metals, Ores, and related Materials* (Thuật ngữ có liên quan đến bộ môn hóa phân tích kim loại, quặng và các vật liệu liên quan).

ASTM E 158, *Practice for Fundamental Calculations to Convert Intensities into Concentrations in Optical Emissions Spectrochemical Analysis* (Thực hành các phép tính cơ bản để chuyển đổi cường độ sang nồng độ trong phân tích hóa phổ phát xạ quang học).

ASTM E 305, *Practice for Establishing and Controlling Atomic Emission Spectrochemical Analytical Curves* (Thực hành thiết lập và kiểm tra đường cong phân tích bằng phương pháp hóa phổ phát xạ nguyên tử).

ASTM E 350, *Test Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low-Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron, and Wrought Iron* (Phương pháp thử dùng để phân tích hóa thép cacbon, thép hợp kim thấp, thép kỹ thuật điện silic, gang đúc khuôn kim loại và thép gia công).

ASTM E 406, *Practice for Using Controlled Atmospheres in Spectrochemical Analysis* (Thực hành việc sử dụng bầu khí quyển được kiểm soát trong phân tích hóa phổ).

ASTM E 1019, *Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen and Oxygen in Steel and in Iron, Nickel and Cobalt Alloys* (Phương pháp thử để xác định cacbon, lưu huỳnh, nitơ và oxy trong thép và gang, hợp kim niken và coban).

ASTM E 1329, *Practice for Verification and use of Control Charts in Spectrochemical Analysis* (Thực hành việc đối chiếu và sử dụng biểu đồ kiểm tra trong phân tích hóa phổ).

ASTM E 1601, *Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Evaluate the Performance of an Analytical Method* (Thực hành việc kết nối sự nghiên cứu liên phòng thí nghiệm để đánh giá hiệu quả một phương pháp phân tích).

ASTM E 1763, *Guide for Interpretation and Use of Results from Interlaboratory Testing of Chemical Analysis Methods* (Sách hướng dẫn dùng để diễn giải và sử dụng kết quả từ việc thử nghiệm liên phòng thí nghiệm của các phương pháp phân tích hóa học).

ASTM E 1806, *Practice for Sampling Steel and Iron for Determination of Chemical Composition* (Thực hành việc lấy mẫu thép và gang để xác định thành phần hóa học).

ASTM E 1950, *Practice for Reporting Results from methods of Chemical Analysis* (Thực hành việc thông báo kết quả từ các phương pháp phân tích hóa học).

3. Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các định nghĩa và thuật ngữ của ASTM E 135.

4. Bản chất phương pháp

Sự phóng điện của một tụ được sinh ra giữa một bề mặt phẳng, là mặt nền của vật mẫu hình đĩa tròn và một điện cực được tạo dáng hình côn. Sự phóng điện kết thúc tại một thời điểm có cường độ định trước với một vạch phổ chọn lọc của sắt hoặc tại một thời gian định trước và năng lượng phát xạ tương đối của vạch phổ phân tích được ghi lại. Các vạch phổ có độ nhạy nhất là của asen, bo, cacbon, nitơ, photpho, lưu huỳnh và thiếc nằm trong vùng cực tím chân không. Sự hấp phụ phát xạ do không khí trong vùng này không đáng kể vì máy quang phổ và buồng đánh hồ quang được rút hết không khí và bơm đầy khí argon.

5. Tầm quan trọng và việc sử dụng

Phương pháp thử này dùng để phân tích kim loại và hợp kim bằng quang phổ chủ yếu để thử nghiệm các loại vật liệu xem có phù hợp với các thông số kỹ thuật về thành phần. Điều quan trọng là tất cả những ai sử dụng phương pháp này phải là những nhà phân tích có khả năng thực hiện một cách thành thạo và an toàn các phương thức thông thường của phòng thí nghiệm. Do đó, việc phân tích được thực hiện trong một phòng thí nghiệm được trang bị một cách phù hợp.

6. Thiết bị, dụng cụ

6.1. Dụng cụ lấy mẫu

Tham khảo tài liệu ASTM E 1806 dùng cho các dụng cụ và cách thực hành lấy mẫu gang, thép ở thể lỏng và rắn.

6.2. Nguồn kích thích, có khả năng cung cấp các thông số điện cho việc phát ra tia lửa một mẫu. Xem chi tiết ở 11.1

6.3. Buồng phát tia lửa, tự động bơm đầy khí argon. Buồng phát tia lửa phải được lắp trực tiếp vào máy quang phổ và phải được gắn một giá đỡ phát tia lửa để giữ một vật mẫu phẳng và một điện cực dạng thanh nằm thấp hơn phía đối diện.

CHÚ THÍCH 2: Để làm sạch buồng phát tia lửa làm theo chỉ dẫn của nhà sản xuất (trong quá trình vận hành liên tục, đặc biệt là sau 24 h phải thực hiện công việc này). Để làm sạch lối vào các thấu kính hoặc cửa sổ, cần tuân thủ các chỉ dẫn của nhà sản xuất (dữ liệu của máy kiểm tra hoặc dữ liệu cường độ mẫu chuẩn có thể hiển thị một cách điển hình khi cần đến chúng).

6.4. Máy quang phổ, có độ phân tán tuyến tính qua lại là 0,60 nm/mm hoặc tốt hơn trong cấp thứ nhất và một tiêu cự 0,75 m đến 3 m. Phạm vi đo của nó phải từ 120 nm đến 400,0 nm. Trong máy quang phổ phải có những tấm chắn để loại bỏ bức xạ phân tán. Máy quang phổ phải được trang bị một đầu dẫn không khí vào và một đầu ra chân không. Máy quang phổ phải được vận hành ở độ chân không 3,33 Pa (25 m thủy ngân) hoặc thấp hơn. Chiều rộng khe sáng đầu tiên có thể trong khoảng từ 20 m đến 50 m. Khe sáng thứ hai có thể thay đổi (bình thường trong khoảng 37 m và 200 m) tùy thuộc vào bước sóng của nguyên tố và các bước sóng giao thoa có thể.

6.5. Hệ thống đo đặc, gồm các bộ nhân quang có bộ điều chỉnh điện thế riêng rẽ, các tụ điện ở các đầu ra của từng bộ nhân quang được tích trữ, hệ thống đo điện thế để ghi lại hoặc trực tiếp hoặc gián tiếp các điện thế trên các tụ điện cũng như sắp xếp sự chuyển mạch cho các trình tự vận hành mong muốn.

6.6. Bơm chân không, có khả năng duy trì một độ chân không 3,33 Pa (25 mm thủy ngân) hoặc nhỏ hơn.

CHÚ THÍCH 3: Loại bơm thích hợp là có dung tích làm việc ít nhất 0,23 m³/min (8 ft³/min).

6.7. Hệ thống khí, gồm nguồn cung cấp argon có bộ phận điều chỉnh áp suất và lưu lượng. Phải thiết lập sự sắp xếp thứ tự tự động để khởi động dòng chảy theo một lưu lượng cho trước đối với một khoảng thời gian riêng. Tốc độ dòng chảy có thể điều khiển bằng tay hoặc tự động. Hệ thống khí argon phải phù hợp với ASTM E 406.

7. Hóa chất và vật liệu

7.1. Điện cực đối lập

Các điện cực đối kháng có thể là các thanh tròn bằng bạc hoặc vonfram tráng thori hoặc bằng vật liệu khác miễn là nó biểu hiện qua thử nghiệm độ chính xác và thể hiệu dịch tương đương. Đường kính thanh tròn có thể thay đổi từ 1,5 mm đến 6,5 mm (tùy thuộc vào nhà chế tạo thiết bị) và đầu thanh được gia công chủ yếu theo một góc 90° hoặc 120°.

CHÚ THÍCH 4: Trên đầu điện cực sẽ tích tụ những chất lắng đọng màu đen. Phải loại bỏ những chất lắng đọng này trong thời gian phân tích các mẫu (chủ yếu bằng bàn chải dây thép). Nếu không loại bỏ, nó có thể làm giảm toàn bộ cường độ bức xạ phổ hoặc chuyển những lượng nhỏ chất bẩn vào trong các mẫu hoặc cả hai. Số lần kích thích chấp nhận được trên một điện cực thay đổi từ thiết bị này sang thiết bị khác, nó cần phải được thiết lập trong từng phòng thí nghiệm. Trước khi thay thế, cần có báo cáo kết quả của hàng nghìn kích thích thực hiện trên điện cực vonfram tráng thori.

7.2. Khí trợ, argon

Phù hợp với ASTM E 406

8. Vật liệu chuẩn

8.1. Vật liệu chuẩn được công nhận (CRM)- Có sẵn tại Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia (NIST) và các nguồn khác và chiếm toàn bộ hoặc một phần khoảng hàm lượng nêu trong 1.1. Chúng được dùng để hiệu chuẩn máy quang phổ đối với các nguyên tố quan tâm hoặc để hợp thức hóa hiệu suất phương pháp thử. Không nên dùng CMR như phương tiện kiểm tra hoặc thiết lập tính lặp lại của một phương pháp đo hóa học. Có thể xảy ra sự khác biệt giữa mẫu CRM và mẫu sản xuất khi thực hiện quá trình gia công mẫu theo phương pháp thử này. Việc hiệu chỉnh một số nguyên tố nhất định (ví dụ như lưu huỳnh) cần được hiệu chỉnh so với các giá trị từ mẫu chuẩn, nó được thực hiện theo kỹ thuật gia công mẫu sản xuất thông thường và được phân tích theo ASTM E 350 và ASTM E 1019.

CHÚ THÍCH 5: Vật liệu chuẩn được công nhận do NIST sản xuất được mang thương hiệu với tên "Vật liệu chuẩn tiêu chuẩn", SRMs.

8.2. Vật liệu chuẩn (RMs) - Có sẵn từ nhiều nhà cung cấp hoặc có thể tự chế tạo tại cơ sở. RMs chủ yếu dùng để kiểm tra (người kiểm tra) và hiệu chỉnh sai lệch (người chuẩn hóa) máy quang phổ. Những vật liệu chuẩn này phải đồng nhất và chứa các hàm lượng của từng nguyên tố xấp xỉ với hàm lượng sẽ kiểm tra hoặc hiệu chỉnh sai lệch hoặc cả hai.

9. Chuẩn bị mẫu thử và vật liệu chuẩn

9.1. Mẫu và vật chuẩn phải được chuẩn bị theo cùng một cách thức. Một mẫu được cắt ra từ một đoạn mẫu lớn cần có kích thước và chiều dày đầy đủ để chuẩn bị cho khớp với giá đỡ máy quang phổ. Chiều dày thích hợp nhất là từ 10 mm đến 38 mm.

9.2. Phải đảm bảo các mẫu không có lỗ rỗng hay vết lõm trong vùng thực hiện kích thích (**CHÚ**

THÍCH 6). Trước hết mài bề mặt bằng băng giấy nhám hoặc đĩa nhám cỡ hạt 50 đến 80 (ướt hoặc khô). Cuối cùng thực hiện mài khô trên băng hoặc đĩa nhám. Có thể sử dụng các phương tiện có độ nhám mịn hơn (ví dụ cỡ hạt 120) nhưng điều này không quan trọng (CHÚ THÍCH 7).

CHÚ THÍCH 6: Mẫu có độ xốp là điều không mong muốn vì nó dẫn đến việc phóng điện không thích hợp như "kiểu khuếch tán" so với "kiểu tập trung" như yêu cầu. Bề mặt mẫu phải sạch sẽ vì mẫu là vật phóng điện tử và dầu mỡ, chất bẩn trên bề mặt cản trở việc phóng điện tử.

CHÚ THÍCH 7: Vật liệu và mẫu chuẩn cần phải hoàn thiện lại trên băng hoặc đĩa nhám ở trạng thái khô trước khi kích thích lại trên cùng khu vực.

10. Chuẩn bị thiết bị

CHÚ THÍCH 8: Những hướng dẫn đưa ra trong phương pháp thử này áp dụng cho hầu hết các máy quang phổ, tuy nhiên, cần thiết thay đổi một vài cách lắp đặt và hiệu chỉnh cũng như yêu cầu chuẩn bị bổ sung cho thiết bị. Không thể miêu tả việc chuẩn bị thiết bị đến từng chi tiết nhỏ trong phạm vi phương pháp thử ASTM mà việc miêu tả có thể khác biệt không những chỉ đối với mỗi cơ sở chế tạo mà đồng thời có khác biệt đối với các thiết bị khác nhau trong cùng một cơ sở sản xuất. Để miêu tả chi tiết quá trình vận hành tiếp theo của một máy quang phổ riêng biệt, cần tham khảo sách hướng dẫn của nhà sản xuất.

10.1. Chương trình mà một máy quang phổ thích ứng với các vạch phổ tiêu chuẩn nội bộ và một vạch trong các vạch phổ phân tích đối với từng nguyên tố được nêu trong Bảng 1. Có thể sử dụng nhiều vạch phổ đối với một nguyên tố được nêu (ví dụ, niken) tùy thuộc vào phạm vi nồng độ và phần mềm của riêng từng máy quang phổ.

CHÚ THÍCH 9: Các vạch phổ nêu trong Bảng 1 đã chứng tỏ sự thỏa mãn đối các nguyên tố và khoảng nồng độ miêu tả trong phạm vi sử dụng. Có thể sử dụng các vạch tiêu chuẩn nội bộ và phân tích khác như đã được nêu trong Bảng 3, với điều kiện là nó có thể chứng tỏ tính đúng và độ chính xác tương tự.

10.2. Thử nghiệm định vị khe vào của máy quang phổ để bảo đảm bức xạ có điểm cao nhất (peak radiation) nằm ở buồng quang phổ. Việc này phải thực hiện đầu tiên và thường xuyên càng tốt để duy trì sự định hướng tìm khe vào chính xác. Tiếp theo thực hiện các trình tự của nhà chế tạo đề ra. Dựa trên tính năng của thiết bị, phòng thí nghiệm phải xác định tần suất việc định vị trí và việc định hướng tìm.

10.3. Việc định vị trí và định hướng tìm khe ra thông thường do nhà chế tạo thực hiện khi lắp ráp máy quang phổ. Trong những trường hợp bình thường, không cần thiết việc định hướng tìm khe ra. (Chú thích 10).

CHÚ THÍCH 10: Cách và tần suất định vị trí hoặc kiểm tra vị trí khe ra tùy thuộc vào các yếu tố như loại máy quang phổ, tính đa dạng của các vấn đề phân tích đề cập cũng như tần suất sử dụng. Mỗi phòng thí nghiệm phải thiết lập một trình tự kiểm tra phù hợp sử dụng các kỹ sư có tay nghề cao bảo dưỡng.

11. Kích thích và thời gian kích thích

11.1. Các thông số điện (Chú thích 11):

11.1.1. Các thông số kích thích thường là do nhà chế tạo máy quang phổ xác lập. Các phạm vi sau đây là những chỉ dẫn có tính lịch sử và những thiết bị hiện đại có thể thay đổi so với chúng.

Bảng 1 - Vạch phổ tiêu chuẩn trong và vạch phổ phân tích

Nguyên tố	Bước sóng, nm	Phân loại vạch ^A	Khả năng gây nhiễu ^B
Nhôm	394,40	I	V, Mn, Mo, Ni
	308,22	I	V, Mn
Asen	197,20	I	Mo, W
	193,76	I	Mn

Bo	182,64	I	S, Mn, Mo
	182,59	I	W, M, Cu
Canxi	396,85	II	Nb
Cabon	193,09	I	Al
Crôm	298,92	II	Mn, V, Ni, Nb, Mo
	267,72	II	Mn. Mo. W
Coban	345,35	I	Cr, Mo
	228,62	II	Ni. Cr
Đồng	327,40	I	Nb
	213,60	II	Mo, Cr
Sắt	271,44	II	
	273,07	II	Co
Mangan	293,31	II	Cr, Mo, Ni
	255,86	II	Zr
Molipden	379,83	II	Mn
	277,54	I	Cu, V, Co, Mn
	386,41	I	V, Cr
Niken	231,60	II	Co, Ti
	227,02	II	Nb, W
Niobi	319,50	II	Mo, Al, V
Nitơ	149,26	I	Fe, Ti, Si, Mn, Cu, Ni và nitrua được tạo thành với các nguyên tố như Ti
Photpho	178,29	I	Mo
Silic	288,16	I	Mo, Cr, W
	251,61	I	Fe, V
Lưu huỳnh	180,73	I	Mn
Thiếc	189,99	II	Mn, Mo, Al
Titan	337,28	II	Nb
	324,20	II	Nb
Vanadi	310,23	II	Fe, Mo, Nb, Ni
	311,07	II	Mn, Ti, Fe
Ziriconi	343,82	II	W

^A Các số I hoặc II trong cột phân loại vạch cho thấy vạch đã được phân loại theo một hệ thuật ngữ và được áp đặt cố định cho nguyên tử thông thường (I) hoặc cho nguyên tử đơn được ion hóa (II).

^B Sự gây nhiễu tùy thuộc vào loại máy quang phổ, sự tán sắc, sự lựa chọn vạch phổ và điều kiện kích thích và những gì đã liệt kê yêu cầu xác nhận dựa trên các mẫu đã chọn đặc biệt để chứng

minh sự gây nhiễu còn nghi ngờ.

Bảng 2 - Vạch phổ phân tích khác

Nguyên tố	Bước sóng, nm	Phân loại vạch ^A	Khả năng gây nhiễu ^B
Asen	189,04	I	V, Cr
Cabon	165,81	I	
Đồng	224,26	II	Ni
	324,75	I	Mn, Nb
Molipđen	202,03	II	
	281,62	II	Mn
Silic	212,415	II	Mo, Ni, V, Cu, Nb

^A Các số I hoặc II trong cột phân loại vạch cho thấy vạch đã được phân loại theo một hệ thuật ngữ và được áp đặt cố định cho nguyên tử thông thường (I) hoặc cho nguyên tử đơn được ion hóa (II).

^B Sự gây nhiễu tùy thuộc vào loại máy quang phổ, sự tán sắc, sự lựa chọn vạch phổ và điều kiện kích thích và những gì đã liệt kê yêu cầu xác nhận dựa trên các mẫu đã chọn đặc biệt để chứng minh sự gây nhiễu còn nghi ngờ.

Sự phóng điện của tụ điện có bộ hãm

Điện dung, F 10 đến 15

Điện cảm, H 50 đến 70

Điện trở, 3 đến 5

Điện thế, V 940 đến 1000

Cường độ, A,r-f 0,3 đến 0,8

Số lần phóng 60

CHÚ THÍCH 11 : Cần chú ý duy trì khi các giá trị thông số đã được xác định. Sự thay đổi điện thế nguồn điện cung cấp không vượt quá $\pm 5\%$ và tốt nhất là giữ được $\pm 2\%$.

11.1.2. Mạch khởi đầu

Thông số mạch khởi đầu phải thích hợp cho việc kích hoạt đều đặn quá trình phóng điện của tụ điện. Những sự sắp xếp sau là những định hướng cũ trước đây và những thiết bị tiên tiến có thể thay đổi từ các giá trị này:

Điện dung, F 0,0025

Điện cảm, H vết

Điện trở, 2,5

Pik điện thế, V 18 000

11.1.3. Các thông số điện khác

Không có sẵn các bộ phận kích thích với các thông số chính xác như đã nêu trong 11.1.1 và 11.1.2, có thể sử dụng chúng với điều kiện là khi phân tích thực tế vẫn đạt được độ chính xác và tính đúng tương đương.

11.2. Điều kiện kích thích (Chú thích 12)

Thông thường các phạm vi sau đây là thích hợp: