

Hướng dẫn lựa chọn mẫu chai chứa khí chữa cháy để thử nghiệm, đánh giá chất lượng và xác lập phạm vi chứng nhận, cấp phép lưu thông

	AGENT STORAGE CONTAINER ASSEMBLY	
	Weight of Agent (lbs)	Part No.
	9-20	351A0020B, 351A0020S
	16-35	351A0035B, 351A0035S
	31-71	351A0070B, 351A0070S
	44-101	351A0100B-1, 351A0100B-2, 351A0100S-1, 351A0100S-2
	66-152	351A0150B, 351A0150S
	109-253	351A0250B, 351A0250S
	163-379	351A0375B, 351A0375S
	241-561	351A0560B, 351A0560S
	285-665	351A0650B-1, 351A0650S-1, 351A0650S-2
	353-806	351A0800S-1, 351A0800S-2
	<u>439-1008</u>	351A1000S-1, 351A1000S-2
	<u>519-1200</u>	351A1200S
* - Can be B or S, where B represents Brass Valve and S represents Stainless Steel Valve.		
Chai khí HFC 227 eA	Phạm vi chứng nhận của UL cấp cho sản phẩm chai khí của Avenger	

Hệ thống chữa cháy khí tùy thuộc độ phức tạp có thể bao gồm nhiều thiết bị khác nhau, nhưng cấu hình cơ bản bao gồm chai/bồn chứa khí chữa cháy, chai khí đầy, đường ống dẫn khí, đầu phun xả khí, các thiết bị điều khiển/kích hoạt xả khí, van lựa chọn khu vực (nếu có). Trong đó, chai chứa khí chữa cháy là thiết bị chính, chứa toàn bộ chất khí được nén ở áp lực cao, là thiết bị bảo đảm an toàn và độ tin cậy vận hành của hệ thống. Theo quy định tại Điều 23 và Phụ lục V kèm theo Nghị định số 105/2025/NĐ-CP ngày 15/5/2025 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Phòng cháy, chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ, các chai chứa khí chữa cháy thuộc hệ thống chữa cháy khí thuộc diện phải cấp phép trước khi lưu thông. Tuy nhiên, khi cơ quan quản lý hoặc tổ chức thử nghiệm lấy mẫu thử nghiệm, xem xét, đánh giá đối với chai khí cụ thể, việc thử hết mọi cấu hình nạp (theo khối lượng nạp/ áp suất nạp) là khó khăn và không có nhiều ý nghĩa trên phương diện kỹ thuật và quản lý. Do đó, để tránh tốn kém, lãng phí về thời gian, chi phí, cần xác định quy tắc **xác lập một phạm vi chứng nhận** (scope/envelope) đủ chặt chẽ, rõ ràng để các đơn vị quản lý và doanh nghiệp nhập khẩu, sản xuất/nạp thực hiện thống nhất.

Bài viết này trình bày phương pháp lựa chọn mẫu đại diện và thử nghiệm, cấp phép lưu thông các chai chứa khí chữa cháy theo hướng: xác định họ sản phẩm, chọn mẫu ở điều kiện bất lợi, thực hiện các phép thử then chốt, và chuyển kết quả thành phạm vi chứng nhận cho phép thay đổi trong giới hạn nhất định.

1. Xác định đối tượng và phạm vi quản lý

Đối tượng quản lý được xác định theo Phụ lục V kèm theo Nghị định số 105/2025/NĐ-CP là chai chứa khí chữa cháy, bao gồm cụm van đầu chai, thân chai, cổ chai/ren, cụm van – cơ cấu làm kín, thiết bị an toàn áp lực (nếu có), nhãn/markings và truy xuất lô, cùng quy trình nạp (khối lượng, áp suất, nhiệt độ nạp). Với hệ thống chữa cháy khí, các nội dung này phải được kiểm soát ở cả giai đoạn sản xuất chai và giai đoạn nạp/hoàn thiện cụm chai.

Trước khi chọn mẫu thử nghiệm đại diện để cấp phép lưu thông, phải xây dựng, xác định rõ **“họ” sản phẩm** (product family). Một họ chỉ được xem là đồng nhất để chứng nhận theo dải nếu đồng thời thỏa các điều kiện cơ bản: cùng vật liệu và công nghệ chế tạo (ví dụ chai thép liền khối), cùng chuẩn cổ chai/ren, cùng kiểu cụm van hoặc cấu trúc làm kín tương đương, cùng nền áp suất (ví dụ 200 bar/300 bar hoặc 360 psig/500 psig) và cùng nhóm tác nhân (halocarbon hóa lỏng, khí trơ, CO₂). Khi một trong các yếu tố này thay đổi, cần tách họ hoặc đánh giá bổ sung.

Sau đó xác định dải điều kiện làm việc (T–P–m), gồm dải nhiệt độ T_{min}–T_{max} (vận chuyển, lưu kho, vận hành), nền áp suất làm việc và dải khối lượng nạp (min–max) theo từng model chai. Đây là cơ sở để xác định “điểm bất lợi” khi thử nghiệm.

2. Nguyên tắc lựa chọn mẫu thử đại diện theo điều kiện bất lợi

Lựa chọn mẫu phải dựa trên nguyên tắc: mẫu thử được chọn phải đại diện cho trường hợp chịu bất lợi nhất trong họ sản phẩm, để từ đó suy rộng hợp lý cho các biến thể còn lại trong phạm vi.

Với thân chai chịu áp, một chỉ tiêu kỹ thuật đơn giản để sàng lọc mẫu bất lợi về cơ học là ứng suất vòng¹, được tính toán một cách tương đối như sau:

$$\sigma_h \approx \frac{P \cdot D}{2t}$$

Trong đó:

P- áp suất nội (bên trong),

D- đường kính đặc trưng và

t- chiều dày thành.

¹ Khi một chai/bình hình trụ bị áp suất bên trong đẩy ra, thành chai bị kéo căng theo 2 hướng chính: hướng vòng, thường là hướng “căng nhất”; hướng dọc trục theo chiều dài chai. Áp suất càng cao, chai càng có xu hướng bị đẩy phình to hơn, thành chai càng mỏng thì lực kéo trên mỗi đơn vị chiều dày càng mạnh. Do đó, ứng suất vòng là mức căng của thành chai theo hướng quấn quanh thân chai. Công thức trên là công thức đơn giản hóa để ước lượng nhanh, dùng khi kích thước thành chai mỏng so với đường kính chai. Công thức này được dùng để so sánh mẫu nào bất lợi hơn, không phải tính chính xác tuyệt đối như tính theo tiêu chuẩn bình chịu áp.

Trong cùng một nền áp suất (P), mẫu có tỷ lệ $\frac{D}{t}$ lớn hơn thường chịu ứng suất vòng bất lợi hơn, do đó ưu tiên chọn làm mẫu chứng minh độ bền chịu áp lực.

Tuy nhiên, đối với mục tiêu quản lý chất lượng, độ kín/rò rỉ cũng là rủi ro vận hành phổ biến. Rò rỉ chịu chi phối bởi áp suất nội và điều kiện nhiệt, cũng như chất lượng bề mặt làm kín, gioăng/seat và lắp ghép ren. Vì vậy, ngoài mẫu “bất lợi về ứng suất”, cần chọn thêm mẫu “bất lợi về làm kín” dựa trên kiểu van, cấu trúc gioăng/seat. Nếu các chai có cùng chất liệu, cùng kiểu van, kiểu ren, cùng kiểu gioăng/seat thì có thể xếp chung một nhóm.

Ví dụ tính toán lựa chọn mẫu đại diện:

Giả sử trong cùng họ chai thép IG-100 nền 300 bar có ba model với kích thước thiết kế như sau (mm):

Model A: $D = 140, t = 5.0$

Model B: $D = 160, t = 5.5$

Model C: $D = 219, t = 7.0$

So sánh nhanh theo $\frac{D}{t}$:

Model A: $140/5.0 = 28.0$

Model B: $160/5.5 \approx 29.1$

Model C: $219/7.0 \approx 31.3$

Như vậy, **Model C** có $\frac{D}{t}$ lớn nhất, do đó là mẫu bất lợi về cơ học và nên được chọn để thực hiện các phép thử chứng minh bền áp lực (proof/hydrostatic, burst, cycling nếu áp dụng).

Ngoài tính toán lựa chọn mẫu đại diện theo ứng suất vòng, cần chú ý đến dải nhiệt độ làm việc để lựa chọn điều kiện của phép thử. Nếu dải điều kiện làm việc yêu cầu nhiệt độ đến 55°C, có thể ước tính áp suất nội tăng theo nhiệt đối với khí trơ trong bình thể tích không đổi bằng quan hệ gần đúng:

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

Với $P_1 = 300\text{bar}$ tại 15°C (288 K), ở 55°C (328 K) áp suất tương đương xấp xỉ:

$$P_{55} \approx 300 \cdot \frac{328}{288} \approx 342 \text{ bar}$$

Kết quả này dùng để lựa chọn điều kiện thử độ kín/giữ áp ở điểm áp suất bất lợi theo nhiệt độ, giúp phát hiện các lỗi về rò rỉ.

3. Thử nghiệm, xác lập phạm vi chứng nhận cho chai chứa khí

Việc thử nghiệm phải bảo đảm trả lời đầy đủ ba nhóm vấn đề quản lý: độ bền áp lực, độ kín và an toàn nạp theo dải. Trong đó, việc thử bền áp lực, thử độ kín/rò rỉ do các Tổ chức Kiểm định Kỹ thuật An toàn thực hiện.

Đối với các phép thử liên quan đến dải khối lượng nạp nhằm chứng minh rằng quy trình nạp đáp ứng yêu cầu sai số và dải nạp không tạo nguy cơ quá áp trong dải điều kiện nhiệt độ. Với CO₂ và các tác nhân hóa lỏng, nội dung này cần kiểm soát chặt hơn do việc nhạy cảm với tình trạng nạp quá mức “overfill”. Việc chứng minh có thể thực hiện bằng kiểm soát mật độ nạp (khối lượng tác nhân trên dung tích nước) và/hoặc thử nghiệm bổ trợ tại Tmax theo quy trình nạp dự kiến.

Giả sử một model chai có dung tích $V_w = 67\text{L}$ và dự kiến đề nghị chứng nhận dải nạp từ 40 kg đến 55 kg. Mật độ nạp được tính như sau:

$$\rho_f = \frac{m}{V_w}$$

Ở 40 kg: $\rho_f \approx 40/67 \approx 0.60 \text{ kg/L}$

Ở 55 kg: $\rho_f \approx 55/67 \approx 0.82 \text{ kg/L}$

Trong hồ sơ thử nghiệm, nếu không có quy định cụ thể tại tiêu chuẩn công bố áp dụng và không có cơ sở để xác định lượng nạp bất lợi nhất thì chai chứa khí chứa cháy cần phải đánh giá ở các mật độ nạp thấp nhất và cao nhất, dải nạp hợp lệ phải được ràng buộc bởi giới hạn kỹ thuật về mật độ nạp theo tiêu chuẩn/nhà sản xuất/tác nhân áp dụng và được chứng minh không gây nguy cơ quá áp trong dải điều kiện nhiệt độ. Cách trình bày theo mật độ nạp giúp cơ quan quản lý kiểm soát được việc thay đổi dung tích chai hoặc thay đổi dải nạp mà không làm lệch khỏi cơ sở an toàn.

Từ các nội dung phân tích, đánh giá nêu trên, việc xây dựng phạm vi cấp phép lưu thông đối với chai chứa khí chứa cháy cần dựa trên các nội dung sau:

- Loại chất khí chứa cháy;
- Model/định danh thiết kế;
- Vật liệu và đặc trưng hình học chính (giới hạn thể tích, đường kính chai, chiều cao chai);
- Nền áp suất và dải nhiệt độ sử dụng;
- Dải khối lượng nạp theo từng model hoặc theo ràng buộc mật độ nạp;
- Kiểu van/thiết bị an toàn áp lực;

Nguyên tắc: mọi thay đổi như vật liệu gioăng/seal, thay đổi nhà cung cấp van, thay đổi ren cổ chai, thay đổi quy trình nạp (xử lý nhiệt thân chai) phải được quản lý theo quy trình kiểm soát thay đổi và có đánh giá, thử nghiệm, cấp phép bổ sung trước khi áp dụng trong sản xuất.

Để thuận lợi trong kiểm soát chất lượng chai chứa khí, nhà cung cấp/ nhà sản xuất cần lựa chọn mẫu đại diện để bảo đảm tối ưu phạm vi áp dụng của chúng nhận chất lượng theo các yếu tố: độ bền cơ học, bằng chỉ tiêu: $(P \cdot \frac{D}{t})$ và đồng thời lựa chọn mẫu đại diện theo khả năng làm kín; thiết kế thử nghiệm tại các điểm bất lợi của dải điều kiện làm việc (đặc biệt tại Tmax). Các lựa chọn trên là căn cứ để đánh giá, công bố phạm vi sử dụng, cấp phép theo dải điều kiện làm việc rõ ràng, ngăn việc sản xuất, nạp khí, sử dụng vượt phạm vi hoặc thay đổi cấu trúc thiết bị.