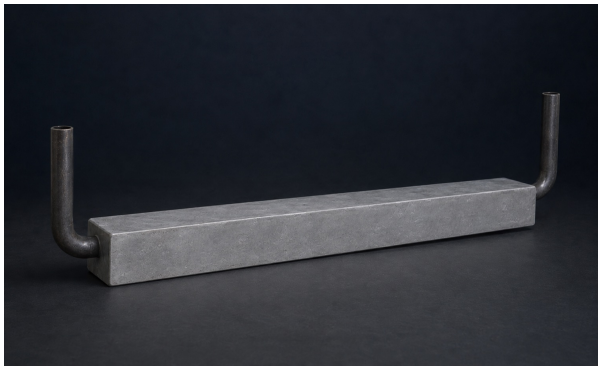
Anốt hy sinh hợp kim nhôm-kẽm-indi

BẢO VỆ CATỐT CHO CÔNG TRÌNH BIỂN VÀ NGOÀI KHƠI

Anốt galvanic Al-Zn-In đúc bảo vệ thép trong nước biển, nước lợ và trầm tích biển: công trình ngoài khơi, tàu, cảng, đường ống và hệ nước biển.



Thông tin	Nội dung
Nhà sản xuất	Jiaozuo Huayu Magnesium Industry Co., Ltd.
Thương hiệu	CathPro
Tài liệu	CP-DS-AL-001; Revision B - cập nhật tham chiếu
Cơ sở vật liệu	Al-Zn-In theo DNV-RP-B401 (05/2021), Bảng 8-5
Môi trường	Nước biển, nước lợ, trầm tích
Phát hành	26/10/2026
Liên hệ	sales@cathprocp.com

Dung lượng điện hóa ⩾ 2,500 Ah/kg; hiệu suất dòng ⩾ 85%; điện thế kín mạch -1.05 V so với Ag/AgCl. Hợp kim Al-Zn-In không chủ động bổ sung cadimi; hàm lượng tạp chất vẫn theo giới hạn thành phần.

Bản tải xuống/in không được kiểm soát cập nhật; phiên bản hiện tại tại www.cathprocp.com.

01. Sản phẩm

Anốt nhôm-kẽm-indi đúc cho thép trong nước có clorua. Nhôm cung cấp electron; kẽm điều chỉnh điện thế vận hành, hạn chế tự ăn mòn; indi phá màng Al2O3 thụ động để anốt tiếp tục hòa tan đều. Hợp kim đúc quanh lõi thép để hàn/bắt bu lông vào kết cấu, kiểm soát thành phần theo DNV-RP-B401 (05/2021) Bảng 8-5. Không bổ sung cadimi.

Ứng dụng	Phạm vi điển hình
Công trình ngoài khơi	Chân đế giàn, kết cấu đáy biển, móng điện gió ngoài khơi, cọc thép.
Vỏ tàu	Vỏ ngoài, bánh lái, hốc hút nước; hàn hoặc bu lông.
Bồn ballast/hàng	Mặt trong bồn ballast, slop và nước khai thác.

Ứng dụng	Phạm vi điển hình
Công trình cảng	Cừ thép, cầu cảng, trụ va, công trình cập tàu.
Làm mát nước biển	Giếng hút, hộp nước, cửa vào bình ngưng, bộ lọc, hố bơm.
Đường ống dưới biển	Anốt vòng cho ống/ống đứng, ngang lớp gia tải.

02. Phạm vi sử dụng và giới hạn

Clorua giúp duy trì hoạt tính anốt nhôm. Trong môi trường phù hợp, indi hạn chế màng oxit thụ động. Khi thiếu clorua, màng có thể tái tạo, gây thụ động hóa và suy giảm dòng; do đó phải xác nhận môi trường trước khi chọn kích thước, hình dạng hoặc giá.

Xem xét dùng nhôm	Không mặc định dùng nhôm
Nước biển: biển mở, cảng, thép ngập	Đất: đường ống chôn/đáy bồn thường xem xét magiê hoặc kẽm kèm vật liệu lấp chuẩn bị
Nước lợ/cửa sông	Nước ngọt có điện trở suất trên khoảng 500 Ω • cm
Trầm tích đáy biển/bùn biển	Khí quyển hoặc chỉ ướt gián đoạn; cần điều kiện ngâm liên tục
Nước khai thác/nước công nghệ có clorua	Khi yêu cầu chủ đầu tư chọn kẽm cho trầm tích yếm khí hoặc khoang có hoạt tính vi khuẩn cao
Làm mát nước biển/đầu vào khử muối	Phải rà soát riêng khi điều kiện khác cơ sở đã đánh giá

DNV-RP-B401 (05/2021) § 2.6.2 lưu ý kẽm đôi khi được xem tin cậy hơn trong môi trường yếm khí, như trầm tích biển và khoang kín có hoạt tính vi khuẩn cao. CathPro sản xuất cả hai và lựa chọn theo thiết kế. Với đất hoặc nước ngọt điện trở suất cao, tham khảo bảng dữ liệu anốt magiê CathPro.

Hình minh họa dạng dài có khoảng cách ly, lõi ống thép; chỉ là hình dựng tham khảo.

03. Thành phần hóa học

Nguyên tố	Giới hạn, % khối lượng	Chức năng
Zn	2.50-5.75	Điều chỉnh điện thế và hạn chế tự ăn mòn nền nhôm.
In	0.015-0.040	Hoạt hóa, hạn chế màng oxit để hòa tan đều, liên tục.
Fe	⩽ 0.09	Tạp chất tạo hạt liên kim catốt, gây giảm hiệu suất.
Cu	⩽ 0.003	Tạp chất có cơ chế gây hại tương tự sắt.
Si	⩽ 0.12	Kiểm soát để hạn chế ảnh hưởng của sắt tới hiệu năng.
Cd	⩽ 0.002	Chất hoạt hóa cũ có hạn chế sức khỏe/môi trường; không bổ sung.
Al	Phần còn lại	Nguồn electron; khối lượng riêng danh nghĩa 2.70 g/cm^3.

Giới hạn theo Bảng 8-5 là yêu cầu, không phải kết quả đo. Mỗi lô giao kèm phân tích spark-OES được chứng nhận của mẻ thực tế.

Fe/Cu tạo hạt pha thứ hai catốt trong nền nhôm, hỗ trợ thoát hydro cục bộ, khiến anốt tự tiêu hao mà không cấp dòng cho kết cấu. Chênh lệch thành phần nhỏ có thể làm thay đổi hiệu suất đáng kể. Khi so nhà cung cấp, yêu cầu phân tích mẻ thực tế thay vì chỉ sao chép bảng giới hạn.

04. Hiệu năng điện hóa

Đặc tính	Giá trị	Cơ sở
Dung lượng	⩾ 2,500 Ah/kg	Nghiệm thu DNV-RP-B401 (05/2021) § 5.6.7; thử theo Mục 9: dung lượng không dưới 2,500 Ah/kg và điện thế kín mạch ⩽ -1.05 V cuối kỳ thứ tư. AMPP/NACE TM0190 khi dự án quy định. Điện cực: Ag/AgCl/nước biển.
Hiệu suất dòng	⩾ 85%	Theo điều kiện và cơ sở thử được công bố
Điện thế kín mạch	-1.05 V hoặc âm hơn	Cùng cơ sở thử trên
Điện thế hở mạch	-1.10 đến -1.15 V	Cùng cơ sở thử trên
Suất tiêu hao	⩽ 3.50 kg/ampe-năm	Suy từ dung lượng
Khối lượng riêng	2.70 g/cm^3	Danh nghĩa, Al-Zn-In đúc

Theo định luật Faraday, dung lượng lý thuyết nhôm là 2,980 Ah/kg. 2,500 Ah/kg tương đương khoảng 84%; mẻ tốt có thể đạt 88-90%. Không được coi số liệu vượt giới hạn lý thuyết là khả thi. Giá trị hiệu suất nghiệm thu nêu trong bảng cần được kiểm chứng theo phương pháp được thống nhất.

Một ampe-năm có 8,760 Ah; 8,760 ÷ 2,500 Ah/kg = 3.50 kg/ampe-năm. Dung lượng và suất tiêu hao là cùng quan hệ ở hai đơn vị, không thể quy định độc lập mà không kiểm tra tính nhất quán.

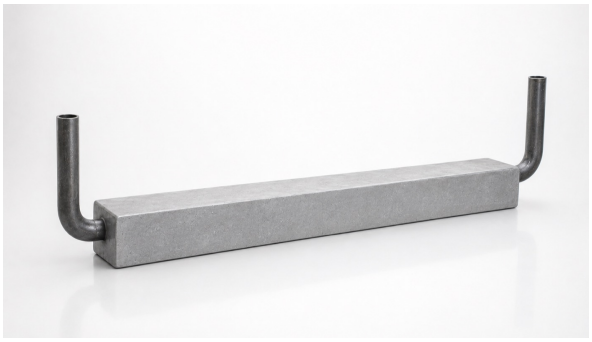
05. Các dạng anốt

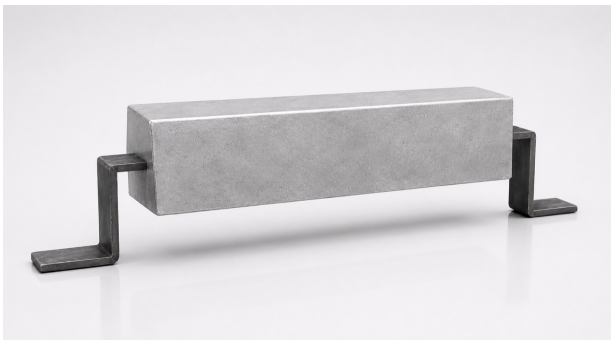
Dạng	Công dụng	Đặc điểm
Dài có khoảng cách ly	Chân đế ngoài khơi, kết cấu đáy biển, cọc cảng/cầu cảng	Đúc trên lõi ống/thanh, hai đầu nhô; dòng trên mỗi kg hợp kim cao.
Dài lắp sát	Bồn ballast/hàng, cừ thép, hốc hút nước	Thấp, phù hợp hạn chế khoảng trống, lực cản hoặc lưới kéo.
Vỏ tàu	Vỏ, bánh lái, hốc hút nước	Hàn/bu lông; hình khí động theo dòng nước quanh vỏ.
Đĩa/tấm	Hộp nước, cửa bình ngưng, không gian nước làm mát hẹp	Hình học gọn cho mặt trong.
Vòng	Đường ống/ống đứng dưới biển	Hai nửa kẹp bu lông quanh ống, ngang lớp bê tông gia tải.

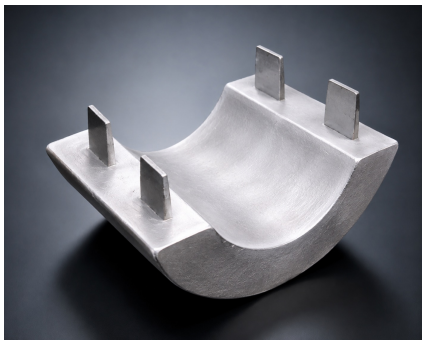
Dạng lắp sát được phủ mặt hướng vào kết cấu theo DNV-RP-B401 (05/2021) § 4.10.5 để tránh tích tụ sản phẩm ăn mòn phía dưới gây gãy liên kết. Áp dụng mặc định cho dạng lắp sát nếu không có yêu cầu khác.

Hình sản phẩm gồm dạng dài lõi ống, thân lắp sát trên gối thép dẹt, anốt bồn hình thang có lõi thanh, nửa vòng, chi tiết lõi ra và góc mặt đúc. Tất cả là hình dựng minh họa, không thay bản vẽ phát hành.





















06. Dải kích thước tiêu chuẩn

Khối lượng tịnh chỉ gồm hợp kim; khối lượng tổng gồm lõi thép. Tiêu hao theo khối lượng tịnh; hóa đơn, phiếu đóng gói và nâng hạ phải xác định khối lượng tổng. Mỗi dòng dưới đây nêu cả hai.

Thân hình thang: dài × (rộng trên + rộng dưới) × cao, đơn vị mm. Mẫu là mã đặt hàng CathPro; số trong mã chỉ khối lượng hợp kim tịnh danh nghĩa.

Dạng dài có khoảng cách ly - lõi ống; công trình ngoài khơi, chân đế, kết cấu đáy biển

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AS-311	2300 × (220+240) × 230	311.0	336.5
CP-AS-183	1600 × (200+210) × 220	182.6	202.5
CP-AS-170	1600 × (200+210) × 205	169.5	190.0
CP-AS-127	1500 × (170+200) × 180	127.0	142.2
CP-AS-59	900 × (150+170) × 160	59.1	67.2

Dạng dài có khoảng cách ly - lõi thanh/thép dẹt; cọc cảng, cầu cảng, cừ thép

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AS-114	1500 × (148+178) × 170	114.0	121.0
CP-AS-80	850 × (180+220) × 180	80.0	84.5
CP-AS-76	800 × (200+280) × 150	76.0	80.0
CP-AS-68	700 × (160+220) × 180	68.5	72.0
CP-AS-52	1250 × (115+135) × 130	52.0	55.0
CP-AS-43	1000 × (115+135) × 130	42.6	45.0
CP-AS-33	750 × (115+135) × 130	33.0	35.0
CP-AS-22	500 × (115+135) × 130	22.0	23.0

Dạng lắp sát - bồn ballast/hàng, mặt trong

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AF-21	500 × (115+135) × 130	20.5	23.0
CP-AF-20	1500 × (65+75) × 70	19.8	21.5
CP-AF-18	500 × (110+130) × 120	18.0	20.0
CP-AF-12	1000 × (58.5+78.5) × 68	12.0	13.2
CP-AF-9	800 × (56+74) × 65	9.0	10.0
CP-AF-8	1150 × (48+54) × 51	7.6	9.0
CP-AF-5	250 × (85+100) × 85	4.8	5.0
CP-AF-3	200 × (70+90) × 70	2.8	3.0

Dạng vỏ tàu - vỏ, bánh lái, hốc hút nước

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AH-15	800 × 140 × 60	15.4	17.0
CP-AH-13	800 × 140 × 50	13.4	15.0
CP-AH-11	800 × 140 × 40	10.5	12.0
CP-AH-9	600 × 120 × 50	9.0	10.0
CP-AH-6	400 × 100 × 50	5.8	6.5
CP-AH-5	500 × 100 × 40	4.6	5.5
CP-AH-4	400 × 100 × 40	4.1	4.5
CP-AH-3	300 × 100 × 40	3.2	3.5
CP-AH-2	250 × 100 × 40	2.2	2.5
CP-AH-1	180 × 70 × 35	1.0	1.2

Dạng đĩa - hộp nước và không gian nước làm mát hẹp

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AD-11	Ø300 × 60	11.3	11.5
CP-AD-9	Ø360 × 40	8.8	9.0
CP-AD-7	Ø300 × 40	7.3	7.5
CP-AD-4	Ø200 × 50	3.8	4.0
CP-AD-3	Ø180 × 50	3.3	3.5
CP-AD-2	Ø120 × 100	2.3	2.5

Làm mát nước biển - hộp nước, giếng hút, lưới lọc, cửa hút

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AE-112	1200 × (200+280) × 150	112.0	120.0
CP-AE-76	800 × (200+280) × 150	76.2	80.0
CP-AE-43	1000 × (115+135) × 130	43.2	46.0
CP-AE-22	500 × (115+135) × 130	21.5	23.0
CP-AE-19	1000 × (80+100) × 80	19.0	20.0
CP-AE-15	500 × (105+135) × 100	15.2	16.0
CP-AE-9	500 × (80+100) × 80	9.4	10.0
CP-AE-6	400 × (110+120) × 50	6.4	7.0
CP-AE-5	300 × (140+160) × 40	4.5	5.0
CP-AE-3	200 × (90+110) × 40	2.8	3.0

Vòng cho ống/ống đứng dưới biển - cặp hai nửa

Kích thước bảng vòng: đường kính ngoài × rộng × dày × khe hở, mm.

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AB-527	1034 × 516 × 115 × 120	527.3	562.8
CP-AB-283	1034 × 520 × 65 × 120	283.0	311.9
CP-AB-191	1034 × 516 × 40 × 120	191.0	209.0

Mẫu	Kích thước (mm)	Tịnh (kg)	Tổng (kg)
CP-AB-190	569 × 500 × 76 × 80	190.5	200.5
CP-AB-138	569 × 500 × 57 × 80	137.5	147.5
CP-AB-88	569 × 500 × 38 × 80	87.6	97.5
CP-AB-80	518 × 500 × 38 × 80	79.5	88.5
CP-AB-64	467 × 450 × 38 × 80	64.1	72.5
CP-AB-50	416 × 400 × 38 × 80	50.3	57.9
CP-AB-48	374 × 480 × 34 × 80	47.9	55.0
CP-AB-41	342 × 450 × 34 × 80	40.8	47.3
CP-AB-31	290 × 400 × 35 × 80	31.4	36.5

Các dạng trên là mẫu khuôn hiện có; hình học khác, bố trí lõi khác, tấm đệm gia cường, thân phi tiêu chuẩn có thể làm theo bản vẽ. Gửi bản vẽ/bảng kê để nhận bản vẽ tổng thể có kích thước, khối lượng tịnh/tổng tính toán và đầy đủ chi tiết lõi trước chế tạo khuôn.

07. Thiết kế lõi và liên kết

Lõi thép được phun hạt mài làm sạch trước đúc. Kiểm thông điện lõi-thân trên từng anốt, không chỉ mẫu. Lõi hàn vào kết cấu có truy xuất chứng chỉ vật liệu EN 10204 loại 3.1 hoặc ISO 10474 3.1, theo DNV-RP-B401 (05/2021) § 5.5.1.

- Lõi ống nhô hai đầu: dạng ngoài khơi có khoảng cách ly, hàn trực tiếp hoặc qua tấm đệm gia cường.
- Lõi thép dẹt/thanh có gân: anốt nhỏ có khoảng cách ly và lắp sát.
- Ty bu lông/lỗ xuyên: khi không cho phép công việc sinh nhiệt trên kết cấu.
- Hai nửa vòng: kẹp, bắt bu lông quanh đường ống.

Hình vị trí lõi ống ra khỏi thân và mặt đúc/hình học lõi là hình dựng minh họa.

08. Dung sai và chất lượng đúc

Khối lượng, kích thước, mặt ngoài kiểm theo tần suất/tiêu chí AMPP SP0387, có điều chỉnh theo DNV-RP-B401 (05/2021) § 5.6.2, § 5.6.3.

Dung sai tiêu chuẩn: ±3% khối lượng tổng từng anốt; tổng lô giao không được sai lệch âm. Yêu cầu chặt hơn được chấp nhận khi ghi lúc đặt hàng.

- Không chấp nhận nứt xuyên tới lõi.
- Trong đoạn được lõi đỡ hoàn toàn, vết nứt rộng hơn 2 mm chỉ được chấp nhận tới chiều dài 100 mm.
- Vị trí lõi nhô theo bản vẽ duyệt, kiểm ít nhất 10% anốt của mỗi thiết kế.

09. Sản xuất, kiểm tra và thử nghiệm

Theo khuôn khổ DNV-RP-B401 (05/2021), Mục 5.

Phạm vi	Thực hiện
Từng mẻ	Spark-OES theo Bảng 8-5, chứng nhận và truy xuất số mẻ.
Từng anốt	Kiểm kích thước, cân ghi tịnh/tổng; thông điện lõi-thân; ngoại quan mặt đúc.
Cắt mẫu	Cắt phá hủy anốt đầu sản xuất mỗi cỡ, kiểm độ đặc/vị trí lõi theo quy trình và tiêu chí AMPP SP0387.
Điện hóa	DNV-RP-B401 Mục 9 hoặc AMPP/NACE TM0190 khi quy định. Theo § 5.6.7: ⩾ 2,500 Ah/kg và điện thế kín mạch ⩽ -1.05 V cuối kỳ thứ tư. Theo § 5.6.6: đánh giá sản xuất/ngày đầu cho đơn trên 15,000 kg tịnh và mỗi 15,000 kg tiếp theo. Thử mở rộng/chứng kiến theo yêu cầu.
Nhãn	Theo § 5.7.1, mỗi anốt có nhà sản xuất, ký hiệu vật liệu “A”, số mẻ, sê-ri.
Bên thứ ba	DNV, BV, SGS, TÜV, ABS hoặc kiểm tra viên khách hàng khi ghi trong đơn.

Mỗi lô giao: phân tích mẻ, báo cáo điện hóa, biên bản kích thước/khối lượng tịnh và tổng, thông mạch, chứng chỉ lõi EN 10204 3.1, báo cáo cắt khi áp dụng, phiếu đóng gói.

10. Đóng gói, nhãn và thao tác

- Xếp trên pallet đáp ứng ISPM-15 hoặc bó đai thép, chèn để lõi nhô không cong khi vận chuyển.
- Mỗi kiện ghi mẫu, số mẻ, số lượng, khối lượng tịnh và tổng.
- Giao trần, không sơn; không phủ, bôi mỡ hay sơn mặt hoạt động.
- Lưu kho khô, cách đất. Oxy hóa nhẹ trên bề mặt là bình thường, không ảnh hưởng hiệu năng, không cần tẩy trước lắp.

Hình anốt vỏ tàu buộc đai, đặt pallet xuất khẩu chỉ là hình dựng minh họa.

11. Tiêu chuẩn tham chiếu

Tài liệu	Vai trò
DNV-RP-B401	Thiết kế CP, bản 05/2021 - Bảng 8-5, Mục 5 và 9
DNV-CP-0107	Chương trình phê duyệt kiểu anốt hy sinh
AMPP SP0387	Yêu cầu luyện kim, kiểm tra anốt galvanic đúc ngoài khơi
AMPP/NACE TM0190	Thử phòng thí nghiệm dòng điện ngoài cho anốt hợp kim nhôm/kẽm
AMPP SP0176 / ISO 15589-2 / NORSOK M-503	Tham chiếu kỹ thuật CP công trình, đường ống ngoài khơi
MIL-DTL-24779(SH)	Yêu cầu Hải quân Mỹ cho anốt hy sinh nhôm
EN 10204 / ISO 10474	Loại chứng chỉ vật liệu lõi

Tài liệu mô tả yêu cầu thành phần, chế tạo và thử nêu trên; không phải chứng chỉ phê duyệt kiểu hoặc thiết kế CP. Chọn loại/số lượng theo thiết kế dự án. Khi dự án chỉ rõ phiên bản tiêu chuẩn, dùng phiên bản đó.

12. Nhôm, kẽm hay magiê

Kim loại	Dung lượng	Điện thế	Phạm vi
Nhôm Al-Zn-In	⩾ 2,500 Ah/kg	-1.05 V so với Ag/AgCl	Nước biển, nước lợ, trầm tích biển
Kẽm	⩾ 780 Ah/kg	-1.00 V so với Ag/AgCl	Trầm tích yếm khí, khoang có hoạt tính vi khuẩn
Magiê	⩾ 1,210 Ah/kg	-1.5 / -1.7 V so với CSE	Đất/nước ngọt; không dùng nước biển

Nhôm cung cấp khoảng ba lần Ah/kg so với kẽm, có thể giảm khối lượng lắp cho cùng kết cấu/tuổi thọ theo tính toán thiết kế, giảm nâng hạ, thép hàn và lực cản. Kẽm vẫn có vai trò trong môi trường yếm khí; magiê phù hợp đất/nước ngọt nơi nhôm có thể thụ động. Trong nước biển, điện áp dẫn động cao của magiê gây tiêu hao và có nguy cơ bong lớp phủ. CathPro sản xuất cả ba, báo theo yêu cầu thiết kế.

13. Thông tin để báo giá

- Kết cấu, điều kiện sử dụng và chất điện ly.
- Loại anốt ở mục 05 hoặc bản vẽ.
- Khối lượng tịnh yêu cầu mỗi anốt, số lượng.
- Loại lõi; tấm đệm gia cường có thuộc cung cấp hay không.
- Chứng nhận và kiểm tra bên thứ ba cần có.
- Cảng giao, ngày cần hàng.

Revision B, 26/10/2026: cập nhật tham chiếu DNV-RP-B401 sang bản 05/2021, không đổi dữ liệu sản phẩm. Revision A phát hành 29/08/2026. Hợp kim, hình học, thông số cuối cùng theo yêu cầu dự án, đơn hàng và thỏa thuận kỹ thuật. Hình sản phẩm là hình dựng minh họa.

CathPro - Jiaozuo Huayu Magnesium Industry Co., Ltd. | Anốt hy sinh và vật tư bảo vệ catốt. sales@cathprocp.com | www.cathprocp.com. Hệ anốt nhôm, kẽm, magiê.