

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG SẢN XUẤT ACID SULFURIC (H_2SO_4) TỪ NGUỒN NGUYÊN LIỆU LƯU HUỖNH/CHỨA LƯU HUỖNH TẠI NHÀ MÁY LỌC DẦU DUNG QUẤT

**Võ Thị Thương¹, Trần Vinh Lộc¹, Lê Dương Hải¹, Nguyễn Minh Hiếu², Trương Văn Nhân¹
Nguyễn Thị Châu Giang¹, Nguyễn Anh Tuấn³, Huỳnh Minh Thuận¹**

¹Viện Dầu khí Việt Nam

²Tổng Công ty Phân bón và Hóa chất Dầu khí - CTCP

³Công ty Cổ phần Sản xuất Nhựa Phú Mỹ

Email: thuongvt.pvpro@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.11-05>

Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu khả năng sản xuất H_2SO_4 từ nguồn nguyên liệu lưu huỳnh/chứa lưu huỳnh tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất dựa trên các yếu tố về thị trường, công nghệ và hiệu quả kinh tế. Hiện nay, sản lượng H_2SO_4 sản xuất trong nước không đáp ứng đủ nhu cầu tiêu thụ, phần thiếu hụt phải bù bằng lượng nhập khẩu. Theo dự báo, thị trường nội địa sẽ thiếu hụt khoảng 464 nghìn tấn H_2SO_4 vào năm 2025. Dự án đầu tư sản xuất H_2SO_4 với quy mô công suất 200 nghìn tấn/năm, dự kiến đi vào vận hành vào năm 2025. Trong trường hợp sản xuất H_2SO_4 gián tiếp từ khí giàu H_2S thông qua sản phẩm trung gian là lưu huỳnh, Dự án có tổng mức đầu tư khoảng 143,2 triệu USD, IRR đạt 3,2%, NPV@13,2% là -55,1 triệu USD, tổng thời gian thu hồi vốn là 14 năm và 4 tháng. Trong trường hợp sử dụng trực tiếp khí giàu H_2S làm nguyên liệu, Dự án có tổng mức đầu tư khoảng 102,4 triệu USD, IRR đạt 16,3% và NPV@13,2% là 15,7 triệu USD, tổng thời gian thu hồi vốn là 5 năm và 5 tháng.

Từ khóa: Sulfuric acid, lưu huỳnh, Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

1. Giới thiệu

H_2SO_4 là hóa chất cơ bản, có tốc độ tăng trưởng và lượng tiêu thụ cao tại khu vực châu Á - Thái Bình Dương, trong đó các quốc gia khu vực Đông Nam Á chủ yếu nhập khẩu H_2SO_4 . Tại Việt Nam, H_2SO_4 được sử dụng chủ yếu để chế biến quặng phosphate nhằm sản xuất phân bón DAP (diammonium phosphate), SSP (single superphosphate) và TSP (triple superphosphate). Một số đơn vị thành viên thuộc Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PVN) có nhu cầu sử dụng H_2SO_4 lớn, với 2 ứng dụng chính là sản xuất phân bón và hóa chất xử lý nước. H_2SO_4 thường được sản xuất theo công nghệ tiếp xúc kép sử dụng nguồn nguyên liệu lưu huỳnh lỏng/rắn thu hồi từ dòng khí thải giàu H_2S . Bên cạnh đó, một số nhà bản quyền công nghệ như Haldor Topsoe, KVT, Keyon... đã phát triển công nghệ sản xuất trực tiếp H_2SO_4 từ khí giàu H_2S mà không qua sản phẩm trung gian là lưu huỳnh.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu khả năng sản xuất H_2SO_4 từ nguồn nguyên liệu lưu huỳnh/chứa lưu huỳnh (khí giàu H_2S) dựa trên các tiêu chí về thị trường, kỹ thuật và kinh tế nhằm xem xét khả năng sản xuất sản phẩm mới, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

2. Thị trường nguyên liệu và sản phẩm

2.1. Thị trường H_2SO_4

H_2SO_4 là hóa chất công nghiệp quan trọng, được sử dụng để sản xuất phân bón, chế biến quặng, tổng hợp hóa học, trung hòa pH trong xử lý nước thải và tinh chế dầu mỏ [1]. Hơn 60% sản lượng H_2SO_4 trên thế giới được tiêu thụ bởi ngành công nghiệp phân bón. Trong đó, chủ yếu được sử dụng để sản xuất H_3PO_4 (phosphoric acid), AS (ammonium sulphate), SSP (single superphosphate) và SOP (sulphate of potash). Tổng nhu cầu tiêu thụ H_2SO_4 trên thế giới năm 2019 và 2020 lần lượt đạt 276 triệu tấn và 274 triệu tấn. Do tác động của đại dịch Covid-19, lượng tiêu thụ H_2SO_4 có sụt giảm nhưng không đáng kể. Đến năm 2025, nhu cầu tiêu



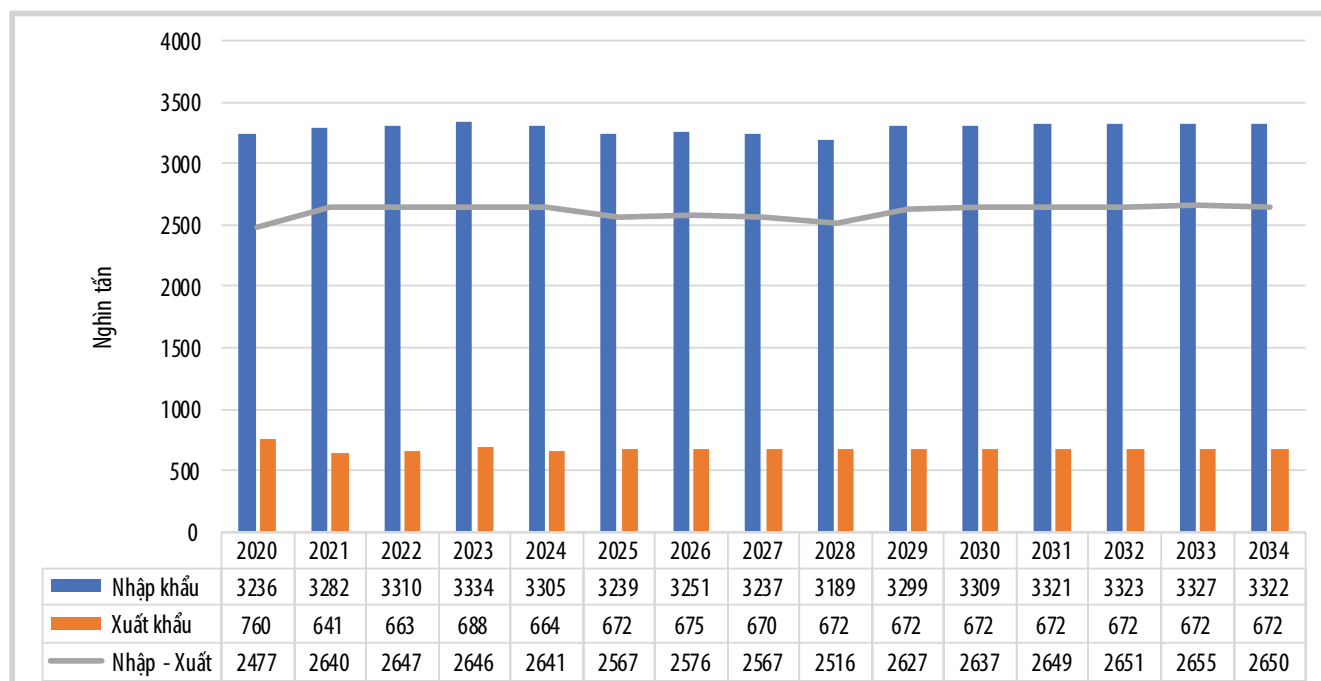
Ngày nhận bài: 30/8/2021. Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 30/8 - 27/10/2021.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 28/10/2021.

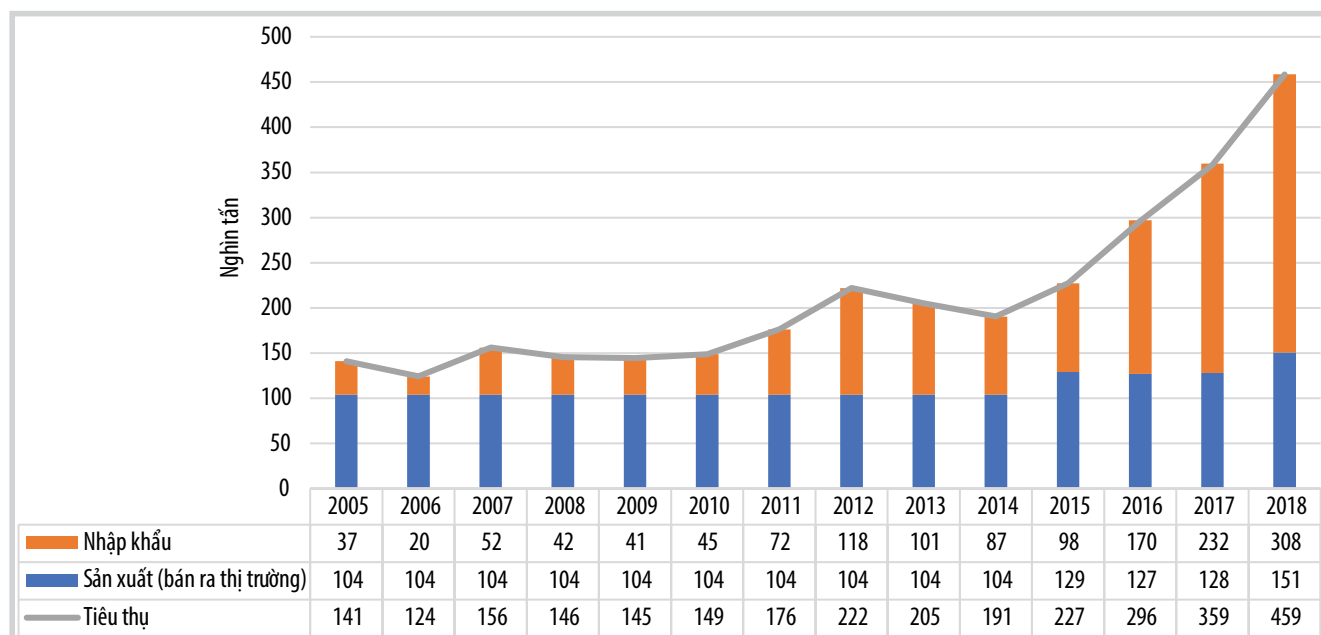
thụ H_2SO_4 của thế giới dự báo tăng trở lại và đạt mức 290 triệu tấn [2]. Tại Đông Nam Á, các nước trong khu vực đều đang nhập khẩu H_2SO_4 . Dự kiến lượng nhập khẩu trung bình trong giai đoạn 2020 - 2034 đạt khoảng 3,3 triệu tấn/năm (Hình 1). Ở Việt Nam, từ năm 2005 - 2018, mức tiêu thụ H_2SO_4 tương đối lớn. Tốc độ tăng trưởng tiêu thụ trong giai đoạn này đạt 14,9%/năm, từ mức 141 nghìn tấn vào năm 2005 lên 459 nghìn tấn vào năm 2018 (Hình 2) [3].

Tại Việt Nam, H_2SO_4 ở thị trường Việt Nam được cung cấp bởi sản xuất trong nước và nhập khẩu. Các nhà máy

H_2SO_4 trong nước chủ yếu phục vụ nhu cầu sản xuất các sản phẩm nội bộ như H_3PO_4 , phân bón... và cung ứng ra thị trường. Công suất sản xuất H_2SO_4 của một số công ty lớn trong nước được thể hiện ở Bảng 1. Trong đó, Tập đoàn Hóa chất Việt Nam (Vinachem) đang có sản lượng sản xuất H_2SO_4 cao nhất cả nước với 2 nhà máy tại Hải Phòng và Lào Cai, sản lượng đạt khoảng 834 nghìn tấn/năm, sử dụng cho sản xuất phân bón [4]. Công ty CP Tập đoàn và Hóa chất Đức Giang và Công ty CP Supe Phốt phát và Hóa chất Lâm Thao với cổ đông chính là Vinachem có sản lượng mỗi năm tương ứng là 400 và 300 nghìn tấn/năm. Tập đoàn



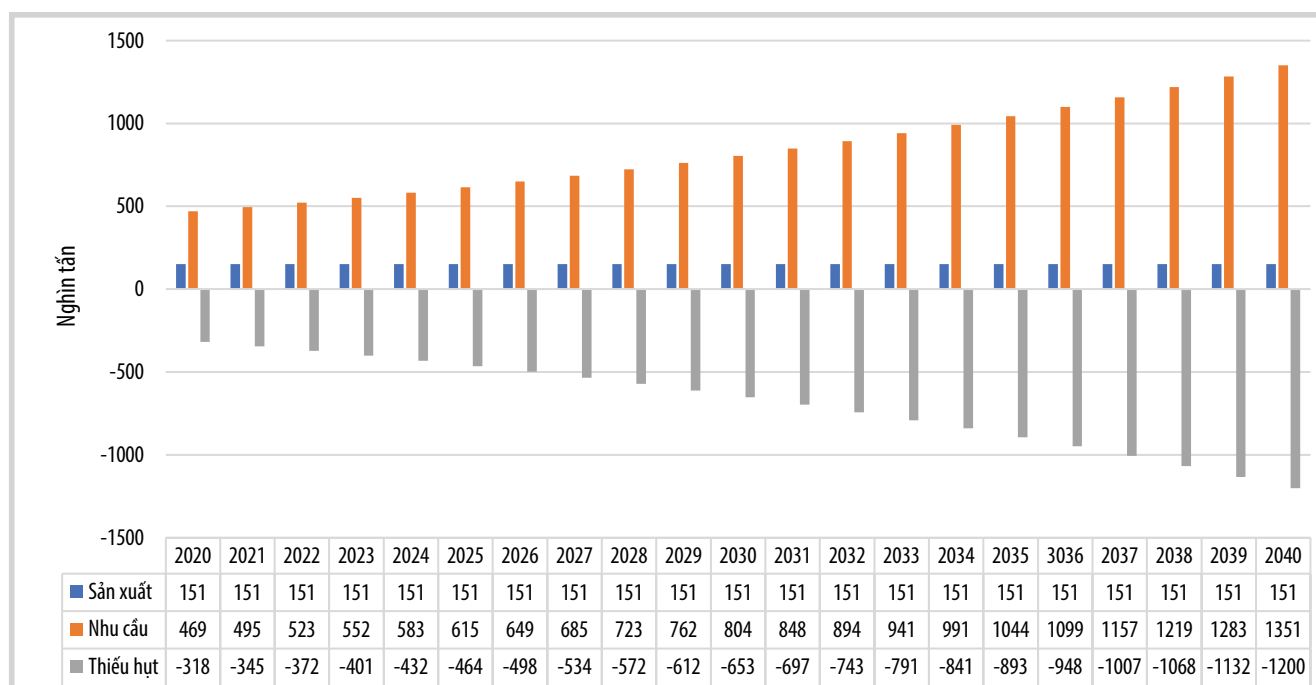
Hình 1. Dự báo xuất nhập khẩu H_2SO_4 ở các nước Đông Nam Á đến năm 2034 (không bao gồm Việt Nam). Nguồn: Argus, 2020.



Hình 2. Tình hình tiêu thụ H_2SO_4 ở Việt Nam giai đoạn 2005 - 2018. Nguồn: Tổng cục Hải quan.

Bảng 1. Công suất sản xuất H₂SO₄ của các công ty lớn trong nước. Nguồn: VPI

TT	Tên công ty	Công suất (nghìn tấn/năm)	Mục đích sử dụng
1	Công ty CP DAP - VINACHEM	414	Sử dụng nội bộ để sản xuất phân bón
2	Công ty CP DAP Số 2-VINACHEM	420	Sử dụng nội bộ để sản xuất phân bón
3	Công ty CP Tập đoàn Hóa chất Đức Giang	400	Sử dụng nội bộ để sản xuất phân bón, H ₃ PO ₄
4	Công ty CP Supe Phốt phát và Hóa chất Lâm Thao	300	Sản xuất phân bón, cung cấp cho thị trường
5	Công ty CP Hóa chất cơ bản miền Nam	60	Cung cấp cho thị trường
6	Công ty CP Phân bón miền Nam	80	Sản xuất phân bón, cung cấp cho thị trường
7	Tổng công ty Khoáng sản-TKV (Vimico)	40	Cung cấp cho thị trường
	Tổng	1.634	



Hình 3. Dự báo cân bằng cung cầu H₂SO₄ ở Việt Nam giai đoạn 2020 - 2040.

Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam có 1 đơn vị sản xuất H₂SO₄ đặt tại Sinh Quyền, huyện Bát Xát, tỉnh Lào Cai với công suất 40 nghìn tấn/năm. Tại phía Nam, Công ty CP Hóa chất Cơ bản miền Nam và Công ty CP Phân bón miền Nam cung ứng khoảng 140 nghìn tấn/năm cho tiêu thụ nội bộ và cung cấp cho thị trường. Tổng sản lượng sản xuất H₂SO₄ hàng năm của các nhà máy trong nước đạt khoảng 1,6 triệu tấn. Trong đó, hơn 90% sản lượng này để phục vụ tiêu thụ nội bộ và chỉ khoảng 8% được bán ra thị trường.

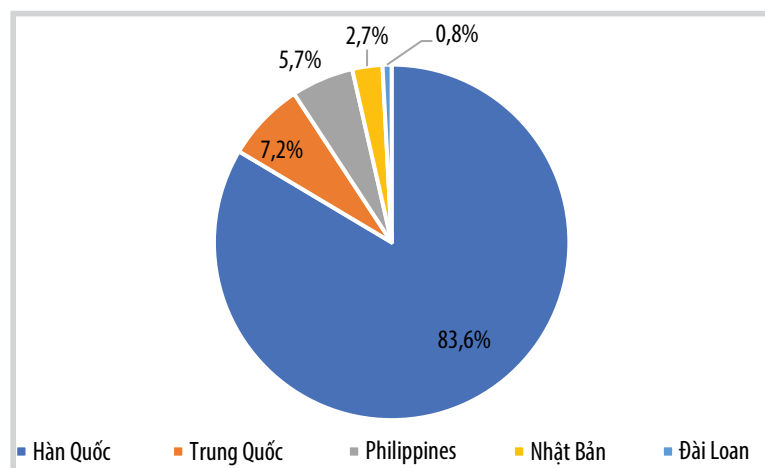
Nhu cầu tiêu thụ H₂SO₄ trong thời gian qua không ngừng gia tăng, trong khi sản xuất trong nước cung ứng ra thị trường còn hạn chế. Do đó, sản lượng nhập khẩu H₂SO₄ đã tăng lên nhanh chóng từ 37 nghìn tấn vào năm 2005 và đạt gần 308 nghìn tấn vào năm 2018 để đáp ứng lượng thiếu hụt tại thị trường nội địa. H₂SO₄ nhập khẩu vào thị trường Việt Nam được sử dụng chủ yếu trong các

lĩnh vực chính gồm: sản xuất H₃PO₄, sản xuất phân bón và các lĩnh vực khác (công nghiệp mạ, công nghiệp điện tử, xử lý nước thải, chất tẩy rửa công nghiệp, sản xuất pin, ắc quy...).

Nhu cầu tiêu thụ H₂SO₄ tại Việt Nam có xu hướng tăng trong thời gian tới. Nếu không tính sản lượng H₂SO₄ được sản xuất và tiêu thụ nội bộ tại các nhà máy, Việt Nam tiêu thụ khoảng 469 nghìn tấn H₂SO₄ trong năm 2020 và dự báo sẽ đạt hơn 1,3 triệu tấn vào năm 2040. Nếu tính cả sản lượng tiêu thụ nội bộ tại các nhà máy sản xuất phân bón, nhu cầu tiêu thụ H₂SO₄ đạt gần 2 triệu tấn vào năm 2020 và tăng lên hơn 2,7 triệu tấn vào năm 2040. Trong khi đó, khả năng cung ứng trong nước còn hạn chế. Dựa trên tốc độ tăng trưởng trong quá khứ và tốc độ tăng trưởng GDP, dự báo đến năm 2025, lượng H₂SO₄ thiếu hụt tại thị trường nội địa khoảng 464 nghìn tấn và tăng lên 1,2 triệu tấn vào năm 2040 (Hình 3).

2.2. Giá và dự báo giá H₂SO₄

Thị trường nhập khẩu H₂SO₄ của Việt Nam chủ yếu là ở khu vực châu Á. Trong đó, Hàn Quốc chiếm hơn 80% sản lượng H₂SO₄ nhập khẩu năm 2019, tiếp đến là Trung Quốc, Nhật Bản, Philippines, Đài Loan.



Hình 4. Thị trường nhập khẩu H₂SO₄ của Việt Nam năm 2019. Nguồn: Tổng cục Hải Quan, 2019.

Bảng 2. Tính chất sản phẩm lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

TT	Thông số	Giá trị
1	Trạng thái	Lỏng/rắn ¹
2	Độ tinh khiết (hàm lượng lưu huỳnh)	≥ 99,9% khối lượng
3	Màu	Vàng sáng
4	Hàm lượng nước	≤ 0,1% khối lượng
5	Hàm lượng H ₂ S	≤ 10 ppm khối lượng
6	Các hợp chất hữu cơ	≤ 0,02% khối lượng
7	Hàm lượng tro	≤ 0,04% khối lượng
8	Nhiệt độ	Môi trường

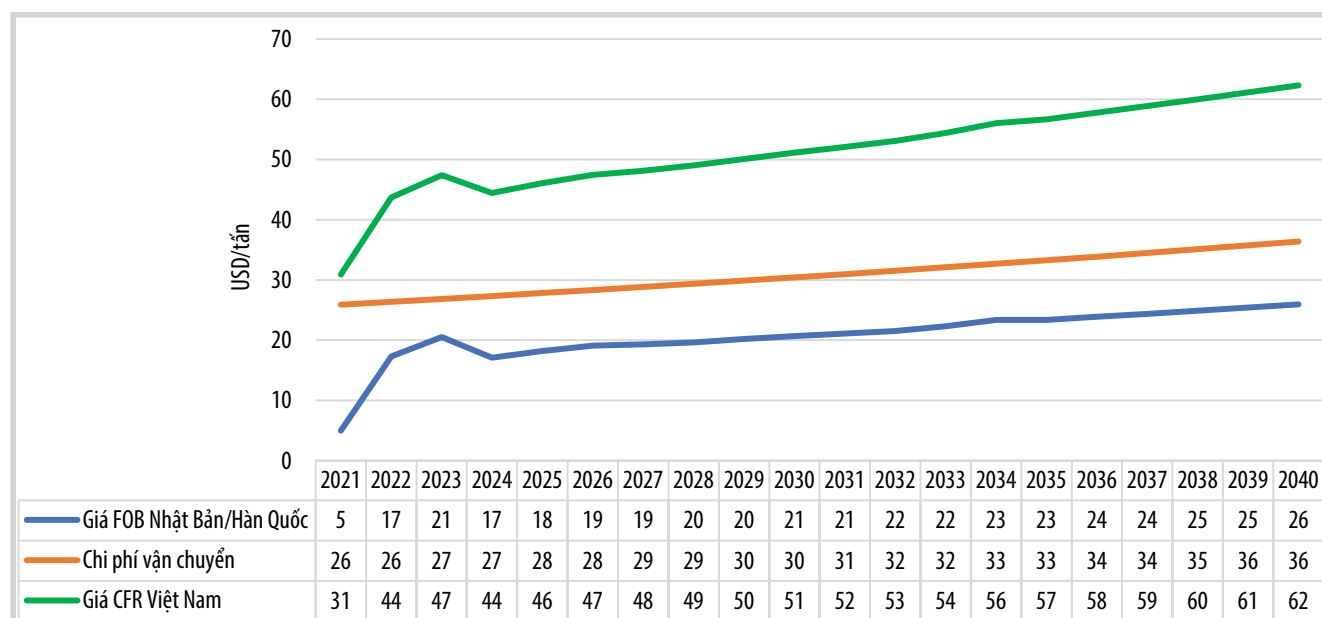
Ghi chú: ¹Sản phẩm lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất hiện tại ở trạng thái lỏng. Sau nâng cấp mở rộng, sản phẩm lưu huỳnh có thể ở trạng thái lỏng/rắn.

Loan. Lượng xuất khẩu của các nước vào Việt Nam được trình bày trong Hình 4.

Giá H₂SO₄ tại khu vực châu Á nói chung và tại Việt Nam nói riêng bị chi phối chủ yếu bởi giá FOB Hàn Quốc/Nhật Bản. Chi phí vận chuyển H₂SO₄ từ Hàn Quốc/Nhật Bản tương đối ổn định, ở mức trung bình 25 USD/tấn (dựa trên quá trình giao hàng thông thường đến Đông Nam Á bằng tàu công suất 18 - 20 nghìn tấn). Năm 2019, giá H₂SO₄ nhập khẩu về Việt Nam là 58 USD/tấn. Do ảnh hưởng của đại dịch Covid-19, năm 2020 giá H₂SO₄ giảm xuống còn 15 USD/tấn. Tuy nhiên, giá H₂SO₄ được dự báo sẽ tăng dần và đạt hơn 60 USD/tấn vào năm 2040. Dự báo giá H₂SO₄ (CFR Việt Nam) giai đoạn 2021 - 2040 được thể hiện ở Hình 5. Trong đó, chi phí vận chuyển chiếm tỷ trọng lớn trong giá thành H₂SO₄ nhập về tới Việt Nam.

2.3. Nguồn cung và dự báo giá nguyên liệu

Nhà máy Lọc dầu Dung Quất có 2 nguồn có thể làm nguyên liệu cho Dự án H₂SO₄ gồm lưu huỳnh và khí giàu H₂S. Hiện nay, phân xưởng thu hồi lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất có tổng công suất thiết kế khoảng 6 nghìn tấn/năm lưu huỳnh lỏng. Sau khi tiến hành nâng cấp mở rộng thì sản lượng lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất có thể tăng lên 70 nghìn tấn/năm. Tính chất sản

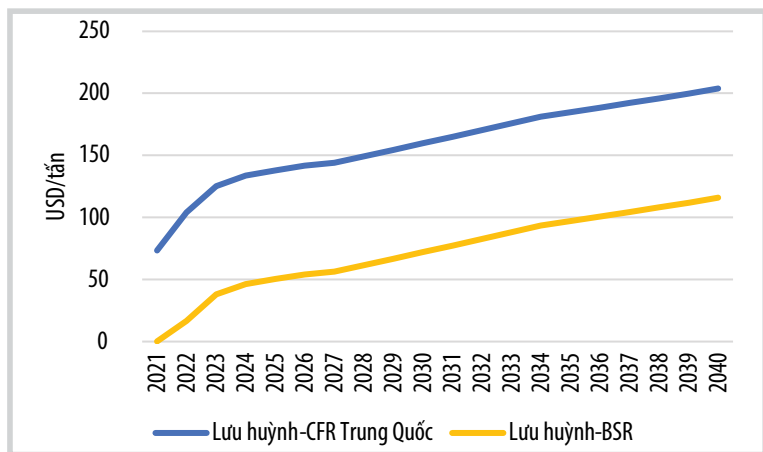


Hình 5. Dự báo giá H₂SO₄ tại Việt Nam giai đoạn 2021 - 2040. Nguồn: Argus, 2020.

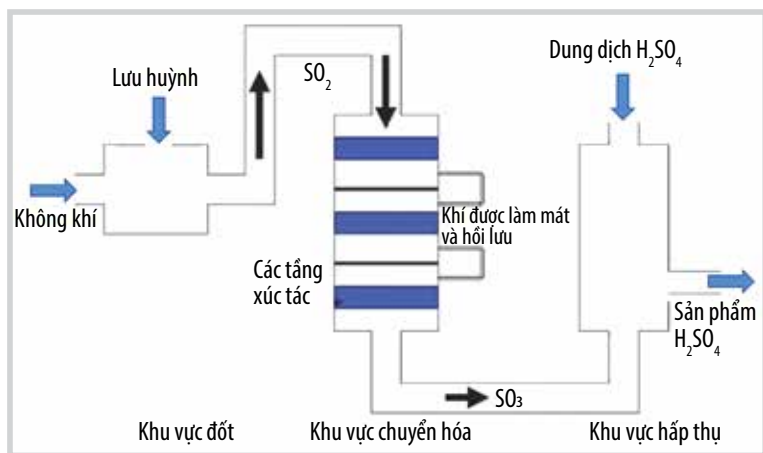
Bảng 3. Tính chất các dòng khí giàu H₂S của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất. Nguồn: BSR, 2017

TT	Thông số	Khí acid từ ARU ¹		Khí acid từ SWSU ²		Khí thải từ CNU ³	
		Thiết kế	Sau nâng cấp mở rộng	Thiết kế	Sau nâng cấp mở rộng	Thiết kế	Sau nâng cấp mở rộng
1	Áp suất (kg/cm ²)	0,6	3,5	0,6	3,5	0,5	7
2	Nhiệt độ (°C)	50	160	90	160	65	160
3	Thành phần (% khối lượng)						
	H ₂ O	2,8	3,3	5,7	20,5	7	6,8
	H ₂ S	17,7	88	92,8	56,8	53	53,2
	CO ₂	78,8	8	-	0,3	40	-
	NH ₃	-	0,1	-	21,1		-
	C ₁	0,2	0,1	-	0,5		6
	C ₂	0,2		-	0,5		11,3
	C ₃	0,1	0,2	-	0,3		4,7
	C ₄	-	0,2	-	-		9,5
	C ₆	-	0,1	-	-		-
	H ₂	19 ppm khối lượng		-	-		4
	N ₂	0,2	-	-	-		4,5
	Phenol	-	-	-	4 ppm khối lượng		-
	Cyanide	-	-	1,5	-	-	
	Hydrocarbon nhẹ và khí trơ	-	-	-	dạng vết	-	
	Tổng	100	100	100	100	100	100
4	Lưu lượng thiết kế (kg/giờ)	926,6	9.558	74,3	1.308	18,6	16,7

Ghi chú: ¹Phân xưởng tái sinh amine, ²Phân xưởng xử lý nước chua, ³Phân xưởng trung hòa kiềm



Hình 6. Dự báo giá lưu huỳnh bán tại cổng Nhà máy Lọc dầu Dung Quất giai đoạn 2021 - 2040. Nguồn: Argus & BSR, 2020.



Hình 7. Sơ đồ quy trình sản xuất H₂SO₄ từ lưu huỳnh

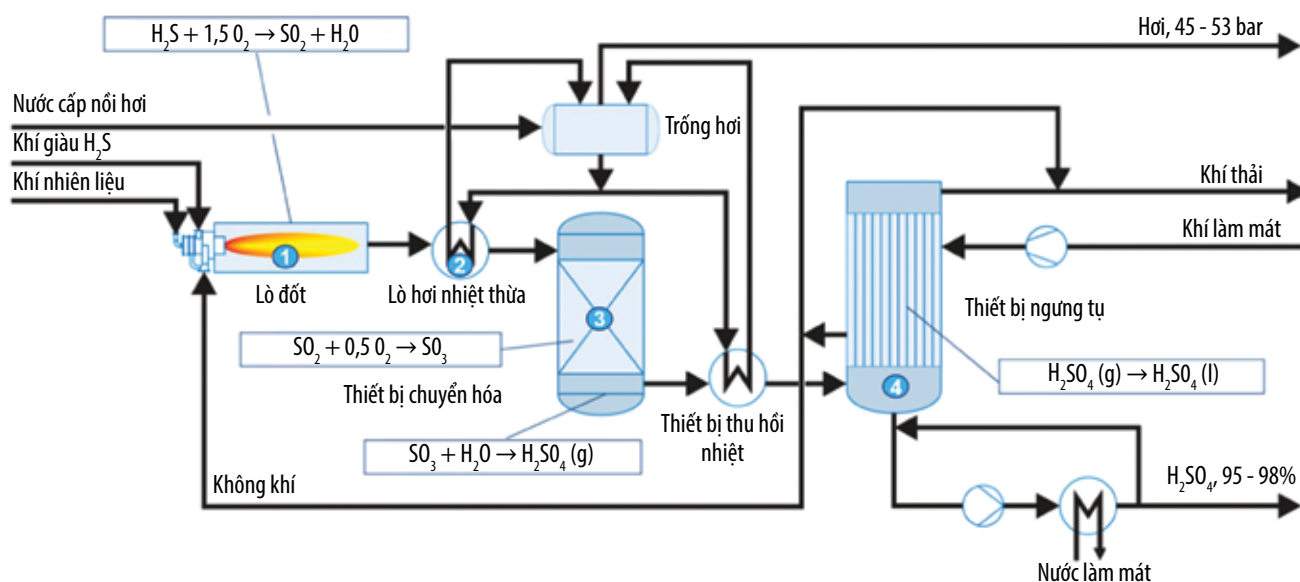
phẩm lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất được thể hiện ở Bảng 2. Ngoài ra, Nhà máy Lọc dầu Dung Quất có thể cung cấp trực tiếp nguồn nguyên liệu khí giàu H₂S cho sản xuất H₂SO₄ mà không cần thông qua công đoạn thu hồi lưu huỳnh. Thành phần, lưu lượng và tính chất các nguồn khí giàu H₂S được thể hiện ở Bảng 3. Theo đánh giá từ các nhà bản quyền, tính chất của các nguồn nguyên liệu này đều phù hợp để sản xuất H₂SO₄.

Giá lưu huỳnh được tính theo công thức giá bán lưu huỳnh tại cổng của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, dựa trên cơ sở giá lưu huỳnh dự báo của Trung Quốc (CFR Trung Quốc), có tính đến phụ phí đàm phán hàng năm giữa Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và khách hàng (trung bình -84 USD/tấn lưu huỳnh giai đoạn 2017 - 2020) và các loại thuế suất theo quy định của nhà nước. Dự báo giá lưu huỳnh bán tại cổng Nhà máy Lọc dầu Dung Quất được thể hiện trong Hình 6.

Nguyên liệu khí giàu H₂S là dòng khí thải phát sinh trong quá trình vận hành của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất. Khí giàu H₂S cần được xử lý trước khi phát thải vào môi trường nhằm đáp ứng các yêu cầu của QCVN theo quy định

Bảng 4. Thông tin về một số nhà bản quyền công nghệ sản xuất H₂SO₄ từ lưu huỳnh. Nguồn: VPI tổng hợp, 2020

Nhà bản quyền	Tên thương mại	Kinh nghiệm	Quy mô công suất
DuPont	MECS® Sulfur Burning acid technology	Hơn 90 năm kinh nghiệm trong lĩnh vực sản xuất H ₂ SO ₄ . Thiết kế hơn 1.000 nhà máy trên toàn thế giới.	Quy mô công suất nhà máy thương mại có thể lên đến hơn 1 triệu tấn/năm.
Kapsom	Sulfuric Acid Technology	Hơn 20 năm kinh nghiệm thiết kế và chế tạo thiết bị. 11 nhà máy đã đi vào hoạt động và 1 nhà máy tại Ukraine đang trong quá trình xây dựng.	Dây công suất thương mại: 10 nghìn tấn/năm đến 1 triệu tấn/năm.



Hình 8. Sơ đồ quy trình sản xuất H₂SO₄ từ khí giàu H₂S. Nguồn: www.andritz.com.

của pháp luật hiện hành. Trên thị trường thế giới hiện nay, loại khí giàu H₂S chưa được công bố về mặt thương mại nên không có cơ sở để ấn định mức giá của khí giàu H₂S. Bài báo này tính toán các kịch bản sản xuất H₂SO₄ và S dựa trên giả thiết dòng khí giàu H₂S không có giá trị về mặt thương mại.

3. Công nghệ và giải pháp kỹ thuật

3.1. Mô tả công nghệ

Công nghệ sản xuất H₂SO₄ vận hành theo nguyên lý chung là chuyển hóa lưu huỳnh có trong các nguyên liệu đầu vào khác nhau như lưu huỳnh nguyên chất, quặng pyrite, các loại khí thải có chứa lưu huỳnh như H₂S... thành khí SO₂. Tiếp theo, khí SO₂ sẽ được oxy hóa thành khí SO₃ dưới tác dụng của xúc tác. Cuối cùng, SO₃ sẽ được hấp thụ để tạo thành H₂SO₄. Công nghệ sản xuất H₂SO₄ hiện nay đã được thương mại hóa rộng rãi trên thế giới. Đi từ nguồn nguyên liệu thu được từ các nhà máy lọc dầu và chế biến khí, có thể chia công nghệ sản xuất H₂SO₄ thành 2 nhóm chính gồm công nghệ sử dụng nguyên liệu lưu huỳnh (lỏng/rắn) và công nghệ sử dụng nguyên liệu khí giàu H₂S.

- Sản xuất H₂SO₄ sử dụng nguyên liệu là lưu huỳnh

Công nghệ sử dụng lưu huỳnh nguyên chất sản xuất từ khí giàu H₂S tại phân xưởng SRU (sulfur recovery unit) của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất làm nguyên liệu để sản xuất H₂SO₄. Quá trình sản xuất được chia thành các khu vực chính sau: Khu vực đốt lưu huỳnh, chuyển hóa lưu huỳnh dưới sự có mặt của không khí/oxy để tạo thành khí SO₂; Khu vực chuyển hóa SO₂ thành SO₃; Khu vực hấp thụ SO₃ đã chuyển hóa bằng chính dòng sản phẩm H₂SO₄. Sản phẩm sau khi thu được sẽ được làm mát rồi đưa đến bồn chứa. Khí thải chứa các thành phần chưa chuyển hóa như SO₂ sẽ được xử lý bằng hóa chất (H₂O₂/NaOH...) trước khi thải ra môi trường. Sơ đồ công nghệ tiêu biểu được thể hiện ở Hình 7. Thông tin về các nhà bản quyền công nghệ sản xuất H₂SO₄ từ lưu huỳnh được thể hiện ở Bảng 4.

- Sản xuất H₂SO₄ sử dụng nguyên liệu là H₂S

Công nghệ sản xuất H₂SO₄ từ khí giàu H₂S đã được thương mại hóa bởi nhiều nhà bản quyền trên thế giới như Haldor Topsoe, KVT, Keyon... Quá trình sản xuất H₂SO₄ từ khí giàu H₂S gồm các khu vực chính sau:

- + Khu vực đốt khí nguyên liệu: Khí nguyên liệu giàu H₂S được đưa trực tiếp vào lò đốt (1) ở nhiệt độ cao. Lò đốt được cấp nhiệt bởi khí nhiên liệu trong giai đoạn khởi động. Tại đây, các hợp chất chứa lưu huỳnh sẽ chuyển hóa

thành SO₂. Nhiệt từ dòng khí hỗn hợp sẽ được thu hồi để sản xuất hơi tại lò hơi nhiệt thừa (2).

+ Khu vực oxy hóa: Dòng khí công nghệ sau khi được khử NO_x sẽ được đưa đến tháp chuyển hóa (3) để chuyển hóa SO₂ thành SO₃ dưới sự có mặt của xúc tác. Do trong dòng khí có chứa hơi nước nên SO₃ tạo thành sẽ tiếp tục phản ứng với hơi nước để chuyển hóa thành H₂SO₄ ở dạng khí.

+ Khu vực ngưng tụ và làm mát: Hỗn hợp sau khi ra khỏi đáy tháp chuyển hóa được thu hồi nhiệt để sản xuất hơi rồi đi vào thiết bị ngưng tụ (4). Tại đây H₂SO₄ dạng khí sẽ được ngưng tụ thành dạng lỏng. Sản phẩm đi ra từ đáy thiết bị tiếp tục được làm mát rồi đưa đến bồn chứa. Dòng khí thải sẽ được đưa đến khu vực xử lý khí thải.

Sơ đồ công nghệ sản xuất H₂SO₄ từ khí giàu H₂S tiêu biểu được thể hiện ở Hình 8. Thông tin về các nhà bản quyền công nghệ sản xuất H₂SO₄ từ khí giàu H₂S tiêu biểu được thể hiện ở Bảng 5.

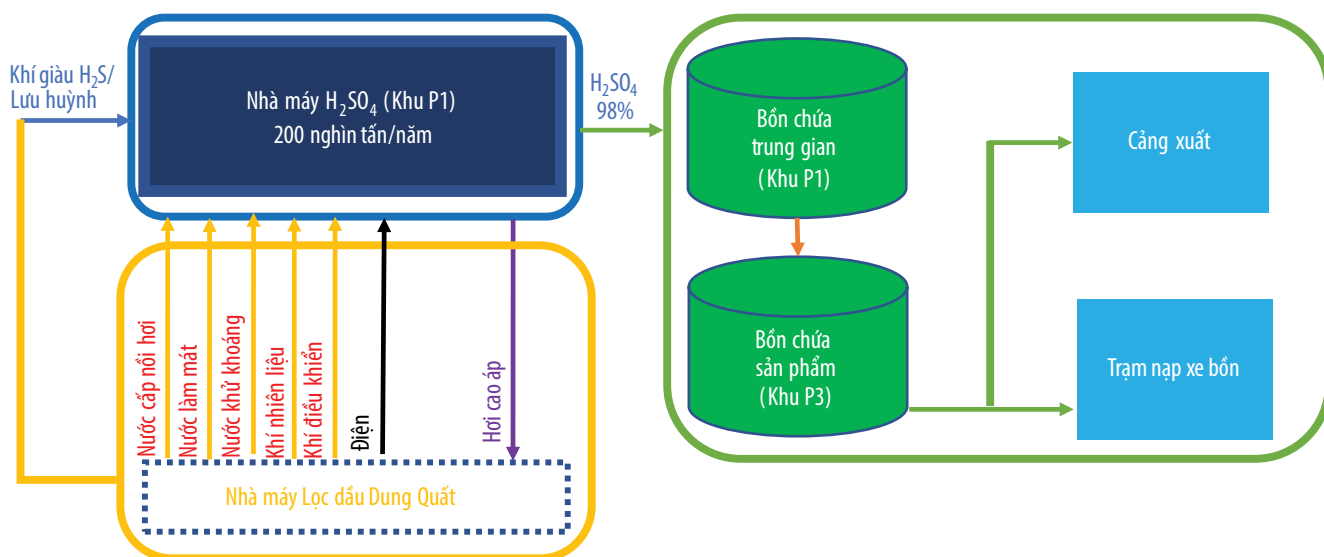
3.2. Hệ thống phụ trợ, tiện ích

Các nguồn phụ trợ như điện, nước làm mát, nước khử khoáng... cấp cho nhà máy H₂SO₄ sẽ được lấy từ Nhà máy Lọc dầu Dung Quất. Cấu hình kết nối giữa Dự án H₂SO₄ và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất được thể hiện ở Hình 9.

Bồn chứa trung gian là bồn trụ đứng áp suất thường với thể tích 330 m³ đủ sức chứa cho 1 ngày vận hành. Bồn chứa trung gian được đặt ở trong nhà máy H₂SO₄, gần với khu sản xuất và là trạm trung gian để chuyển H₂SO₄ đến bồn chứa sản phẩm. Bồn chứa trung gian được trang bị 2 bơm chuyển H₂SO₄ với công suất 15 m³/giờ mỗi bơm. Trong đó, 1 bơm hoạt động và 1 bơm dự phòng để đảm bảo duy trì hoạt động liên tục của nhà máy. Bồn chứa sản phẩm là loại bồn trụ đứng áp suất thường, với thể tích 7.000 m³ đủ sức chứa cho 3 tuần vận hành. Bồn sẽ được đặt gần với cảng xuất sản phẩm để tiết kiệm đường ống cũng như thuận tiện cho quá trình xuất sản phẩm. Cả bồn chứa trung gian và bồn chứa sản phẩm sẽ được đặt trong

Bảng 5. Thông tin về một số nhà bản quyền công nghệ sản xuất H₂SO₄ từ khí giàu H₂S. Nguồn: VPI

Nhà bản quyền	Tên thương mại	Kinh nghiệm	Quy mô công suất
Haldor Topsoe	WSA Technology	Hơn 40 năm kinh nghiệm nghiên cứu và phát triển công nghệ với khoảng 160 nhà máy sản xuất H ₂ SO ₄ sử dụng công nghệ WSA.	Dao động từ 22 - 300 nghìn tấn/năm. Bestgrand Chemical Group đã khởi động thành công nhà máy WSA lớn nhất thế giới với công suất 300 nghìn tấn/năm tại Huizhou, Trung Quốc [5].
Keyon	ECOSA® Technology	Hơn 10 năm kinh nghiệm nghiên cứu và phát triển công nghệ với khoảng 30 nhà máy sản xuất H ₂ SO ₄ sử dụng công nghệ ECOSA®.	Dao động từ 10 - 220 nghìn tấn/năm. Nhà máy ECOSA® lớn nhất có công suất 220 nghìn tấn đặt tại Shandong Wudi, Trung Quốc.
KVT	OXYSULF® Technology	Hơn 28 nghiên cứu và phát triển công nghệ với khoảng 85 nhà máy sản xuất H ₂ SO ₄ sử dụng công nghệ OXYSULF®.	Nhà máy OXYSULF® có thể xử lý được dòng khí nguyên liệu với lưu lượng từ 10.000 - 200.000 Nm ³ /giờ.



Hình 9. Cấu hình kết nối giữa Dự án H₂SO₄ và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

khu vực có đê bao xung quanh nhằm đảm bảo khi có sự cố toàn bộ lượng acid sẽ được giữ trong đê bao, tránh ảnh hưởng đến các bồn chứa, thiết bị xung quanh.

Trạm xuất xe bồn gồm 2 bơm xuất với công suất 15 m³/giờ, trong đó 1 bơm hoạt động và một bơm dự phòng. Các bơm này sẽ vận chuyển H₂SO₄ từ bồn chứa sản phẩm vào xe bồn qua ống mềm. Khi đạt lưu lượng cài đặt sẵn thì hệ thống sẽ dừng bơm. Thời gian dự kiến để xuất 1 xe là không quá 2 giờ. Trạm xuất tàu gồm 2 bơm xuất với công suất 380 m³/giờ, trong đó 1 bơm hoạt động và một bơm dự phòng. Các bơm này sẽ vận chuyển H₂SO₄ từ bồn chứa sản phẩm ra tàu thông qua hệ thống đường ống và ống mềm ở cảng xuất sản phẩm. Khi đủ lưu lượng cài đặt sẵn thì hệ thống sẽ dừng bơm. Thời gian dự kiến để xuất 1 tàu là không quá 12 giờ.

4. Quy mô công suất và địa điểm

4.1. Quy mô công suất

Quy mô công suất của Dự án H₂SO₄ được đề xuất dựa trên các tiêu chí sau:

- Khả năng cung cấp nguyên liệu: Hiện nay, toàn bộ sản phẩm lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất (khoảng 6 nghìn tấn/năm) đều được bán ra thị trường. Sau khi tiến hành nâng cấp mở rộng thì sản lượng lưu huỳnh của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất có thể tăng lên đạt 70 nghìn tấn/năm, tương ứng có thể sản xuất được khoảng 200 nghìn tấn/năm H₂SO₄. Ngoài ra, Dự án H₂SO₄ còn có thể sử dụng nguồn lưu huỳnh cung ứng từ các đơn vị sản xuất trong nước hoặc từ nguồn nhập khẩu.

- Khả năng tiêu thụ sản phẩm ở thị trường trong nước: Kết quả nghiên cứu thị trường cho thấy ngoài nguồn H₂SO₄ được sản xuất và tiêu thụ nội bộ, năm 2018 nhu cầu tiêu thụ H₂SO₄ thị trường nội địa lên đến khoảng 459 nghìn tấn, trong đó lượng thiếu hụt được bù đắp bằng nguồn nhập khẩu gần 308 nghìn tấn. Nhu cầu H₂SO₄ dự kiến tăng trưởng và đạt 615 nghìn tấn vào năm 2025 và 1.044 nghìn tấn vào năm 2035. Lượng thiếu hụt tương ứng vào các năm 2025, 2035 là 464 và 893 nghìn tấn. Thị trường mục tiêu của Dự án là khu vực miền Nam có nhu cầu khoảng 200 nghìn tấn vào năm 2025. Ngoài ra, sản phẩm Dự án có tính đến khả năng tiêu thụ ở miền Bắc (thiếu hụt 264 nghìn tấn vào năm 2025), xuất khẩu sang các nước khu vực Đông Nam Á (lượng nhập khẩu lên đến 3,2 triệu tấn vào năm 2025). Các thị trường xuất khẩu tiềm năng của Dự án là Philippines, Thái Lan, Malaysia, Indonesia, Lào...

- Dây công suất thương mại hóa và mức công suất tối thiểu theo khuyến cáo từ các nhà bản quyền: Công

suất H₂SO₄ có thể dao động trong khoảng 10 nghìn tấn/năm đến 300 nghìn tấn/năm đối với công nghệ sử dụng nguồn khí giàu H₂S và lên đến hơn 1 triệu tấn/năm đối với công nghệ sử dụng nguồn lưu huỳnh. Mức công suất các nhà bản quyền khuyến cáo nên xem xét từ mức 100 nghìn tấn/năm trở lên, đặc biệt với công nghệ sử dụng lưu huỳnh, mức công suất phổ biến hiện nay trên thế giới đã đạt hơn 300 nghìn tấn/năm.

- Khả năng sử dụng/tiêu thụ tại các nhà máy sản xuất hiện hữu: Dự án H₂SO₄ sẽ sản xuất ra lượng lớn hơi, doanh thu bán hơi ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả kinh tế của Dự án H₂SO₄. Với công suất 200 nghìn tấn/năm, ước tính lượng hơi cao áp sản xuất được khoảng 62 tấn/giờ khi sử dụng trực tiếp khí giàu H₂S và 50 tấn/giờ khi sử dụng gián tiếp khí giàu H₂S thông qua nguyên liệu lưu huỳnh trung gian (trong đó 20 tấn/giờ từ công đoạn sản xuất lưu huỳnh và 30 tấn/giờ từ công đoạn sản xuất H₂SO₄). Nhà máy Lọc dầu Dung Quất hiện hữu thiếu hụt khoảng 80 tấn/giờ hơi cao áp, theo tính toán sau nâng cấp mở rộng, Nhà máy Lọc dầu Dung Quất vẫn còn thiếu khoảng hơn 100 tấn/giờ hơi cao áp. Do đó, nguồn hơi từ Dự án H₂SO₄ có thể đáp ứng được khoảng 50 - 60% nhu cầu hơi thiếu hụt của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất sau nâng cấp mở rộng.

Dựa trên các yếu tố về nhu cầu thị trường, kinh nghiệm thương mại hóa các nhà máy sản xuất H₂SO₄ trên thế giới cũng như khả năng tiêu thụ hơi tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, mức công suất được đề xuất để xem xét hiệu quả kinh tế của Dự án H₂SO₄ là 200 nghìn tấn/năm. Khi đó, nguồn nguyên liệu của Dự án sẽ được cung ứng từ Nhà máy Lọc dầu Dung Quất sau nâng cấp mở rộng.

4.2. Cân bằng vật chất

Cân bằng vật chất cho phân xưởng sản xuất lưu huỳnh từ khí giàu H₂S với công suất 70 nghìn tấn/năm được thể hiện ở Bảng 6.

Cân bằng vật chất cho Dự án H₂SO₄ với công suất 200 nghìn tấn/năm được thể hiện ở Bảng 7 và 8.

4.3. Đề xuất địa điểm

Diện tích dự kiến của Dự án H₂SO₄ là 3.000 m², được đề xuất đặt tại khu đất thuộc Nhà máy Lọc dầu Dung Quất để có thể dễ dàng kết nối với nguồn nguyên liệu, đồng thời tiêu thụ hơi cao áp tạo ra trong quá trình sản xuất H₂SO₄. Khu công nghệ chính cách khu bồn chứa chính là 8,3 km và cách trạm xuất là 9,5 km.

Bảng 6. Cân bằng vật chất của phân xưởng sản xuất lưu huỳnh sử dụng nguyên liệu khí giàu H₂S

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Nguyên liệu		
	Khí thải từ CNU	kg/giờ	0,02
	Khí acid từ phân xưởng SWSU	tấn/giờ	1,31
	Khí acid từ phân xưởng ARU	tấn/giờ	9,56
2	Sản phẩm		
	Lưu huỳnh	tấn/giờ	8
	Hơi cao áp	tấn/giờ	20

Bảng 7. Cân bằng vật chất của Dự án H₂SO₄ sử dụng nguyên liệu lưu huỳnh

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Nguyên liệu		
	Lưu huỳnh	tấn/giờ	8
2	Sản phẩm		
	H ₂ SO ₄ 98%	tấn/giờ	25
	Hơi cao áp	tấn/giờ	30

Bảng 8. Cân bằng vật chất của Dự án H₂SO₄ sử dụng trực tiếp nguyên liệu khí giàu H₂S

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Nguyên liệu		
	Khí thải từ CNU	kg/giờ	0,02
	Khí acid từ phân xưởng SWSU	tấn/giờ	1,31
	Khí acid từ phân xưởng ARU	tấn/giờ	9,56
2	Sản phẩm		
	H ₂ SO ₄ 98%	tấn/giờ	25
	Hơi cao áp	tấn/giờ	62



Hình 10. Bố trí mặt bằng Dự án H₂SO₄, hệ thống bồn chứa và trạm xuất sản phẩm.

5. Tổng mức đầu tư và hiệu quả kinh tế

5.1. Tổng mức đầu tư

Cơ sở để ước tính tổng mức đầu tư cho Dự án H₂SO₄ gồm:

- Thông tin từ nhà bản quyền công nghệ;
- Mô tả công nghệ, địa điểm và phương án đầu tư;
- Thiết kế sơ bộ;
- Kinh nghiệm thực hiện báo cáo nghiên cứu khả năng đầu tư các dự án lọc hóa dầu của VPI.

Cấu trúc ước tính tổng mức đầu tư của Dự án bao gồm các chi phí sau:

- Chi phí EPC;
- + Chi phí trong hàng rào (ISBL) gồm chi phí mua sắm, lắp đặt các thiết bị công nghệ và chi phí xây dựng trong nhà máy.
- + Chi phí ngoài hàng rào (OSBL) gồm chi phí hệ thống tiện ích, phụ trợ (phòng thí nghiệm, xưởng chế tạo...), vật liệu rời (đường ống, điện, điều khiển, sơn/cách nhiệt...) và chi phí xây dựng ngoài nhà máy (không bao gồm các hạng mục phụ trợ như đường vận chuyển, cảng nhập nguyên liệu/xuất sản phẩm...).
- Chi phí chủ đầu tư gồm chi phí quản lý dự án, chi phí tư vấn đầu tư xây dựng và chi phí khác. Ước tính chi phí chủ đầu tư bằng khoảng 30% chi phí EPC, số liệu được tham khảo và tổng hợp từ các báo cáo nghiên cứu khả thi các dự án lọc hóa dầu;
- Chi phí dự phòng:
- + Dự phòng do khối lượng phát sinh: 10% chi phí EPC và chi phí chủ đầu tư;
- + Dự phòng do yếu tố trượt giá: 10% chi phí EPC và chi phí chủ đầu tư.
- Lãi vay trong quá trình xây dựng;
- Vốn lưu động ban đầu.

Kết quả ước tính tổng mức đầu tư cho Dự án H₂SO₄ được thể hiện chi tiết theo Bảng 9.

Tổng mức đầu tư của phân xưởng sản xuất lưu huỳnh từ khí giàu H₂S với công suất 70 nghìn tấn/năm có giá trị khoảng 102 triệu USD. Tổng mức đầu tư Dự án sản xuất H₂SO₄ với công suất 200 nghìn tấn/năm trực tiếp từ nguồn khí giàu H₂S thấp hơn khoảng 40% so với phương án sản xuất H₂SO₄ gián tiếp từ khí giàu H₂S qua nguyên liệu trung gian là lưu huỳnh.

5.2 Hiệu quả kinh tế

Cơ sở tính toán hiệu quả kinh tế cho Dự án H₂SO₄ bao gồm:

- Vòng đời dự án: 20 năm;
- Thời gian đầu tư xây dựng: 4 năm;
- Thời điểm vận hành: Năm 2025;
- Số ngày vận hành: 333 ngày/năm (tương đương 8.000 giờ/năm);

Bảng 9. Kết quả tính toán tổng mức đầu tư Dự án H₂SO₄

TT	Nội dung	Đơn vị	Phân xưởng sản xuất lưu huỳnh từ khí giàu H ₂ S (SRU)	Dự án sản xuất H ₂ SO ₄ gián tiếp từ khí giàu H ₂ S qua lưu huỳnh trung gian	Dự án sản xuất H ₂ SO ₄ trực tiếp từ khí giàu H ₂ S
1	Chi phí EPC	triệu USD	57,7	81,2	57,8
2	Chi phí chủ đầu tư	triệu USD	17,3	24,4	17,3
3	Chi phí dự phòng	triệu USD	15,0	21,1	15,0
4	Tổng mức đầu tư cố định	triệu USD	90,1	126,7	90,2
5	Lãi vay trong quá trình xây dựng	triệu USD	11,0	15,5	11,0
6	Vốn lưu động ban đầu	triệu USD	0,4	1,1	1,2
7	Tổng mức đầu tư	triệu USD	101,5	143,2	102,4

Bảng 10. Cơ sở tính toán giá thành các thông số đầu vào của Dự án

TT	Thông số đầu vào	Cơ sở tính toán
1	H ₂ SO ₄	Giá H ₂ SO ₄ dự báo của Argus (CFR Việt Nam) trừ đi chi phí vận chuyển sản phẩm từ công nhà máy đến thị trường tiêu thụ (Hình 5).
2	Lưu huỳnh	Giá lưu huỳnh dự báo của Argus (CFR Trung Quốc), có tính đến phụ phí đàm phán hàng năm giữa Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và khách hàng cũng như các loại thuế suất theo quy định của nhà nước (Hình 6).
3	Khí giàu H ₂ S	Khí thải từ Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, giả thiết không có giá trị về mặt thương mại.
4	Hơi cao áp	Bộ giá phụ trợ dự báo của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.
5	Điện	Giá công bố của Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN).
6	Nước	Giá công bố của UBND tỉnh Quảng Ngãi.
7	Xúc tác	Giá chào từ nhà bản quyền công nghệ.
8	Hóa chất: NH ₃ , NaOH...	Tham khảo giá thực tế tại thị trường Việt Nam.

Bảng 11. Kết quả tính toán hiệu quả kinh tế Dự án H₂SO₄

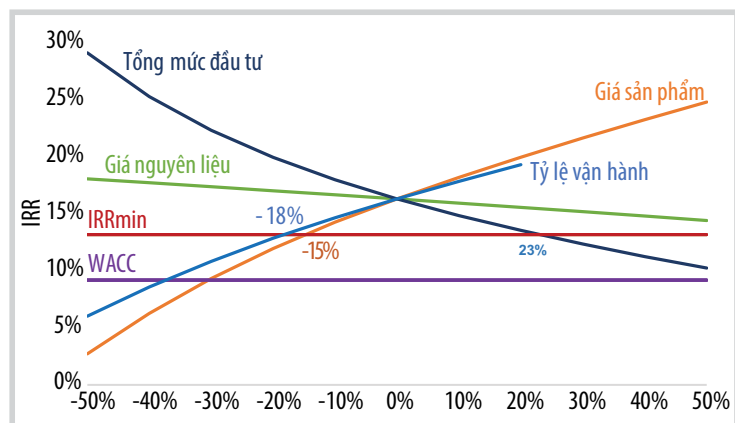
TT	Nội dung	Đơn vị	Phân xưởng sản xuất lưu huỳnh từ khí giàu H ₂ S (SRU)	Dự án sản xuất H ₂ SO ₄ gián tiếp từ khí giàu H ₂ S qua lưu huỳnh trung gian	Dự án sản xuất H ₂ SO ₄ trực tiếp từ khí giàu H ₂ S
1	Tổng mức đầu tư cố định	triệu USD	90,1	126,7	90,2
2	WACC	%	9,2	9,2%	9,2
3	IRRmin	%	13,2	13,2%	13,2
4	IRR	%	0,8	3,2%	16,3
5	NPV@WACC	triệu USD	-43,9	-44,0	48,9
6	NPV@IRRmin	triệu USD	-48,6	-55,1	15,7
7	Thời gian hoàn vốn		18 năm 8 tháng	14 năm 4 tháng	5 năm 5 tháng

- Tỷ lệ vận hành: 80%/90%/100% (năm thứ 1/ thứ 2/ thứ 3 trở đi);
- Cơ cấu vốn chủ sở hữu/vốn vay: 30%/70%;
- Chi phí sử dụng vốn chủ sở hữu/vốn vay: 12%/năm và 10%/năm;
- WACC là 9,2%/năm và IRRmin là 13,2%;
- Chi phí bảo trì/bảo dưỡng và chi phí bảo hiểm: 3% chi phí EPC.

Cơ sở tính toán giá thành các thông số đầu vào của Dự án được thể hiện ở Bảng 10.

Kết quả tính toán hiệu quả kinh tế cho Dự án H₂SO₄ được thể hiện ở Bảng 11.

Như vậy, việc đầu tư phân xưởng sản xuất lưu huỳnh công suất 70 nghìn tấn/năm từ khí giàu H₂S và việc đầu tư nhà máy sản xuất H₂SO₄ công suất 200 nghìn tấn/năm gián tiếp từ khí giàu H₂S qua nguyên liệu lưu huỳnh trung gian đều không khả thi về mặt kinh tế. Phương án sử dụng trực tiếp khí giàu H₂S làm nguyên liệu cho Dự án sản xuất H₂SO₄ là khả thi về mặt kinh tế. Theo đó, Dự án có IRR đạt 16,3%, NPV@13,2% đạt 15,7 triệu USD và thời gian hoàn vốn là 5 năm 5 tháng. Các thông số có ảnh hưởng quan trọng đối với hiệu quả kinh tế (thể hiện qua chỉ tiêu IRR) của Dự án là tổng mức đầu tư, giá nguyên liệu (không bao gồm H₂S), giá sản phẩm và tỷ lệ vận hành của nhà máy. Kết quả tính toán cho thấy dự án sẽ vẫn đạt hiệu quả kinh tế khi tổng mức đầu tư tăng 23% (tương đương tổng mức



Hình 11. Độ nhạy của Dự án theo tổng mức đầu tư, giá nguyên liệu, giá sản phẩm và tỷ lệ vận hành.

đầu tư cố định đạt 111 triệu USD) hoặc giá sản phẩm giảm 15% hoặc giá nguyên liệu (không bao gồm H₂S) tăng 81% hoặc tỷ lệ vận hành giảm 18% (tương ứng vận hành ở 82% công suất) (Hình 11). Ngoài ra Dự án phải bán được hơi do hơi đóng góp tương đối lớn vào doanh thu của Dự án H₂SO₄, giá hơi tối thiểu chấp nhận được là 31 USD/tấn.

6. Kết luận

Dự báo thiếu hụt H₂SO₄ tại thị trường Việt Nam khoảng 464 nghìn tấn/năm vào năm 2025 và sẽ tiếp tục thiếu hụt đến năm 2040. Với đánh giá sơ bộ về mặt công nghệ và thị trường, Dự án sản xuất H₂SO₄ gián tiếp từ khí giàu H₂S thông qua lưu huỳnh trung

gian không khả thi về mặt kinh tế. Dự án sản xuất H₂SO₄ trực tiếp từ khí giàu H₂S có tổng mức đầu tư (đã bao gồm lãi vay và vốn lưu động ban đầu) khoảng 102,4 triệu USD, dự án có hiệu quả kinh tế với IRR = 16,3%, NPV@13,2% = 15,7 triệu USD và thời gian thu hồi vốn khoảng 5 năm 5 tháng. Kết quả cho thấy tiềm năng của Dự án sản xuất H₂SO₄ trực tiếp từ khí giàu H₂S và cần được đánh giá chi tiết ở các bước tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

[1] Toppr, "Sulphuric acid". [Online]. Available: <https://www.toppr.com/guides/chemistry/the-p-block-elements/sulphuric-acid/>.
 [2] Argus, "Sulfuric acid market study", 2020.
 [3] Tổng cục Hải quan, "Số liệu xuất nhập khẩu sản phẩm H₂SO₄", 2005 - 2018.
 [4] Vinachem, "Sự ra đời của Tập đoàn Hóa chất Việt Nam", 2010.
 [5] Alexander Stark, "World's largest WSA plant commences production", 2018. [Online]. Available: <https://www.process-worldwide.com/worlds-largest-wsa-plant-commences-production-a-687949/>.

RESEARCH ON POSSIBLE SULFURIC ACID (H₂SO₄) PRODUCTION USING SULFUR/SULFUR-CONTAINING FEEDSTOCKS FROM DUNG QUAT REFINERY

Vo Thi Thuong¹, Tran Vinh Loc¹, Le Duong Hai¹, Nguyen Minh Hieu², Truong Van Nhan¹
 Nguyen Thi Chau Giang¹, Nguyen Anh Tuan³, Huynh Minh Thuan¹

¹Vietnam Petroleum Institute
²Petrovietnam Fertilizer and Chemicals Corporation
³Phu My Plastics Production Joint Stock Company
 Email: thuongvt.pvpro@vpi.pvn.vn

Summary

This paper analyses the possibility for H₂SO₄ production using sulfur/sulfur-containing feedstocks from Dung Quat Refinery in terms of market, technology and economic efficiency. Domestic production of H₂SO₄ currently does not meet the domestic demand, the shortfall must therefore be compensated by imports. It is forecast that the domestic market will lack about 464 thousand tons of H₂SO₄ by 2025. The H₂SO₄ production project with a capacity of 200 thousand tons per year is proposed to go into operation in 2025. In the case of indirect production of H₂SO₄ from H₂S rich gas through the intermediate sulfur product, the project has an estimated total investment cost of USD 143.2 million, its IRR will be around 3.2%, its NPV@13.2% will be USD 55.1 million and the total payback period will be 14 years and 4 months. In case of using H₂S rich gas directly as feedstock, the project has an estimated total investment cost of USD 102.4 million, its IRR will be around 16.3%, its NPV@13.2% will be USD 15.7 million and the total payback period will be 5 years and 5 months.

Key words: Sulfuric acid (H₂SO₄), sulfur, Dung Quat refinery.