

sau khi xử lý sẽ bảo đảm các thông số về pH, BOD5, COD, chất rắn lơ lửng, Coliforms... nằm trong giới hạn cho phép. Về cấu tạo, bể cát có đáy và mặt bên được phủ một lớp nhựa chống thấm dày 1,5 mm để chống nước thải rò rỉ xuống mạch nước ngầm. Theo TS. Trương Thị Tố Oanh, Đại học Tôn Đức Thắng, hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt của cây sậy (với các thông số như amoni, nitrat, phốt-phát, BOD5, COD, colifom) đạt tỷ lệ phân hủy 92-95%. Còn đối với nước thải công nghiệp có chứa kim loại thì hiệu quả xử lý COD, BOD5, crom, đồng, nhôm, sắt, chì, kẽm đạt 90-100%. Nước sau xử lý đạt tiêu chuẩn loại B. Độ pH và các chỉ số sinh hóa ổn định, cho phép vi sinh vật hoạt động bình thường, riêng chất rắn lơ lửng đạt loại A (50mg/l).

### Sử dụng cây sậy để xử lý ô nhiễm tại Việt Nam

Tại Việt Nam, công nghệ bãi lọc cây trồng còn khá mới, hiện đang được một số trung tâm công nghệ môi trường và trường đại học thử nghiệm áp dụng, với các đề tài nghiên cứu như "Xử lý nước thải sinh hoạt bằng bãi lọc ngầm trồng cây dòng chảy thẳng đứng trong điều kiện Việt Nam" của Trung tâm Kỹ thuật Môi trường đô thị và khu công nghiệp (Đại học Xây dựng Hà Nội); "Xây dựng mô hình hệ thống đất ngập nước nhân tạo để xử lý nước thải sinh hoạt tại các xã Minh Nông, Bến Gót, Việt Trì" của Đại học Quốc gia Hà Nội,...

Theo GS. TSKH. Nguyễn Nghĩa Thìn (Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội), ở Việt Nam có đến 34 loại cây có thể sử dụng để làm sạch môi trường nước, rất dễ tìm ngoài tự nhiên và chúng có sức sống khá mạnh mẽ.



Bệnh viện Nhân Ái, nơi có công trình xử lý nước thải bằng cây sậy. Nguồn: L.P.

Trong đó, các nghiên cứu sử dụng cây sậy trong xử lý nước thải cũng đang được nhiều nhà khoa học quan tâm. Một số nghiên cứu trong lĩnh vực này có thể kể đến như: luận án tiến sĩ của Trần Thị Phả về "Nghiên cứu khả năng hấp thụ một số kim loại nặng (As, Pb, Cd, Zn) trong đất của cây sậy (*Phragmites australis*) và ứng dụng xử lý đất bị ô nhiễm kim loại nặng sau khai thác khoáng sản tại tỉnh Thái Nguyên"; công trình xử lý nước thải bằng phương pháp rễ cây sậy tại Bệnh viện Nhân Ái (huyện Thác Mơ, tỉnh Bình Phước) do TS. BS. Lê Trường Giang, Phó Giám đốc Sở Y tế TP.HCM làm chủ nhiệm, được đánh giá là mô hình có thể nhân rộng ra các bệnh viện, trung tâm cai nghiện hoặc ứng dụng để xử lý nước thải tại các khu dân cư; phương pháp làm sạch nước sông bị ô nhiễm bằng cách trồng cây sậy với sự hỗ trợ kỹ thuật của tập đoàn Ebara (Nhật Bản) ở nhiều khu dân cư, khu du lịch, làng nghề và khu công nghiệp tại một số địa phương thuộc lưu vực sông Hồng và sông Cửu Long,...

## Chống biến đổi khí hậu toàn cầu



LTS: Trong loạt bài viết giới thiệu giải pháp "Khắc phục hiệu ứng nhà kính để chống biến đổi khí hậu toàn cầu" tại STINFO kể từ số 11/2015, PGS. TS. Nguyễn Dần đã đề xuất các công nghệ và thiết bị mới giúp xử lý gần như triệt để bụi có trong khí thải công nghiệp, vốn là bài toán còn khá nan giải hiện nay. Vấn đề còn lại là tách CO<sub>2</sub>, tác nhân chính gây ra "hiệu ứng nhà kính", ở quy mô công nghiệp nhưng phải đảm bảo tính kinh tế. Bài này giới thiệu giải pháp xử lý và thu hồi CO<sub>2</sub> của tác giả. Xin trân trọng giới thiệu.

# Bài 3: Thiết bị và công nghệ mới thu hồi CO<sub>2</sub> lỏng từ khí thải công nghiệp

✧ PGS. TS. NGUYỄN DẦN

*Không nhất thiết phải xử lý và tách CO<sub>2</sub> ra khỏi bất cứ dòng khí thải công nghiệp nào, mà chỉ cần chọn một số nhà máy có lượng khí thải lớn; giảm được 50% hàm lượng CO<sub>2</sub> có trong khí quyển hiện nay thì bị kịch “Hiệu ứng nhà kính” xem như được giải quyết. Thiết bị phản ứng dị thể rắn-lỏng-khí kiểu mới, chất xúc tác và công nghệ thích hợp là chìa khóa cho vấn đề này.*



## Các công nghệ hiện hữu xử lý và tách CO<sub>2</sub> khỏi khí thải công nghiệp

### 1. Sử dụng dung môi M,D,T-EthanolAmin

Phương pháp tách CO<sub>2</sub> khỏi khí thải sử dụng dung môi M,D,T-EthanolAmin (MEA) đã được thực hiện từ năm 1930, khi người ta tách CO<sub>2</sub> ra khỏi khí tự nhiên và H<sub>2</sub>. Công nghệ này cũng được nghiên cứu ứng dụng ở quy mô công nghiệp cho các nhà máy nhiệt điện: có 4 nhà máy điện chạy bằng than công suất 6-30 MW sử dụng dung dịch 20% MEA để tách CO<sub>2</sub>; 20 đơn vị ứng dụng MEA 30% để tách CO<sub>2</sub> từ trong dòng khí cháy của tuốc bin khí, với công suất tương đương 40 MW.

Nhược điểm của công nghệ này là MEA rất đắt và rất dễ tham gia phản ứng phụ với oxy trong dòng khí thải hay với các phụ gia trong tháp hấp thụ tạo các muối bền nhiệt, làm cho dung môi mau xuống cấp. Nhiều tác giả đã nghiên cứu nâng cấp công nghệ này bằng cách sử dụng dung môi hỗn hợp 10-20% MEA và 20-40% MDEA (mono,di-ethanolamine); ngoài ra, để giảm nồng độ oxy đã hòa tan trong dung môi sau khi đi qua tháp hấp thụ, người ta sử dụng biện pháp hút chân không đồng thời có ánh sáng tác động, nhờ đó, nồng độ oxy hòa tan trong dung môi chỉ còn lại khoảng 0,5 ppm. Tuy nhiên, vẫn không thể sử dụng MEA cho những nhà máy nhiệt điện quy mô lớn để đáp ứng yêu cầu khắc phục hiệu ứng nhà kính.

### 2. Sử dụng phản ứng thuận nghịch giữa CaO và CO<sub>2</sub>

Phản ứng thuận nghịch giữa CaO và CO<sub>2</sub> cũng được sử dụng để tách CO<sub>2</sub> từ hỗn hợp khí của quá trình khí hóa than hay nhiên liệu lỏng để sản xuất H<sub>2</sub> hay khí tổng hợp, theo nguyên tắc tiến hành carbonat hóa ở nhiệt độ khoảng 450–650°C:



Sau đó thực hiện quá trình phân hủy CaCO<sub>3</sub> ở nhiệt độ tương đối cao (900–1.200°C):

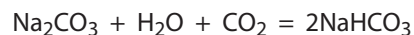


### 3. Sử dụng muối Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> hay K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

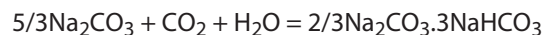
Tách CO<sub>2</sub> ra khỏi khí thải công nghiệp dùng muối Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> hay K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> có lẽ là thành công nổi bật nhất trong thời gian

qua, cho phản ứng thuận nghịch giữa Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> với khí CO<sub>2</sub> trong pha hơi:

Từ buồng cháy, dòng khí thải cho qua trực tiếp tới thiết bị carbonat hóa. Tại đây quá trình carbonat hóa xảy ra ở nhiệt độ 60–80°C :



Trong điều kiện này, muối Wegcheider (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.3NaHCO<sub>3</sub>) có thể tạo thành theo phản ứng:



Hỗn hợp khí không còn CO<sub>2</sub> được dẫn đến ống khói và thải ra ngoài trời. Dòng vật liệu, sau khi hấp thụ CO<sub>2</sub> được dẫn qua thiết bị khử carbonat để tách CO<sub>2</sub>, phản ứng xảy ra ở khoảng 120°C, như sau:



CO<sub>2</sub> được tách ra và thu hồi, còn Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> quay lại quá trình carbonat hóa.

Tuy các công nghệ nêu trên đều có thể tách CO<sub>2</sub> ra khỏi khí thải công nghiệp, nhưng chưa thể giải quyết được triệt để khi xét về tính hiệu quả kinh tế.

## Công nghệ mới xử lý và tách CO<sub>2</sub> khỏi khí thải công nghiệp

Hiện nay, chúng tôi đã thành công trong việc thay M,D,T-Ethanolamin bằng soda để tách CO<sub>2</sub> ra khỏi khí thải công nghiệp dưới dạng lỏng đáp ứng tiêu chuẩn thực phẩm hay bột ẩm NaHCO<sub>3</sub> nhờ việc tìm ra chất xúc tác thích hợp cho phản ứng dùng soda để tách CO<sub>2</sub> và sáng chế ra thiết bị phản ứng dị thể rắn-lỏng-khí mới để ứng dụng ở quy mô công nghiệp:

### Thiết bị phản ứng dị thể rắn-lỏng-khí (TBPUDT RLK) mới

Trong mô hình TBPUDT RLK cổ điển, để thực hiện phản ứng giữa các cấu tử A,B,C (rắn, lỏng, khí) trong hệ dị thể ta phải tiến hành khuấy trộn ở vận tốc thích hợp. Theo đó, trục khuấy 2 truyền động cho cánh khuấy 3 quay. Với cấu trúc kiểu chân vịt nên cánh khuấy tạo ra 2 chiều chuyển động (theo mũi tên) của các cấu tử có trong bình phản ứng: chiều



(I) là chuyển động quay tròn quanh trục khuấy, còn chiều (II) chuyển động từ trên xuống hay từ dưới lên, dọc theo trục khuấy. Việc khuấy trộn như vậy giúp cho hệ thống nhanh đồng đều. Tuy nhiên, do chuyển động với cùng tốc độ, nên vận tốc tương đối giữa chúng rất nhỏ, có thể bằng không. Nhược điểm này khiến cho việc tiếp xúc giữa các phần tử A,B,C rất ít, do đó cơ hội tương tác hóa học giữa chúng không cao. Chưa kể yêu cầu phải có tác động mạnh vào các bọt khí để chúng vỡ vụn ra thành các hạt khí cực mịn, TBPUDT RLK kiểu cổ điển như vậy không thực hiện được.

Để khắc phục các nhược điểm của TBPUDT RLK cổ điển như trên, chúng tôi đề xuất sử dụng **TBPUDT RLK mới gián đoạn** (số đăng ký sáng chế: 1-2013-02639). Trong thiết bị này, dòng chất lỏng buộc phải dừng lại, trong lúc các bọt khí chuyển động cực nhanh khiến vận tốc tương đối giữa chúng rất lớn, tạo ra cơ hội tiếp xúc giữa 2 pha rất lớn. Loại TBPUDT RLK mới này đã được ứng dụng để sản xuất bi-tum nhiệt chảy mềm cao. Bằng việc oxy hóa nhựa ở 280°C, nếu sử dụng TBPUDT RLK cổ điển thì thời gian oxy hóa phải mất 25-27 giờ. Nếu sử dụng TBPUDT RLK mới này, thời gian oxy hóa chỉ 4,5-5 giờ, sản phẩm thu được có chất lượng vượt trội.

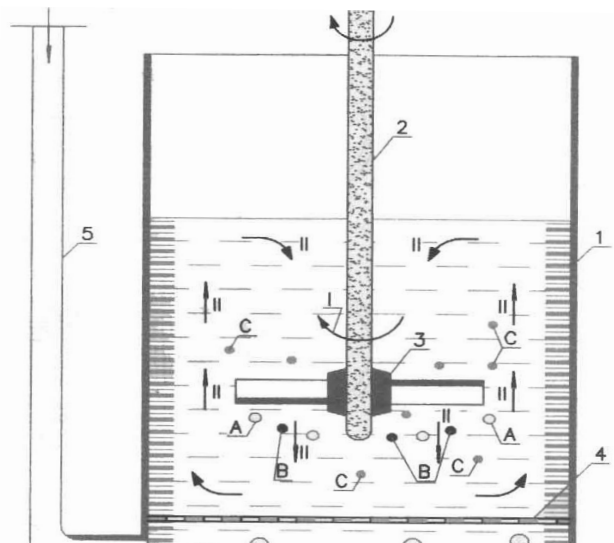
Khi sử dụng TBPUDT RLK mới để thực hiện phản ứng giữa CO<sub>2</sub> với dung dịch soda, kết quả thu được cho thấy, sự chuyển hóa CO<sub>2</sub> trong phản ứng giữa CO<sub>2</sub> với dung dịch soda đã tăng từ 15,96% khi không khuấy, lên 79,4% khi có khuấy. Như vậy, nhờ có khuấy với cấu trúc đặc biệt, mà tỉ lệ chuyển hóa CO<sub>2</sub> đã tăng lên gần 5 lần.

Thực tế, trong công nghiệp cần TBPUDT RLK hoạt động liên tục với công suất cực lớn. Để đạt được yêu cầu này, TBPUDT RLK phải có trục khuấy đủ dài, và quay với vận tốc đủ lớn. Tuy nhiên các thiết bị hiện hữu dùng trong công nghiệp chưa thể đáp ứng, vì thường trục khuấy chỉ được định vị bởi một ổ bi ở phía trên, còn phần dưới nằm ở trong chất lỏng nên không thể bố trí ổ bi. Giải pháp để khắc phục nhược điểm trên đây, chúng tôi tạo một ngăn nhỏ ở phía dưới, và đưa khí thường xuyên đi qua ngăn nhỏ này. Nhờ vậy, phần dưới của trục khuấy thường xuyên khô ráo và ta có thể đặt ổ bi vào đầu cuối của trục khuấy. Với cách này, chúng tôi đã có được **TBPUDT RLK hoạt động liên tục** (số đăng ký sáng chế: 1-2013-02694).

Nếu sử dụng TBPUDT RLK để xử lý dòng khí thải 3,4 triệu m<sup>3</sup>/giờ thoát ra từ nhà máy nhiệt điện 1.000 MW với nhiên liệu than đá, lượng sử dụng phải đến hàng ngàn thiết bị, với đường kính mỗi thiết bị đến 3,5-4 m. Điều này là không khả thi do quá tốn kém. Với giải pháp đề xuất là sử dụng TBPUDT RLK theo nguyên tắc tổ hợp tam giác đều, chúng tôi đã tổ hợp 354 TBPUDT RLK đơn với tiết diện 3.135 m<sup>2</sup>, thích hợp cho xử lý dòng khí thải cực lớn như đã nêu (theo nguyên lý sáng chế Tổ hợp các **TBPUDT RLK mới liên tục**, số đăng ký: 1-2013-02728).

**Xúc tác cho phản ứng**

Chất xúc tác thích hợp cho phản ứng giữa CO<sub>2</sub> với dung dịch soda có vai trò rất quan trọng. Với chất xúc tác mà chúng tôi đã tìm ra, kết quả thực nghiệm cho thấy thời gian tiếp xúc cần thiết đã giảm từ 224 giây xuống chỉ còn 41 giây.



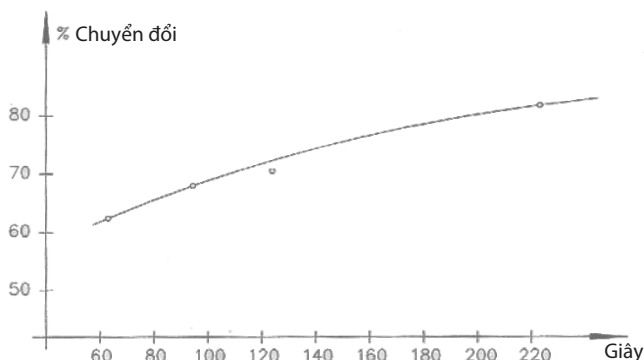
Hình 1: Mô hình TBPUDT RLK cổ điển.

**Bảng 1: Kết quả thu được khi tiến hành phản ứng trên bằng TBPUDT RLK mới.**

Chế độ	% chuyển hóa CO <sub>2</sub> theo thời gian (h)				
	0,5	1	1,5	2	TB
Không khuấy	17,41	16,77	15,48	14,2	15,96
Có khuấy	77,15	79,47	80,8	80,2	79,4



Hình 2: Tác giả Nguyễn Dân với sản phẩm NaHCO<sub>3</sub> bên cạnh TBPUDT RLK mới hoạt động liên tục.



Hình 3: Tương quan chuyển hóa CO<sub>2</sub> theo thời gian tiếp xúc (nồng độ CO<sub>2</sub> ban đầu 10% thể tích), không sử dụng xúc tác.

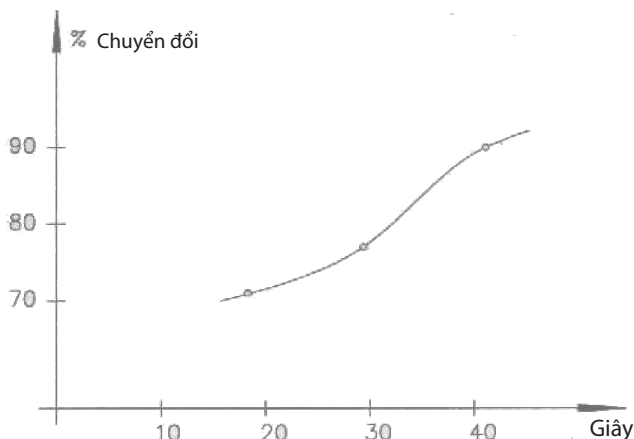
**Công nghệ mới tách CO<sub>2</sub> ra khỏi khí thải dưới dạng CO<sub>2</sub> lỏng đáp ứng tiêu chuẩn thực phẩm.**

**Nguyên lý hoạt động:** khí thải công nghiệp sau khi đã được xử lý để tách triệt để bụi cũng như loại bỏ các oxit axit độc hại, chứa trong túi (12.1). Từ đây, khí thải được bơm trực vít (8) bơm qua van điều khiển (9) đến đồng hồ đo vận tốc (10), và cuối cùng cho sục vào TBPUDT RLK để tiến hành phản ứng hóa học với dung dịch soda đã có sẵn trong (6). Khí sau (6), thoát ra ngoài qua cyclone (11) để thu hồi chất lỏng cuốn theo. Dung dịch soda được đưa vào (6) như sau: dung dịch soda 20%TL từ bể chứa (1), nhờ bơm lỏng (2.1), bơm qua van điều khiển (3.1), đồng hồ đo vận tốc (4.1) đến máy (5) để duy trì nhiệt độ dòng dung dịch 40°C. Sau đó, dung dịch gặp dung dịch xúc tác được bơm (2.2) bơm từ bể chứa (7), qua van điều khiển (3.2), đồng hồ đo vận tốc (4.2). Hỗn hợp dung dịch soda với xúc tác được dẫn vào đỉnh TBPUDT RLK (6). Sản phẩm phản ứng là dung dịch cặn kết tủa NaHCO<sub>3</sub> chảy tràn liên tục từ đáy (6) vào bể chứa (13).

Bơm lỏng (2.3) được dùng để hoàn lưu qua van (3.4) để khuấy trộn cặn kết tủa NaHCO<sub>3</sub>, không cho đóng rắn lại trong đáy của (13). Mặt khác, bơm này cũng được dùng để đưa sản phẩm phản ứng đi xử lý tiếp. Dòng cặn NaHCO<sub>3</sub> đi qua van điều chỉnh (3.3), đồng hồ đo vận tốc (4.3) đến máy trao đổi nhiệt (14) với dòng dung dịch soda nóng ở nhiệt độ 90-100°C. Dung dịch soda này được bơm (92.4) bơm tới từ bể chứa (20), để đưa nhiệt độ dòng dung dịch từ 40°C lên 80-90°C. Tại thiết bị (14), cặn kết tủa NaHCO<sub>3</sub> đã bắt đầu phân hủy cho ta CO<sub>2</sub> và dung dịch soda, theo phản ứng:



CO<sub>2</sub> thoát ra ngoài được dẫn về thu hồi trong túi (12.2). Phần cặn kết tủa NaHCO<sub>3</sub> chưa phân hủy, được dẫn tiếp

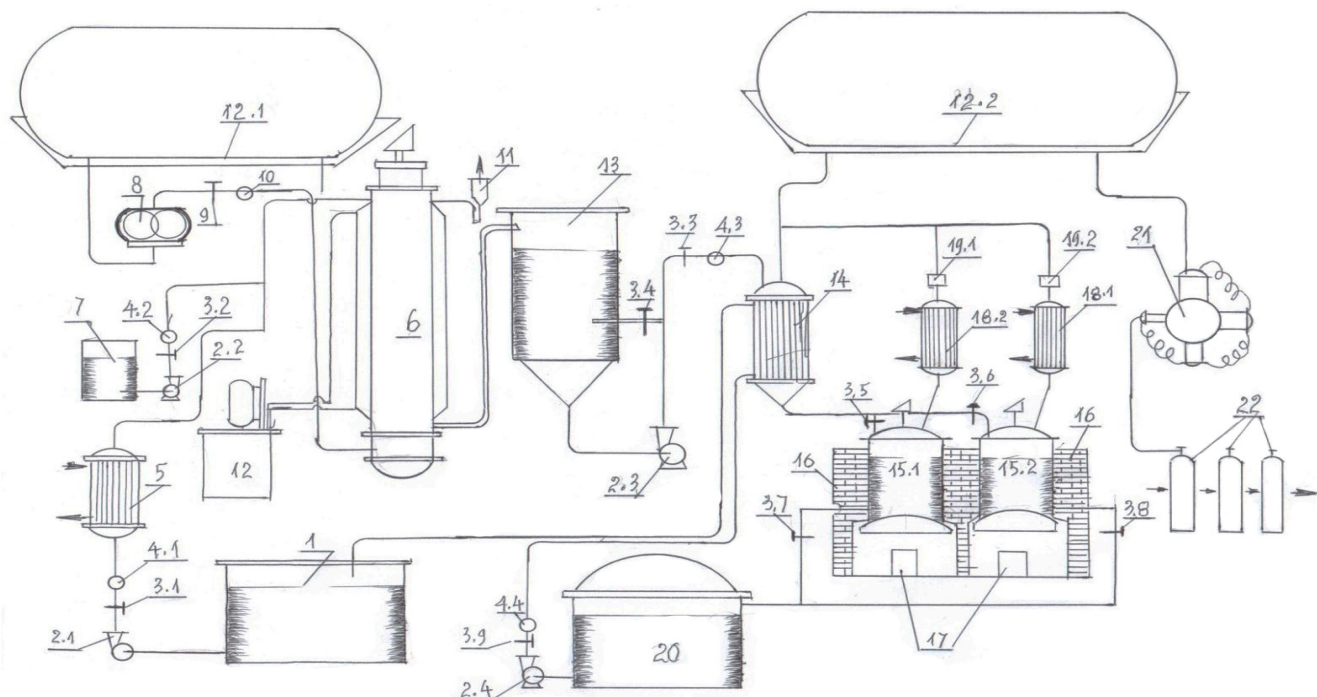


**Hình 4:** Tương quan chuyển hóa CO<sub>2</sub> theo thời gian tiếp xúc (nồng độ CO<sub>2</sub> ban đầu 10% thể tích), sử dụng xúc tác nồng độ 1%.

vào lò nhiệt phân (15.1) hoặc (15.2) ở nhiệt độ 110-120°C, trong khoảng thời gian 15-20 phút. Từ các lò nhiệt phân này, khí CO<sub>2</sub> thu được thoát ra ngoài qua bộ sinh hàn ngược (18.1) hay (18.2), sau đó dẫn về túi khí (12.2) để thu giữ. Từ đáy các lò nhiệt phân (15.1) hay (15.2), dòng dung dịch soda được dẫn ra ngoài qua van (3.8) hay (3.7) để về lưu trữ trong bể (20). Các lò nhiệt phân (15.1) và (15.2) làm việc gián đoạn thay phiên nhau.

Nhiệt độ phản ứng tối ưu khoảng 40°C, được tự động duy trì nhờ máy điều nhiệt tự động (12). Chất tải nhiệt được bơm vào vỏ ngoài của TBPUDT RLK (6). Khí CO<sub>2</sub> thu được chứa trong túi (12.2) được dẫn vào máy nén 4 cấp (21) để hóa lỏng.

Sản phẩm CO<sub>2</sub> lỏng đáp ứng tiêu chuẩn thực phẩm được chứa trong các chai cao áp (22). □



**Hình 5:** Quy trình công nghệ tách CO<sub>2</sub> ra khỏi khí thải công nghiệp.