

Quá trình đóng cặn, ăn mòn và xử lý nước trong hệ thống nồi hơi dưới 30 bar

Ludwig Hoehenberger
TUEV SUED, Munich, Germany

1. Cơ sở của sự đóng cặn, ăn mòn và thành phần của nước

1.1 Sự đóng cặn

Cặn trong nồi hơi được phân loại như sau:

- Lớp oxit sắt bảo vệ rất cần thiết (lớp magnetite) có màu nâu sẫm đến đen, rất mỏng ($<0.1\text{mm}$), rắn chắc giống như lớp vảy cán mỏng, lớp cặn này không làm tăng nhiệt độ của bề mặt trao đổi nhiệt.
- Lớp cặn xốp không mong muốn, có màu xám hoặc hơi nâu nhạt được tạo thành từ các chất nhiễm bẩn trong nước (chủ yếu là cặn cứng hoặc cặn silic), lớp cặn này luôn làm tăng nhiệt độ của tường trao đổi nhiệt.
- Lớp cặn sa lắng xốp, có màu nâu nhạt tới nâu đỏ, là sản phẩm của quá trình ăn mòn sắt (được hình thành chủ yếu do lượng sắt có trong nước cấp nồi hơi (BFW)). Lớp cặn sa lắng này hầu như không tránh được trong hệ thống nồi hơi.
- Phòng rộp hoặc bong tróc cục bộ giống như cấu cặn do ăn mòn gây ra bởi oxy trong quá trình dừng lò.

Nồi hơi có thiết kế tốt - ống lửa kiểu đứng hoặc nằm và ống nước- sẽ đạt được tuổi thọ mong muốn khi và chỉ khi thép nồi hơi có khả năng hình thành và giữ được lớp magnetite (Fe_3O_4), bảo vệ trong suốt quá trình vận hành và dừng lò.

Cấu cặn không mong muốn do thành phần của nước hoặc sản phẩm ăn mòn sẽ làm tăng nhiệt độ tường lò. Sự tăng nhiệt độ này phụ thuộc vào chiều dày, thành phần và độ xốp của lớp cặn và có thể dẫn tới sự quá nhiệt của vật liệu, làm giảm độ bền, làm hỏng hoặc gây nổ nồi hơi. Đặc biệt nguy hiểm nhất là cặn silic (hình 1) và cặn chứa dầu hoặc mỡ.

Hình 1. Lớp cặn silic mỏng đã làm cho ống lửa của nồi hơi bị quá nhiệt và biến dạng mạnh.

1.2. Sự ăn mòn

Quá trình ăn mòn trong nồi hơi chủ yếu là ăn mòn điện hoá. Đây là phản ứng giữa vật liệu kim loại với môi trường mà kết quả là vật liệu hoặc cấu kiện bị phá huỷ sớm hơn tuổi thọ thông thường của nó.

Vùng mà kim loại bị ăn mòn và đi vào dung dịch dưới dạng cation kim loại (như ion Fe^{2+}) gọi là anốt.

Vùng mà môi trường xung quanh hầu hết là nước phản ứng với điện tử từ anốt chuyển đến gọi là catốt.

Ví dụ như phản ứng khử oxy (O_2) thành anion OH^- (dạng ăn mòn ôxy) hoặc cation H^+ của axit bị khử thành nguyên tử hydro (dạng ăn mòn hydro).

Trong nồi hơi, ăn mòn được quyết định chủ yếu bởi trạng thái khác nhau của lớp magnetite bảo vệ (lớp xốp hay lớp chắc đặc), khuyết tật trong lớp magnetite (ví dụ nứt do có ứng suất khác nhau) hoặc những điều kiện thông khí khác nhau của lớp magnetite (như trên mặt và

dưới lớp cặn, trên và dưới đường mức nước). Cần chú ý rằng lớp magnetite bảo vệ giòn hơn và dương điện hơn thép .

Những phản ứng chung nhất trong quá trình ăn mòn oxy trên sắt hoặc thép được đưa ra trong hình 2.

Hình 2. Nguyên tắc của ăn mòn oxy.

Sự ăn mòn oxy thường dẫn đến ăn mòn cục bộ gặp trong suốt quá trình dùng lò (nếu áp suất bằng 0 và hơi được thay thế bởi không khí). Sự ăn mòn này (hình 3 và 4) giống như thép cacbon bị ăn mòn trong khí quyển.

Hình 3. Ăn mòn oxy trên ống lửa của nồi hơi kiểu nằm ngang

Hình 4. Ăn mòn oxy trên ống khói

Ăn mòn oxy mới xảy ra thường tạo nên gỉ màu nâu vàng. Ăn mòn oxy đã xảy ra lâu và đã bị nung nóng thì có màu nâu đến nâu sẫm. Độ dẫn càng tăng khi ăn mòn xảy ra càng mạnh.

Các dạng ăn mòn khác trong hệ thống nồi hơi áp suất thấp là:

- Ăn mòn axit do axit cacbonic trong đường ống hơi và nước ngưng, xem ảnh 5 và 6.
- Ăn mòn mài mòn hoặc ăn mòn do dòng chảy (FAC) và ăn mòn xói mòn (cavitation) cả hai đều chủ yếu chịu ảnh hưởng của điều kiện dòng chảy.

Hình 5 và 6. Ăn mòn axit cacbonic trên ống hồi lưu nước ngưng (bên phải: ảnh phóng to)

FAC có thể quan sát thấy chủ yếu trong bơm và cánh bơm cũng như trong ống nước và van do pH quá thấp kết hợp với dòng chảy tốc độ lớn, xem hình 7.

Hình 7. Ăn mòn mài mòn trong một khối van hơi được dùng như van điều chỉnh

Hình 8. Ăn mòn xói mòn trên đỉnh ống (vị trí 12h) của ống ngưng hồi lưu.

Ăn mòn xói mòn là kết quả của sự tạo bong bóng hơi và sự nổ tiếp theo hướng vào thành ống của chúng (có thể nghe thấy rõ rệt). Ví dụ như trên đỉnh ống ngưng chứa hỗn hợp nước ngưng

và hơi, xem hình 8, hoặc bơm đang vận hành trong nước nóng. Nâng áp suất ở đầu vào của bơm sẽ khắc phục được hiện tượng này.

1.3. Thành phần nước và một số khái niệm cơ bản

Nước tự nhiên (nước mưa, nước sông, nước giếng, nước máy...) tùy theo nguồn gốc mà nó có chứa các hợp chất rất khác nhau. Nước tự nhiên sạch nhất là nước mưa. Tất cả các loại nước khác (như nước sông) đều chứa các chất không tan và các ít hoặc nhiều chất hoà tan như độ cứng, silic, sắt, mangan, hợp chất hữu cơ, oxy ...

Dưới đây là một số khái niệm thường được sử dụng để đánh giá chất lượng nước. Các tạp chất thường gặp trong nước, ảnh hưởng của chúng và nguy cơ của nó đối với nồi hơi cũng được giải thích.

1.3.1 Độ dẫn

Tổng của tất cả các chất hoà tan (dẫn điện) trong nước có thể được xác định thông qua độ dẫn điện (nhiệt độ lấy làm chuẩn là 25⁰C).

Độ dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ và độ dẫn tăng khi nhiệt độ tăng, ví dụ, tại 25⁰C độ dẫn là 100 μ S/cm thì tại 100⁰C tăng lên khoảng 440 μ S/cm.

(Hệ đo lường SI định nghĩa: S = 1 Ω , trong đó, S: Siemen; Ω : điện trở ; 1S = 1 000 000 μ S). Độ dẫn điện của nước được quyết định bởi các chất hoà tan như muối, axit (kể cả axit cacbonic), bazơ và một số chất hữu cơ, xem hình 9, nhưng silic không có ảnh gì tới độ dẫn của nước!

Hình 9. Độ dẫn tại 25⁰C của một số dung dịch axit (1,2), bazơ (3,4) và muối (5 - 10)

Các chất hoà tan trong nước nói trên phần lớn đều phân li thành các ion có điện tích khác nhau phụ thuộc vào hoá trị của chúng. Các ion tích điện dương gọi là cation (như Na⁺, Ca⁺⁺, Fe⁺⁺⁺) và tích điện âm gọi là anion (như Cl⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻). Thậm chí một phần rất nhỏ của nước cũng phân li thành cation H⁺ và anion OH⁻, vì vậy mà nước nguyên chất cũng có độ dẫn điện. Tại 25⁰C, nước nguyên chất có độ dẫn khoảng 0,055 μ S/cm tương đương với điện trở khoảng 18,2 M Ω .cm = 18.200.000 Ω .cm!

Ở châu Á, độ dẫn của nước mưa khoảng 10- 20 μ S/cm, của nước sông (không bị ảnh hưởng của nước biển) khoảng 100- 300 μ S/cm và của nước giếng hoặc nước ngầm cũng có giá trị tương tự. Độ dẫn của nước lợ có thể lên tới 10. 000- 20. 000 μ S/cm.

Độ dẫn của nước ảnh hưởng tới ăn mòn, độ dẫn càng cao thì tốc độ ăn mòn càng lớn.

1.3.2 Độ pH

Độ phân li rất thấp của nước nguyên chất quyết định giá trị pH trung tính là 7, pH thấp hơn 7 là đặc trưng của môi trường axit với độ axit tăng khi pH giảm về 0, và pH lớn hơn 7 là đặc trưng của môi trường bazơ (hoặc kiềm) với độ kiềm tăng khi pH tăng đến 14. Cần lưu ý rằng mỗi một bậc pH là kết quả của sự thay đổi nồng độ gấp 10 lần! Ví dụ như 0,4 mg/l xút (NaOH) trong nước sẽ cho pH = 9, nước có chứa 4 mg/l NaOH cho pH = 10, tương tự như vậy với dung dịch có 40 mg/l thì pH = 11 và 400 mg/l pH = 12. Dung dịch xút có nồng độ 1mmol/l tương đương với 40 mg/l xút (NaOH).

Nước có độ kiềm vừa phải (pH 9 – 12) là điều kiện lí tưởng để bảo vệ sắt khỏi ăn mòn! Axit hoặc nước có tính axit sẽ hoà tan lớp magnetite bảo vệ và phá huỷ sắt/thép.

1.3.3 Độ cứng

Độ cứng của nước (chủ yếu là hợp chất của canxi và magie) được phân loại thành độ cứng cacbonat và độ cứng phi cacbonat.

Độ cứng cacbonat (canxi/magie bicacbonat) là độ cứng chỉ có thể tan được trong nước cùng với một lượng axit cacbonic (do CO₂ hoà tan trong nước). Nếu lượng CO₂ này bị loại bỏ do đun sôi hoặc giảm đi do phun trong không khí hoặc đun nóng thì canxi cacbonat (đá vôi) sẽ kết tủa và tạo thành cặn cacbonat.

Các khu vực nhiệt đới và cận nhiệt đới thường có mưa to nên chỉ có ít đá vôi được tạo thành, vì vậy độ cứng cacbonat của nước thô tương đối thấp.

Độ cứng phi cacbonat (canxi/magie clorua, sunphat, nitrat...) có thể hoà tan tốt trong nước, chỉ có canxi sunphat (thạch cao) tạo cặn nếu nồng độ của nó lớn hơn 2g/l = 2000mg/l. Nước thô bị nhiễm bẩn bởi nước biển hoặc nước lợ có độ cứng phi cacbonat cao vì nước biển có hàm lượng NaCl rất cao, thậm chí cả CaCl₂ và MgCl₂ cũng nhiều.

Khi có silic trong nước (dạng axit silic, oxit silic) thì cả độ cứng cacbonat và phi cacbonat đều tạo cặn canxi/magie silicat (cặn silic) và làm giảm hệ số truyền nhiệt.

Con đường dễ dàng, an toàn và thông dụng nhất để khử độ cứng của nước là áp dụng bình làm mềm nước, nó chuyển các hợp chất canxi và magie thành hợp chất của natri rất dễ tan trong nước.

1.3.4 Độ kiềm

Độ kiềm là thông số quan trọng trong quá trình vận hành nồi hơi, nó cho phép xác định các thành phần khác nhau của nước bằng cách chuẩn độ với axit 0,1N khi xác định giá trị độ kiềm m/p dương và với bazơ 0,1N khi xác định giá trị độ kiềm m/p âm. Độ kiềm được phân loại thành độ kiềm tổng, độ kiềm hỗn hợp, độ kiềm NaOH.

Độ kiềm tổng (độ kiềm m dương) là độ kiềm gây nên bởi bicacbonat (ví dụ từ độ cứng cacbonat hoặc natri bicacbonat (sản phẩm phản ứng của độ cứng cacbonat trong quá trình mềm nước), nó bao gồm cả độ kiềm hỗn hợp (độ kiềm p dương) và độ kiềm NaOH nếu có.

Nếu nước chỉ có độ kiềm m dương, tức là nước chỉ chứa bicacbonat (như độ cứng cacbonat hoặc NaHCO₃), đây là đặc trưng cơ bản của nước thô hoặc nước sau khi làm mềm.

Nếu nước có độ kiềm m âm biểu hiện môi trường axit có pH thấp hơn 4,3 và được xác định bằng cách chuẩn độ với NaOH 0,1N.

Độ kiềm hỗn hợp (độ kiềm- p dương) được gây nên bởi tất cả các hợp chất có tính kiềm với pH > 8.2 như cacbonat (soda), Na₃PO₄ và kiềm tự do (như xút ăn da NaOH), và nó thay thế phép đo độ kiềm NaOH. Độ kiềm hỗn hợp bao gồm cả độ kiềm NaOH.

Giá trị độ kiềm p âm (- p) chỉ thị pH < 8,2 và thể hiện môi trường có tính kiềm hoặc axit yếu, nó được xác định bằng cách chuẩn độ với NaOH 0,1N.

Độ kiềm NaOH chỉ cho biết hàm lượng kiềm tự do trong nước nhưng nó cần xác định theo một qui trình đặc biệt trước khi chuẩn độ xác định độ kiềm p (chỉ thị phenolphthalein)

Chất chỉ thị được dùng khi xác định độ kiềm m là metyl da cam, nó chuyển màu tại pH = 4,3. Chất chỉ thị được dùng khi xác định độ kiềm p là phenolphtalein, nó chuyển màu tại pH = 8,2.

Điều này có nghĩa là nước chỉ có tính kiềm khi nó có giá trị kiềm p. Sự chuyển tiếp giữa giá trị độ kiềm p âm/dương, độ kiềm m âm/dương, pH và dải thay đổi chỉ thị được đưa ra trong hình 10.

Đối với nồi hơi nằm ngang, cần phải kiểm tra độ kiềm hỗn hợp p và tổng kiềm của nước nồi.

Hình 10. Sự chuyển tiếp giữa giá trị độ kiềm P -/+, độ kiềm m -/+ và pH

1.3.5 Silic

Những quốc gia thuộc khu vực nhiệt đới và cận nhiệt đới thường có mưa to, nước thô thường có hàm lượng silic (ôxít silic) và/hoặc silicat (hợp chất của silic với canxi, magiê, nhôm, ví dụ như nhôm silic: đất sét) từ trung bình đến cao, đặc biệt là nước sông sau khi mưa to. Cả silic và silicat đều có nguồn gốc từ các khoáng dưới lòng đất như granit, mica, đất sét, bazan..., bởi vì đá vôi gần như tan hoàn toàn trong nước mưa.

Silic và silicat có thể tồn tại ở dạng hoà tan hoặc bán hoà tan (keo) và rất khó loại trừ hoặc giảm bớt đi bằng cách xử lý nước. Lọc cơ học và làm mềm nước không thể loại trừ được silic và silicat.

Độ hoà tan của ôxít silic (SiO_2) trong nước tăng mạnh theo nhiệt độ và độ kiềm. Trong nước trung tính hoặc kiềm yếu độ hoà tan của nó rất thấp, vì vậy sẽ hình thành lớp cặn silic.

Silicat hầu như không tan trong nước, trừ silicat kiềm (Na và K), vì vậy nếu trong môi trường không có photphat mà có mặt đồng thời cả silicat và độ cứng thì sẽ tạo cặn silicat.

1.3.6 Sắt, Mangan

Hợp chất của sắt và mangan luôn có trong nước mặt và nước giếng nếu hàm lượng oxy thấp. Hiện tượng này xảy ra phần lớn ở trong lòng đất có các chất hữu cơ như bùn đáy sông, trong một số trường hợp có thể có cả H_2S .

Các hợp chất của sắt và mangan có thể tạo lớp cặn trên đường ống có màu vàng nhạt. Sau khi tiếp xúc với oxy (không khí) nó sẽ tạo ra lớp cặn xộp màu nâu. Đây chính là nguyên nhân đóng cặn trên đường ống cũng như làm giảm hoạt tính của hạt nhựa làm mềm nước do tạo lớp màng màu nâu trên bề mặt nhựa làm mềm. Các muối sắt làm cho sợi vải bị ố vàng.

Trong nhiều trường hợp, tiến hành phun nước trong không khí và lọc cơ học thì có thể loại bỏ được sắt. Đối với các hợp chất của mangan, quá trình oxy hoá trong không khí thường không đủ để loại bỏ chúng mà phải sử dụng các chất có khả năng oxy hoá mạnh hơn.

1.3.7 Các hợp chất hữu cơ

Các chất hữu cơ trong nước thô có thể có nguồn gốc tự nhiên (như xác thực vật bị phân huỷ, than bùn) hoặc từ sinh hoạt của con người hoặc từ công nghiệp (như nước thải, nước có nguồn gốc công nghiệp), thậm chí nước ngưng tụ tuần hoàn cũng có thể bị nhiễm bẩn bởi các sản phẩm hữu cơ (như sữa, dầu thực vật, dung môi). Nhiều hợp chất hữu cơ có khả năng tạo thành bọt trong nồi hơi, làm ảnh hưởng đến chất lượng hơi do bị lẫn nước nồi (BW). Một số chất hữu cơ như đường và rượu bị phân huỷ thành axit hữu cơ và làm giảm pH của nước nồi.

Dầu và chất béo cũng có thể làm cho hệ thống điều khiển không thể hoạt động được, nó tạo một lớp màng trên bề mặt kính và có thể hình thành lớp cặn nguy hiểm. Hydro cacbon có nhiệt độ sôi dưới 130°C thường không gây ảnh hưởng xấu tới nồi hơi.

1.3.8 Các chất khí (ôxy, nitơ, cacbon dioxit...)

Ôxy, nitơ, cacbon dioxit luôn hoà tan trong nước nếu nước tiếp xúc với không khí. Độ hoà tan của tất cả các chất khí trong nước phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ, xem hình 11. Ôxy gây nên ăn mòn ôxy trên thép cacbon hoặc thép hợp kim thấp nếu pH quá thấp hoặc nếu thép không tạo được lớp magnetite bảo vệ. Nitơ không gây tổn hại đến sự vận hành nồi hơi. Cacbon dioxit làm giảm pH và gây nên ăn mòn axit trên thép cacbon.

Ôxy và nitơ trong nước có thể loại bỏ dễ dàng bằng cách đun nóng và ở điều kiện sôi hàm lượng của chúng gần như bằng 0. Một số hoá chất như natri sunphit và hydrazin có khả năng khử ôxy. Cacbon dioxit chỉ có thể loại bỏ bằng cách đun nóng với điều kiện pH của nước dưới 7- 8 hoặc $\text{pH} > 8$. Nếu nhiệt độ vận hành của bộ khử khí trong khoảng $135 - 140^{\circ}\text{C}$.

Hình 11. Độ hoà tan của ôxy và nitơ trong nước nguyên chất tại áp suất 1 bar

2. Xử lý nước

Phần xử lý nước trong bài báo này chỉ đề cập đến một số phương pháp nhằm làm giảm quá trình đóng cặn hoặc ăn mòn trong nồi hơi. Xử lý nước thể tiến hành ở dạng “xử lý nước trong nồi hơi” hoặc “xử lý nước ở ngoài nồi hơi”.

Xử lý nước trong nồi hơi hay “xử lý hoá học” tức là quá trình xử lý bằng cách bổ sung định lượng hoá chất chuyên động cho nước cấp và nước nồi hơi nhằm tạo cặn dạng bùn ngay trong nồi hơi. Phương pháp xử lý này chỉ được áp dụng với nồi hơi có năng suất truyền nhiệt thấp (sản lượng hơi nhỏ hơn $25\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$), đốt than/gỗ (không dùng cho nồi hơi đốt dầu) và phải xả đáy đủ một lượng cần thiết. Cấu tạo nồi cũng cần phải thuận lợi cho việc xả cặn bùn ra ngoài.. Phương pháp này chỉ được áp dụng cho nồi hơi nhỏ kiểu đứng.

Xử lý nước ở ngoài nồi hơi ít nhất cũng phải sử dụng bình làm mềm nước nhằm giữ lại độ cứng trên hạt nhựa trao đổi và thay độ cứng bởi natri, nó được cải tiến tốt hơn nếu thêm phần lọc ngược chiều (RO) hoặc phân khử khoáng. Phương pháp này có thể áp dụng cho mọi loại nồi hơi nhưng cũng đòi hỏi lượng xả đáy đủ lớn để đáp ứng được các yêu cầu cho nước cấp nồi hơi và nước nồi hơi. Phương pháp này chỉ nên áp dụng cho nồi hơi ống nước. Nước đã xử lý cần phải thêm một số hoá chất để điều chỉnh độ pH hoặc độ kiềm. Dùng nhiệt để khử khí là khâu xử lý tiếp theo.

Xử lý nước bằng phương pháp vật lý như sử dụng từ tính, tần số cao, trường thế cao... không phải là phương pháp dùng để xử lý nước bởi vì phương pháp này không làm giảm độ cứng và không xử lý được silic và silicat!

2.1. Xử lý nước bên trong nồi hơi

Cặn do độ cứng và silicat có thể giảm đáng kể nếu thêm đủ một lượng Na_3PO_4 theo đúng tỷ lệ với độ cứng ban đầu của nước cấp. Độ cứng cacbonat và phi cacbonat phản ứng với photphat và tạo ra cặn canxi và magiê photphat, cặn này phần lớn tồn tại lơ lửng trong nước

nồi hơi. Trong quá trình vận hành, cần cần phải loại bỏ thông qua lượng xả đáy đủ lớn. Sau quá trình vận hành, cần phải xả hết cặn lắng đọng trong nồi hơi thông qua xả đáy bổ sung.

Phốtphat có ái lực hoá học với canxi và magiê lớn hơn cacbonat hoặc silicat và như vậy sẽ tránh được sự tạo cặn cacbonat hoặc silicat. Tương tự như vậy độ cứng cacbonat sẽ chuyển thành Natri cacbonat, đây là chất kiềm nên sẽ làm tăng độ kiềm và tăng độ hòa tan của oxyt silic.

Nếu 1 m^3 nước cấp nồi hơi có độ cứng là 1 mg/l cần $120\text{ g Na}_3\text{PO}_4$ (hóa chất tinh khiết 1 ở dạng tinh thể ngâm 10 nước, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (20% P_2O_5)) và cần ít nhất 5 lít nước để hòa tan. Ví dụ, để xử lý 1 m^3 nước cấp nồi hơi có độ cứng 3 mg/l ; $1,5\text{ mmol/l} = 150\text{ mg/l CaCO}_3$ cần khoảng $350\text{ g Na}_3\text{PO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Xử lý nước bên trong nồi hơi dễ dàng tiến hành miễn là độ cứng tổng của nước nguồn không quá lớn ($< 1 \div 1,5\text{ mmol/l}$) hoặc sử dụng nước mưa.

2.2 Xử lý nước bên ngoài nồi hơi

2.2.1 Làm mềm

Làm mềm là phương thức tiết kiệm và giản đơn nhất để khử cứng của nước (đã được lọc thô bằng phương pháp lọc cát) bằng cách sử dụng hạt nhựa làm mềm (màu nâu hổ phách có đường kính khoảng $0,6 \div 1,5\text{ mm}$ được làm từ nhựa trao đổi cation acid mạnh dạng Natri). Hạt nhựa này có khả năng chuyển đổi độ cứng (muối Canxi và Magiê) thành các hợp chất của Natri hoà tan rất nhiều trong nước. Hạt cationit giữ ion độ cứng và giải phóng ion Natri có nghĩa là Canxi bicacbonat chuyển thành Natri bicacbonat, Magiê Clorua chuyển thành Natri Clorua... Tất cả các thành phần khác không thay đổi. Trong chu trình vận hành độ cứng nhỏ hơn $0,02\text{ mmol/l}$ tương đương 2 ppm CaCO_3 .

Các hạt nhựa thông thường có dung lượng trao đổi khoảng $0,6 - 0,7\text{ mol/l}$ tương ứng với $60 - 70\text{ g CaCO}_3$ cho 1 lít hạt nhựa. Ví dụ, nếu dùng 50 lít nhựa đã hoàn nguyên đạt yêu cầu có thể trao đổi được đến 3200 g CaCO_3 và tương đương với khả năng làm mềm $30 - 32\text{ m}^3$ nước có độ cứng 100 mg/l CaCO_3 .

Khi nhựa làm mềm hết khả năng hoạt động phải dừng quá trình và tiến hành hoàn nguyên nhựa trao đổi ion bằng dung dịch muối ăn, dung dịch này còn được gọi là dung dịch hoàn nguyên (sodium chloride, NaCl). Dung dịch muối phải tương đối sạch, ít tạp chất nhằm tránh làm bẩn bình nhựa làm mềm. Nguyên tắc của quá trình làm mềm và hoàn nguyên được đưa ra ở hình 12 và 13.

Hình 12. Sơ đồ phản ứng ^{Làm mềm} của ion khi làm mềm nước

Nước thô

Hoàn nguyên

Hình 13. Sơ đồ phản ứng khi làm mềm nước thô

Quá trình hoàn nguyên mất khoảng 60 phút và gồm các bước sau:

- Rửa ngược: loại bỏ phần cặn rắn không tan nằm trên ^{Nước đã làm mềm} ng được rửa quá nhanh để tránh nhựa bị cuốn đi theo dòng nước.
- Rửa bằng nước muối sạch khoảng 30 phút.

- Dùng nước mềm rửa nước muối.
- Kết thúc quá trình rửa và kiểm tra độ cứng.

Các thiết bị cần thiết:

- 2 bình làm mềm hoặc 1 bình làm mềm và 1 bể chứa (làm bằng thép đã được sơn bảo vệ hoặc cột composite sợi thủy tinh, lưới lọc bên trong và nhựa trao đổi) để đảm bảo cung cấp liên tục nước đã làm mềm cho nồi hơi.
- Đồng hồ lưu lượng.
- Đồng hồ nước.
- Van để lấy mẫu nước mềm.
- Bể chứa nước muối có kính quan sát hoặc có mức điều khiển.
- Ống cấp nước mềm để pha loãng dung dịch nước muối đến 10%
- Van xả.

Chú ý: làm mềm nước là yêu cầu tối thiểu phải có khi dùng lò đốt dầu để sản xuất hơi hoặc khi đun nóng nước nồi hơi bằng trao đổi nhiệt thông thường, nếu không có những yêu cầu khác cho vận hành nồi hơi và chất lượng hơi. Sử dụng tối đa lượng nước ngưng tái tuần hoàn là có lợi.

2.2.2 Quá trình lọc ngược (RO, sự khử muối)

Lọc ngược là một phương pháp rất tốt để giảm hàm lượng của tất cả các chất rắn hoà tan trong nước thô (như độ cứng tổng và silic) tới giá trị nhỏ nhất, vì thế độ dẫn sẽ giảm rất nhiều. Nguyên tắc của RO được trình bày trong hình 14.

RO được xem là phương pháp siêu lọc, nó có thể lọc được các ion hoà tan trong nước có kích thước to hơn phân tử nước cũng như các chất không tan trong nước (như khoáng sét, ôxit sắt..), các chất hữu cơ và vi sinh vật (vi khuẩn và vi trùng). Các chất có kích thước lớn hay cặn cứng và các chất huyền phù có khả năng bịt các lỗ của màng lọc của hệ RO. Các vi sinh vật cũng thường ăn màng lọc hữu cơ này và làm hư hỏng màng. Nếu sử dụng nguồn nước cấp có chứa các vi khuẩn thì nước phải được khử trùng bằng clo, javen hoặc bằng ozon (nó cũng có thể khử các chất hữu cơ). Tuy nhiên, lượng ozon và clo dư cần được loại bỏ bằng cách lọc qua cột lọc than hoạt tính.

Nước cấp cho hệ RO cần phải rất trong, chỉ có rất ít chất hữu cơ, vi sinh vật, và phải được xử lý để tránh hiện kết tủa cặn khi nước bị cô đặc trên mặt trước của màng ví dụ độ cứng.

Có thể thu được khoảng 70% lượng nước cấp vào và 30% còn lại là nước cô đặc phải xả bỏ. Một thiết bị RO có thể đạt được tuổi thọ từ 3 -5 năm nếu như nước cấp được xử lý đúng cách và đạt yêu cầu trước khi vào màng lọc. Ngoài ra, màng lọc cũng phải được súc rửa và khử trùng định kỳ, đặc biệt đối với màng ngừng hoạt động trong thời gian dài. Tốt nhất là thiết bị RO cần được vận hành liên tục.

Đối với thiết bị RO nhỏ (< 20 - 40m³/ngày) nước cấp cần phải được làm mềm để tránh kết tủa và làm tắc màng lọc RO do độ cứng và các chất không tan.

Nước lọc qua RO (còn gọi là thấm qua) sẽ không còn độ cứng và có độ dẫn thấp (thường < 20µS/cm, chủ yếu là do NaHCO₃ - natri bicacbonat và silica < 0,2 mg/l SiO₂).

Trong quá trình khử khí nhiệt, natri bicacbonat dư còn lại bị phân huỷ thành muối kiềm Na_2CO_3 làm tăng pH và tạo ra BFW có tính kiềm yếu lý tưởng dùng cho nồi hơi áp suất thấp. Để điều chỉnh pH của nước nồi cũng có thể dùng Na_3PO_4 để điều chỉnh.

Hệ lọc RO không mất công vận hành, không cần nhiều không gian lắp đặt, tốn ít hoá chất và với nhu cầu nước dưới 20 - 40m³/ngày thì đây là phương pháp rẻ hơn và dễ vận hành hơn so với các phương pháp xử lý khác, tuy nhiên nước cấp cho thiết bị phải được xử lý một cách chuyên nghiệp.

Nước đã được xử lý bằng RO có thể dùng trong một số ngành công nghiệp như thực phẩm, mỹ phẩm hoặc dược phẩm.

Hình 14. Nguyên tắc của thẩm thấu và thẩm thấu ngược **Hình 15.** Phần chưa cuốn của màng thẩm thấu ngược

2.2.3 Khử khí

Khử khí nhiệt là cách làm đơn giản nhất để làm giảm hàm lượng các khí hoà tan trong nước như oxy, nitơ và cacbonic do độ hoà tan của các khí này giảm mạnh theo nhiệt độ và bằng 0 ở điều kiện sôi, hình 11.

Thiết bị khử khí thường dùng là kiểu đĩa, minh hoạ tại hình 16, vận hành ở áp suất dư khoảng 0,3 ÷ 1 bar. BFW được đun nóng tới nhiệt độ trên 100⁰C và nồng độ oxy giảm xuống < 0,02 mg/l.

Nếu bộ khử có đủ số lượng đĩa (tối thiểu 4 ÷ 5 đĩa) đối với bộ khử khí hình trụ đứng. Bộ khử khí nằm ngang có 2 ÷ 3 đĩa chỉ có thể làm giảm hàm lượng oxy xuống tới ~ 0,1 ÷ 0,3 mg/l.

Đối với nồi hơi loại nhỏ ít nhất cũng nên khử khí một phần ở nhiệt độ từ 50-80⁰C, điều này dễ dàng đạt được khi đủ lượng nước ngưng nóng tuần hoàn và tận dụng nước xả đáy để đun nóng gián tiếp qua bộ ống xoắn trong bình chứa nước cấp. Lượng oxy còn lại có thể khử bằng cách thêm một lượng chất ngậm oxy như natri sulphit (Na_2SO_3).

Hình 16

3 Các loại nồi hơi và các yêu cầu đối với nước

3.1 Các loại nồi hơi

Nồi hơi được phân loại thành:

- Nồi hơi ống lửa: nước nồi hơi chạy xung quanh buồng lửa, còn lửa cũng như khói và khí nóng đi trong ống.
- Nồi hơi ống nước: nước đi trong ống và dòng khí nóng đi ngoài ống, các ống nước được nối tới bao hơi để tách pha hơi/nước (còn gọi là nồi hơi có bao hơi).

Nồi hơi ống lửa kiểu đứng là nồi hơi một tầng đốt bằng than, có buồng lửa và một số ống khói nằm ngang, vận hành ở áp suất < 10 bar và với công suất hơi dưới 2000kg/h. Sản lượng hơi riêng của các nồi hơi kiểu này thường < 25 kg/m²h. Đối với nồi hơi kiểu này có thể chấp nhận phương pháp xử lý nước bên trong nồi hơi.

Nồi hơi ống lửa kiểu nằm ngang là loại nồi hơi ba tầng đốt bằng khí hoặc dầu, xem hình 17. Tầng 1 bao gồm một hoặc hai ống lửa, tầng 2 và tầng 3 là các ống khói. Nồi hơi này được thiết kế cho áp suất vận hành khoảng 30 bar và công suất hơi khoảng 25 tấn/giờ. Hầu hết kiểu

nồi hơi này có bộ tiết kiệm năng lượng nhưng ít khi có bộ quá nhiệt. Nó được lắp ráp thành một khối đặt trên bộ khung và dùng để cung cấp hơi cho các nhà máy cỡ nhỏ hoặc trung bình, đôi khi trong các nhà máy lớn nó được dùng làm nồi hơi phụ để khởi động lò. Nếu nồi hơi được gia nhiệt bằng nhiên liệu rắn (than đá, gỗ...) chúng có thể có ghi lò ngăn giữa ống lửa và ống nước.

Ống khói được lắp vào phía trước và sau mặt sàng với khe hở giữa ống và mặt sàng và chỉ được hàn ở phía bên dòng khí nóng. Cấu trúc như vậy làm cho nhiều khe hở trong khu vực này bị đốt nóng, gây cô đặc cục bộ các phần nước nồi hơi trong khe.

Nồi hơi ống nước sử dụng khí/dầu/than để sản xuất hơi với chu kỳ tuần hoàn tự nhiên hoặc cưỡng bức ở áp suất có thể lên tới 180 bar và lượng hơi sản xuất ra khoảng 500 tấn/giờ. Các thiết bị đi kèm có bộ quá nhiệt, khử quá nhiệt và hâm nóng nước cấp nồi hơi.

Hình 17

Nồi hơi khởi động nhanh chủ yếu là nồi hơi ống nước loại nhỏ sử dụng khí hoặc dầu với chu kỳ tuần hoàn tự nhiên hoặc cưỡng bức, sản xuất ra hơi bão hòa trong thời gian rất nhanh dưới 30 phút nhưng hàm lượng nước nổi lẫn trong hơi cao hơn các kiểu nồi hơi khác.

3.2 Định nghĩa các loại nước

Nước thô là loại nước trước khi đưa vào xử lý như nước ngầm, nước giếng, nước sông, nước mưa...

Nước lọc là nước sau khi lọc cơ học để loại bỏ các chất không hòa tan.

Nước mềm là nước sinh hoạt hoặc nước đã được xử lý qua bộ làm mềm sử dụng nhựa trao đổi cation axit mạnh dạng Natri và dùng Natri Clorua để hoàn nguyên. Nước này không còn độ cứng ($< 1\text{ppm CaCO}_3$ hoặc dưới $0,01\text{ mmol/l}$) nhưng hàm lượng oxyt silic và độ dẫn vẫn không thay đổi.

Nước khử cacbonic là loại nước được khử cacbonic bằng sữa vôi sau khi lọc hoặc khử cacbonic bằng nhựa cation axit yếu. Cả hai loại nước đều cần phải làm mềm nếu chúng được sử dụng làm nước bổ sung cho nồi. Nếu sử dụng trao đổi ion thì độ cứng cacbonat và độ dẫn giảm đi một cách rõ rệt nhưng hàm lượng oxyt silic không thay đổi. Khử cacbonic bằng sữa vôi nóng có thể làm giảm silic từ 10 - 30%.

Nước đã khử muối là nước qua bộ lọc ngược chiều (RO), phải được làm mềm để cấp cho nồi hơi nếu trước đó chưa được mềm hoá. Nước này có độ dẫn trực tiếp ở 25°C là $< 30\mu\text{S/cm}$ (thường $< 10\mu\text{S/cm}$) và hàm lượng ôxyt silic $< 0,5\text{mg/l}$ (ppm) SiO_2 .

Nước bổ sung là nước đã qua xử lý được sử dụng thay thế cho lượng nước ngưng tồn thất trong hệ thống.

Nước ngưng tái tuần hoàn là nước ngưng sạch tuần hoàn lại từ các thiết bị đã sử dụng năng lượng của hơi. Không nên trộn nước ngưng với nước bổ sung chưa được khử khí nhiệt. Sự nhiễm bẩn nước ngưng có thể do các tạp chất từ quá trình sản xuất khi đó đòi hỏi phải có sự kiểm soát chất lượng nước ngưng và xử lý nước ngưng.

Nước cấp nồi hơi (BFW) là nước cấp cho nồi hơi đã được xử lý, điều chỉnh và khử khí. Đó là hỗn hợp của nước ngưng hồi lưu và nước bổ sung. Để điều chỉnh pH và khử ôxy thường phải bổ sung hóa chất.

Nước nồi hơi (BW) là nước tuần hoàn trong nồi hơi. Nó chính là nước cấp bổ sung cho nồi hơi đã bị cô đặc.

3.3 Các yêu cầu nước cấp nồi hơi và nước nồi hơi.

3.3.1 Các điều kiện ban đầu

Yêu cầu về nước của các nhà sản xuất nồi hơi luôn liên quan đến bảo hành!

Kiểm tra các yêu cầu của nước cấp nồi hơi và nước nồi hơi được đưa ra bởi các nhà sản xuất nồi hơi dựa vào áp suất và thiết kế nồi, so sánh với chất lượng nước của dây chuyền xử lý nước hiện hành và chất lượng nước cấp thực tế – bao gồm cả nước ngưng hồi lưu.

Yêu cầu về hơi và độ sạch của hơi cũng luôn liên quan đến bảo hành!

Kiểm tra giấy bảo hành của nhà sản xuất nồi hơi về chất lượng hơi và so sánh nó với các yêu cầu hơi cho quá trình sản xuất. Hàm lượng nước nồi hơi trong hơi không được quá 0,1- 0,2 %. Chỉ đối với hơi được sử dụng để đun nóng gián tiếp hàm lượng nước nồi hơi cho phép lên đến 0,5 %.

3.3.2 Các yêu cầu về nước

Các tiêu chuẩn thế giới:

Các tiêu chuẩn của Mỹ (ví dụ: ASME), Châu Âu (EN 12 953-10 cho nồi hơi ống lửa, EN 12 952-12 cho nồi hơi ống nước), của Nhật v.v., cũng như các tiêu chuẩn quốc gia.

Các yêu cầu không khác nhau nhiều nhưng chủ yếu đề cập đến nồi hơi hiện đại - nồi hơi ống lửa kiểu đứng không có trong các tiêu chuẩn thế giới.

Các yêu cầu chủ yếu đề cập đến các loại nồi hơi được làm từ thép hợp kim thấp hoặc thép cacbon thường, sử dụng 1 hoặc nhiều loại nhiên liệu hoặc đốt bằng khí nóng.

Phần lớn các tiêu chuẩn đề cập đến sự an toàn có liên quan tới các yêu cầu tối thiểu và áp dụng cho các bộ phận từ sau vị trí nước cấp vào và ở phía trước đường hơi ra.

Có thể áp dụng các yêu cầu về nước cấp và nước nồi hơi trình bày dưới đây:

3.3.2.1 Nồi hơi ống lửa kiểu đứng

Với áp suất vận hành từ 0,5 - 10 bar (g) và công suất hơi < 1,5 t/hr.

Lưu ý cơ bản:

Đây là các yêu cầu về nước cho nồi hơi sử dụng các nhiên liệu rắn do cung cấp bằng tay. Các nồi hơi này có sản lượng riêng của hơi < 25 kg/m²h và phải được trang bị ít nhất một đường ống xả đáy thích hợp.

Với nồi hơi có sản lượng riêng của hơi > 25 kg/m²hr, áp suất ≥ 10 bar và/hoặc công suất hơi > 1.5 t/h cũng như các nồi hơi sử dụng nhiên liệu lỏng hoặc nhiên liệu khí, phải áp dụng các yêu cầu về nước cho nồi hơi ống lửa kiểu nằm ngang.

Xử lý nước:

Quá trình làm mềm nước cấp bổ sung hoặc nước cấp nồi hơi cần phải theo tiêu chuẩn để tránh đóng cặn và tạo bùn trong nồi hơi.

Nếu không xử lý làm mềm nước cấp bổ sung hoặc nước cấp nồi hơi, thì ít nhất phải “xử lý nước trong nồi hơi” (IBWT) bằng cách bổ sung đủ lượng hóa chất thích hợp.

Xả đáy gián đoạn hợp lý và tráng rửa thường xuyên ống thuỷ và bộ điều khiển mực nước là rất cần thiết, ít nhất ngày một lần, với nồi hơi IBW là 8 giờ một lần.

Các yêu cầu:

Các giá trị dưới đây biểu thị yêu cầu tối thiểu liên quan đến an toàn cho cả nước cấp nồi hơi đã được mềm hóa và chưa được mềm hóa nhưng sẽ được xử lý bên trong chính nồi hơi (IBWT) để giảm thiểu sự đóng cặn và ăn mòn.

<u>Nước cấp nồi hơi - BFW</u>		Được mềm hóa	Xử lý bên trong
* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 10	< 150
* pH tại 25 ⁰ C	-	(7,5) 8 - 9,5	7,0 - 9,5
* Độ kiềm hỗn hợp (kiềm p)	ppm CaCO ₃	2,5 - 25	0 - 25
Oxy ^b	mg/l	< 0,5	< 5

<u>Nước nồi hơi-BW</u>		Được mềm hóa	Xử lý bên trong
Chất không tan ^c		trong	< 5 ml/ 100 ml
* pH tại 25 ⁰ C		11 - 12,3	11 - 12,0
* Độ kiềm hỗn hợp (kiềm p)	ppm CaCO ₃	100 - 1500	100 - 500
* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 10	< 50
* Độ dẫn trực tiếp ở 25 ⁰ C	µS/cm	< 5000	< 3000
* Photphát (PO ₄) ^a	mg/l	10 - 20	10 - 40

* Các giá trị quan trọng nhất; mg/l = ppm.

Lưu ý

^a Nước mẫu phải được lọc trong để có được giá trị chính xác.

^b Hàm lượng oxy được khử vật lý khi nước được đun nóng tại áp suất môi trường đến nhiệt độ lên tới:

- 85⁰C: hàm lượng oxi giảm xuống còn khoảng 2 mg/l.

- 95⁰C: hàm lượng oxi giảm xuống còn khoảng 0,5 mg/l.

Tại nhiệt độ thấp oxy có thể bị khử khi bổ sung các chất bắt oxy như Na₂SO₃.

^c : Chất không tan như bùn lắng xuống sau khi để yên một giờ.

Kiểm tra thành phần hóa học

Các thông số sẽ được kiểm tra định kỳ. Tần suất của quá trình kiểm tra phải được ghi rõ trong hướng dẫn vận hành nồi hơi. Đối với nước cấp và nước nồi hơi ở chế độ vận hành IBWT ít nhất hàng tuần nên kiểm tra các giá trị quan trọng nhất (*) pH hoặc độ kiềm, độ cứng, độ dẫn, photphát và chất không tan.

3.3.2.2 Nồi hơi ống lửa kiểu nằm ngang

Với áp suất vận hành 0,5 - 30 bar

Các lưu ý cơ bản:

Các yêu cầu về nước dưới đây được tham khảo cho nồi hơi ống lửa (buồng sinh hơi và nồi hơi nước nóng >110⁰C) được làm từ thép hợp kim thấp hoặc thép cacbon, đốt bằng các loại nhiên liệu hoặc bằng khí nóng. Nồi hơi được đốt bằng nhiên liệu rắn có thể có ở phía trước ống lửa một buồng lò nằm bên ngoài được làm mát bằng ống nước.

Các yêu cầu này được áp dụng cho các bộ phận của nồi hơi giữa đầu vào của nước cấp và đầu ra của hơi nhưng không đề cập đến chất lượng hơi sản xuất ra hoặc các lý do kinh tế v.v.

Tùy theo từng mục đích nhất định, có thể điều chỉnh các yêu cầu hóa học thích hợp để tối ưu hoá, ví dụ độ sạch của hơi (cho vận hành bộ quá nhiệt) và độ tin cậy của thiết bị.

Xử lý nước và điều chỉnh

Xử lý nước: ít nhất làm mềm nước bổ sung, nước cấp nồi hơi hoặc nước nóng tuần hoàn phải tuân theo tiêu chuẩn để tránh cặn và tạo bùn; trong trường hợp cụ thể, nước bổ sung cần thiết có chất lượng cao.

Điều chỉnh: Hình học đặc thù của các nồi hơi ống lửa thông thường có các khe/kẽ hở phân nhiệt tại các mối nối giữa ống khí nóng được hàn và/hoặc được nong với mặt sàng hoặc các buồng đổi chiều đòi hỏi phải có sự điều chỉnh đặc biệt về nước cấp và nước nồi hơi.

Các yêu cầu:

Các yêu cầu tối thiểu cho nước cấp nồi hơi, nước nồi hơi hoặc nước nóng tuần hoàn liên quan đến độ an toàn, được áp dụng nhằm giảm nguy cơ ăn mòn, sự tạo bùn hoặc lắng cặn trong nồi hơi. Các giá trị này áp dụng cho quá trình vận hành liên tục. Trong khi khởi động một vài giá trị có thể sai lệch trong khoảng thời gian nhất định và đến mức độ giới hạn phải được qui định bởi người chế tạo nồi hơi.

A Thiết bị sinh hơi

A 1 Nước cấp nồi hơi (BFW)

áp suất vận hành nồi hơi	bar (g)	> 0,5 - 15	> 15 - 30
* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 2	< 1
* pH tại 25 ⁰ C		(7,5) 8 - 9,5	8,5 - 9,5
Oxy ^b	mg/l	< 0,1	< 0,02

A 2.1 Nước nồi hơi (BW) Sử dụng nước cấp nồi hơi có độ dẫn trực tiếp > 30 µS/cm

Áp suất vận hành nồi hơi	bar (g)	> 0,5 - 15	> 15 - 30
* Độ dẫn trực tiếp ở 25 ⁰ C ^c	µS/cm	< 4000	< 2000
* pH tại 25 ⁰ C		10,5 - 12,0	10,5 - 11,8
* Độ kiềm hỗn hợp (kiềm p) ^c	ppm CaCO ₃	100 - 900	100 - 600
* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 10	< 3
* Photphát (PO ₄) ^{a,d}	mg/l	10 - 30	10 - 30

*Silic (SiO ₂)	mg/l	< 120	< 100
<i>A 2.2 Nước nồi hơi (BW) Sử dụng nước cấp nồi hơi với độ dẫn trực tiếp ≤ 30 μS/cm</i>			
Áp suất vận hành nồi hơi	bar (g)	> 0,5 - 15	> 15 - 30
* Độ dẫn trực tiếp ở 25 ⁰ C ^c	μS/cm	< 2000	< 1000
* pH tại 25 ⁰ C		10,5 - 11,5	10,5 - 11,3
* Độ kiềm hỗn hợp (kiềm p) ^c	ppm CaCO ₃	25 - 250	10 - 100
* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 3	< 1
* Photphát (PO ₄) ^{a,d}	mg/l	10 - 30	10 - 20
*Silic (SiO ₂)	mg/l	< 100	< 80

B Nồi hơi nước nóng

B 1 Nước cấp và nước bổ sung

* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 5
* pH tại 25 ⁰ C		> 7,0

B 2 Nước nóng tuần hoàn có nhiệt độ > 110⁰C

* Độ dẫn trực tiếp ở 25 ⁰ C	μS/cm	< 1000
* Độ cứng tổng (Ca+Mg) ^a	ppm CaCO ₃	< 5
* pH tại 25 ⁰ C		9,5 - 11,5
* Độ kiềm hỗn hợp (kiềm p)	ppm CaCO ₃	25 - 250

Lưu ý:

^a : Nếu mẫu nước thực tế không trong thì cần phải lọc trong để có giá trị đúng.

^b : Hàm lượng oxy có thể được giảm xuống <0,05 mg/l bằng phương pháp vật lý nếu nước được đun nóng tới nhiệt độ sôi, ưu tiên sử dụng khử khí nhiệt. Ở nhiệt độ thấp hơn, hàm lượng oxy có thể giảm bằng cách thêm một lượng chất ngậm oxy như natri sunphit. Trong trường hợp này một lượng dư natri sunphit khoảng 10- 30 mg/l trong nước nồi hơi là thích hợp.

^c : Khi vận hành có bộ quá nhiệt, 50% của giá trị được lưu ý ở trên được coi là tối đa.

^d : Phải bổ sung Na₃PO₄ nếu sử dụng BFW có độ dẫn trực tiếp ≤ 30 μS/cm, nhưng việc bổ sung cũng được đề xuất cho BFW > 30 μS/cm.

(*) : Những giá trị quan trọng nhất đơn vị mg/l tương đương ppm trong nước

Kiểm tra thành phần hoá học

Các thông số đã lưu ý phải được kiểm tra liên tục hoặc định kỳ. Chu kỳ kiểm tra phải được ghi rõ trong bảng hướng dẫn vận hành nồi hơi. Đối với thiết bị sinh hơi tối thiểu là hàng ngày và đối với nồi hơi nước nóng ít nhất hàng tuần nên tiến hành kiểm tra các giá trị quan trọng nhất (*) như pH, độ kiềm, độ cứng, độ dẫn, oxy hoặc lượng dư chất khử oxy, silic và photphát.

4 Nhân xét và kiến nghị

Các yêu cầu cho nước cấp và nước nồi nêu trên có thể dễ dàng đạt được và đạt được hiệu quả kinh tế hơn nếu như thu hồi được nước ngưng càng nhiều càng tốt. Như đã nói ở trên, nước ngưng là nước nóng và rất sạch có nhiệt độ $> 80^{\circ}\text{C}$ nó chứa năng lượng vào khoảng 340 KJ/kg tương đương khoảng 10 kg than/m³ nước ngưng và tương đương với việc tiết kiệm được tới 30 – 40 kg than, chưa tính đến tốc độ xả đáy.

Nước ngưng có nhiệt độ $> 100^{\circ}\text{C}$, như nước ngưng từ bàn là, xả hơi đi có nghĩa là mất một lượng lớn năng lượng. Hơi có thể làm lạnh và ngưng tụ lại bằng cách phun nước cấp bổ sung đã làm mềm vào luồng hơi ở phần cửa thoát của bồn chứa nước ngưng hoặc lắp một ống inox xoắn ruột gà.

Năng lượng của 1 kg hơi mất đi là khoảng 3100KJ và nhiều hơn khoảng 10 lần so với nước ngưng ở 80°C , như vậy có thể tiết kiệm được 250 – 350 kg than nếu thu lại được 1000 kg hơi.

Bơm nước nóng cần phải lắp gần bồn chứa nhất và phải có đường kính ống hút to (bao gồm cả block van, tốt nhất là van cầu) nhằm giảm thiểu việc mất áp và gây ăn mòn cánh bơm. Nước nóng có thể bơm dễ dàng nếu đầu vào của bơm có một chút áp lực, để đạt được điều này chỉ cần nâng bình nước ngưng lên cao khoảng 2 – 3 m là được.

Trong quá trình vận hành, các chất tan và không tan trong nước bị cô đặc cho nên muốn giữ cho chất lượng nước nồi trong giới hạn cho phép cần phải thực hiện xả đáy (liên tục hoặc gián đoạn), có nghĩa là nước nồi bị xả bỏ và nồi bị cạn đi. Nước xả đáy này là nước nóng, nó có chứa năng lượng, ví dụ nước nồi của nồi có áp lực 5 bar chứa tới 670 KJ/kg. Nếu thực hiện xả đáy không liên tục thì việc thu hồi năng lượng ở đây rất khó vì lượng xả rất lớn lại xả ra trong một thời gian rất ngắn. Khi lắp thiết bị xả đáy liên tục thì có thể thu hồi nhiệt này để đun nóng nước cấp bổ sung cho nồi bằng cách lắp một cái ống xoắn ruột gà bằng thép cacbon thường. Việc xả đáy không liên tục chỉ kinh tế cho nồi hơi có áp lực vận hành > 10 bar và công suất hơi > 2000 kg/giờ.

5 Chất chống tạo cặn vô cơ và hữu cơ và các chất thấm ướt

Các chất này được đưa vào nồi hơi hoặc bao hơi để giảm quá trình tạo cặn. Chất chống tạo cặn hữu cơ có thể được áp dụng như là một biện pháp phòng ngừa để tránh tạo cặn nồi hơi trong quá trình vận hành.

Chất chống tạo cặn vô cơ như $(\text{Na}_3/\text{K}_3)\text{PO}_4$ cũng được dùng như hoá chất kiềm hoá, có thể áp dụng cho nồi hơi có áp lực tới 180 bar. Chúng phản ứng với độ cứng (hợp chất của Ca và Mg) tạo thành hydroxyl apatit lơ lửng trong nước và tránh được sự tạo cặn đá vôi, thạch cao và nhôm-silicat. Do ái lực mạnh hơn của photphat so với silicat đối với các ion gây nước cứng nên có thể chống được sự đóng cặn silicat rất nhiều khi có mặt photphat.

Chất chống tạo cặn hữu cơ, thường là poly cacbonic axit (poly acrylic) hoặc amin cũng như photphat hữu cơ, các chất này tạo ra phức yếu và giữ hợp chất của Ca/Mg trong dung dịch. Chúng ít nguy hiểm đối với lớp ôxit sắt bảo vệ hơn phức càng cua và áp dụng được cho nồi hơi có áp suất dưới 120 bar.

Phức càng cua là dạng phức mạnh như EDTA, NTA chúng giữ độ cứng và ion kim loại trong dung dịch. Nếu nồng độ quá cao chúng sẽ tấn công lớp ôxit sắt bảo vệ, được khuyến cáo không dùng cho nồi hơi áp suất thấp.

6 Sự bảo dưỡng

Bảo dưỡng về cơ bản là các phương pháp nhằm tránh sự ăn mòn, thường là ăn mòn oxy bên ở phần nước của nồi hơi, trên các bộ phận của nồi hơi hoặc các thiết bị phụ trợ được làm từ thép hợp kim thấp trong quá trình dừng lò và chờ, thậm chí cả trong thời gian vận chuyển và lưu kho.

Lớp ôxit sắt bảo vệ bên phía nước của nồi hơi (hình thành sau khi vận hành ít nhất một tháng) chỉ có khả năng bảo vệ thép hợp kim thấp khỏi tác động của ẩm hoặc hơi ẩm và không khí cho phép trong một thời gian rất ngắn.

Nếu sử dụng nước đã được làm mềm hoặc đã khử cacbonic hoặc được lọc thì thời gian không bảo dưỡng rất eo hẹp khoảng một tuần.

Ngưng lò lâu hơn hoặc lò vận hành/ngừng theo chu kỳ thì phải áp dụng một trong các phương pháp bảo dưỡng sau:

- Bảo dưỡng ướt (không có không khí) ví dụ thay thế không khí bằng nitơ hoặc chứa đầy nồi hơi bằng nước kiềm có bất ngậm oxy.
- Bảo dưỡng khô (không có hơi ẩm): hệ thống được làm khô bằng chất hút ẩm, ví dụ như silicagel hoặc chất làm khô tái sinh tuần hoàn.

Bảo dưỡng ướt được áp dụng đặc biệt khi dừng lò trong thời gian ngắn, tiến hành theo một trong các phương pháp sau:

- Nếu ngừng lò trong thời gian ngắn chỉ cần giữ nồi ở áp suất 1 bar và điền đầy nước đến van xả, kiểm tra 2 ngày 1 lần
- Dừng hơi của một lò khác đang hoạt động để điền đầy hơi cho nồi được bảo quản điều này dẫn đến sự hình thành nước ngưng tại bề mặt phân chia hơi/nước, pH bắt đầu giảm và cần xả để giữ mực nước này nếu hơi có chứa oxy thì nguy cơ ăn mòn rất cao.
- Dùng khí trơ (N_2) điền đầy một phần nồi có thể bảo quản được vài tuần hoặc vài tháng duy trì và kiểm tra áp suất khí N_2 cao hơn từ 10 – 20 mbar. Xả hết khí trước khi có người vào nồi hơi để tránh bị ngạt thở.

Bảo dưỡng khô được áp dụng cho dừng lò trong thời gian dài và tiến hành theo một trong các cách sau:

- Sử dụng chất sấy khô có thể tái sinh
- Sử dụng chất hút ẩm như silica gel (tránh tiếp xúc trực tiếp với thép) hoặc CaO

Bảo quản bề mặt thép bên phía khí nóng của nồi hơi cũng rất cần thiết, đặc biệt với các lò hơi sử dụng nhiên liệu đốt là than và dầu.

7 Lấy mẫu nước cấp nồi hơi và nước nồi hơi/Kiểm soát trực tiếp

Ống lấy mẫu phải được làm bằng thép không gỉ (ít nhất là thép TP 321 hoặc 316), càng ngắn càng tốt và đường kính khoảng 10 x 1,5 mm hoặc 12 x 2 mm.

Mẫu nước nóng, ít nhất là BW, phải được làm lạnh xuống khoảng 25 - 30⁰C với lưu lượng dòng khoảng 25 l/h, thiết bị làm lạnh kiểu ống xoắn ruột gà cũng phải được chế tạo bằng thép không gỉ. Nên dùng bộ làm lạnh cho nồi hơi có áp lực vận hành > 10 bar để đo oxy trong nước cấp bổ sung.

Tất cả các dụng cụ lấy mẫu phải được làm thẳng khi ra khỏi đường ống trước khi đi vào bộ phận làm lạnh hoặc thiết bị đo.

7.1 Lấy mẫu nước

Không cần thiết phải thiết kế đặc biệt để lấy mẫu, nhưng mẫu lấy được phải đại diện. Thiết bị lấy mẫu để đo oxy hòa tan phải rất kín. Vị trí lấy mẫu nên đặt sau mỗi bước xử lý và sau các điểm bổ sung hoá chất, tại đó thường xảy ra sự thay đổi chất lượng nước, ví dụ như:

- Nước thô và nước sau tiền xử lý (keo tụ, lọc, clo hoá),
- Nước sau làm mềm hoặc sau thiết bị lọc ngược
- Nước ngay sau khi ngưng tụ và bể chứa nước ngưng,
- BFW sau khử khí và sau bổ sung hoá chất- tốt nhất là lấy tại đầu vào của bao hơi,
- BW lấy từ đường xả đáy liên tục (tối thiểu 100 l/h) gần với bao hơi hoặc lấy trực tiếp từ nồi hơi tại đường xả váng.

7.2 Kiểm soát hoá chất trong hệ thống thiết bị

Kiểm soát bằng tay nên được thực hiện ít nhất 1 ngày 1 lần cho BFW và BW với các thông số liên quan tới an toàn trong các mẫu như sau:

- Độ kiềm tổng và độ kiềm hỗn hợp (giá trị P và M) hoặc pH
- Độ cứng tổng
- Độ dẫn điện/tỷ trọng

Riêng các thông số sau nên tiến hành kiểm tra 2 lần/một tuần:

- Phosphate/ chất chống đóng cặn - nếu chúng được bổ sung
- Ôxit silic (SiO_2)

Độ dẫn điện của BW phải được kiểm soát on - line trong ống bởi vì nó có thể được dùng như là tín hiệu điều khiển cho quá trình xả đáy tự động.

Độ cứng của nước cấp bổ sung và nước ngưng hồi lưu cũng nên kiểm tra. Hàm lượng oxy có thể đo bằng cách của “Karmina Chemets”

8 Tiền xử lý nồi hơi và tẩy rửa hoá học nồi hơi

8.1 Trình tự tẩy rửa hoá học nồi hơi

8.1.1 Kiểm lò

Trước khi thực hiện kiểm lò, nồi hơi phải được làm sạch cơ học và súc rửa bằng BFW hoặc nước mềm để loại bỏ các chất rắn tới khi nước xả gần như trong! Súc rửa và kiểm tra mỗi lần xả để phòng bị tắc.

Nồi hơi mới tối thiểu phải trải qua xử lý kiềm để tẩy dầu mỡ có trong quá trình chế tạo cũng như để tẩy ôxít và bụi. Thông thường sử dụng Na_3PO_4 , trong trường hợp đặc biệt sử dụng một hỗn hợp soda kiềm với các hoá chất khác như chất thấm ướt (dung dịch kiềm nồi hơi có pH khoảng 10 – 10,5) tại nhiệt độ đạt đến khoảng 70% của áp suất vận hành bình thường của nồi hơi.

Với nồi hơi có các khe nhiệt, ví dụ giữa các ống và mặt sàng, như ở các ống khói nồi hơi ống lửa thì nghiêm cấm sử dụng soda kiềm (do có thể gây ăn mòn ứng lực do kiềm) và chỉ nên dùng Na_3PO_4 . Trước khi vận hành, dung dịch kiềm lò cần được xả bỏ và nồi hơi phải được rửa kỹ bằng cách xả để loại bỏ các chất rắn khác và làm loãng dung dịch kiềm lò đã sử dụng.

8.1.2 Tẩy hoá học khi dùng lò

Tẩy rửa axit (ngâm)

Trước khi tẩy axit và tẩy sôi kiềm cần đảm bảo bề mặt nồi hơi có khả năng thấm nước (dễ dàng làm ướt). Tẩy axit được đề xuất cho nồi hơi mới trong trường hợp bề mặt bị ăn mòn nhiều và cho nồi hơi có tốc độ truyền nhiệt cục bộ $> 250 \text{ kW/m}^2$ đặc biệt đối với nồi hơi có đường hàn trên bề mặt có dòng nhiệt lớn. Với nồi hơi đang vận hành, tẩy axit là cần thiết nếu cần vô cơ dày hơn cho phép (phụ thuộc vào dòng nhiệt và thành phần $> 0,1 \div 1 \text{ mm}$). Để tẩy cần thường dùng các axit vô cơ kèm ức chế (ưu tiên axit HF hoặc HCl) hoặc axit hữu cơ kèm ức chế (axit Citric, axit Glycolic, axit fomic ...). Cặn silicat chỉ có thể hoà tan trong dung dịch HF và phải được tiến hành bởi công ty hoặc người có chuyên môn.

Chất ức chế cho tẩy axit là những hợp chất hữu cơ có tác dụng giảm tốc độ hòa tan bề mặt kim loại trong từng dung dịch riêng biệt. Lớp vẩy cặn và các lớp cặn khác không được bảo vệ và bị hoà tan.

Chất ức chế cần phù hợp với loại axit, kim loại sử dụng chế tạo nồi hơi và nhiệt độ. Nồng độ chất ức chế và nhiệt độ làm việc tối đa (thường không quá $60 - 80^\circ\text{C}$) cần được duy trì trong phạm vi chính xác theo đề xuất của người cung cấp nồi hơi để đảm bảo chống ăn mòn tối ưu.

Với bất kỳ quy trình tẩy rửa hoá học nào, giới hạn của những điều kiện làm việc - dung môi, ví dụ axit, chất ức chế, nhiệt độ và thời gian áp dụng - phải được duy trì chính xác để tránh vật liệu bị tấn công quá mạnh. Tổn hao của kim loại nên không được vượt quá 20 g/m^2 trong quá trình tẩy. Có thể dùng các chất như EDTA hoặc ETA tuy nhiên nó rất khó sử dụng và ảnh hưởng nhiều tới môi trường.

Quá trình tẩy cần được kiểm soát ít nhất bằng cách đo nồng độ axit và nồng độ kim loại. Sau khi tẩy rửa nồi hơi nên được đưa vào vận hành càng sớm càng tốt.

Trong trường hợp thực hiện kiểm tra, cần phải lấy mẫu của dung dịch tẩy để thực hiện kiểm tra tốc độ ăn mòn, thể tích mẫu dung dịch tẩy ít nhất phải là 10 lít (ví dụ 1 – 2 lít cho mỗi một lần dùng).

Đối với thép không gỉ austenit không được dùng axit HCl để tẩy, thép không gỉ ferrit có khả năng chịu ăn mòn axit cao hơn đối với thép cacbon thường.

Sau khi tẩy hóa học cần phải thực hiện quá trình tạo lớp ôxit thụ động cho nồi hơi và cần đưa nồi vào vận hành càng sớm càng tốt.

Tẩy hóa học bằng các hóa chất khác

Các chất tạo phức cation của như EDTA hoặc NTA không nên dùng nhiều vì khả năng tẩy của nó không đồng nhất và có hại tới môi trường. Ngoài ra cần phải nâng nhiệt độ lên $> 80 - 100^\circ\text{C}$, tuy nhiên thường không thể thực hiện cung cấp nhiệt đều trên toàn bộ bề mặt cần tẩy do đó dẫn đến hiện tượng làm sạch cũng như ăn mòn không đều.

8.1.3 Tẩy hoá học trong khi vận hành.

Tẩy trong khi vận hành (xem chương 4) chỉ có thể thực hiện chừng nào chiều dày lớp cặn không vượt quá 0,3 mm (cục bộ 0,5 mm), cặn dày hơn có thể bị tách ra và có thể ảnh hưởng tới sự tuần hoàn nước nồi hơi. Cặn chứa > 50% hợp chất của canxi và magie không có dầu hoặc mỡ dễ dàng tẩy rửa. Có thể dùng các chất như EDTA hoặc ETA tuy nhiên nó rất khó sử dụng và ảnh hưởng nhiều tới môi trường

Gần đây những chất chống đóng cặn hữu cơ có thể phân huỷ sinh học và chất phân tán đang được phát triển mạnh. Chúng có thể được sử dụng để tẩy rửa trong quá trình vận hành. Các nhà sản xuất chất tạo phức yếu hơn này là những công ty xử lý hoá học quốc tế như là Betz, Drew, Grace – Dearborn, Kurita hoặc Ondeo (Nalco). Những chất này chỉ nên sử dụng tạm thời – có thể dùng 1 tháng trong 1 năm – để tẩy phòng ngừa cặn mỏng. Khi vận hành nồi hơi có BFW và BW đạt được các điều kiện như yêu cầu thì hoàn toàn không cần phải tẩy rửa nồi hơi bằng hóa chất trong vòng 5 năm. Việc thường xuyên tẩy cặn bằng hóa chất cho thấy việc xử lý nước BFW và BW không đạt yêu cầu hoặc thực hiện bảo dưỡng khi dùng lò không đúng cách.