

Chapitre 1: L'appareillage à vapeur des unités Galéno-pharmaceutiques.

Introduction

La vapeur d'eau est produite par évaporation de la phase liquide ou sublimation de la phase solide.

Dans le sens physique la vapeur d'eau est l'eau à l'état gazeuse.

Si l'on fait évaporer de l'eau dans un environnement assez froid, une partie de l'eau se condense sous forme de fines gouttelettes.

La vapeur d'eau est alors composée d'un mélange de fines gouttelettes (liquide) et de la vapeur à l'état gazeuse c'est la **vapeur humide**.

Avec le temps il s'établit lors de l'évaporation un équilibre dynamique ou autant des particules de la phase liquide passe en phase gazeuse. La vapeur est dite **vapeur saturée**.

Si la température continue à augmenter, après évaporation complète il se forme **une vapeur surchauffée**, fin de gouttelettes de l'eau.

1. Capacité calorifique de la vapeur

L'avantage de la vapeur d'eau comme fluide calorifique porteur réside dans le fait qu'elle présente une capacité calorifique nettement supérieure à celle de l'eau.

Pour une masse et température identiques, la chaleur contenue dans la vapeur est plus de 6 fois que celle contenue dans l'eau.

2. Types de la vapeur

Il y a diverses grandes catégories de vapeur utilisées dans l'industrie.

Les vapeurs standards: Utilisés pour le chauffage, dégraissage des pièces, nettoyage du sol, ...

Les vapeurs à haute pression : Utilisés pour l'alimentation des turbines, et des alternateurs.

Les vapeurs industriels : Cette vapeur est utilisée pour chauffer une cuve double enveloppe, un échangeur, un serpentin. Cette vapeur ne doit pas être utilisée pour des applications où la vapeur est en contact avec les aliments ou avec les produits pharmaceutiques ou cosmétiques.

Les vapeurs filtrées : Pour la production agro-alimentaire. La vapeur est filtrée immédiatement avant l'utilisation.

Les vapeurs blanches (propres) : Pour la cuisson des aliments, la production de l'eau chaude sanitaire.

La vapeur propre est utilisée dans l'industrie agroalimentaire lorsqu'elle est en contact direct ou indirect avec les aliments, mais aussi pour les applications exigeant une stérilisation des lignes de production ou de conditionnement.

Utilisée pour des applications de stérilisation.

Les vapeurs stériles ou pures: Pour la production de l'eau distillée par condensation, l'alimentation des autoclaves, la stérilisation des flacons, ampoules, les circuits dans l'industrie pharmaceutique.

3. Domaines d'utilisation des vapeurs

La vapeur d'eau est utilisée dans un grand nombre d'industries. Ses applications les plus courantes sont

- ✓ Dans les turbines à vapeur.
- ✓ L'industrie agroalimentaire, pharmaceutique pour la stérilisation.
- ✓ Les procédés de chauffage dans les usines.

4. Problèmes causés par la vapeur d'eau lors de sa transformation en vapeur

- ✓ Corrosion électrochimique.
- ✓ Corrosion fissurante.

5. Techniques générales utilisés pour la préparation de l'eau destinée à la production de la vapeur

La production de la vapeur nécessite 3 éléments: l'eau, métal, et la chaleur.

L'eau est un solvant universel, elle peut contenir des éléments solides, liquides, gaz, des minéraux, des substances organiques (bactéries, virus, ...). Il est nécessaire d'éliminer ces éléments pour éviter les problèmes d'exploitation.

Il existe deux techniques pour la préparation de l'eau destinée à la production de vapeur: le traitement (l'eau polluée), le conditionnement (l'eau pure).

- ✓ **Le traitement.**
- ✓ **Conditionnement.**

6. Les générateurs de la vapeur

6.1. Générateurs simples: Sont des petits générateurs de vapeur à basse pression et à très faible volume d'eau.

6.2. Générateurs industriels: C'est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire la vapeur, c'est-à-dire transférer en continu de l'énergie thermique à un fluide caloporteur (l'eau).

L'énergie thermique transférée peut être:

- ✓ Soit la chaleur dégagée par la combustion solide, liquide ou gazeuse.

Ex: Le charbon, le fioul, le gaz, le bois, les déchets.

- ✓ Soit la chaleur contenue dans un autre fluide ou d'autre source que l'électricité ex: les résistances.

6.3. Les chaudières de production de la vapeur stérile (Chaudières pharmaceutiques)

Elles sont en acier inoxydable de haute qualité avec des échangeurs d'alliage constitués de tubes sans soudure.

Ces générateurs de vapeur dépourvus d'éléments toxiques et d'organismes. Ils fournissent une vapeur pratiquement sèche contenant au minimum 97-98% de vapeur et 2-3% maximum d'humidité.

Ces vapeurs sont utilisés pour stériliser les circuits, pour produire de l'eau distillée stérile, pour stériliser les unités de stockage, les cuves des réacteurs.

Définition scientifique de la chaudière

C'est un « générateur de chaleur ». Il s'agit en effet d'un appareil ou d'une installation qui permet de transférer – en continu – de l'énergie thermique à un

fluide caloporteur (porteur de chaleur). Ainsi, tout dispositif produisant de l'eau chaude, de la vapeur d'eau, ou de l'eau surchauffée est considéré comme une chaudière.

L'eau d'alimentation des chaudières

Utilisée pour produire de la vapeur, la pression de la vapeur utilisé est entre 0.5 et 100 bar.

Les problèmes causés par les impuretés présentent dans l'eau sont :

- ✓ La corrosion.
- ✓ Dépôt du tartre.
- ✓ Entraînement des impuretés dans la phase vapeur.

Caractéristiques d'une eau pour une chaudière :

- ✓ pH : 7-8,5.
- ✓ TH (°F) : 0-0,5.
- ✓ TAC (°F) : 40-120.
- ✓ TA : > 0,7.TAC.
- ✓ O₂ : < 0,1 mg/l.
- ✓ Teneur en silice (SiO₂) : la plus faible que possible.
- ✓ Salinité totale : < 3500 mg/l.
- ✓ Cl⁻ : < 700 mg/l.
- ✓ PO₄³⁻ : 15-30 mg/l.
- ✓ Teneur en huile : 0.

7. Classification des chaudières

Il existe une grande variété de chaudières, on peut les classifier selon plusieurs critères :

7.1. La gamme de puissance (W)

- ✓ Chaudière individuelle.
- ✓ Chaudière industrielle.

7.2. La nature de la vapeur produite

La nature de la vapeur générée par une chaudière est en étroite relation avec la pression de vapeur établie. On distingue alors :

- ✓ Chaudières à basse pression.
- ✓ Chaudières à moyenne pression.
- ✓ Chaudières à haute pression.
- ✓ Chaudières à pression supercritique.

7.3. Le type de fluide caloporteur

- ✓ **Chaudières à eau chaude:** Le fluide caloporteur est de l'eau, et la température de chauffage ne dépasse pas 100°C.
- ✓ **Chaudières à eau surchauffée:** Le chauffage est supérieur à 100 ° C. Il s'agit de chaudières avec une pression au-dessus de l'atmosphérique pour éviter l'ébullition de l'eau après avoir atteint 100 °C.
- ✓ **Chaudières de vapeur :** Le liquide caloporteur est la vapeur d'eau.
- ✓ **Chaudières de fluide thermique:** Le fluide caloporteur est autre que l'eau. Actuellement, l'huile thermique.

7.4. La source de chaleur:

- ✓ **Chaudières par combustion**
 - ✦ Les chaudières à combustion liquides ou gazeux.
 - ✦ Les chaudières à combustion solides.

✓ Chaudières électriques

Il est possible de distinguer 3 principes de chauffe électriques :

- ✦ Chaudière électriques à résistances.
- ✦ Chaudière électriques à effet joule.
- ✦ Chaudière électriques ioniques.

7.5. La construction

Il y a dans ce mode, trois types de chaudières :

- ✓ Les chaudières à bouilleurs.
- ✓ Les chaudières à tubes fumées.
- ✓ Les chaudières à tubes d'eau ou à faisceaux tubulaires.

7.6. Selon la vitesse de circulation de l'eau

Selon ce mode de classification, on distingue quatre classes de chaudières :

- ✓ **Classe A:** ce sont les chaudières dites sans circulation.
- ✓ **Classe B:** ce sont les chaudières dites à circulation modérée.
- ✓ **Classe C:** ce sont les chaudières dites à circulation accélérée.
- ✓ **Classe D:** ce sont enfin les chaudières à circulation forcée.