

Fabrication de l'éthanol par hydratation de l'éthylène

Format : A3 = 297mm x 420mm

1 - Principe

L'éthanol se forme suivant la réaction:



La réaction a lieu en phase gazeuse sous 70 bars à 300 °C en présence de catalyseur constitué d'acide phosphorique fixé sur des grains de silice. Le taux de conversion très faible (4%) entraîne un recyclage important. Le rapport molaire utilisé est $\text{C}_2\text{H}_4 / \text{H}_2\text{O} = 0,6$. Une réaction parasite produit de l'acétaldéhyde qui est hydrogéné en éthanol sur catalyseur à base de Nickel.

2 - Description du procédé

a - Réaction

L'éthylène gazeux est comprimé par un compresseur centrifuge C_1 avec régulation de la pression au refoulement par une vanne automatique placée sur l'aspiration, puis mélangé à de l'eau de procédé à l'éthylène de recyclage. Ce mélange est d'abord préchauffé par les gaz sortant du réacteur K_1 dans un échangeur à faisceau tubulaire E_1 . Il est ensuite chauffé à 300 °C dans un échangeur E_2 chauffé avec un fluide thermique. Les gaz entrent alors dans le réacteur catalytique K_1 . Il est constitué d'une couche de silice imprégnée d'acide phosphorique et fonctionne en adiabatique.

b - Séparation liquide-gaz

Les gaz sortent du réacteur pour entrer dans l'échangeur vertical E_1 servant à préchauffer les gaz d'alimentation. On condense ainsi une partie de l'eau et de l'éthanol. Le mélange liquide-gaz obtenu est envoyé vers un séparateur cyclone S . Les gaz résiduels sont envoyés dans un autre échangeur E_3 refroidi à l'eau pour condenser la majeure partie de l'eau et de l'éthanol. La phase liquide est envoyée dans le séparateur S . Le mélange éthanol-eau récupéré dans S est envoyé aux deux tiers de la colonne D_2 .

b - Recyclage de l'éthylène

Les gaz issus de E_3 sont envoyés dans une colonne de lavage à garnissage D_1 . L'eau de procédé injectée permet de récupérer les vapeurs d'éthanol présentes dans les gaz résiduels. Les gaz sortant de la colonne, essentiellement constitués d'éthylène et d'impuretés sont en partie éliminés (purge) de façon à maintenir la teneur en impuretés inférieure à une certaine limite. Les gaz de purge sont envoyés à la torche. Le reste est repris par un compresseur volumétrique C_2 et mélangé à l'éthylène pour alimenter le réacteur.

L'ensemble de tous ces appareils fonctionne sous 70 bars.

c - Récupération du mélange éthanol-eau-acétaldéhyde

Cette opération a lieu par stripping à la vapeur d'eau et consiste à injecter de la vapeur pour entraîner l'éthanol et l'acétaldéhyde. Les liquides issus de S et de D_1 sont envoyés aux deux tiers de la colonne à garnissage D_2 fonctionnant sous pression ordinaire. On injecte aussi à cet endroit, un recyclage

contenant essentiellement de l'eau avec de l'éthanol. On injecte de la vapeur d'eau à un débit régulé en fonction de la température en bas de colonne. Les vapeurs sortant en tête de colonne sont condensées totalement dans un faisceau tubulaire horizontal E_4 . Le condensat est récupéré dans une citerne tampon R_1 . Une partie du liquide est renvoyé à débit constant en tête de colonne (*reflux*), l'autre est envoyée dans le réacteur K_2 pour hydrogénation. Les gaz résiduels sont envoyés à la torche. L'eau sortant en bas de colonne est évacuée à l'égout.

d - Hydrogénation de l'acétaldéhyde en éthanol

L'opération a lieu dans un réacteur K_2 contenant une couche de nickel divisé et fonctionnant sous pression égale à 10 bars. Le condensat venant de D_2 est vaporisé dans un échangeur E_5 chauffé à la vapeur d'eau puis envoyé en haut du réacteur K_2 . L'hydrogène est envoyé également en tête de K_2 par un compresseur centrifuge C_3 avec régulation du débit. Les gaz sortant de K_2 sont envoyés dans un condenseur E_6 refroidi à l'eau de façon à condenser tout l'éthanol et l'eau. Ce mélange liquide est récupéré dans une citerne tampon R_2 . Il est envoyé dans la colonne de distillation D_3 . Les gaz résiduels sont renvoyés à l'aspiration du compresseur C_3 . La régulation de pression se fait sur la respiration de la citerne tampon R_2

d - Récupération d'alcool à 95 % par distillation

La colonne D_3 utilisée comporte 30 plateaux. Le liquide contenu dans R_2 est essentiellement constitué d'eau et d'éthanol. Il est préchauffé 80 °C dans un échangeur E_7 chauffé à la vapeur puis injecté sur le sixième plateau à partir du bas. Le bouilleur est un faisceau tubulaire monté en thermosiphon et chauffé à la vapeur d'eau sous pression. La température en bas de colonne (donc le titre en éthanol) est régulée par action sur le chauffage du bouilleur. Le produit de bas de colonne (*au contenant un peu d'éthanol*) est recyclé chaud dans la colonne D_2 . Les vapeurs sortant en tête de colonne sont condensées dans un faisceau tubulaire E_8 refroidi à l'eau. Une partie du condensat (*éthanol à 95%*) est renvoyée en reflux en tête de colonne. Le reste est soutiré pour réguler la température sur le vingtième plateau (*régulation de tirage par température sensible*). L'alcool à 95% est refroidi dans un échangeur E_9 avant d'être stocké dans une citerne tampon R_3 .

3 - Travail demandé

Dessiner en utilisant les normes en vigueur le schéma de cette fabrication en incluant les organes de sécurité, mesure, contrôle, régulation ainsi que les accessoires de robinetterie et les pompes nécessaires à son fonctionnement correct.