



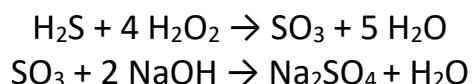
## Dimensionamento Scrubber H<sub>2</sub>S.

**Premessa.**

Il presente documento descrive i criteri di dimensionamento dello Scrubber per l'eliminazione dell' $H_2S$  che si sviluppa durante il processo di fusione dello zolfo nell'impianto di produzione dell'acido solforico e dal relativo stoccaggio.

## Descrizione del processo

La sezione di abbattimento è costituita da uno scrubber Venturi con 4 ugelli di distribuzione attraverso i quali viene alimentata una soluzione di soda caustica (idrossido di sodio NaOH) addizionata con acqua ossigenata (perossido di idrogeno  $H_2O_2$ ), che consente di neutralizzare l'effluente gassoso. Le reazioni che avvengono nel sistema di abbattimento sono le seguenti:



Queste reazioni avvengono tutte in fase liquida e sono caratterizzate da una cinetica particolarmente rapida, per cui lo stadio lento e limitante del processo è costituito dal trasferimento del  $H_2S$  dalla fase gas a quella liquida (costituita dalla soluzione di soda caustica addizionata con acqua ossigenata).

Il modello del doppio strato può essere quindi così schematizzato:


Il trasferimento nella fase gas avviene sfruttando la differenza tra la concentrazione di  $H_2S$  in quest'ultima ( $y$ ) e la concentrazione all'equilibrio ( $y_i$ ). Per quanto sopra detto, quando l' $H_2S$  arriva nella fase liquida reagisce istantaneamente scomparendo dalla fase liquida stessa. Ciò implica che le concentrazioni in fase liquida tenderanno a zero e quindi (per la legge di Henry) anche  $y_i \rightarrow 0$ . Inoltre, siccome si lavora con concentrazioni molto diluite possiamo considerare le portate di gas ( $G$ ) e di liquido costanti.

Il trasferimento di materia dalla fase gas sarà:

$$dN = k_g * dS * (y - y_i)$$

D'altro canto,  $dN = -d(Gy)$  e  $y_i = 0$  e quindi separando le variabili:

$$dS = -G/k_B * dy / y$$

|   |  |  |                     |     |       |   |
|---|--|--|---------------------|-----|-------|---|
|  | RELAZIONE                                  |  | IDENTIFICATION CODE |     |       |   |
|   | Dimensionamento Scrubber H <sub>2</sub> S. |  |                     |     |       |   |
|   |  |  | SHEET               | 3/6 | ISSUE | 0 |

e integrando tra le condizioni iniziali e quelle finali:

$$S = -G/k_g * \ln (y_{fi}/y_{in})$$

## Dati di progetto

In figura 1 si riporta il bilancio di materia dello scrubber in oggetto.

|                                 |                   | GAS<br>ESAUSTI<br>DA D842N –<br>D843N | GAS<br>TRATTATI IN<br>ATMOSFERA | SOLUZIONE<br>ALCALINA DI<br>RICICLO<br>SCRUBBER | SODA<br>CAUSTICA<br>DILUITA DI<br>MAKE-UP | ACQUA<br>OSSIGENAT<br>A DI MAKE-<br>UP | ACQUA<br>INDUSTRIALE<br>DI MAKE-UP | EFFLUENTE<br>IN SCARICO |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---|---|--|------------------------------------|-------------------------|
|                                 |                   | G1                                    | G2                              | L1  | L2  | L3                                     | L4                                 | L5                      |
| FASE                            |                   | Gas                                   | Gas                             | Liquido   | Liquido                                   | Liquido                                | Liquido                            | Liquido                 |
| MARCIA                          | h/D               | 9.25                                  | 9.25                            | 9.25  | 9.25                                      | 9.25                                   | 9.25                               | 9.25                    |
| TOTALE                          | kg/h              | 2010                                  | 2061                            | 20000   | 1.8                                       | 4.3                                    | 59.8                               | 14.8                    |
|                                 | m <sup>3</sup> /h | 2358                                  | 2047                            | 18  | 0.001                                     | 0.004                                  | 0.06                               | 0.01                    |
| ARIA                            | kg/h              | 1846                                  | 1846                            | -   | -   | -                                      | -                                  | -                       |
|                                 | g/kg              | 919                                   | 896                             | -   | -   | -                                      | -                                  | -                       |
| H <sub>2</sub> O                | kg/h              | 164                                   | 215                             | 17735   | 0.88                                      | 2.8                                    | 59.8                               | 13.1                    |
|                                 | g/kg              | 81                                    | 104                             | 886.7   | 500                                       | 650                                    | 1000                               | 886.7                   |
| NaOH                            | kg/h              | -                                     | -                               | 155.8   | 0.88                                      | -                                      | -                                  | 0.12                    |
|                                 | g/kg              | -                                     | -                               | 7.8   | 500                                       | -                                      | -                                  | 7.8                     |
| H <sub>2</sub> S                | kg/h              | 0.3                                   | 0                               | 0   | -   | -                                      | -                                  | 0                       |
|                                 | mg/Nmc            | 163                                   | 5                               | 0   | -   | -                                      | -                                  | 0                       |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>   | kg/h              | -                                     | -                               | 265   | -   | 1.5                                    | -                                  | 0.20                    |
|                                 | g/kg              |                                       |                                 | 13.2  | -   | 350                                    | -                                  | 13.2                    |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | kg/h              | -                                     | -                               | 1844  | -   | -                                      | -                                  | 1.36                    |
|                                 | g/kg              |                                       |                                 | 92.2  | -   | -                                      | -                                  | 92.2                    |
| TEMPERATURA                     | °C                | 115                                   | 55                              | 55  | 30  | AMB                                    | AMB                                | 55                      |
| PRESSIONE                       | bars              | 0.97                                  | 1.0                             | 4   | 4   | 4                                      | 4                                  | 1                       |


Figura 1

Dal bilancio si evince che il flusso gassoso in ingresso ha una temperatura di 115°C. Esso viene quindi raffreddato a una temperatura di 55°C, alla quale è mantenuto anche il flusso liquido ricircolato. Ciò comporta un leggero aumento della portata gassosa in ingresso collegata a un incremento del quantitativo d'acqua evaporato durante il raffreddamento.

Pertanto, la temperatura di progetto (sia del gas, sia del liquido) è fissata a 55°C mentre la pressione risulta essere atmosferica. Per quanto riguarda la portata del gas, questa viene fissata al valore medio tra entrata ed uscita e pari a 2.035 kg/h e con un peso molecolare (pure medio) di 27,74 (= 1.974 m<sup>3</sup>/h)

La portata di liquido di 20.000 kg/h viene ripartita in 4 ugelli che quindi tratteranno ognuno una portata pari a 5.000 kg/h.

Inoltre, è possibile calcolare le frazioni molari dell'H<sub>2</sub>S che valgono rispettivamente:

|   |  |  |                     |     |       |   |
|---|--|--|---------------------|-----|-------|---|
|  | RELAZIONE                                  |  | IDENTIFICATION CODE |     |       |   |
|   | Dimensionamento Scrubber H <sub>2</sub> S. |  | SHEET               | 4/6 | ISSUE | 0 |
|   |  |  |                     |     |       |   |

$y_{in} = 1,203 \cdot 10^{-4}$   
 $y_{fi} = 3,294 \cdot 10^{-6}$  (5 mg/Nm<sup>3</sup>)

Per la determinazione del  $k_g$  è necessario conoscere il coefficiente di diffusione dell'H<sub>2</sub>S in aria. Esso può essere calcolato tramite la relazione di Gilliland:

$$D_{A/B} = 0,00155 \cdot T_{1,5} \cdot [(M_A + M_B) / M_A M_B]^{0,5} / (P \cdot [(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2]) \text{ m}^2/\text{h}$$

Dove:

$D_{A/B}$  = Diffusività del componente A in A+B (m<sup>2</sup>/h)  
T = Temperatura assoluta (K)  
 $M_A/M_B$  = Peso molecolare componenti A e B (kg/kmole)  
 $V_A/V_B$  = Volume molecolare Componenti A e B (cm<sup>3</sup>/g-mole)  
P = Pressione assoluta miscela (kg/cm<sup>2</sup>ass.)

Poiché:

$T = 273 + 55 = 328$   
 $P = 1$   
 $M_{aria} = 28,97$   
 $M_{H2S} = 34$   
 $V_{aria} = 29.9$   
 $V_{H2S} = 32,9$   
(Perry 5<sup>ed</sup> 3-233)

$D_{A/B} = 0,0585 \text{ m}^2/\text{h} = 0,1625 \text{ cm}^2/\text{s}$

In base al modello utilizzato


$$k_g = D_{A/B}/l$$

Dove l è lo spessore del film che dipende dalla fluodinamica e dal processo, ma che per i gas varia tra 1 e 10 mm. Sicuramente la fluodinamica dello scrubber (spruzzatura liquido) assicura un basso valore del film che però conservativamente viene fissato a 2 mm e perciò

$$k_g = 29,25 \text{ m/h}$$

*Nota: Tale valore è in buon accordo con i dati ritrovati in letteratura che forniscono un valore di 26,28 m/h ad una temperatura di 25°C.*

PIRELLA GÖTTSCHE LOWE  
EUROSID ALKEEMIA CONFIDENTIAL Do not share without permission

|   |  |  |                     |     |       |   |
|---|--|--|---------------------|-----|-------|---|
|  | RELAZIONE                                  |  | IDENTIFICATION CODE |     |       |   |
|   | Dimensionamento Scrubber H <sub>2</sub> S. |  | SHEET               | 5/6 | ISSUE | 0 |
|   |  |  |                     |     |       |   |

Con questi dati è possibile calcolare la superficie di scambio richiesta che sarà pari a:

$$S = - 1974 / 29,25 * \ln( 3,294 * 10^{-6} / 1,203 * 10^{-4} ) = 242 \text{ m}^2$$

**Dimensionamento dello scrubber.**

In figura 2 è riportato lo schema dello scrubber proposto, ipotizzando per le apparecchiature A845N e C840N le seguenti dimensioni:

| Sigla | Diametro | Lunghezza |
|-------|----------|-----------|
| A845N | 250      | 2300      |
| C840N | 250      | 4900      |

La velocità del gas sarà pari a  $v_g = 11,1 \text{ m/s}$  e, inoltre, supponendo di distribuire il liquido su 4 ugelli, il tempo di permanenza medio potrà essere valutato in  $\tau = [(2300+4900) / 2] / v_g = 0,32 \text{ sec}$

Siccome la portata totale di liquido (equamente suddiviso nei 4 ugelli) è pari a  $P=20.000 \text{ kg/h} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ , se  $d$  = diametro medio gocce avremo:

$$V_{\text{goccia}} = \pi * d^3/6$$
$$S_{\text{goccia}} = \pi * d^2$$
$$S_{\text{rich}} = P / (\pi * d^3/6) * (\pi * d^2) / \tau = P * 6/ d * \tau$$

Siccome la superficie richiesta è pari a  $242 \text{ m}^2$  avremo che il diametro massimo delle gocce da assicurare sarà pari a

$$d = P * 6 / (S * \tau) = 20 / 3600 * 6 / 242 * 0.32 = 44 * 10^{-6} \text{ m} = 44 \text{ }\mu\text{m}$$

ELIQUORSID-ALKEEMIA-CONFIDENTIAL-Do not share without permission

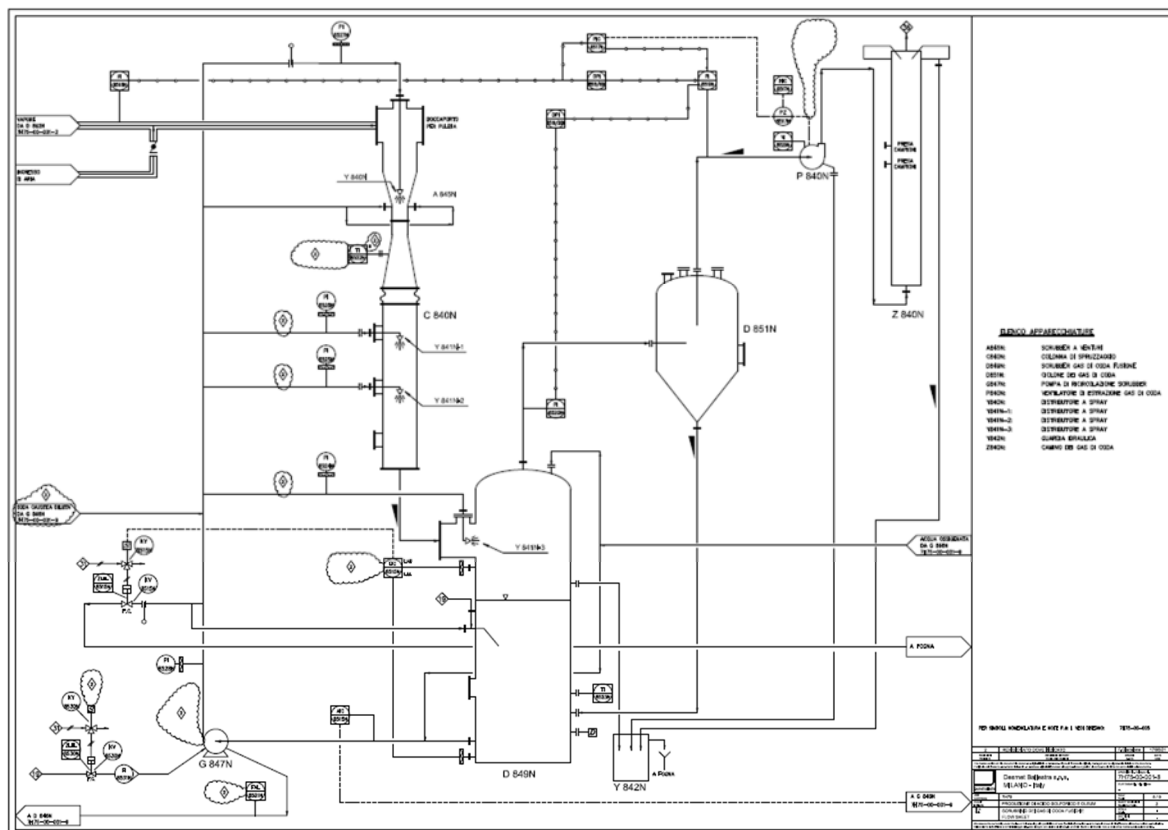


Figura 2: Schema impianto di abbattimento scrubber a umido