


This document is property of ALKEEMIA SpA and it shall neither be reproduced, copied, disclosed to others, nor used for any purpose other than that for which is specifically furnished without the prior written consent of ALKEEMIA SpA

 ALKEEMIA	RELAZIONE		IDENTIFICATION CODE			
	Dimensionamento Scrubber H ₂ S.		SHEET	1/6	ISSUE	01
<div>ALKEEMIA</div> <div>Dimensionamento Scrubber H₂S.</div> <div>Porto Marghera</div> <div>2023</div>						
0	Dimensionamento Scrubber H ₂ S.	04/01/2023	SPe			
ISSUE	DESCRIPTION	DATE	PRE'D	CHE'D	APP'D	
Riproduzione cartacea del documento informatico 35006 senza permesso di riproduzione						

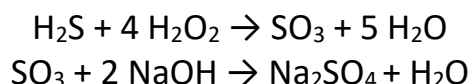
Dimensionamento Scrubber H₂S.

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:

$$dN = k_g * dS * (v - v_i)$$

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

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

	RELAZIONE		IDENTIFICATION CODE			
	Dimensionamento Scrubber H ₂ 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 ESAUSTI DA D842N – D843N	GAS TRATTATI IN ATMOSFERA	SOLUZIONE ALCALINA DI RICICLO SCRUBBER	SODA CAUSTICA DILUITA DI MAKE-UP	ACQUA OSSIGENAT A DI MAKE- UP	ACQUA INDUSTRIALE DI MAKE-UP	EFFLUENTE 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 ³ /h	2358	2047	18	0.001	0.004	0.06	0.01
ARIA	kg/h	1846	1846	-	-	-	-	-
	g/kg	919	896	-	-	-	-	-
H ₂ 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 ₂ S	kg/h	0.3	0	0	-	-	-	0
	mg/Nmc	163	5	0	-	-	-	0
H ₂ O ₂	kg/h	-	-	265	-	1.5	-	0.20
	g/kg			13.2	-	350	-	13.2
Na ₂ SO ₄	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 m³/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'H₂S che valgono rispettivamente:

	RELAZIONE		IDENTIFICATION CODE			
	Dimensionamento Scrubber H ₂ S.		SHEET	4/6	ISSUE	0

$y_{in} = 1,203 \cdot 10^{-4}$
 $y_{fi} = 3,294 \cdot 10^{-6}$ (5 mg/Nm³)

Per la determinazione del k_g è necessario conoscere il coefficiente di diffusione dell'H₂S 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 (m²/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 (cm³/g-mole)
P = Pressione assoluta miscela (kg/cm²ass.)

Poiché:

$T = 273 + 55 = 328$
 $P = 1$
 $M_{aria} = 28,97$
 $M_{H_2S} = 34$
 $V_{aria} = 29.9$
 $V_{H_2S} = 32,9$
(Perry 5^{ed} 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.

FLUORSID-ALKEEMIA-CONFIDENTIAL-Do not share without permission

	RELAZIONE		IDENTIFICATION CODE			
	Dimensionamento Scrubber H ₂ 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 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

This document is property of ALKEEMIA SpA and it shall neither be reproduced, copied, disclosed to others, nor used for any purpose other than that for which is specifically furnished without the prior written consent of ALKEEMIA SpA

 ALKEEMIA	RELAZIONE		IDENTIFICATION CODE			
	Dimensionamento Scrubber H ₂ S.		SHEET	6/6	ISSUE	0

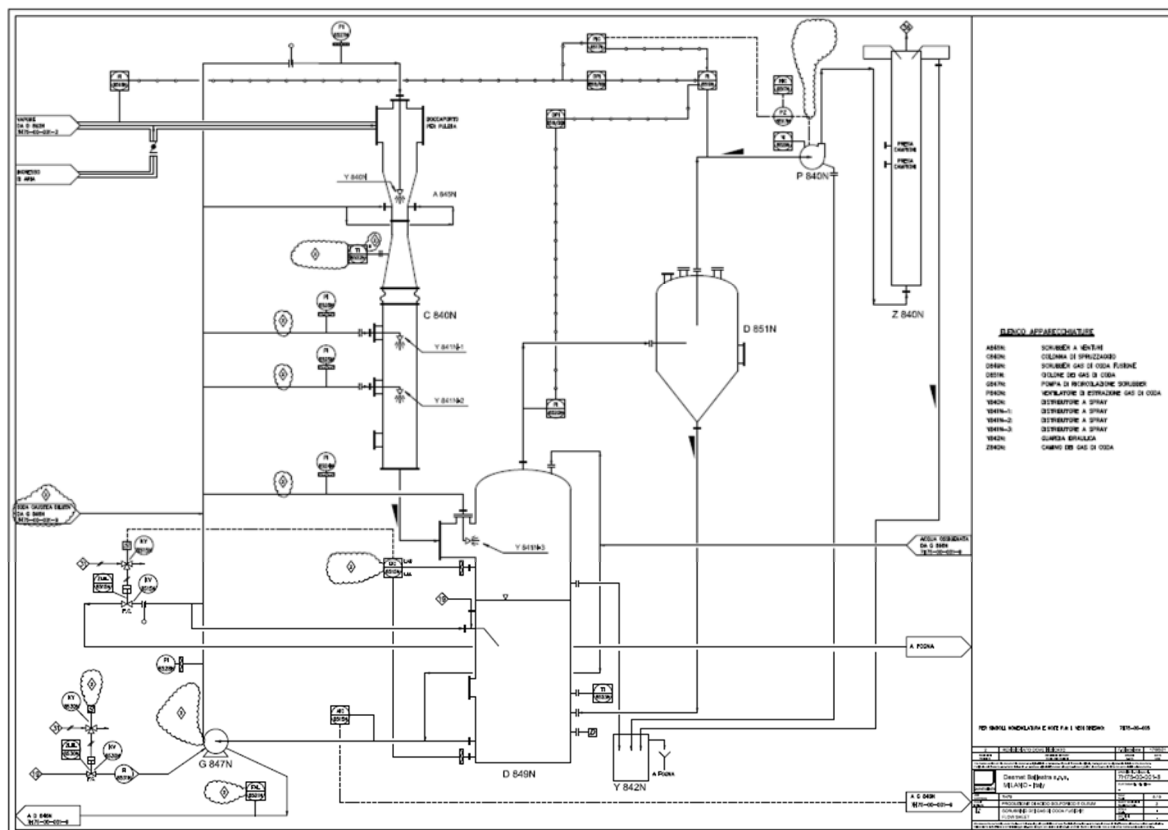


Figura 2: Schema impianto di abbattimento scrubber a umido