

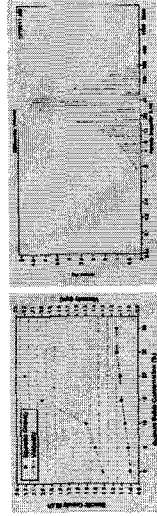
Contents

1. 연구목적
2. 연구 방법
3. 운전 조건
4. 연구장치 제원
5. Lab Test 및 Pilot Test 결과
6. 평택화력 1호기 흡수탑 교반기 최적화 연구결과
7. 결론



운전 조건

- 흡수탑내 슬러리 운전조건
 - 슬러리 고형물 농도 : 20%
 - 고형물 성분 : 석고 90-95%, 석회석 2-3%, 기타 불순물 2-3%
 - 슬러리점도 : 2.2cp
 - 슬러리 비중 : 1.103
 - 고형물 평균입도 : 40.98 μ m



한국형 배연탈황 흡수탑 교반기 최적화 연구

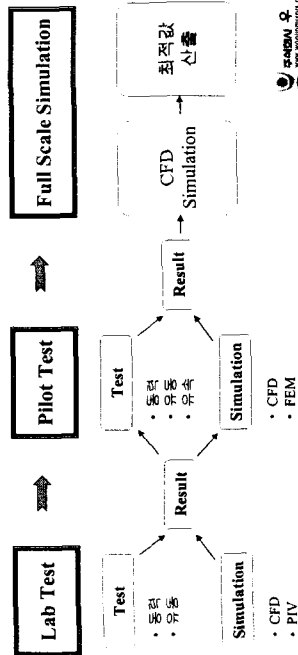
2004년 12월



The Best Leader of Agitator Technology

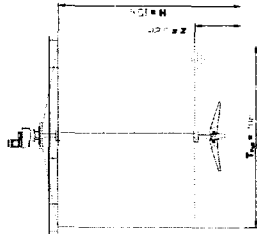
연구 목적 및 방법

한국형 배연탈황공정 격상실증 연구 사업의 위탁과제로 한국형 흡수탑에 사용될 교반 장치의 설계, 제작 및 검증기술 개발을 통하여 최적의 한국형 배연탈황공정용 교반기를 개발하기 위함

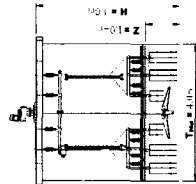


연구장치제원

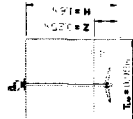
평택화학1호기 흡수탑 제원



Pilot Scale 제원



Lab Scale 제원



Scale Ratio

Full Scale : Pilot Scale : Lab Scale
5 : 1 : 1

Scale Ratio

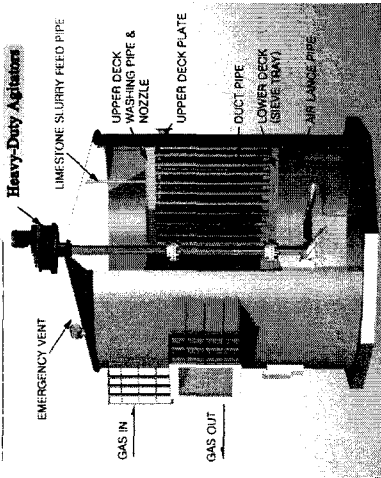
Pilot Scale : Lab Scale
4.08 : 1



www.skanskaindia.com

연구장치제원

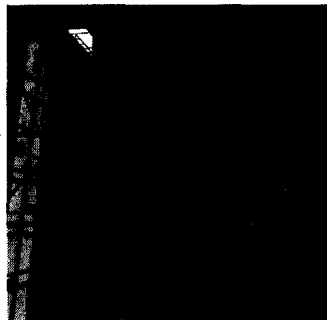
평택화학1호기 흡수탑 제원



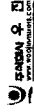
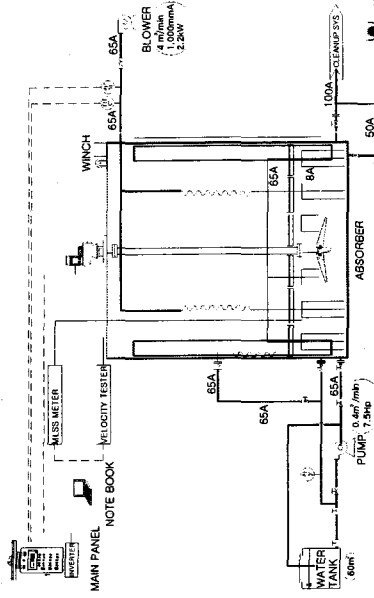
www.skanskaindia.com

연구장치제원

Pilot Scale Plant 전경



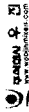
Pilot Scale Plant 공정도



www.skanskaindia.com

연구장치제원

Lab Scale Plant 진경



Lab Test 및 Pilot Plant Test 결과

Lab Test 교반기 제원 및 결과

D_i	0.314	m
T_p	0.98	m
Z_c	0.25	m
C_c	0.11	m
V_r	0.18	m ³
D_o/T_p	0.32	-
N_r	148	rpm

- 결과 (1) 적용 회전수 : 115 rpm
 부 양 조건시 : 148 rpm
 재부양 조건시 : 148 rpm
 (2) 적용 소요 동력 : 0.18kW
 부 양 조건시 : 0.24kW
 재부양 조건시 : 0.24kW
 (3) 고회율 변동 범위 (기준: ± 3% 이내)

고형물 농도	면적율	비 고
① 19.5%	0.5	바닥에서 0.1 x Z_c 지점
② 20.1%	0.1	바닥에서 0.3 x Z_c 지점
③ 20.3%	0.3	바닥에서 0.8 x Z_c 지점



Lab Test 및 Pilot Plant Test 결과

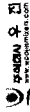
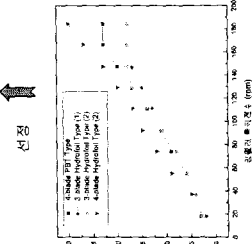
항목	Impeller 형식	PBT Type	Hydrofoil Type(1)	Hydrofoil Type(2)	Hydrofoil Type(3)
Blade 수		4개	3개	3개	4개
소요동력			아래 도표 참조		
유동형상		Axial Flow (45°)	True Axial Flow	True Axial Flow	True Axial Flow
슬러지부양능력		노출	출음	출음	아주 출음

임펠러 종류별 슬러지 재부양시 적용 동력 비교표

Impeller 형식	Blade 수	적용 회전수	적용 동력
PBT Type	4개	165 rpm	0.23 kW
Hydrofoil Type(1)	3개	185 rpm	0.24 kW
Hydrofoil Type(2)	3개	185 rpm	0.24 kW
Hydrofoil Type(3)	4개	148 rpm	0.24 kW

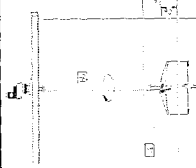
Note :

- PBT Type은 축하단부에 슬러지가 불림
- Hydrofoil(1)보다 Hydrofoil(2)가 동력 대비 유동 효과가 좋음
- Hydrofoil(3)인 4-Blade가 3-Blade보다 동력 대비 유동 효과가 좋음.



Lab Test 및 Pilot Plant Test 결과

Pilot Test 교반기 제원 및 결과



D_i	1.28	m
T_p	4.0	m
Z_c	1.04	m
C_c	0.46	m
V_r	9.06	m ³
D_o/T_p	0.22	-
N_r	51.5	rpm

기하학적상사 (Geometric Similarity; Limestone)
 다른 길이의 지수비는 동일하다. 이때 지수비를 Lab Scale
 과 Pilot Plant Scale의 기하학적 상사비를 4.08로 둔다.
 R (a single scale ratio : 선형의 지수비) = 4.08

$$R = \frac{D_p}{D_L} = \frac{T_p}{T_L} = \frac{Z_p}{Z_L} = \frac{C_p}{C_L} = 4.08$$

여기서 "Scale-up rule"에 따라서 Lab Test 결과값을 적용하면
 유동조건에 맞는 교반기의 회전수를 아래와 같이 구할 수 있다.

$$N_p = N_L \left(\frac{D_L}{D_p} \right)^2 = N_L \left(\frac{D_L}{D_p} \right)^3$$

Scale-up rule	Speed, N
- Surface Motion ($n=1/2$)	73
- Solids Suspension ($n=3/4$)	51.5
- Liquid Motion ($n=3/4$)	36

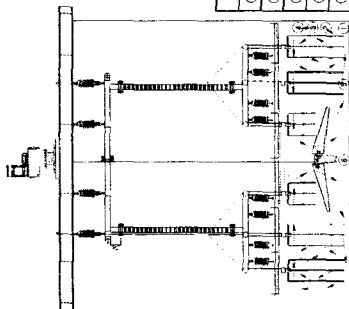
Lab Test 회전수를 148 rpm 적용시



Lab Test 및 Pilot Plant Test 결과

결과 ① 작동 회전수

- 부 양 조건시 : 42 rpm
- 제부양 조건시 : 51.5 rpm
- ② 작용 소요 동력
- 부 양 조건시 : 1.05kW
- 제부양 조건시 : 1.24kW
- ③ 표면 유지 장치
- 및배이지 장치
- ④ 유속 측정
- ⑤ 고형물 농도 편차 (기준: ± 3% 이내)
- ⑥ 고형물 농도 편차 (기준: ± 3% 이내)

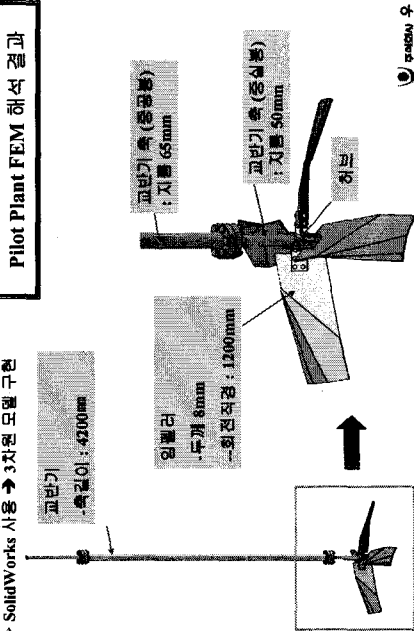


고형물 농도 편차율(%)	비 고
① 20.3	바닥부분
② 20.1	바닥에서 0.3×Z _{up} 지점
③ 19.8	바닥에서 0.5×Z _{up} 지점
④ 19.4	바닥에서 0.8×Z _{up} 지점
⑤ 19.9	조종실과 벽면 중간지점
⑥ 20.2	조종실 부분



Lab Test 및 Pilot Plant Test 결과

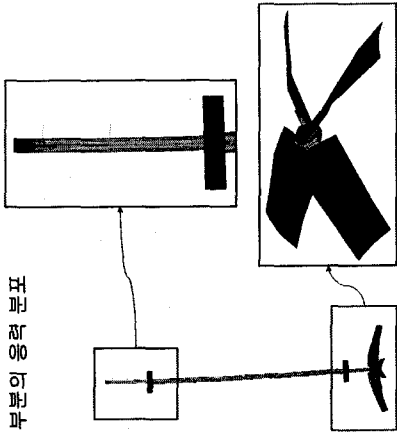
> SolidWorks 사용 → 3차원 모델 구현



Lab Test 및 Pilot Plant Test 결과

- 교반기 축과 하브 부분의 응력 분포

MODEL SOLUTION
STEP=1
SIB =1
SIB2 =1 (AVO)
SIB3 =1
SIB4 =1
SIB5 =1
SIB6 =1
SIB7 =1
SIB8 =1
SIB9 =1
SIB10 =1
SIB11 =1
SIB12 =1
SIB13 =1
SIB14 =1
SIB15 =1
SIB16 =1
SIB17 =1
SIB18 =1
SIB19 =1
SIB20 =1
SIB21 =1
SIB22 =1
SIB23 =1
SIB24 =1
SIB25 =1
SIB26 =1
SIB27 =1
SIB28 =1
SIB29 =1
SIB30 =1
SIB31 =1
SIB32 =1
SIB33 =1
SIB34 =1
SIB35 =1
SIB36 =1
SIB37 =1
SIB38 =1
SIB39 =1
SIB40 =1
SIB41 =1
SIB42 =1
SIB43 =1
SIB44 =1
SIB45 =1
SIB46 =1
SIB47 =1
SIB48 =1
SIB49 =1
SIB50 =1
SIB51 =1
SIB52 =1
SIB53 =1
SIB54 =1
SIB55 =1
SIB56 =1
SIB57 =1
SIB58 =1
SIB59 =1
SIB60 =1
SIB61 =1
SIB62 =1
SIB63 =1
SIB64 =1
SIB65 =1
SIB66 =1
SIB67 =1
SIB68 =1
SIB69 =1
SIB70 =1
SIB71 =1
SIB72 =1
SIB73 =1
SIB74 =1
SIB75 =1
SIB76 =1
SIB77 =1
SIB78 =1
SIB79 =1
SIB80 =1
SIB81 =1
SIB82 =1
SIB83 =1
SIB84 =1
SIB85 =1
SIB86 =1
SIB87 =1
SIB88 =1
SIB89 =1
SIB90 =1
SIB91 =1
SIB92 =1
SIB93 =1
SIB94 =1
SIB95 =1
SIB96 =1
SIB97 =1
SIB98 =1
SIB99 =1
SIB100 =1



SIB1 : 1.25E+08 SIB2 : 2.21E+07 SIB3 : 3.01E+06 SIB4 : 3.92E+05 SIB5 : 4.94E+04 SIB6 : 6.07E+03 SIB7 : 7.34E+02 SIB8 : 8.76E+01 SIB9 : 1.03E+01 SIB10 : 1.21E+00 SIB11 : 1.41E-01 SIB12 : 1.63E-02 SIB13 : 1.88E-03 SIB14 : 2.25E-04 SIB15 : 2.65E-05 SIB16 : 3.08E-06 SIB17 : 3.54E-07 SIB18 : 4.03E-08 SIB19 : 4.55E-09 SIB20 : 5.10E-10 SIB21 : 5.68E-11 SIB22 : 6.29E-12 SIB23 : 6.92E-13 SIB24 : 7.58E-14 SIB25 : 8.26E-15 SIB26 : 8.97E-16 SIB27 : 9.71E-17 SIB28 : 1.05E-17 SIB29 : 1.13E-18 SIB30 : 1.21E-19 SIB31 : 1.30E-20 SIB32 : 1.39E-21 SIB33 : 1.48E-22 SIB34 : 1.58E-23 SIB35 : 1.68E-24 SIB36 : 1.78E-25 SIB37 : 1.88E-26 SIB38 : 1.98E-27 SIB39 : 2.08E-28 SIB40 : 2.18E-29 SIB41 : 2.28E-30 SIB42 : 2.38E-31 SIB43 : 2.48E-32 SIB44 : 2.58E-33 SIB45 : 2.68E-34 SIB46 : 2.78E-35 SIB47 : 2.88E-36 SIB48 : 2.98E-37 SIB49 : 3.08E-38 SIB50 : 3.18E-39 SIB51 : 3.28E-40 SIB52 : 3.38E-41 SIB53 : 3.48E-42 SIB54 : 3.58E-43 SIB55 : 3.68E-44 SIB56 : 3.78E-45 SIB57 : 3.88E-46 SIB58 : 3.98E-47 SIB59 : 4.08E-48 SIB60 : 4.18E-49 SIB61 : 4.28E-50 SIB62 : 4.38E-51 SIB63 : 4.48E-52 SIB64 : 4.58E-53 SIB65 : 4.68E-54 SIB66 : 4.78E-55 SIB67 : 4.88E-56 SIB68 : 4.98E-57 SIB69 : 5.08E-58 SIB70 : 5.18E-59 SIB71 : 5.28E-60 SIB72 : 5.38E-61 SIB73 : 5.48E-62 SIB74 : 5.58E-63 SIB75 : 5.68E-64 SIB76 : 5.78E-65 SIB77 : 5.88E-66 SIB78 : 5.98E-67 SIB79 : 6.08E-68 SIB80 : 6.18E-69 SIB81 : 6.28E-70 SIB82 : 6.38E-71 SIB83 : 6.48E-72 SIB84 : 6.58E-73 SIB85 : 6.68E-74 SIB86 : 6.78E-75 SIB87 : 6.88E-76 SIB88 : 6.98E-77 SIB89 : 7.08E-78 SIB90 : 7.18E-79 SIB91 : 7.28E-80 SIB92 : 7.38E-81 SIB93 : 7.48E-82 SIB94 : 7.58E-83 SIB95 : 7.68E-84 SIB96 : 7.78E-85 SIB97 : 7.88E-86 SIB98 : 7.98E-87 SIB99 : 8.08E-88 SIB100 : 8.18E-89



평택화력 1호기 흡수탑 교반기 연구 결과

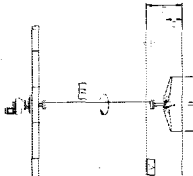
평택화력 1호기 흡수탑 교반기 제원

◆ 기하학적상사 (Geometric Similarity : Limestone)
모든 길이의 치수비는 동일하다. 이 때 치수비를 Full Scale
과 Pilot Plant Scale의 기하학적상사비를 5로 둔다.
R (a single scale ratio : 선형의 치수비) = 5

$$R = \frac{D_p}{D_f} = \frac{T_p}{T_f} = \frac{Z_p}{Z_f} = 5.0$$

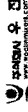
여기서 "Scale-up rule"에 따라서 Pilot Test 결과값을 적용하면
유동조건에 맞는 교반기의 회전수를 아래와 같이 구할 수 있다.

$$N_p = N_f \left(\frac{1}{R} \right)^n = N_f \left(\frac{D_p}{D_f} \right)^n$$

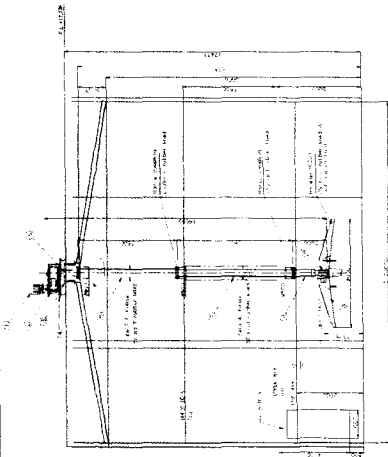


Pilot Scale (Plant) 교반기 原形	Speed, N
- Surface Motion (n=1/2)	23
- Solids Suspension (n=3/4)	15.5
- Liquid Motion (n=3/4)	10

D _p	6.4	m
T _p	20	m
Z _p	5.2	m
C _p	2.3	m
V _p	1.633	m ³
D _p /T _p	0.32	-
N _p	15.5	1/min



평택화력 1호기 흡수탑 교반기 연구 결과



평택화력 1호기 흡수탑 교반기 연구 결과

A

B

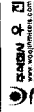
재료 특성상 인장강도의 크기는 $5.19 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
 선행 하용 응력 한계치의 크기는 $1.74 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

회전속도	교반기축	하브	임펠러
15.8rpm	0.165×10^8	0.569×10^8	0.702×10^8

A : 재료의 변경(SS400 → SCM계열)
 B : Stabilizer의 하브구와 용접취부



평택화력 1호기 흡수탑 교반기 연구 결과



결론

최적화성과

- 한국형 배연탈황공정 흡수탑용 교반기의 최적화 연구결과 4B Neo-Hydrofoil 형 임펠러가 PBT형 및 Hydrofoil형에 비해 슬러리의 유동이 우수하고, 동력 대비 유동 효과가 우수한 것으로 나타났다.
- 또한, 표면 유동 및 슬러리의 유동 형태가 유입되는 Gas 및 Flash Air를 하향 유도함으로 탈황반응효과가 큰 것으로 판단되며, 하부 슬러리의 침강 현상이 나타나지 않아 슬러리 쌓임 현상이 없을 것으로 판단된다.
- 슬러리 용적당 소요 동력은 0.06kWh로 선행호기의 0.2kWh 대비 70% 저감되어 한국형 배연 탈황공정의 운전경제성 제고에 크게 기여할 것으로 판단된다.

