

ESG in Steel Plants, 물 재이용 · 슬러지 세정 · 탄소절감 프로젝트 제안

- Steel Plants 종합폐수처리장, 코크스공장 폐수처리장, 냉각수 순환계통 중심 -

SMO Power Reactor™의 Multi-Radical System에 의한,



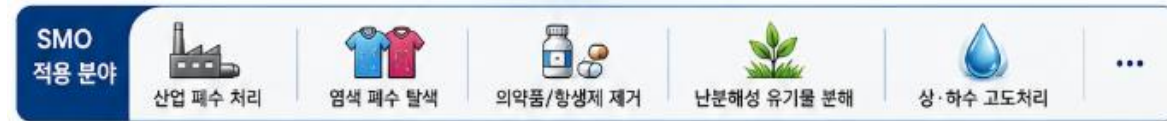
 **ORP Innovation**
(주) 오알피이노베이션

경기도 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168 (흥덕IT밸리)
Tel: (031) 340-3551
www.orpinnovation.com

SMO Power Reactor™

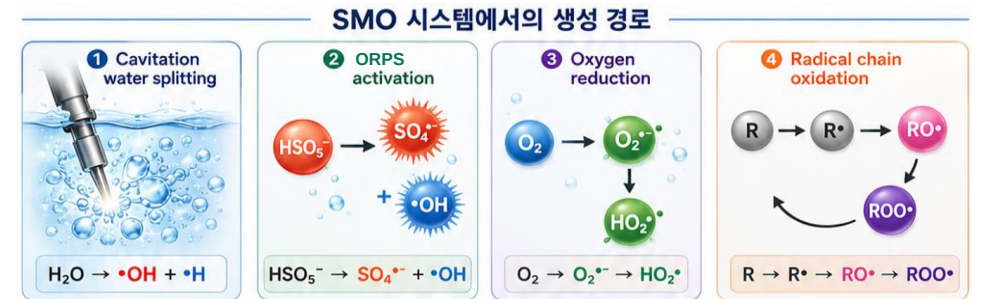
SMO Multi-Radical System

SMO Power Reactor™는 전단, 혼합 및 산화의 힘을 결합하여 유·무기성 오염물질 제거를 위한 나노캐비테이션 효과 및 다중 라디칼 산화제 생성을 최적화할 수 있다. 본 나노캐비티 장비는 고속 교반 탱크와 병렬로 슬러리 반응조 공정을 구성함으로써 경제성 높은 성능을 발휘한다..



SMO (Multi-Radical) Power Reactor의 주요 라디칼 정리표

No	English Name	한국어 명칭	화합식	특징
1	Hydroxyl Radical	하이드록실 라디칼	•OH	가장 강력한 비선택적 산화중, 대부분의 AOP 핵심
2	Sulfate Radical	황산 라디칼	SO ₄ •-	PMS/PDS 활성화로 생성, 난분해성 유기물 산화 우수
3	Superoxide Radical	초과산화 라디칼	O ₂ •-	산소 환원 과정에서 생성, 연쇄 반응 유도
4	Hydroperoxyl Radical	하이드로퍼옥실 라디칼	HO ₂ •	O ₂ •-의 양성자화 형태
5	Hydrogen Radical	수소 라디칼	•H	캐비테이션 물 분해에서 생성
6	Singlet Oxygen	싱글렛 산소	¹ O ₂	선택적 산화, 염색·유기물 산화
7	Peroxyl Radical	퍼옥실 라디칼	ROO•	유기물 산화 중간체
8	Alkoxyl Radical	알코실 라디칼	RO•	유기물 분해 중간체
9	Carbonate Radical	탄산 라디칼	CO ₃ •-	탄산/중탄산 존재 시 형성
10	Organic Radical	유기 라디칼	R•	유기물 분해 중 생성되는 중간체



제철공장의 종합폐수처리장, 코크스공장 폐수처리장, 냉각수 순환계통 중심



SMO Power Reactor™ 적용 Point 및 기대효과

1 순환냉각수 시스템 (Cooling Water)



- 나노캐비테이션 산화로 유기물·바이오필름 제거
- 스케일·부식 억제
- 약품 투입량 최소화

기대효과

- 냉각효율 향상, 설비수명 연장
- 약품비 및 청소비 절감

2 코크스 폐수 (Coke Oven Wastewater)



- 고농도 COD, 페놀류 산화 분해
- 생물학적 처리 효율 향상
- 약취물질 저감

기대효과

- 처리부하 감소, 방류수질 개선
- 약품 및 슬러지 처리비 절감

3 최종방류수 재이용 (Water Reuse)



- 난분해성 유기물 분해
- SS, 색도, COD 저감
- 재이용수 수질 안정화

기대효과

- 재이용률 확대 (공업용수 대체)
- 용수 구매비 절감

4 제철 슬러지 감량 (Sludge Reduction)



- 슬러지 내 유기물 분해
- 탈수성 향상
- 부피·중량 감량

기대효과

- 슬러지 발생량 20~40% 감량
- 운반/처리 비용 절감

5 해수담수화 전처리 (Desalination Pretreatment)



- 해수 내 유기물/미생물 제거
- RO 막 오염 인자 제거
- 막 수명 연장

기대효과

- RO 회수율 향상
- 막 교체주기 연장, 운영비 절감

6 산세폐수 (Acid Pickling Wastewater)



- 산화로 금속이온·유기물 분해
- 색도, COD, TDS 저감
- 생물학적 처리성 향상

기대효과

- 처리수질 안정화
- 약품비 및 슬러지 감량

SMO 솔루션 특징점



나노캐비테이션 기술
강력한 산화력($\cdot\text{OH}$) 생성



화학약품 최소화
약품 사용량 30~70% 절감



저에너지·고효율
낮은 전력 사용, 높은 처리효율



모듈형 시스템
기존 설비에 설치 용이

SMO Power Reactor™ 적용 Point 및 기대효과

1. 순환냉각수 시스템 (Cooling Water)

- 나노캐비테이션 산화로 유기물-바이오 필름 제어
- 스케일-부식 억제
- 약품 투입량 최소화



- 냉각효율 향상, 설비수명 연장
- 약품비 및 청소비 절감

2. 코크스 폐수 (Coke Oven Wastewater)

- 고농도 COD/TOC, 페놀류 산화 분해
- 생물학적 처리효율 향상
- 악취물질 저감



- 처리부하 감소, 방류수질 개선
- 약품 및 슬러지 처리비 절감

3. 최종 방류수 재이용 (Water Reuse)

- 난분해성 유기물 분해
- SS, 색도, COD/TOC 저감
- 재이용수 수질 안정화



- 재이용율 확대 (공업용수 대체)
- 용수 구매비 절감

4. 제철 슬러지 세정회수 감량 (Sludge Reduction)

- 슬러지 내 유기물 분해
- 탈수성 향상
- 세정후 부피-중량 감량



- 슬러지 발생량 20~40% 감량
- 운반/처리 비용 절감

5. 해수담수화 전처리 (Desalination Pretreatment)

- 해수 내 유기물/미생물 저감
- RO 막 오염 인자 제거
- 막 수명 연장



- RO 회수율 향상
- 막 교체주기 연장, 운영비 절감

6. 산세폐수 (Acid Pickling Wastewater)

- 산화로 금속이온-유기물 분해
- 색도, COD/TOC, TDS 저감
- 생물학적 처리성 향상



- 처리수질 안정화
- 약품비 및 슬러지 감량

1. 순환냉각수 계통 SMO 적용 공정 및 효과

SMO 나노캐비테이션 기술로 냉각수 수질을 개선하고, 설비 효율과 에너지 절감을 실현합니다.



기대 효과 (정량적 효과 예시)

에너지 절감	전력 사용량 5~15% 절감
화학약품 비용 절감	약품 사용량 20~40% 절감
설비 세척 주기 연장	세척 주기 2~3배 연장
설비 수명 연장	배관/열교환기 수명 연장 및 유지보수 비용 절감
환경 개선	화학약품 사용 감소 및 방류수 수질 개선



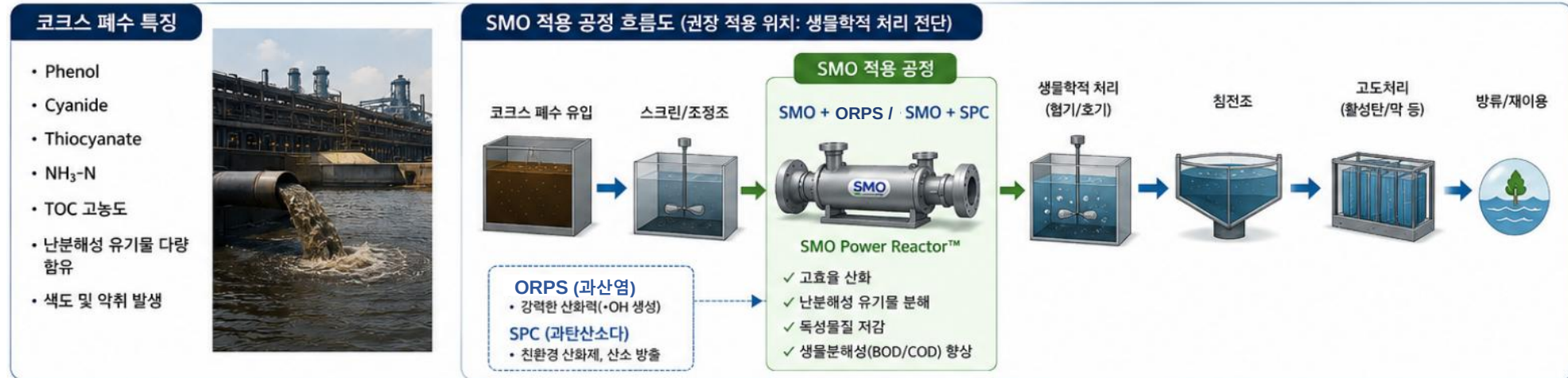
주요 KPI 개선 효과

- ✓ 냉각탑 블로우 다운수 감소
- ✓ 전체 물 사용량 절감
- ✓ 탄소배출(에너지) 저감

안정적인 수질 관리로 설비 효율 UP! 운영 비용 DOWN!

2. 코크스 폐수(Coke Oven Wastewater) 계통 SMO 적용 공정 및 효과

SMO 나노캐비테이션 +ORPS/SPC기반 AOP 전처리로 난분해성 유기물 분해, 생물분해성 향상 및 처리 효율 극대화



적용 포인트

- ✓ 생물학적 처리 전단 AOP 전처리 최적 위치
- ✓ 기존 설비 최소 변경으로 설치 가능
- ✓ 연속 운전 및 자동 제어 가능

SMO 적용 전후 비교 (예시 데이터)

항목	SMO 적용 전	SMO 적용 후	개선 효과
TOC (mg/L)	250	150	40% 감소
Phenol (mg/L)	80	30	62% 감소
BOD/COD 비율	0.15	0.35	133% 향상
Cyanide (mg/L)	10	2	80% 감소
색도 (Pt-Co)	500	200	60% 감소

적용 설비 예시

SMO Power Reactor™

- 처리량: 50~500 m³/h (오물형)
- 재질: STS 316/듀랄렉스
- 설치: 기존 배관라인 인라인 설치
- 자동 제어 및 원격 모니터링 가능

SMO 나노캐비테이션 기술은

코크스 폐수의 난분해성 유기물과 독성물질을 효과적으로 분해하여

처리 효율 향상, 운영비 절감, 환경 보호를 동시에 실현합니다!

3. 최종방류수 재이용 공정 계통 – SMO 적용 공정 및 효과

SMO 나노캐비테이션 적용으로 TOC 저감, 막오염(Fouling) 최소화, RO 수명 연장 및 재이용수 생산성 향상

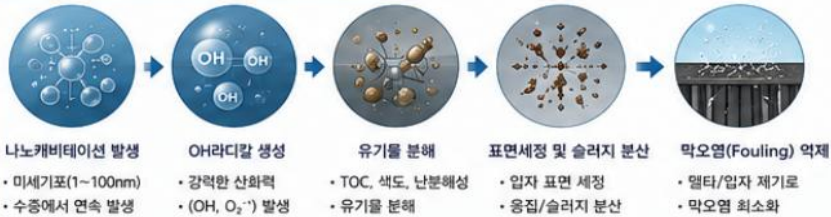
기존 공정 흐름도 (종합폐수처리장 – 재이용수)



SMO 적용 공정 흐름도 (권장 적용 위치)



SMO 나노캐비테이션 작용 메커니즘



SMO 적용 효과 (주요 성능 개선)

TOC 저감	➔ 20~40% 추가 저감
UV254 흡광도	➔ 20~40% 추가 저감
막오염(Fouling)	➔ 20~30% 감소
RO 세정 주기	➔ 2~3배 연장
RO 회수율(Recovery)	➔ 5~10% 증가
운전압력(폴압)	➔ 10~20% 감소
약품 사용량	➔ 20~30% 절감
슬러지 발생량	➔ 10~20% 감소

기대 효과 (운영 및 경제적 효과)

재이용수 생산성 향상	더 많은 용수 생산 및 안정적 공급
운영비 절감	약품, 전력, 세정수 사용량 감소
설비 수명 연장	RO, 펌프, 밸브 등 설비 수명 연장
생산성/가동률 향상	설비 다운타임 감소, 공정 안정성 증가
환경 성능 개선	방류수 수질 개선 및 ESG 목표 달성
탄소배출 저감	전력 및 약품 사용 감소로 탄소 저감 효과

적용 포인트

- ✓ UF(한외여과) 후단, RO 전단 적용이 가장 효과적
- ✓ 기존 설비 최소 변경으로 설치 가능 (바이패스 구성 가능)
- ✓ 연속 운전 가능, 자동 제어 및 모니터링 용이
- ✓ 파일럿 테스트 후 단계적 확대 적용 권장

적용 전·후 비교 (예시 데이터)

항목	적용 전	SMO 적용 후	개선 효과
TOC (mg/L)	3.0	1.8	40% 감소
UV254 (cm ⁻¹)	0.030	0.018	40% 감소
RO 운전압력 (bar)	14.0	11.5	18% 감소
RO 회수율 (%)	70	77	10% 증가
세정 주기 (일)	30	75~90	2~3배 연장
약품 사용량 (상대)	100%	70~80%	20~30% 절감
슬러지 발생량 (상대)	100%	80~90%	10~20% 감소

설치 예시



SMO 나노캐비테이션 기술로
최종방류수를 고품질 재이용수로!

**더 깨끗하게, 더 안정적으로,
더 경제적으로!**

물 자원 순환과 비용 절감을 동시에 실현합니다.

4. 제철 슬러지 감량 공정 계통 – SMO 적용 공정 및 효과

SMO 나노캐비테이션 적용으로 슬러지 세포 파괴, 탈수성 향상, 슬러지 발생량 및 처리비용 절감

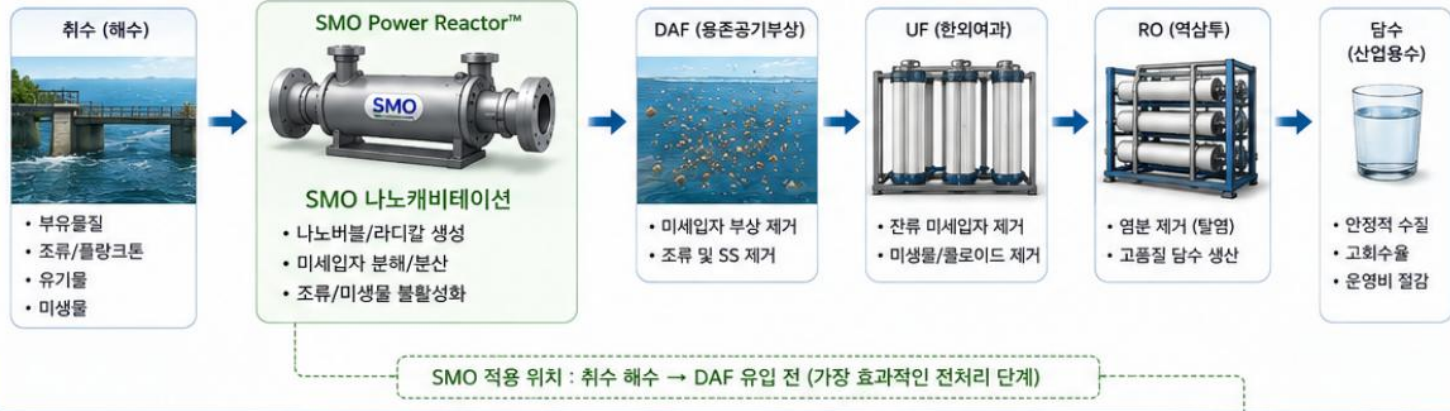


💧 SMO 나노캐비테이션 기술로 슬러지를 줄이고, 비용을 줄이며, 환경을 지킵니다!

5. 해수담수화 전처리 계통 – SMO 적용 공정 및 효과

SMO 나노캐비테이션 적용으로 해수 내 부유물질, 조류, 미생물, 유기물 제거 효율 향상 및 RO 막오염 최소화

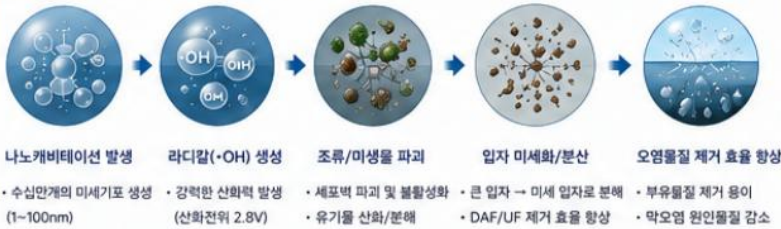
해수담수화 전처리 공정 흐름도 (SMO 적용 위치)



SMO 적용 효과 (주요 성능 개선)

조류/플랑크톤 제거율	↓ 20~50% 향상
탁도/SS 제거율	↓ 20~30% 향상
미생물 (세균/바이오필름)	↓ 30~60% 감소
TOC(유기물) 제거율	↓ 10~30% 향상
UF 막오염 (TMP 상승)	↓ 20~30% 감소
RO 막오염 (SDI 등)	↓ 20~30% 감소
RO 운전압력	↓ 5~15% 감소
RO 세정주기	↓ 20~30% 연장
RO 회수율(생산량)	↑ 3~8% 증가
약품 사용량	↓ 10~20% 감소

SMO 나노캐비테이션 작용 메커니즘



기대 효과 (운영 및 경제적 효과)

- 막오염 최소화
막수명 연장 및 교체비 절감
- 운영비 절감
세정약품/약품 사용량 감소
- 에너지 절감
RO 운전압력 감소로 전력 절감
- 생산성 향상
RO 회수율 증가로 담수 생산량 증가
- 설비 안정성 향상
돌발 정지/세정 빈도 감소
- 환경 개선
슬러지/배수 발생량 감소

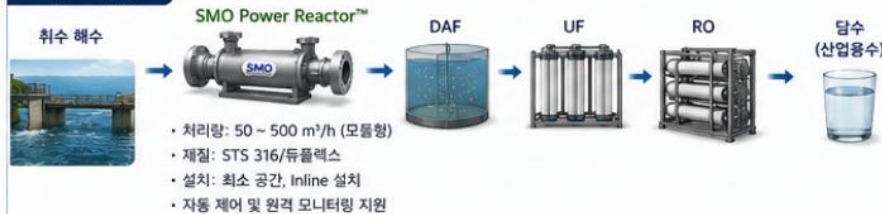
전·후 비교 데이터 (예시)

항목	기존 공정	SMO 적용후	개선 효과
조류 제거율(%)	60	85	+25%p
탁도(NTU)	2.0	1.2	40% 감소
SDI (15min)	4.5	2.8	38% 감소
RO 운전압력(bar)	60	52	13% 감소
RO 회수율(%)	45	49	+4%p
세정주기(일)	30	45	50% 연장
약품 사용량(상대)	100%	80%	20% 감소

SMO 적용 포인트

- ✓ 취수 해수의 수질 변동에 강건한 전처리 시스템 구현
- ✓ DAF, UF, RO 단계의 부하 저감 및 성능 향상
- ✓ 해수 내 조류 대발생(적조) 시에도 안정적 운전
- ✓ 기존 설비 최소 변경으로 설치 가능 (Inline 방식)

설치 예시



SMO 나노캐비테이션 기술로
해수담수화 전처리 성능을 혁신합니다!

막오염은 줄이고, 회수율은 높이고,
운영비는 낮추고, 담수 생산은 늘리고!

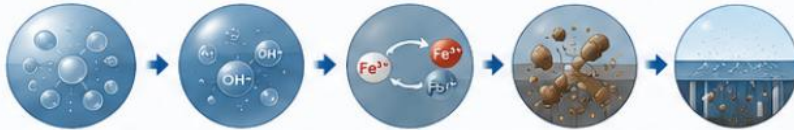
더 깨끗한 해수, 더 효율적인 담수화 – SMO가 답입니다.

6. 산세폐수(Acid Pickling Wastewater) 계통 - SMO 적용 공정 및 효과

SMO 나노캐비테이션 기술 적용으로 철 이온 산화 촉진, 응집/침전 효율 향상, 금속 회수율 제고 및 슬러지 감량 실현



SMO 나노캐비테이션 작용 메커니즘



나노캐비테이션 발생 • 수천만개의 미세기포 생성 (1~100nm)

$OH\cdot$ 라디칼 생성 • 강력한 산화력 발생 ($OH\cdot$, $O_2^{\cdot-}$ 등)

$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ 산화 촉진 • 철 이온의 빠른 산화

입자 응집 및 성장 • 미세입자 응집 증가

침전/분리 효율 향상 • 침전 속도 증가

SMO 적용 효과 (주요 성능 개선)

철(Fe) 산화율 증가	➔ 20~40% 향상
침전 속도 향상	➔ 30~60% 향상
슬러지 발생량	➔ 20~40% 감소
슬러지 탈수성 개선	➔ 10~30% 향상 (케이크 함수율 감소)
금속(철) 회수율 증가	➔ 10~30% 향상
응집제 사용량 절감	➔ 10~20% 절감
설비 부식 억제 및 세정 효과	➔ 유지관리 비용 절감

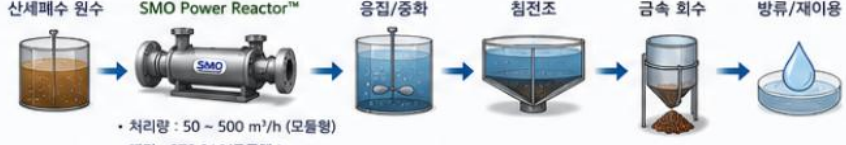
전·후 비교 데이터 (예시)

항목	기준 공정	SMO 적용 후	개선 효과
$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ 산화율(%)	60	85	+25%p
침전 시간(min)	30	12	60% 단축
상등수 SS (mg/L)	120	35	71% 감소
슬러지 발생량(kg/톤-코일)	22.5	14.0	38% 감소
슬러지 함수율(%)	85	72	13%p 개선
철 회수율(%)	75	92	17%p 향상
응집제 사용량(kg/ton)	12.0	9.5	21% 절감

적용 포인트

- ✓ 산세폐수 특성에 최적화된 전단 산화 공정
- ✓ pH 조절 전 Fe^{2+} 산화 촉진으로 약품 사용량 절감
- ✓ 침전조 부하 감소 및 처리 안정성 향상
- ✓ 기존 설비 최소 변경으로 설치 가능 (Inline 타입)
- ✓ 자동 제어 및 원격 모니터링 지원

설치 예시 (라인 적용)



- 처리량: 50 ~ 500 m³/h (모듈형)
- 재질: STS 316/듀랄렉스
- 설치: 최소 공간, Inline 설치
- 자동 제어 및 원격 모니터링 지원

SMO 나노캐비테이션 기술로
산세폐수 처리를 더 빠르게, 더 깨끗하게!

**슬러지는 줄이고, 회수율은 높이고,
운영비는 낮추고, 환경은 지키고!**

슬러지 감량
회수율 향상
약품/운영비 절감
설비 부식 저감
환경 보호

SMO Power Reactor™ - 산세폐수 처리의 새로운 기준을 제시합니다!

Pilot 권장: POSCO 종합폐수처리장 방류수 재이용 및 잉여 슬러지 세정회수 실증

1. 폐수의 원수

- 생물처리
- MBR
- SMO Multi-Radical Reactivation
- 재이용수

2. 잉여슬러지

- SMO Multi-Radical Reactivation : > 3 Pass
- 탈수

3. SMO 처리 성능

항목	목표
TOC	20~40% 추가 저감
RO Fouling	20~30% 감소
슬러지 케이크	20~30% 감소
폴리머	20~40% 절감
재이용률	증가
운영비	감소

제철공장의 ESG 실현



대단히 감사합니다.