

개요

물은 우리가 살고 있는 푸른 별의 푸른 보석이라고 불릴 수 있을 만큼 소중한 존재다. 먹을 것과 마실 것의 처리 및 준비 과정에서부터 냉난방 과정의 에너지 발생, 공업재 및 소비재 생산 등 다양한 쓰임새를 지니고 있다. 지구 표면의 70%가량이 물로 덮여있더라도 오직 3% 이하만이 담수이기 때문에 이는 매우 소중한 자원이라 할 수 있다. 물을 사용하게 되면 오수(汚水)가 발생된다. 일반적인 폐기물과는 달리 오수는 매우 귀중하고, 지속가능한 자원으로 적절한 방법을 통해 다루어져야 한다.

오수처리의 목적은 단순히 물의 재사용뿐이 아니다. 물 속에 녹아있는 오염 물질을 제거함으로써 사람과 환경을 보호하는 역할도 함께한다. 또한, 오수에 들어있는 재활용 가능한 물질은 열을 발생시키거나 비료로 쓰일 수 있고 가정용 혹은 공업용 용수(service water)로 쓰일 수 있다.

오수처리시설에 스테인리스가 쓰이는 주된 이유는 설비와 기계가 부식성을 지닌 물질에 자주 노출되기 때문이다. 스테인리스스틸의 강점인 내식성과 내구성은 유지보수에 투자되는 비용과 에너지를 최소한으로 유지시키며 경제적인 라이프 사이클을 자랑한다. 그리고 부품의 수명이 다했을 때, 100% 재활용 가능한 특유의 성질을 통해 보다 지속가능한 솔루션을 제공한다.



두 개의 오수 계류장 사이 스테인리스스틸 슬라이드 게이트. 캐나다 토론토

오수 처리시설 과정 개요

오수는 생활폐수로 인해 더럽혀진 물과 표면유출수(surface run off: 작물생육 등에 사용되지 않고 토양표면으로 흘러내려가는 손실분)를 포함한 하수를 일컫는 말로서 산업 생산을 통해 오염된 물을 뜻한다.

오수는 주로 큰 규모의 중앙 오수처리시설(WWTPs: Waste Water Treatment Plants) 통해 처리된다. 하지만, 중앙 오수처리시설의 접근이 쉽지 않다면, 주문 제작된 지역 오수처리시설을 건설하기도 한다.

오수처리 시스템은 다양한 종류의 물리·화학·생물학적인 프로세스를 요하고, 이 프로세스는 후에 폐기물과 슬러지를 발생시킨다. 오수처리 시스템은 '전처리(pre-treatment)로 시작되는데, 이 때는 큰 고체 오물들이 걸러지게 된다. 큰 물체들은 오수가 흘러가며 스크린을 통과하는 동안 남겨지게 되고, 모래나 작은 자갈등의 광물류는 처리가 진행되는 동안 바닥으로 가라앉는다. 전처리는 일련의 처리과정들이 진행되는 동안 작업 부담량을 덜어주는 역할을 한다.

1. 1차 처리. 전처리 후의 오수는 일차 정화기인 퇴적 탱크에 저장된다. 1차 처리 전 오수가 계류장 안에 머물면서 무거운 오물들이 바닥으로 가라앉게 되고, 주걱 모양의 스크래퍼가 V형의 용기로 폐기물을 밀어 넣는다. 여기서 모아진 폐기물은 또 다른 처리과정을 위해 다른 곳으로 옮겨진다. 오수 표면에 떠있는 기름이나 지방류 역시 이곳에서 걷히는데, 오수의 최종 사용 용도에 따라 흘러 보내거나 두 번째 단계로 이동된다.

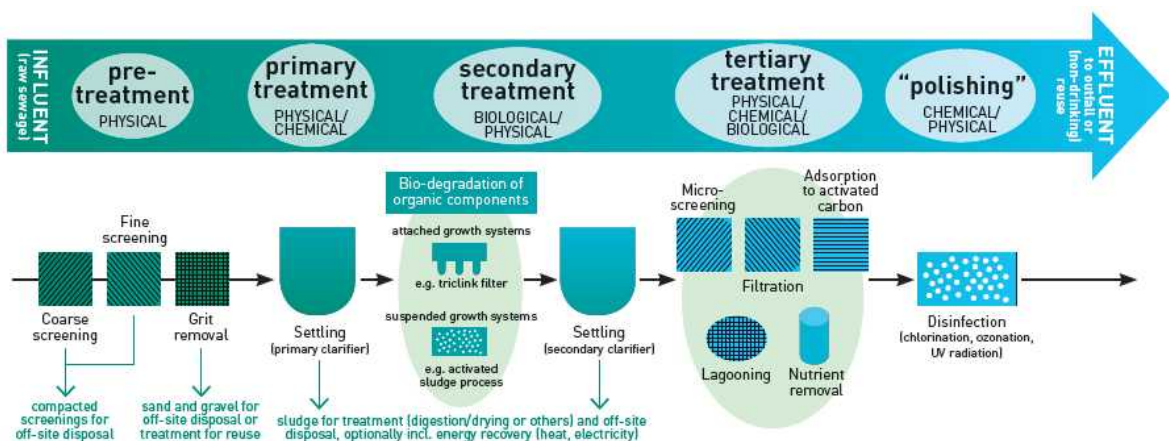


좌)넘치는 물이 흘러 들어가도록 고안된 스테인리스스틸 배수로(overflow gutter). 독일 듀셀도르프 우) 스크린(screens). 프랑스

- 오수에 포함된 생물학적 요소는 다양한 프로세스의 두 번째 처리 과정에서 2차 침전을 통해 분해된다. 충분한 양의 산소와 생존에 필요한 기본물질을 제공함으로써 박테리아와 단세포균이 유기 오염물질을 용해시켜 자연분해 시키고 용해가 완료되지 않은 오염물질은 작은 조각으로 분해되게 한다. 그리고 2차 정화기에서 나온 바이오매스(작은 생물 조각과 필터링된 물질)는 오수와 분리된다. 이로써 2차 과정을 통해 낮은 레벨의 유기물과 부유물을 포함한 물이 생성된다. 위 과정에서 생성된 바이오매스는 버려지지 않고 또 다른 폐기물 처리 과정으로 옮겨진다.
- 마지막 단계인 세 번째 처리과정에서는 오수가 방출 되기 전 모든 필요조건을 만족시켰는지 확인한다. 여과과정, 탄소 활성화를 위한 흡착과정, 오수처리용 인공 연못을 통해 물을 안정시키고 개선시키는 과정, 이온 교환과 질소·인 제거 과정을 거치게 된다.

염소, 오존, 자외선을 통해 살균된 물은 미생물에 의한 질병 발생률을 감소시키는 효과가 있다. 살균과정은 설비에 따라 2차 처리나 마지막 단계 이후 이루어지기도 한다.

오수 처리과정은 깨끗한 물을 만들어 내는 것만으로 끝나지 않는다. 각각의 단계를 거치며 얻어지는 잔여물은 특별한 과정을 거쳐 안전하게 새로운 방식으로 사용되거나 재사용 될 수 있도록 처리된다. 2차 처리과정에서 사용되는 생물학적 프로세스는 전기력을 발생시킬 수 있는 바이오 가스로 활용 될 수 있다.



오수 처리과정의 스테인리스스틸

기술 파트를 포함한 오수처리시설의 거의 모든 분야에는 엄격한 기준이 적용되고 있으며 그 시스템 역시 복잡하고 정교하다. 오수처리시설 건설에 쓰이는 자재는 공장 가동 중 다양한 범위의 부식 환경에서 견뎌 낼 수 있는 내식성을 지녀야 한다. 다음은 안전한 오수처리시설 가동을 위협하는 대표적인 두 가지 타입의 부식이다.

- 미생물에 의한 부식(MIC: Micro-biologically influenced corrosion)
- 연마 부식(Abrasive corrosion)

미생물에 의한 부식은 특정한 환경조건 내에서 발생되며, 생물체가 산(酸)을 발생시켜 일부 지역의 화학적 성질을 바꾸어 다양한 종류의 부식 발생을 의미한다. 미생물에 의한 부식은 몇 년 안에 시스템을 무너뜨릴 정도로 극도로 높은 부식성과 낮은 빈도의 발생률이 보고되고 있다. 때문에 오수처리설비의 시스템 소재에 따라 고강도의 청소 및 살균 화학 처리가 필요하다.

연마 부식은 점진적으로 진행되는 분해과정으로 인해 기계 표면에 마모가 일어나며 생기는 부식이다. 오수처리 시스템의 기기 마모는 연행된 공기방울 혹은 부유물질에 의해 일어난다.

스테인리스스틸 보다 연성을 갖고 있거나 거친 표면의 물질이 연마 부식에 더 용이하다. 시스템의 소재 설계 또한 중요한 역할을 하고 있는데, 소재 디자인이 오수의 흐름을 제한하거나 방해해서는 안 된다.

깨끗하고 환경-친화적이며, 비용 절감을 목표로 하는 공장 건설을 염두하고 있다면, 설비의 스테인리스스틸 적용은 것은 더할 나위 없는 선택이 될 것이다. 다음은 스테인리스스틸 소재가 오수처리시설에 쓰이고 있는 예이다.

- 맨홀 뚜껑
- 스크린
- 밸브
- 파이프와 부품
- 탱크와 탱크 내면
- Wall duct

- 고정탱크, 기름·지방분리기, 탈수·컴팩팅기기, 모래·폐기물처리기기, 여과기기 등의 부품
- 문, 수문, 커버, 계단, 사다리, 플랫폼, 레일, 천장 등의 건축적인 요소



좌) 프랑스의 La Rochelle 공장의 밸프

우) 이탈리아 San Martino di Castrozza의 주문-제작된 스테인리스스틸 이동식 정화기

위에서 언급된 장비들이 만들어 지기 위해서는 판재, 봉, 강관 등 다양한 형태의 스테인리스스틸 반제품이 요구된다. 오수처리시설에서 가장 널리 쓰이는 스테인리스스틸은 크롬-니켈, 크롬-니켈-몰리브덴, 듀플렉스강을 꼽는다. 설계자는 각각의 기기가 필요로 하는 내식성과 내구성에 맞추어 적절한 스테인리스 소재를 적용하면 된다.

물에 직접적으로 닿지 않는 부분은 304L 강종이 내식성과 비용적인 측면을 모두 고려 했을 때 가장 널리 쓰인다. 반면에 파이프와 같이 오수에 직접적으로 닿는 부분에는 몰리브덴이 포함된 316L 강종이 선호된다. 듀플렉스 강종의 하나인 UNS S 32205는 역학적 성질과 내식성을 동시에 만족시켜야 하는 기기에서 쓰인다. 또한, 듀플렉스 강종은 때때로 가벼운 무게를 요하는 부피가 큰 이동식 기기에 이용되기도 한다.

오수처리시설의 많은 부품과 부속은 초기 비용이 적게 드는 다른 소재가 채택될 수 있지만, 소재가 최종적으로 확정되기 전 설계자는 중·장기적으로 소요 될 유지 보수 비용 역시 고려해야 한다. 다음은 소재 선정 시 고려해야 할 사항이다.

- 아연도금강은 손상되었을 때, 회복이 사실상 불가능하다. 아연도금강의 손상

은 빠른 부식으로 이어지기 때문에, 결함 부분을 모두 교체해야 한다. 최종 조립 공정의 준비 작업 또한 매우 광범위하다.

- 닥타일 주철의 후육강관(heavy-walled pipes of ductile cast iron)은 용접이 불가능하기 때문에 많은 부속들이 현장 조립을 거쳐야 한다. 그리고 몇 년 후 부식 방지를 위한 코팅이 필요하다. 수지 코팅 탄소강(resin-coated carbon steel) 역시 위와 같은 방식으로 적용된다.
- 알루미늄 부속은 현장에서 설치하는데 어려움이 많다. 특히 암모늄(ammonium and ammoniac)에 대한 저항성이 없기 때문에, 부식이 생기기 쉽다.
- 낮은 품질의 콘크리트가 적용 되었을 경우에는 금이 가거나 심지어는 쪼개지는 경우도 있다. 콘크리트 표면은 금속 소재의 표면보다 더 거칠기 때문에 오염되거나 부식이 생기기 쉽다.

스테인리스스틸은 다른 소재에 비하여 비용대비 높은 효율성을 자랑한다. 유지보수 비용이 적게 들고, 높은 효율성을 지녔음은 물론 다양한 모양과 등급의 적용이 가능하다. 그리고 뛰어난 성형성과 용접성을 가지고 있기 때문에 설비의 조립과 설치가 용이한 편이다. 가동 중에도 스테인리스스틸은 신뢰할만한 지속성을 보인다. 높은 내구성과 강도는 오수처리기기의 빠른 유량 처리를 가능하게 하고, 뛰어난 고내식성은 청소, 유지, 보수 등의 비용에 절감 효과를 준다.

적절한 강종의 스테인리스스틸을 채택하고 부식을 야기시킬 수 있는 물질과의 접촉을 막아 물의 재오염을 막는 것은 매우 중요하다. 스테인리스스틸 자체는 용출되지 않는 성질을 띠고 있기 때문에 물을 재오염과는 무관하다. 또한, 수명이 다한 스테인리스스틸은 100% 재활용되기 때문에 환경친화적이며 소중한 미래 자원으로 거듭 날 수 있다.

스테인리스스틸을 이용한 성공적인 오수처리 사례

오수처리시설의 가동과 사용에 필요한 장비를 제작하는데 스테인리스스틸은 다양한 이유로 채택되고 있다. 관계자들은 알맞은 소재 선택이 줄 수 있는 기술적·경제적인 장점을 충분히 인식하고 있기 때문이다.

HUBER SE testifies 의 CEO, Georg Huber

“저희는 고객에게 혁신적이고 경쟁력 있는 고품질의 상품을 제공하기 위해 노력하고 있습니다. 이러한 시스템과 서비스의 결합이 수자원 절약·보존·정화를 가능하게 하고, 잔여 물질을 처리를 원활하게 하고 있습니다. 저희는 물, 오수, 에너지를 모두 자원으로 여깁니다. 지속가능한 수익 창출을 통한 성장으로 테크놀로지를 선두하고 경제적인 솔루션을 이룩하고자 합니다.”



독일 Berching에 위치한 HUBER사의 (좌측)스테인리스 환기구 맨홀 뚜껑과 (우측)회전식 드럼 미세목 스크린(rotary drum fine screens)



HUBER에게 스테인리스스틸 제품은 공업용은 물론 지방자치용의 오수 및 수처리 설비에서 최고의 솔루션이 되고 있다. 스테인리스스틸을 이용한다면 뛰어난 내구성과 내식성으로 제조와 유지에 책정되는 비용이 낮아지기 때문에 초기 도입 비용이 낮은 소재와 비교해도 우위를 선점한다.

한국 오수처리시설의 스테인리스스틸

한국에서 오수처리 설비 건설은 매우 중요한 이슈이며 동시에 전도유망한 투자분야이다. 포항에 위치한 POSCO E&C는 국내 수처리 분야의 선두기업 중 하나이다. POSCO E&C 환경 비즈니스 그룹의 이종우씨는 스테인리스스틸을 이용해 제품 생산에 있어서 큰 자신감을 보이고 있다.

“저희가 진행하는 다양한 프로젝트 중 특히 오수와 직접적으로 닿는 설비 소재로 스테인리스스틸을 채택하는 경우가 많습니다. 다습한 환경에서도 내식성을 유지해야 하기 때문에 뛰어난 내구성과 고내식성, 미려한 외장성까지 지닌 스테인리

스는 저희의 요구사항에 적합하기 때문입니다. 때때로 섬유강화플라스틱을 이용하기도 하지만, 낮은 강도로 쉽게 부서지는 단점이 있습니다.”

스테인리스는 오수 속 미생물에 산소를 불어넣어 불순물을 분해시켜 주도록 하는 air 파이프에도 적용되고 있다. 이 air 파이프는 시스템의 핵심 파트로 미생물이 증식 할 수 있도록 산소를 제공하는 역할을 하고 있다. 스테인리스는 또한 정화된 물을 운반하는 파이프에도 쓰인다. 일반적으로 304 강종이 쓰이고 있지만 때에 따라서 316 강종도 채택된다. 습한 환경에서 위와 같은 장점을 발휘하는 스테인리스의 특성 덕분에 각종 기기에 널리 쓰이고 있다.



좌) POSCO E&C의 파주 오수처리시설
우) 뉴질랜드의 Smith & Loveless

스테인리스스틸의 청소

스테인리스스틸의 적용은 지금보다 더 많이 다양화 될 것이라 예상된다. 과거에 비용절감을 위해 대체재를 권장했던 것과는 달리 최근에는 소재의 긴 수명과 지속가능성에 주목하며 스테인리스스틸이 쓰임새가 다양해지고 있다. 에너지 효율적인 수처리와 오수처리 및 펌프 시스템을 전문으로 하는 Smith & Loveless社의 상무이사 Joe Gill은 회사의 자랑거리로 스테인리스스틸을 이용해 라이프 사이클 비용을 저감한 높은 효율의 생산품을 꼽았다.

오랜 시간 지속 될 수 있는 정화기

“저희 시스템의 많은 부분은 스테인리스로 제작되었습니다. 2단계 오수처리시스템은 폐기물에서 고체와 모래를 분리하여 오수를 재활용 하는 역할을 하고 있는데, 이 때 사용되는 강력한 회전식 스크래퍼 장치는 스테인리스 정화기 사용의 좋은

예가 되고 있습니다.” 라고 Gill은 설명했다. 많은 해외 기업의 경우, 비교적 저렴한 노동력과 환율 차익으로 호주나 태평양 지역에서 공급자를 찾기 때문에 뉴질랜드에 공장을 보유한 Smith & Loveless社는 일년에 약 10~12개의 정화기를 생산한다. 이 중 몇몇은 호주로 혹은 더 먼 곳으로 수출되고 있다고 회사측은 설명했다. 최근의 Smith & Loveless社의 주요 프로젝트로는 Te Manga 공장에 상당한량의 스테인리스스틸 정화기 도입과 North Shore 과 Rotoura 지역의 처리 공장 파이프라인을 꼽았다.

Same but different

“오수처리 시스템의 본질은 같습니다. 그렇기 때문에 저희는 새로운 프로젝트에서 주문제작 정화기를 수주 받더라도, 기존의 시스템을 조정하는 방식을 통해 생산하고 있습니다. 316 강종이 정화기에 가장 일반적으로 쓰이고 있고 대부분의 기계 부품에는 304 강종이 사용됩니다. 가스로 인한 부식이 생길 수 있는 가혹한 환경에서는 강도 높은 내식성을 지닌 316 강종이 적용 되기도 합니다.” Gill은 수처리 과정에서 스테인리스의 적용이 점점 늘고 있는 추세라고 설명 했다.

파이프라인

스테인리스스틸은 배관 파이프에도 다양하게 적용되고 있는데, 특히 직경 150mm 이하의 파이프의 소재로 많이 적용되고 있다. 과거에는 플라스틱이 경제적인 소재로 인식되어 각광받았지만 배관재가 요하는 긴 수명과 내구성을 충족시켜주지 못했다. 결국 배관재로 채택된 플라스틱 파이프는 시간이 지남에 따라 망가지며 더 큰 교체비용이 소요 되었다. 또한, 플라스틱 파이프는 스테인리스 파이프가 견딜 수 있는 충격이나 굽힘에 비해 취약하기 때문에, 스테인리스 파이프의 우수한 강성 또한 배관재 소재 선택 시 고려 할 여러 장점 중 하나다.

점차 확대되고 있는 적용 범위

Gill은 점차 늘어나고 있는 스테인리스의 사용에 대해 다음과 같이 말했다. “10년 전만 하더라도 그 누구도 이처럼 스테인리스가 산업 전반에서 다양하게 쓰일 것이라 예상하지 못했을 것입니다. 현재의 스테인리스 사용은 빠른 속도로 증가하고 있고 일반적인 일이 되었습니다. 스테인리스의 내구성과 더불어 지속가능성이 스테인리스의 빠른 확장을 이루어냈습니다. 100% 재활용 가능한 성질은 환경친화적인 수처리 시스템을 통해 더욱 깨끗한 지구를 만들고자 하는 해당 업계 사람들

의 욕구를 충족시켜 주고 있습니다. 저희 Smith & Loveless社는 펌프시스템, 오수처리 및 수처리 공장 등 다양한 분야에서 스테인리스스틸을 이용하고 있습니다”

오수처리시설 사례연구: Annemasse-Les Voirons

Annemasse-Les Voirons 오수처리 시설은 프랑스의 Haute-Savie 지역에 위치했다. 이 시설은 1999년에 건설되었고 약 8만 명의 지역 공동체 구성원들이 함께 사용하고 있다.

많은 양의 스테인리스가 이 시설에 사용되었고 특히 304L/1.4307 강종이 가장 높은 빈도로 적용되었다. 파이프, 교반펌프(agitator), 스크린, 잠금장치, 밸브 부속품, 체인, 케이블 랙 등은 오수처리 시설에서 1년 365일 쉬지 않고 가동되는 핵심 부속으로 스테인리스로 만들어졌다. Annemasse-Les Voirons의 매니저인 Isabelle Callige는 오수처리 시설에 적용 된 스테인리스를 대해 다음과 같은 견해를 밝혔다. “공장에 적용 된 스테인리스의 성과는 대단히 만족스럽습니다. 몇몇 용접 결함을 제외하고는 착공 당시 설치했던 대부분의 부품들은 큰 이상 없이 작동하고 있습니다.”



액체와 기체의 유입 및 액체 유출과 생물학적 처리를 위한 배수관 (프랑스 Annemasse-Les Voirons)