

전병준
(주) 한수 기술부 부장 대행

바. 철강공장의 폐수처리

철강공장은 광석으로부터 선철을 제조하는 고로제철소와 고철을 코크스와 함께 다시 용해시켜 강철을 만드는 제강공장으로 분류할 수 있다. 제철산업은 조강 1톤당 용수사용량이 100~200톤 규모에 달하는 용수형 산업으로서 대부분 재순환되어 사용되고 있지만 결국은 배출되어 폐수가 되게 된다. 따라서 각종 기기설비의 냉각이나 세척 및 집진수로 사용된 용수는 최종적으로 폐수로 유입되므로 공정 조업 특성과 폐수의 오염성분은 밀접한 관계를 갖게 된다.

용수사용량 절감 및 폐수 재활용 방안 (5)

철강 공장폐수는 코크스공장, 화성공장, 원광석 야적장의 우수에 의한 폐수 유입등도 문제될 수 있으나, 일반적으로는 각 공정에서 발생하는 각종 오염물들은 주처리대상으로 하게 된다. 코크스공장(소결공장)에서는 소결공정의 DUST(분진)

를 집진하는 공정이거나 배출가스의 탈황처리, 광석수분 조정, 등에 용수가 사용되며, 코크스공정 중에는 기계설비의 냉각용과 폐가스 냉각 등에 용수가 사용되며, 코크스공장에서 발생하는 폐수에서는 폐가스액이 가장 큰 오염원으로 문제가 된다.

한편, 화성 공장에서는 폐가스액에 다량의 암모니아 성분이나 타르 성분이 함유되어 문제될

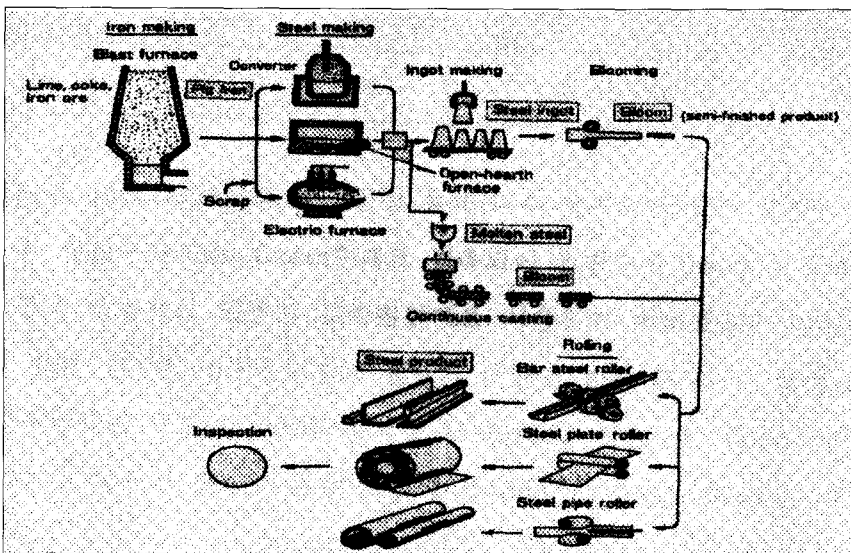


그림 5-3. 고로설비를 갖춘 종합제철소의 개략적 공정 Flow

수 있으며 연주공장에서는 Grease와 같은 유분이나 불소성분이, Finishing공정에서는 산세척에 의한 중금속이온의 용출이나 산용액이 문제될 수도 있다. 또한 로체의 배기가스 집진수에 포함된 각종 Dust도 폐수처리의 대상이 된다.

코크스 공장의 배출가스액은 석회의 건류공정에서 발생하는 폐가스가 응축된 것으로 Phenol, CN, NH₃, 황화물 등의 유해물질이 포함되어 있어 다갈색의 색도를 띄고 강한 암모니아 냄새를 갖는 특징이 있다. 따라서 안수라고도 하며, 처리법으로는 일반적으로 활성오니법이 채택되고 있다. 활성오니 처리시에는 Phenol의 부하량이 0.2kg / MLSS-kg 정도 가바람직하며, MLSS농도는 3500~4000ppm 부근이 바람직한 것으로 알려져 있다.

제선공장의 고로나, 전로, Pellet공장, 소결공장 등에 다수 설치되어 있는 집진기는 통상 다량의 분진(Dust)과 집진수가 Cross Counter 형태로 접촉되어 집진수에 Dust가 포집되므로 집진수처리에는 고분자 응집제의 일종인 고속침강제를 사용하여 처리효율은 높이는 방법이 적용되고 있다. 한편 침전된 집진슬러지는 밀도가 대단히 높은 형태이기 때문에 이송 배관 내부에 압밀침전되면 배관 폐쇄등의 문제를 야기시킬 수 있으므로 이송 라인이나 침전조 하단부 등에는 고압공기 접속구 등을 사전에 설치하여 「Trouble Shooting」에 대비하는 것이 바람직하다.

연주 및 압연공장에서의 특징은 설비나 제품냉각에 사용되는 냉각수가 일반적인 냉각 방식인 간접냉각수시스템이 외에 냉각수가 제품이나 설비에 직접 spray되어 냉각시키는 직접 냉각수계가 존재한다는 점이다.

이처럼 제품에 직접 냉각수가 접촉되게 되면 냉각수계에

코크스 공장의 배출가스액은 석회의 건류공정에서 발생하는 폐가스가 응축된 것으로 Phenol, CN, NH₃, 황화물 등의 유해물질이 포함되어 있어 다갈색의 색도를 띄고 강한 암모니아 냄새를 갖는 특징이 있다. 따라서 안수라고도 하며, 처리법으로는 일반적으로 활성오니법이 채택되고 있다.

표 5-13. 코크스공장 폐가스액 회석폐수에

pH	SS (ppm)	NH ₃ (ppm)	Phenol (ppm)	CN (ppm)
9 - 9.5	10 ~ 120	30 ~ 70	600 ~ 1000	40 ~ 100

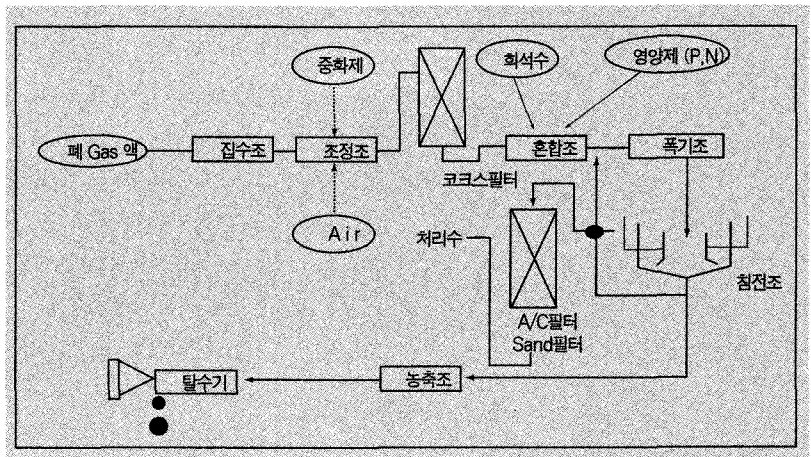


그림 5-4. 코크스 공장 폐가스액 처리 개략도

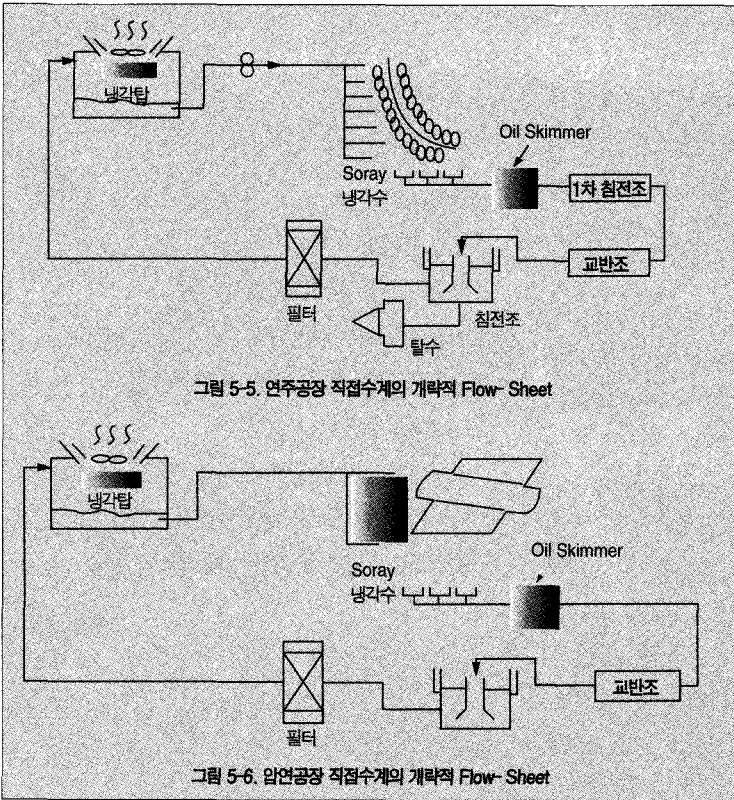


그림 5-5. 연주공장 직접수계의 개략적 Flow-Sheet

그림 5-6. 입연공장 직접수계의 개략적 Flow-Sheet

각종 오염물이 유입되게 되므로 냉각수 시스템 내에 오염물을 제거하는 설비를 포함하게 되며 처리수는 재차 냉각수로 재순환 되게 된다.

직접 냉각수계에 유입되는 오염물로는 Grease 성분이나 소량의 유분 및 압축공정에서 발생하는 파편(철 조각 입자)들로서 탁도가 대단히 높게 된다. 또한 연주공정에서는 빙점 강하를 위하여 사용되는 Model Powder에 불소가 함유되어 있어 이를 별도로 처리하여야 한다. (불소는 전기음성도가 크기 때문에 부식성 높은 이온성분임) 직접 냉각수계의 수처리 방법은 주로 응집처리와 여과처리에 의하여 이루어 지며 이때 부식방지를 위해 사용되는 방식제 성분도 일부는 흡착하여 응집되므로 이를 보충해 주어야 한다.

비철금속인 동, 아연, 납등은 원광석에서 정련에 이르기까지 함유된 중금속 이온이 토양이나 수계에 배출되지 않도록 대책을 강구해 두지 않으면 예상외로 심각한 사회문제 등을 일으킬 수 있다. 따라서 이러한 오염성분들을 제거하기 위해서는 일반적으로 금속성분을 제거하는 방법들이 적용되며 대표적으로는 다음과 같은 방법들이 있다.

표 5-14. 각종 금속수산화물의 침전생성의 pH범위(이온치)

금속원소	침전 pH	금속원소	침전 pH
Al (III)	3.7~10	Zn (I)	7.0이상
Be (I)	5.2~13	Cd (I)	8.0이상
Fe (I)	7.5이상	Cu (I)	6.0~9.0
Fe (II)	2.0이상	Pb (I)	7.5~13.0
Cr (III)	4.7이상	Bi (II)	4.30이상
Ti (II)	3.0이상	Sb (II)	2~10
In (III)	3.9이상	Sn (I)	2~13
Mn (I)	8.0이상	Sn (IV)	0.50이상
Mn (II)	2.7이상	V (IV)	4.1~8.5
Ni (I)	8.0이상	Ag (I)	8.50이상
Co (I)	7.0이상	Tl (II)	0.30이상

- ① 수산화물, 황화물 또는 착화합물로서 침전, 분리시키는 방법
- ② 이온교환이나 킬레이트 등의 금속흡착체에 의한 제거 방법
- ③ Ferrite법 등의 고정화 방법

이들 방법 중 수산화물 침전법(알칼리 공침법)이 가장 일반적인 방법이나 pH에 따른 금속수산화물의 용해도적에 의존하므로 pH조정에 주의할 필요가 있으며, 아울러 착염형성방지에 도 주의해야 한다.

6. REUSE를 위한 오염물의 분리기술

가. 분리기술의 개요

용·폐수처리에 있어 오염물의 분리는 가장 궁극적인 처리 목적에 해당되며 이를 위해서는 오염물질의 물리·화학적 특성들을 이용하여 이들 특성에 적합한 처리방법이 채택되게 된다. 용·폐수 처리방법중 가장 일반적인 방법인 응집처리나 활성오니 처리법에 대해서는 전술한 바와 같으나 기타의 특수한 방법들은 <표 6-1>과 같이 분류될 수 있으며, 이들은 각각 다음과 같은 특징을 갖는다.

이들 처리 방법들은 수중에 존재하는 각종 오염물 성분들의 물리·화학적 특성에 따른 것이다.

오염물들은 크게 부유성 물질(Suspended Solid)과 용해성 물질(Soluble Materia)로 분류될 수 있으며 부유성 물질은 적절한 여과체에 의하여 제거될 수 있다는 기초적 사실이 응용, 발전되어 공업적으로 적용되고 있다.

특히, 물속에 존재하는 각종 오염물들을 제거하는 경제적 비용은 처리 방법을 결정하는 중요한 인자가 되므로, 처리수의 목적 수질이 어느 정도인가에 따라 경제성과 대비하여 처리공법도 결정되어야 하며 Reuse를 위한 목표수질에 알맞기 위한 처리방법의 처리효율과 경제적 비용의 검토는 반드시 이루어져야 한다.

현탁성 물질과 용해성 물질이 공존하는 수계에서 오염물을 효율적으로 제거하기 위해서는 우선 목적수질이 어떠한 물질을 제거하여야 가능한 것인지의 방향이 설정되어야 하며 여기에는 현탁성 물질의 크기에 따라 적절한 여과(Filteration) 방법이 채택될 수 있다. 여과처리는 고전적인 방법이나 가장 기본적이고도 응용가능성이 높아 오늘날에는 물분자보다도 작은 공극을 갖는 여재를 사용한 여과방법으로까지 발전하게 되었다.

특히, reuse Water의 용도에 따라 제거해야할 수종의 오

표 6-1. 분리기술의 종류

방법	특징	주용도
흡수·흡착	· 활성탄과 같은 다공성 여재를 사용	용제성분 제거
원심 분리	· Centrifuge에 의한 원심력 이용	고밀도 물질의 분리 추출
응결·응집	· 응집제에 의한 입자경 증가로 분리촉진	일반산업 폐수 처리
응축 (Condensation)	· 증기의 응축에 의한 순수 제조	알콜 정제
투석 (Dialysis)	· 반투막에 의한 농축분리	해수(海水)의 정제
전기영동	· 이온성 물질의 분리	염소제조공정, DNA 분리 등
여과 (Filtration)	· 현탁성 조대입자의 제거	모래여과기(Sand filter)
침전·부상 처리	· 가장 일반적인 현탁입자의 제거방법	산업폐수처리, 오폐수 처리 등
중력 침강 (Gravitysetting)	· 밀도가 큰 물질의 제거	광석의 침전처리
이온 교환 (IonExchange)	· 이온교환체에 의한 이온성 물질의 흡착 제거	순수제조, 연수제조
막 투과 분리 (Membrane Permeation)	· 순수 성분의 물리적 강제분리 · 대용량 처리 가능 · 초기 투자비가 큰 문제	순수제조, 해수정제

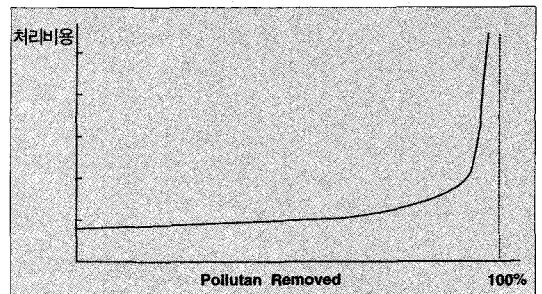


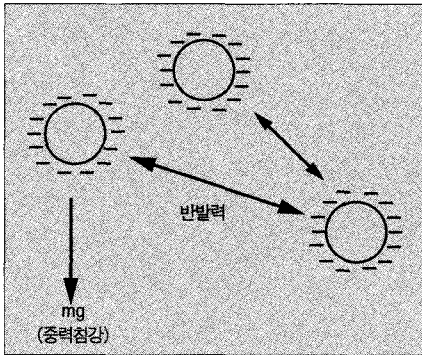
그림 6-1. 처리비용과 제거율의 관계

모든 이온을 제거하기 위해 도입되는 이온교환 방법이나 역삼투막의 방법을 적용하는 경우에도 이온량이 많은 폐수를 처리하기 위해서는 과도하게 짧은 재생주기나 막 공극의 폐쇄가 문제될 수 있으므로 재처리 방법을 선정할 때는 처리대상 수질에 대한 검토와 함께 목표 수질에 대한 검토 역시 중요한 문제가 된다.

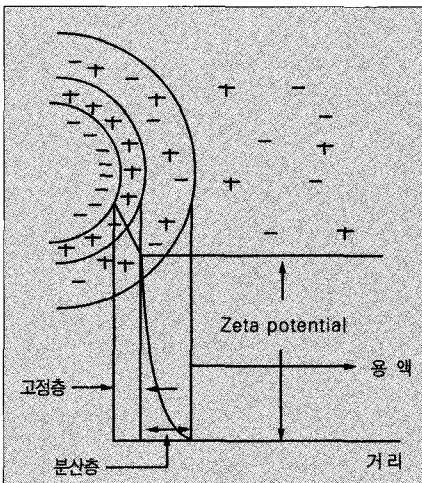
염물은 잡용수 용도의 경우에는 비교적 간단히 Active Carbon 등에 의해 처리가 가능하지만, 공업용수 용도일 경우에는 제거해야 할 오염물이 주로 이온인 경우가 대부분이 되게 된다.

이온은 물보다 크기가 작고 선택적인 제거가 현재의 기술로는 대단히 어려운 문제가 된다. 또한 모든 이온을 제거하기 위해 도입되는 이온교환 방법이나 역삼투막의 방법을 적용하는 경우에도 이온량이 많은 폐수를 처리하기 위해서는 과도하게 짧은 재생주기나 막 공극의 폐쇄가 문제될 수 있으므로 재처리 방법을 선정할 때는 처리대상 수질에 대한 검토와 함께 목표 수질에 대한 검토 역시 중요한 문제가 된다.

그림 6-2. 입자표면 전하개념도



▲ 입자의 침강성과 부유성



▲ COLLOID 와 POTENTIAL 관계

나. 응집침전법과 활성오니 처리(일반 폐수 처리)

응집침전법은 입자의 중력침강을 촉진시키는 방법으로 산업폐수 처리의 1차 처리방법으로서 보편화되어 있으며 Reuse 이전 단계에 이미 실시되게 되므로 현탁성 입자를 제거하는 효과를 나타낸다.

응집침전의 기본적 개념은 입자 표면의 전하를 중화시켜 반발력을 감소시키고 입자의 크기를 증가시킴으로서 침강속도를 크게 했다는 것으로 요약될 수 있다.

이러한 응집처리를 위해 사용되는 응결제(Coagulant)로는 알루미늄과 철염 등이 대표적이며 응집제(Flocculant)로는 Poly-acrylamide계 고분자 응집제가 적용되고 있으며, 응결제의 투입으로 인하여 현탁입자의 제거 효과를 얻게 되지만, 응결제에서 발생하는 이온(SO_4^{2-} , Cl^-)은 상대적으로 증가하게 되어 Reuse의 용도를 제한시킬 수 있게 되므로 과도한 응결제의 투입은 지양되어야 한다.

한편, 수중의 용해성 유기물을 제거하는 목적으로 활성오니 처리(미생물 처리)가 병행 처리되는데, 이 경우에는 미생물에 의해 유발되는 이온은 없으나 최종 생성물인 미생물

Floc(Bio-floc)을 효과적으로 제거하지 못할 경우에는 Reuse를 위한 후처리 설비가 carry Over된 Bio-floc에 의해 쉽게 오염될 수 있으므로 유의해야 한다.

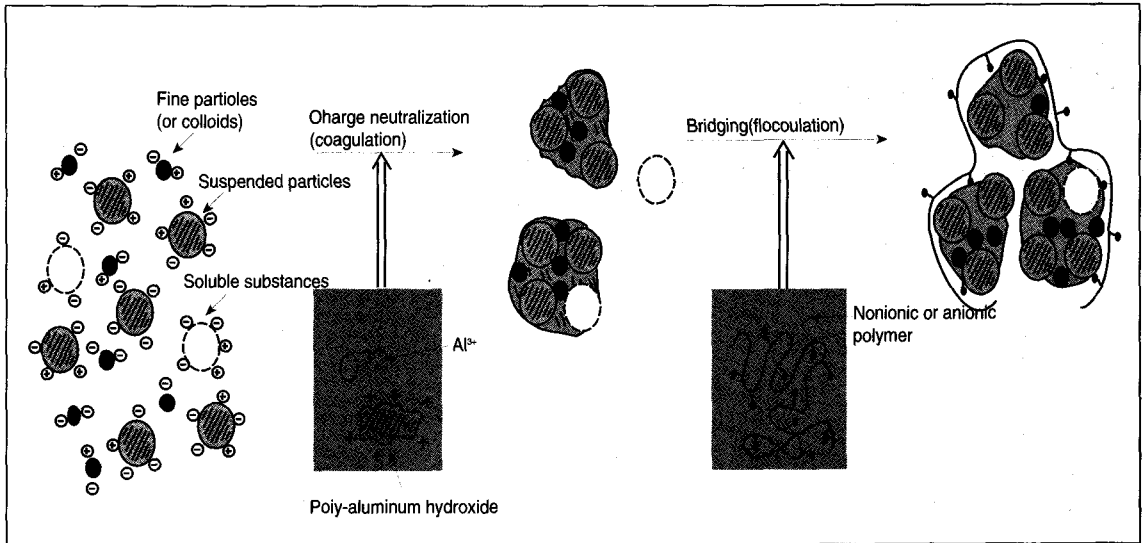


그림 6-3. 입자의 응집침전 기본 원리 모식도

