

대기오염방지

<KEITI 중국사무소 차목승 연구원>

소결기 설비세트에 설치된 집진기 개조 사례 소개

▶ 개요

본 내용은 ‘텐진천강연합특강유한공사(天津天钢联合特钢有限公司, 이하 ‘텐진천강’, 기업소개 p.5참고)’에서 2020년 초저배출표준 요구사항에 부합하기 위해 소결기 헤드(机头)·하단(机尾)부분에 설치된 전기집진기(电除尘器) 개조를 실시하였다. 기존에 설치된 전기집진기 6대에 대한 문제점, 개조내용, 처리효과, 개조 후 입자상물질 배출농도 등을 소개하였다.

‘텐진천강’은 현재 230㎡ 규모의 소결기 헤드·하단부분에 설비세트 총 2대를 보유하고 있다. 이때 연기의 입자상물질 처리를 위해 전기집진기를 사용하고 있으며, 초기에 설계된 배출농도는 50~80mg/m³이다. 하지만 기존에 설치된 전기집진기의 진동시스템(Rapping System, 振打系统)¹⁾ 성능저하, 프레임(框架) 변형, 음극선(Cathode ray, 阴极线)²⁾에 재가 쌓이는 등 심각한 문제가 발생하여 집진효율이 떨어지고 연기가 그대로 배출되는 일이 빈번히 발생하였다.

2011년에 설치된 전기집진기는 전체적으로 보수를 제대로 진행하지 않았으며, 그로 인해 설비 내부의 심각한 부식으로 보수 작업량이 증가하였다. 따라서 운영원가가 상승하여 소결기의 정상 운영에 직접적으로 영향을 미쳤다. 또한 이 집진기의 배출농도는 초저배출 요구사항을 충족할 수 없기 때문에 개조가 반드시 필요한 상황이었다. 이번 개조내용은 230㎡ 규모의 소결기 헤드부분 설비세트 2대에 설치된 200㎡ 전기집진기 4대를 개조하였고, 소결기 하단부분은 기존의 160㎡ 전기집진기 2대를 14,440㎡ 저압 펄스(pulse, 脉冲)³⁾ 백필터 집진기로 교체하였다.

▶ 소결기 헤드·하단부분에 설치된 기존의 집진기 매개변수

<소결기 헤드·하단부분에 설치된 기존 전기집진기 매개변수>

명칭	소결기 헤드부분(4대)	소결기 하단부분(2대)
모델명	BDX200	BDX160
처리풍량(m ³ /h)	750,000	616,000
여과면적(m ²)	12,096	12,768
송풍기 모델명	SJ-12500	Y4-73-11 29F
전압(Pa)	17,000	4,000
전기기계 모델명	T4600-6	YKK 630-8
전기기계 출력	4,600	1,000

<자료 출처 : 북극성 대기망 자료 KEITI 중국사무소 재구성, 2020>

1) 진동시스템(Rapping System, 振打系统) : 극판, 극판을 진동시켜 이들 표면에 쌓인 분진을 제거하는 시스템이다.(바이두 백과, 2020.6.4.검색)
 2) 음극선(Cathode ray, 阴极线) : 음극선은 내부가 진공인 관에 설치된 양극과 음극 사이에 높은 전압을 걸어 주었을 때 관측되는 것으로, 음극에서 방출되어 양극으로 향하는 전자들의 흐름이다.(네이버 지식백과, 2020.6.4.검색)
 3) 펄스(pulse, 脉冲) : 맥박처럼 짧은 시간에 생기는 진동현상이다.(네이버 지식백과, 2020.6.4.검색)

▶ 개조방안

전기집진기의 장점(많은 연기처리량·높은 처리효율·넓은 적용범위·낮은 설비의 저항력·운영비용 절감·2차 오염 없음 등)으로 인해 중국의 철강 산업에서 널리 활용되어 왔다.

하지만 국가의 오염통제 요구가 지속적으로 향상되고 있다. 특히 분진(dust, 粉尘)⁴⁾에 대한 오염 통제가 강화되면서 전기집진기에 대한 개조는 필수적인 상황이 되었다. 따라서 철강 산업의 입자상물질 초저배출 제한치인 10mg/m³ 이하의 배출농도 조건을 갖추면서 기존 230m²의 소결기 2대(소결기 및 설비세트, 연기탈황시스템 등)를 정상운영하기 위한 최소한의 사항은 다음과 같다.

- ① 입자상물질 배출농도가 10mg/m³보다 작도록 합리적인 공정기술을 적용해야 한다.
- ② 소결기의 정상운영에 영향을 미치지 않아야 한다.
- ③ 집진기의 작동효과를 극대화해야 한다.
- ④ 집진기 개조는 공정주기, 초기투자 및 운영비용 등을 종합적으로 고려해야 한다.

▶ 소결기 헤드부분

1) 소결기 헤드부분에 설치된 전기집진기 현황은 다음과 같다.

- ① 총 4대의 소결기 헤드부분에서 배출되는 연기는 전기집진기 송풍기의 예비전하(pre-electric charge, 预荷电)⁵⁾ 장치로 들어가 제1전기장(electric field, 电场)⁶⁾의 전원과 공용으로 사용된다.
- ② 1#소결기 설비세트에는 2대의 전기집진기를 설치하였다. 이때, 제1·제2전기장은 삼상전원(Triple-phase power, 三相电源)⁷⁾, 제3전기장은 고주파 전원(high frequency power, 高频电源)⁸⁾을 사용한다. 2#소결기 설비세트 역시 2대의 전기집진기를 설치하였다. 이때, 제1전기장은 삼상전원, 제2전기장은 미세 펄스(脉冲, 각주3 참고) 전원, 제3전기장은 고주파 전원을 사용한다.

2) 소결기 헤드부분 개조내용

전체적인 개조방안은 전기집진기 입구부분의 예비전하 응집(flocculation, 凝聚)⁹⁾ 전기장 설치, 전기장 전후(前后)로 전기 공급망 증설, 전기집진기 하단부분 음극선 사이 보조전극 추가 등과 전기를 제어하는 모든 전원을 고주파 전원으로 교체를 실시하였다.

전기집진기에 대한 기술 업그레이드로 ‘가로형 회전식 먼지수집장치(旋转横置收尘装置)’를 적용하였다. 이로 인해 전기집진기 아래에서 고저항 분진에 의한 진동시스템 성능저하와 2차 분진 발생 등 문제를 해결하였다. 아울러 분진 제거효율을 높이고 배출농도를 낮출 수 있었다.

4) 분진(dust, 粉尘) : 연마, 분쇄, 절삭, 천공 등의 작업공정에서 고체물질이 파쇄되어 생긴 미세한 고체입자로 크기가 통상 150μm 이하인 것을 말한다.(네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)

5) 예비전하(pre-electric charge, 预荷电) : 전기 현상을 일으키는 물질의 물리적 성질이다.(네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)

6) 전기장(electric field, 电场) : 전하로 인한 전기력이 미치는 공간이다. 전기장의 세기는 전기장 내의 한 점에 단위양전하(+1C)를 놓았을 때 그 전하가 받는 전기력의 크기로 정한다. 전기장의 방향은 고전위인 양극에서 저전위인 음극으로 향한다.(네이버 지식백과, 2020.6.4.검색)

7) 삼상전원(Triple-phase power, 三相电源) : 전원수가 3개인 메인보드를 뜻한다.(바이두 백과, 2020.6.4.검색)

8) 고주파 전원(high frequency power, 高频电源) : 전자관 컨버터 장치라고도 하며, 고주파 유도를 위한 핵심장치이다. 고주파 전원과 유도가열 기술은 금속 재료에 대한 가열 효율이 가장 높고, 속도가 빨라 에너지소모가 적어 친환경적인 장치이다.(바이두백과, 2020.6.8.검색)

9) 응집(flocculation, 凝聚) : 콜로이드 모양으로 분산한 미립자가 콜로이드 상태가 파괴될 정도의 크기로 집합되는 것을 의미한다.(네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)

▶ 소결기 하단부분

소결기 하단부분의 전기집진기 개조내용은 하단부분에서 배출되는 분진농도는 평균 6~10mg/m³이며, 최고 15mg/m³이다. 또한 하단부분의 분진농도가 10mg/m³이하로 배출되는 비율은 일반적으로 약 20%이다. 따라서 230m² 소결기 하단부분에 설치된 전기집진기 2대를 백필터 집진기로 교체하였다. 이때, 외부 프레임과 송풍기 등은 변경하지 않아, 초기투자에 대한 비용을 절감할 수 있었다.

소결기 하단부분의 집진기는 기존의 160m² 전기집진기에서 144,440m² 저압 펄스형 백필터 집진기로 교체하고 필터는 아크릴로 코팅된 재료를 사용한다. 여과풍속은 0.7m/min, 연기처리량은 61만m³/h이다. 이때, 펄스형 백필터 집진기 선택시 주요사항은 다음과 같다.

- ① 고효율 코팅 여과재료, 즉 아크릴 PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene, 聚四氟乙烯)¹⁰ 코팅재료 선택
- ② 적합한 분진제거 시스템 선택
- ③ 집진기의 여과풍속 0.7m/min 이하
- ④ 집진기 구조가 합리적 일 것
- ⑤ 자동으로 풍력을 이용한 분진의 이동 구현
- ⑥ 배출구와 가까운 점을 고려하여 집진실(Settling chamber, 沉降室)¹¹ 증설
- ⑦ 냉풍밸브 증설

▶ 하단부분 백필터 집진기

1) 백필터 집진기의 매개변수는 다음과 같다.

<백필터 집진기 설계 매개변수>

명칭	매개변수	명칭	매개변수
모델명	LCM1750-8	입구 연기온도(°C)	180
처리풍량(m ³ /h)	610,000	여과필터 수량(건)	3,480
필터면적(m ²)	14,440	여과필터 규격(mm)	Ø160*8,000
필터풍속(m/min)	0.7	여과필터 재질	아크릴 PTFE 코팅
offline 필터풍속(m/min)	0.82	펄스배관 규격	3in
집진기 저항력(Pa)	1,200 이하	펄스배관 수량(개)	232
설비내압등급(Pa)	-7,000	압축공기 압력(MPa)	0.5~0.8
입구 분진농도(mg/m ³)	100~200	압축공기 소모량(m ³ /min)	4~8
출구 분진농도(mg/m ³)	5 이하	압축공기스톱밸브(set)	8
누설율(%)	2 미만	감압장치·파이프 및 밸브(set)	1

<자료 출처 : 북극성 대기망 내용 KEITI 중국사무소 재구성, 2020>

10) PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene, 聚四氟乙烯) : 폴리테트라 플루오로에틸렌. 불소수지로 테프론(듀폰사), 플루온(ICI사) 등의 상품명에 있다. 내약품성이 뛰어나며, 높은 온도(325°C에서도 안정)에서 특성이 변화하지 않는다. 도금용 투입 히터의 케이스나 열교환기 등에 이용된다. 전기특성도 양호하며, 불연성으로 내후성도 좋고, 비점착성으로 마모계수도 작으며, 무독성이다. 내약품성을 이용한 벨트, 롤, 이형(異型)성을 이용한 금형의 내면 라이닝, 주방용품에서는 프라이팬, 제빙기의 내면 라이닝 등에 이용된다. (네이버 지식백과, 2020.6.4.검색)

11) 집진실(Settling chamber, 沉降室) : 기류 중에 포함되는 고체 입자의 포집(집진)을 목적으로 하는 공업적 장치의 하나. 중력 침강실이라고도 하고, 기류의 유속을 실내에서 감소시켜 부유 입자를 기체에서 중력에 의해 침강 분리시킨다. (네이버 지식백과, 2020.6.4.검색)

2) 백필터 집진기의 주요 기술지표는 다음과 같다.

<백필터 집진기 주요 기술지표>

명칭	매개변수	명칭	매개변수
입자상물질 배출농도(mg/m ³)	10 이하	설비 저항력(Pa)	1,200 이하
본체 누풍율(%)	2 이하	설비압력 저항력(Pa)	-7,000
백필터 사용수명	2년 이상	펄스밸브 사용수명	100만 번(약 3년)

<자료 출처 : 북극성 대기망 내용 KEITI 중국사무소 재구성, 2020>

▶ 개조 효과

현재 ‘텐진천강’의 230m² 소결기 2대의 헤드·하단부분에 있는 집진기는 전부 개조 완료한 상태이다. 또한 일정시간동안 시범운행을 이미 가동하였고, 이를 온라인 모니터링을 통해 데이터를 측정하였다. 집진기 개조 후 처리효과는 분명하게 나타났고, 데이터 또한 안정적인 수치를 보였다. 특히, 입자상물질 배출농도가 국가 초저배출 요구사항에 부합하는 것을 확인할 수 있다. 다음 표는 집진기 개조 후의 모니터링 결과이다.

<집진기 개조 후 입자상물질 배출농도>

(단위 : mg/m³)

구분		개조전	개조후	구분		개조전	개조후
1#소결기	헤드	28.4	1.98	2#소결기	헤드	20.64	2.37
	하단	15.7	2.29		하단	16.38	1.34

<자료 출처 : 북극성 대기망 내용 KEITI 중국사무소 재구성, 2020>

▶ 시사점

소결공정은 철강 생산과정에서 오염물질을 가장 심각하게 유발하는 공정 중 하나로 그 연기처리는 아주 중요하다. 특히, 소결기 헤드·하단부분은 소결공정 중 오염물질 발생 비중이 가장 큰 부분이다. 따라서 소결기 헤드부분은 연기 오염물질 배출농도가 최종적으로 국가 초저배출 요구사항에 부합할 수 있도록 전단부에 오염방지설비를 반드시 설치하여 오염물질 처리효과를 보장해야 한다. 그래서 ‘텐진천강’은 기존 전기집진기에 대한 개조를 실시하였다. 기존 소결기 설비세트에 설치된 총 6대의 전기집진기의 개조를 통해 입자상물질 배출농도가 10mg/m³ 이하로 부합하는 것을 확인할 수 있다.

이번에 사용된 백필터 집진기는 선진적이고 기술수준도 상용화단계라 오염물질 배출통제에 대한 신뢰성이 높은 집진설비이다. 그리고 합리적인 비용과 설비의 안정적인 운영을 보장할 수 있고, 기술의 활용도가 높아 모니터링과 유지보수가 용이하다. 또한 운영인원·에너지·원자재 사용 감소, 운영비용 절감, 설비에 적용된 디버그(debug, 调试)¹²⁾가 소결기의 집진기·탈황시스템 작동에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

해당 설비는 부하조정 시 적응성이 좋아 안정적인 작동이 가능하다. 따라서 본 백필터 집진기는 기존 설비에 그대로 설치할 수 있어 초기투자비용과 높은 처리효과를 보장하여 향후 집진기 개조시장에서 다양하게 적용될 것으로 전망된다.

북극성대기망(北极星大气网), <http://huanbao.bjx.com.cn/news/20200528/1076615.shtml>, 2020.6.8.접속

※ 기술용어 번역·해석이 일부 상이할 수 있으니 반드시 전문본을 확인하시기 바랍니다.

12) 디버그(debug, 调试) : 프로그램의 개발 마지막 단계에서, 프로그램의 오류를 발견하고 그 원인을 밝히는 작업 또는 그 프로그램을 말한다. (네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)

▶ **텐진천강연합특강유한공사** 기업소개

<기업정보>

기업명	국·중문	텐진천강연합특강유한공사(天津天钢联合特钢有限公司)		
	영문	Tianjin Tiangang United Special Steel Co.,Ltd.		
대표이사	리수칭(李树庆)	소재지	텐진시 닝허구(天津市宁河区)	
기업신용번호	911202216906591516	경영현황	정상운영(存续)	
공상등록번호	120221000021342	직원수	4,916명(노동보험 가입 기준)	
설립년도	2009년 6월 24일	분야	흑색금속 제련·압연 가공업	
등기자본	15억 위안(한화 약 2,552억 원)	기업형태	유한책임공사(有限责任公司)	
주소	텐진시 닝허구 경제개발구 오위로(天津市宁河区经济开发区五纬路)			
경영범위	흑색금속제련·철강압연·금속재료연구개발·제련공정 기술자문, 광석·분탄·철광석 판매 등			

<자료 출처 : 국가기업신용정보공시시스템 등, 2020>

(기업소개) ‘텐진천강’은 환발해경제권(环渤海经济圈)¹³⁾인 텐진닝허경제개발구에 위치하고 있다. 중국 철강 산업 중심지인 허베이성 당산시(河北省唐山市)과 불과 55km 떨어진 곳에 위치하며, 텐진시 중심에서 58km, 텐진항에서 48km 떨어져 있다. 흑색금속관련 제련, 압연, 제조를 하는 대형 철강기업 중 하나이다.

철강 종류는 합금강(alloy steel, 合金钢)¹⁴⁾을 위주로 생산하며 제품의 품질과 성능이 우수하여 이미 국가 전력망의 인가를 받았다. 주요 고객은 중국 전 지역에 있는 각 송전탑 제조기업뿐 아니라 조선, 철도, 통신, 기계, 건축, 공업에서 다양하게 분포되어 있다. 특히, 각강(angle iron, 角钢)¹⁵⁾ 제품은 2017년 기준, 중국 내 판매량 3위를 기록하였다.

(생산규모) ‘텐진천강’의 연간생산 능력은 철근 450만 톤, 마대강 200만 톤, 형강(section shape steel, 型钢)¹⁶⁾ 100만 톤 등

(주요제품) 철근, 각강, 마대강(strip steel, 带钢)¹⁷⁾, 형강 등 철강제품



<자료 출처 : 바이두, 2020>

<환율적용 : 2020.6.8., 네이버 환율 기준 1위안=한화 170.18원>

텐진천강연합특강유한공사 홈페이지(<https://www.tgtht.com>), 바이두백과 등 내용 요약정리, 2020.6.8.접속

- 13) 환발해경제권(环渤海经济圈) : 발해전체 및 황해를 둘러싸고 있는 일부 연안지역으로 구성된 광대한 경제구역을 뜻한다. 주요지역은 징진지, 랴오닝성, 산둥성을 포함하고 있다. 환보하이 경제권은 전통적으로 중공업과 제조업과 관련된 산업 중심지이다. 텐진은 항공과 물류, 선박의 중심지이며, 베이징은 석유화학과 교육, R&D 산업의 중심지이다. 따라서 이 경제권 내에서는 자동차, 전기전자, 석유 제품 등이 급격한 성장을 이뤘다. (바이두 백과, 2020.6.8.검색)
- 14) 합금강(alloy steel, 合金钢) : 철과 탄소의 합금인 강 의 성질을 개량할 목적으로 크롬·니켈·망가니즈·몰리브데넘·텅스텐 등과 같은 원소를 하나 이상 첨가해서 만든 강이다. 대표적인 것에는 크롬강·니켈강·니켈-크롬강 등이 있다. 특히 영구자석합금에는 알루미늄·코발트·니켈을 가한 것이 쓰인다. (네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)
- 15) 각강(angle iron, 角钢) : 각철이라고도 하며, 양쪽이 서로 수직으로 각이 잡힌 장강으로 건설 공사 등의 재료로 쓰이기도 한다. (바이두 백과, 2020.6.8.검색)
- 16) 형강(section shape steel, 型钢) : 구조용 압연강재로 각종 단면형상을 가진 봉(棒) 모양 압연재의 총칭인데, 철골 구조용으로 사용된다. (네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)
- 17) 마대강(strip steel, 带钢) : 스트립 강이라고도 하며, 열간 압연한 띠 상의 강을 냉각 압연과 어닐링(금속 재료를 적당히 가열함으로써 재료의 내부 구조 속에 남아있는 열 이력 및 가공에 의한 영향을 제거하는 것) 처리에 의해 소정의 두께·강도로 한 연마된 띠 상의 강을 말한다. (네이버 지식백과, 2020.6.8.검색)



중국환경산업 주간기술동향

발행

2020년 6월 9일 KEITI 중국사무소

기획총괄

▶ 박재현 소장(korea@keiti.re.kr)

주저자

▷ 차목승(cms0522@keiti.re.kr)

자료제작

▷ 김종균(jaykim@keiti.re.kr)



중국환경산업 주간기술동향은 매주 화요일 발행됩니다.

문의 : +86-10-8591-0997~8