

# 제철소 오니의 재활용

## 1. 제철소 오니의 발생 및 처리현황

철강산업은 고로에서 선철을 제조하고 전로에서 강을 제조하여 최종제품인 강재로 압연 가공하는 일관제철업과 고철을 원료로 강을 제조, 압연하는 전기로 제강업으로 나누어진다. 철강제품의 제조공정은 제선, 제강, 압연으로 이루어지는데 소결광과 코크스, 석회석을 이용하여 고로에서 선철을 제조하는 제선과정에서는 광석의 환원과 용해가 주목적이며, 전 생산과정에서 배출물이 가장 많이 발생한다. 제강과정에서는 보통 산소전로(Basic Oxygen Furnace:BOF)를 이용하여 용선을 정련로에 투입한 후 산소를 주입하여 용선속의 과잉 탄소나 규소, 인 등의 불순물을 제거한다. 스크랩을 원료로 사용하는 전기로제강에서는 전력과 산소 등을 이용하여 스크랩을 용해·정제하며, 이 과정에서 슬래그, 전기로 더스트 등의 폐기물이 발생한다. 또한 제강, 정련이 끝난 용강은 주조과정을 거쳐서 슬래브, 브룸 혹은 빌렛 등의 중간소재로 제조되며 이 중간소재는 재가열, 열간압연, 성형과정을 통하여 재질과 표면품질이 조정되고 판재, 형강, 선재 등의 제품으로 만들어진다. 또한 냉간 성형, 냉간 압연 과정에서는 열간압연 제품을 소재로 하여 자동차, 전기제품 등에 쓰이는 냉간판재 등의 최종제품을 만든다. 착색코팅, 도금 등의 표면처리과정은 철강소재의 부식을 방지하고 공업소재로서의 기능을 향상시키는 가공과정이다. 이러한 제품의 제조과정에서도 다양한 종류의 오염물질이 발생하나 제선공정이나 원료처리공정에 비해서는 상대적으로 환경부하가 적은 편이다. 표1 에 보이는 바와 같이 국내의 조강생산량은 약 4,500만톤(2002년 기준)으로 세계 조강생산량의 5.5%를 점하고 있다.

표1. 국내의 조강생산 실적(단위:천톤)

구분	1999	2000	2001	2002
조강생산	41,042	43,107	43,852	45,105
전로강	23,969	24,666	24,741	24,865
전기로강	17,073	18,441	19,111	20,240

공정별 폐기물과 부산물의 발생을 보면 석탄정제과정의 잔유물과 제선, 제강과정에서 발생하는 분진, 슬래그, 폐내화물, 코크스 제조공정과 그 부산물의 이용공정에서 발생하는 폐기물, 그리고 압연 및 표면처리 공정에서 발생하는 폐유, 폐산, 슬러지, 밀 스케일 등이다. 제철공정에서는 분진, 슬래그, 밀 스케일, 폐연와, 그리고 유성폐기물 등 폐기물이 제품 톤당 0.5~0.6톤 정도 발생되며, 이러한 폐기물은 함유한 물질보다도 다량 발생된다는데 문제가 있다. 제철소에서 발생하는 오니는 제선계에 한하지 않고, 예를 들면 전로 씨크너 등에

서도 발생한다. 이것들은 대략적으로는 소결공장의 원료로써 이용되든지, 일부는 시멘트 원료로써 외판하고 있으며 소결원료로 사용하는 경우에도 오니단독으로 사용하지 않고 철분을 포함한 더스트 등과 함께 성분 조정하여 이용하고 있다. 오니에는 철, 탄소, 석회석 등이 함유되어 있어서 이의 재활용 기술이 다각적으로 개발되고 있으며 일부는 시멘트용 가철제로 재활용되고 있다. 철강산세공정으로부터 생성되는 오니는 폐염산과 산성폐수에 대량으로 용해되어 있는 제1이온( $Fe^{2+}$ )이 폐수처리에 의하여 수산화제2철( $Fe(OH)_3$ )로 되어 침전물로 되기 때문에 오니 성분의 거의 모든 것이 철분으로서 그 외에는 중화제, 응집제의 성분, 철의 불순물의 납, 아연 등이 미량으로 들어있게 된다. 이와 같이 생성된 오니는 침전조로부터 인출된 단계에서는 진흙상이라고 하기보다는 액상에 가깝고 이와 같은 상태에서는 적절한 처리처분은 물론이고 운반에도 곤란하기 때문에 법으로는 함수율 85%이하로 탈수하던지 소각처리하고 나서 매립하도록 정해져 있다. 탈수방법은 원심탈수기, 가압탈수기, 진공탈수기 등에 의한 기계식탈수가 통상 이용되고 있지만 발생량이 적은 경우 등은 천일건조하기도 한다. 함수율이 85%이하로 탈수된 슬러지는 탈수케익이라고 불리는 반고형상의 점토상이다.

표2. 국내의 제철소 오니 발생 및 처리 현황(단위:톤)

자료출처 : 한국철강협회

구분	발생량	재활용		종말처리		
		자가처리	위탁처리	자가처리	위탁처리	
'99	일관제철	1,148,247	401,102	224,339	497,131	0
	제강압연	24,753	0	12,005	0	13,034
	냉간압연	19,732	0	7,179	0	12,546
	강관	4,340	1,730	251	0	2,362
	선재2차가공	11,547	0	4,442	0	7,097
	계	1,208,620	402,832	246,006	497,131	37,250
'00	일관제철	1,186,000	498,000	317,000	371,000	0
	제강압연	25,496	0	9,670	0	15,775
	냉간압연	22,053	0	5,590	201	16,273
	강관	4,832	1,852	121	0	2,764
	선재2차가공	8,956	0	1,662	0	7,303
	계	1,247,338	499,852	334,043	371,201	41,139
'01	일관제철	1,128,000	579,000	340,000	209,000	300
	제강압연	23,860	0	7,020	0	16,822
	냉간압연	19,657	0	10,642	0	8,863
	강관	3,594	1,891	519	0	1,261
	선재2차가공	9,716	0	3,010	0	6,725
	단순압연	2,174	0	0	0	2,174
계	1,187,001	580,891	361,191	209,000	36,145	
'02	일관제철	1,158,000	521,000	520,000	117,000	0
	제강압연	27,927	0	11,575	0	16,155
	냉간압연	20,711	0	10,802	0	9,905
	강관	3,903	1,730	1,486	0	548
	선재2차가공	9,565	0	3,011	0	6,555
	단순압연	694	0	0	0	694
계	1,220,800	523,072	546,874	117,000	33,856	

표2 에 국내의 제철소 오니의 발생 및 처리현황을 나타내었다. 발생 오니의 약 95% 는 일관제철공정에서 발생하고 있으며, 1999년에 비하여 2002년의 조강생산실적은 109.9% 증가 하였음에 비하여 오니의 발생량은 101% 증가에 그쳐 공정 내에서의 발생량 억제를 위하여 상당한 노력이 경주된 것을 알 수 있다. 한 편, 발생오니의 종말처리의 경우는 주로 자가처 리에 의하고 있으며 위탁처리에 의한 종말처리 비율은 꾸준히 향상되고는 있으나 전체 종말 처리량의 22%에 불과하다. 이에 비하여 재활용의 경우는 재활용 처리업자를 통한 위탁처리 비율이 급격히 신장하여 전체 재활용 량의 51%에 이르고 있음을 알 수 있다.

## 2. 제철소 오니의 처리기술과 재활용 동향

제철소 오니는 수분함유 등 그 자체의 특성으로 인하여 상당량을 별도로 조성된 매립장 에 폐기하여 왔으나 재활용을 통한 고부가가치화 및 환경부하의 저감을 목표로 제철소와 폐 기물 자원화 업체가 협력하여 장기간의 연구개발을 추진하여 왔다.

표3. 제철소 오니의 특성

구분	화학성분(%)										함수율 (%)	유효성분
	Fe	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	S	C	Zn	Cl	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O		
고로	40.9	3.4	5.9	0.8	0.45	19.4	0.9	0	0.13	0.01	19.7	Fe, C
COREX	24.7	5.2	6.5	2.0	0.63	38.2	0.04	0.03	1.82	0.25	52.5	CaO
석회석	1.3	51.9	2.2	1.4	0.09	-	0.02	0.02	0.18	0.01	18.5	CaO, MgO
백운석	0.9	34.4	3.3	15.0	0.37	-	0.01	0.0	0.18	0.03	21.0	Fe
제강	72.8	6.5	1.7	1.5	0.05	0.6	0.43	-	0.03	0.15	41.1	Fe
열연	64.5	0.2	0.3	0.0	0.33	9.0	0.03	-	-	-	30.6	-
냉연	12.3	6.0	5.4	8.4	-	-	0.05	-	-	-	69.4	-
선강종말	22.9	2.5	5.9	0.7	0.93	36.1	0.93	-	-	-	59.0	CaO, SiO <sub>2</sub>
STS	1.5	55.9	25.7	4.2	0.15	-	-	-	-	0.24	22.2	

표3 은 제철소에서 발생하는 오니의 성분을 분석한 것이다. 냉연오니와 선강종말 오니 등을 재활용하는데 있어서의 가장 큰 장애요인은 유용성분의 함유량이 낮아서 공정내에 재 활용하는데에 경제성이 없는 점이다. COREX 오니와 백운석 오니는 제철공정의 유해성분인 S, Zn 및 알칼리 성분을 함유하여 재활용이 어려우며 높은 함수율에 의해 이를 건조하기 위 한 별도의 설비 및 부지가 필요한 어려움도 있다. 이런 어려움에도 불구하고 표4 에 보듯이 국내의 제철소 오니 재활용율은 꾸준히 신장하여 2002년의 경우는 발생오니의 87.7%를 재활 용하고 있음을 알 수 있다.

표4. 국내의 제철소 오니 재활용 동향

자료출처 : 한국철강협회

년도	발생량 (톤)	재활용량(톤)			재활용비율(%)		
		자가처리	위탁처리	합계	자가처리	위탁처리	합계
'99	1,208,620	402,832	246,006	648,838	33.3	20.4	53.7
'00	1,247,338	499,852	334,043	833,895	40.1	26.8	46.9
'01	1,187,001	580,891	361,191	942,082	48.9	30.4	78.9
'02	1,220,800	523,072	546,874	1,069,946	42.9	44.8	87.7

이러한 과정에서 특히 눈에 띄는 것은 지난 4년간 위탁처리에 의한 재활용율이 20.4%에서 44.8%로 두 배 이상 증가하여 자가처리에 의한 재활용 신장율을 훨씬 앞서고 있는 점이다. 이는 자가처리에 의한 재활용율의 신장을 위하여는 제조공정 상의 많은 부분에 관여하게 되므로 이 보다는 공정 외부에서 재활용 용도를 찾아내려는 노력이 이루어진 결과로 보인다.

### 3. 제철소 오니의 재활용 사례

제강 CBP(Cold Bonded Pellet) 는 제강오니 및 더스트를 이용하여 제강조업용 부원료인 소결광을 대체할 수 있는 제품으로 개발하였다. 제강오니를 제강공정 냉각제의 대체제로 재활용함에 의해 생산원가의 절감은 물론 기존의 시멘트용 저가 증량제로의 판매도 억제할 수 있다. 고로오니는 철분함량이 높음에도 불구하고 불순물을 포함하고 있어서 재활용이 이루어지지 않고 매립처분되어 왔으나 소결공정의 원료인 스케일과 제강오니를 혼합하여 제강공정에서 재활용할 수 있는 제품개발을 추진하여 SPB(Sludge Pressed Brick)를 개발하였으며 이를 제강스크랩 대체제로 실용화하였다. 제강공정에서 불필요한 성분을 제거하기 위한 부원료인 생석회를 제저하는 과정에서 석회석 오니가 발생하여 이를 매립처분하여 왔으나 이를 재활용하여 석회CP(Cold Pellet)을 제조하여 제강공정 석회석 대체제로 사용하고 있다. 석회CP는 작업성이 양호하고 인, 황 등 불필요한 성분의 제거에 있어서 동등 이상의 효과가 있을 뿐 아니라 슬래그 내의 기포 발생을 억제하여 제강과정에서 분진발생의 주요인인 slopping현상을 절감하는 효과도 있다.

해외의 사례로서는 일본 고오베 제강소에서 개발한 알미늄 오니의 재자원화 기술을 들 수 있다. 자동차 차체의 도장 전처리 공정 시에 발생하는 알미늄 오니의 재자원화 기술로서 알미늄 재료를 사용한 차체에 도막의 밀착성, 내식성을 높이는 인산아연을 처리할 때 처리액 중에 용출한 알루미늄 이온을 나트륨, 불소를 포함하는 크리오라이트로서 처리액으로부터 분리 회수한다. 이 오니를 알미늄 합금용용처리용 후럭스 원료로서 재이용하는 것으로, 설비비용은 처리라인에 오니 제거용 필터를 붙이는 것뿐이므로 저가로 대응이 가능하다.