

비철금속의 재활용 동향

1. 국내 동향

비철제련업계에서의 재활용은 스크랩 등을 원료로 비철금속 신 지금을 생산하는 리사이클링과 폐기물로부터 비철금속을 회수하는 재활용이 있다. 여기서는 스크랩을 원료로 하는 즉, 종래형의 재활용 상황을 검토하고자 한다.

1.1 동의 재활용

국내에 유통하는 동지금은 전기동(Cu 99.9%이상의 전기동), 동 스크랩(Cu 97% 이상), 동합금스크랩(Cu 50% 이상)의 세 종류로 분류할 수 있다. 전기동의 내수는 전선제조(약 60%), 신동품 제조(약 35%)에 소비된다. 사용이 끝난 전선, 신동품은 회수되어 동 스크랩, 동합금의 스크랩이 된다(이것들도 다시 가공 되고, 사용이 끝나면 다시 스크랩으로서 회수된다). 동 스크랩은 신동품 제조(약 60%), 전선제조(약 30%) 등에 사용된다. 동 스크랩은 신동품 제조(약 68%), 전선제조(약 30%) 등에 사용된다. 동 합금 스크랩은 신동품 제조(약 68%), 동 합금주물 및 주물(약 10%), 동제련 원료(약 16%)로 사용된다(괄호안의 숫자는 일본의 경우를 말한다). 이와 같은 물질 흐름에서 알다시피, 고순도일 때는 주로 전선제조에 사용되며, 반복 사용하는 과정에서 순도가 저하하여, 신동품제조, 동합금, 주물, 동제련 원료에 카스케이트식 재활용되고 있음을 알 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이 진정한 의미의 동리사이클을 산출은 어렵다. 거시적으로 생각한다면 100%에 가깝게 재활용하고 있다고 볼 수 있다. 2 차 원료는 고동, 통계의 대상이 되지 않은 스크랩, 제련소 배출물(제련공장 내의 재활용)로 되어 있다. 여기서는 동제련소(LG-Nikko)의 내부자료를 기준으로 우리나라 동 재활용 추정치를 산출하면 국내 발생 동 스크랩량 120,000톤/년, 수입 동 스크랩량 150,000톤/년, 전기동 생산량 423,000톤/년, 전기동 수요 843,000톤/년과 같다. 동 제련 산업은 자본집약, 환경 비용 등으로 Marginal Business라 볼 수 있고, 우리나라의 제련시설은 기존의 용광로, 반사로가 Flash Smelting-Flash Converting 와 Mitsubishi Continuous Process로 교체되고, 전련시설은 재래식에서 ISA, KIDD 법 등으로 전환되고 있다.

1.2 연의 재활용

연의 수요처가 대부분 납축전지이고 그 외에 관이나 판 또는 전선 등으로 다른 금속성분이 적은 납의 스크랩은 수거되는 잔량을 재활용하고 있다. 특히 폐 납축전지는 수직로와 수평로를 사용하여 국내에서도 활발히 재활용되고 있다. 이 방법은 전세계적으로 비슷한 기술이며 국내의 기술도 세계적인 수준으로 기술수출도 이루어지고 있다. 현재 국내의 재생연업계는 국내에서 발생하는 폐납축전지나 납 스크랩이 부족한 실정으로 원료를 수입하고 있는 상태이다. 문제는 재생연 공정의 2차 부산물에 대한 안정적이고 경제적인 처리기술이 미흡하다는 것이다. 예로서 제련로의 납 분진의 처리문제, 배연가스의 청정처리 문제, 폐 황산

의 재활용 문제 그리고 소규모의 폐납축전지 청정 해체공정기술 등이다. 앞으로 보다 깨끗하고 경제적인 공정을 운영하기 위해서는 상기한 기술이 개발되어 납의 재활용이 청정기술로 운전되는 것이 바람직하다. 2000년도 연의 생산은 전기연(고려아연)이 200,000톤이고, 재생연이 65,000톤이므로 재활용 추정치는 32.5%(65,000/200,000)이다. 그러나 국내의 수요는 334,000톤이므로 수요를 감안한 재활용은 19.5%(65,000/334,000×100)이다. 현재 국내의 재생 연 업계는 국내에서 발생하는 폐 납축전지나 납 스크랩이 부족한 상태여서 원료를 수입하고 있는 실정이다. 문제는 재생 연 공정의 2차 부산물에 대한 안정적이고 경제적인 처리기술이 미흡하다는 점이다. 예를 들면 제련로의 납분진의 처리문제, 매연가스의 청정처리문제, 폐황산의 재활용 문제, 그리고 소규모의 폐납축전지 청정 해체공정기술 등이다. 앞으로 보다 깨끗하고 경제적인 공정을 운영하기 위해서는 상기한 기술이 개발되어 납의 재활용이 청정기술로 운전되는 것이 바람직하다.

1.3 아연의 재활용

아연은 주 용도가 아연도강판과 도금용이 50%를 차지하므로 이 부분에서는 아연이 농축된 형태로 배출되지 못하고 고철을 처리하는 전기로의 분진으로 발생된다. 이 분진은 철분과 아연 및 연이 주성분으로 단순 매립하여 왔으나 선진국에서는 아연과 연을 회수하고 철을 철자원으로 활용하거나 일반폐기물로 처리하기도 한다. 이에 대한 처리법은 Wales법이 널리 일반화되어 있고 전기로법, 플라즈마법 등 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중에서도 Wales법이 외국에서 많이 실용화되고 있고 염화배소법도 적용되고 있으나 국내에서는 아직 전기로 분진의 처리가 이루어지지 않고 있으며, 플라즈마법에 의한 pilot시험이 진행 중이다. 그 외의 아연 스크랩은 산화아연 제조에 활용되고 있으며, 합금 스크랩은 동종업계에서 재사용되고 있다. 아연의 재활용에서도 아연 및 합금 스크랩은 2차 자원으로 활용되지만 공정에서 발생하는 2차 부산물 즉 아연 드로스(dross) 및 분진의 처리가 고충사항이며 이에 대한 교과적인 처리기술이 환경관리를 겸하여 필요하기 때문에 이에 대한 재활용 기술의 개발이 절실하다. 우리나라 아연 재활용에 관해서는 구체적인 통계치를 찾아볼 수 없다. 아연 스크랩은 아연 드로스를 포함하여 증류아연으로 재생되어 산화아연 제조(60,000톤)에 활용되고 있지만 자료를 얻을 수 없다. 또 고려아연에서 발생한 제련잔류물을 Ausmelt process에 의해 처리함으로써 아연 회수를 시도하고 있는 것으로 알고 있지만 구체적으로는 알 수 없다. 한편 연 30만톤 발생하고 있는 제강분진(Zn품위 약 20%)으로부터 아연을 회수한다면 연 5만 톤을 생산할 수 있지만 현재로서는 그 기색을 엿볼 수 없다. (주)고려아연 온산제련소는 아연잔사처리를 위하여 Ausmelt법이 지난 수십년 동안 활발하게 연구되었다. 본 공법은 배소공정에서 생성되는 zinc ferrite로부터 추가로 아연을 회수하고 이때 용융된 철분을 여과성이 좋은 철화합물로 만들어서 철을 제거시켜 주는 방법으로 Jarosite, Goethite 및 Hematite공법들이 개발되었다. 공장에서 배출되는 모든 폐기물은 이 공법을 거쳐 깨끗한 슬래그를 만들어 준 후 배출하면 고체 폐기물의 공해문제를 해결 할 수 있게 된다.

1.4 알루미늄의 재활용

국내의 알루미늄 스크랩은 순금속으로 재용융 처리하여 알루미늄 잉곳(ingot)을 생산하거나 합금생산에 이용되고, 합금-스크랩은 새시나 각종 기계부품 등으로 재활용되고 있어 발생하는 형태가 뚜렷한 스크랩의 경우는 수거만 된다면 재활용에 별 문제가 없다. 알루미늄캔의 재활용은 수거가 관건으로서 국민 개개인이 분리 배출하여 쉽게 수거할 수 있는 환경이 조성될 때 가능할 것이며, 또 국내에서는 캔을 재처리하여 캔의 원료로 사용하지 못하고 탈산재 등으로 활용되는 수준이다. 한국금속캔재활용협회의 자료에 따르면, 2002년도 폐알루미늄캔 발생량은 17,000톤, 재활용량 12,000톤으로서 재활용률은 70.6%이었다. 2003년도 알루미늄 재활용계획에 있어서, 폐 알루미늄캔 발생량 17,000톤, 재활용 의무량 15,000톤, 따라서 재활용률은 88.2%에 도달할 것으로 추정된다. 또 하나는 포장용 및 간이용으로 사용되는 알루미늄 박(foil)의 재활용이 전혀 이루어 지지 못하는 점이다. 알루미늄박의 내수는 꾸준히 증가하여 1997년에는 65천톤에 근접하고 있어 그 양이 캔의 양보다 적지 않다. 문제는 수거가 해결되지 못하여 바로 매립되거나 소각공정으로 소실되어 자원이 낭비되고 있다. 국내에서 알루미늄 재생지금 생산 시 다량의 알루미늄 블랙 드로스가 발생(20,000톤/년)되므로 이를 재처리하여 일부 미회수 재생 알루미늄 지금을 생산하고 있다. 나머지 폐기되는 알루미늄 드로스를 알루미나 시멘트, 물라이트 내화물, 내화벽돌, 내산 도자기, 타일 및 알루미나질 캐스타블 등으로 사용할 수 있는 소재로 개발하면 자원 재활용뿐만 아니라 환경오염을 줄일 수 있어 국가경제에 크게 이바지할 것으로 판단된다. 또한 국내에서는 보크사이트를 연간 36만 톤 정도 수입해서 수산화알루미늄과 알루미나 등을 생산하고 있으나, 여기에서 발생된 폐기물은 Red Mud 형태로서 연간 10만 톤 정도이며, 일부 벽돌소재로 이용되는 것 외에 다른 용도로 재활용할 수 있는 방법을 모색해야 할 것이다. 2000년도 우리나라 알루미늄 금속의 내수는 885,000톤이고, 재생지금량은 약 200,000톤으로 알려져 있다. 따라서 재활용률은 22.6%(200,000/885,000×100)로 산출된다.

2. 미국의 동향

2.1 알루미늄의 재활용

미국의 알루미늄 산업에 있어서 재활용은 매우 중요한 요소이다. 2차금속의 생산에 소요되는 에너지량은 1차 금속제조에 소요되는 에너지량의 90~95%가 절감된다. 2차 알루미늄의 약 60%는 주로 폐캔으로 형성된 스크랩으로 만들어지고 있다. 1988년에 미국의 폐캔 재활용률은 55%이었고, 대부분의 폐캔은 알루미늄 판 제조업체에 공급되는데, 이들 회사들 또한 대부분이 일차알루미늄 제조회사들이다. 현재 미국에는 약 40개의 2차 알루미늄 제조회사가 가동 중에 있다. 산성비 법률제정은 전기사용에 미치는 영향이 심대하기 때문에 알루미늄산업에 있어서 주요 환경현안이 되었다. 모든 이산화황배출 규제법은 석탄연소시설의 코스트를 어느 정도 상승하게 될 것이 확실시된다. 이러한 코스트 인상여파는 알루미늄 제

련소로까지 미칠지도 모른다. 이러한 피해는 알루미늄가격에 미치는 전력비 변동요금제료 함으로써 어느 정도 짐을 덜어주고 있다. 미국 광무성(U. S. Bureau of Mines)은 자국내 10개 제련소를 대상으로 조사한 결과 각종 산성비 대책안이 제련소 전력비를 3.5~5.5miles/kWh 정도 상승하게 되고, 원가도 약 2.5~4 ¢ /lb가 높아짐을 확인하였다. 그러나 그 상승률은 지역적으로 큰 차를 보이고 있는데, 오하이오와 웨스트버지니아에 서는 코스트가 5.2~7.7 ¢ /lb 상승하였으나, 기타지역에서는 상승률이 낮았고, 때에 따라서는 수력발전비와 동등한 수준으로까지 감소되는 현상을 보였다.

2.2 연의 재활용

미국의 연 산업에서 전기연의 약 65%가 이차 연이다. 연속전지는 미국의 2차 정제제품의 약 85%를 차지하고, 주요 2차 제련소는 RSR Corp., Pacific Dunlop/GNB Battery, Schuykill Metals, Exide Corp., Exide Corp. Battery, 그리고 Sanders Lead인데 이 제련소에서 미국의 전 생산용량의 70%를 담당한다. 1980년대 미국의 환경문제가 심각해짐에 따라 재활용이 장려되는 결과를 낳았고, 폐 연속전지는 미국환경보호국(EPA)에서 자원보존회수법(RCRA)에 의거 유해폐기물로 분류하였다. 수많은 스크랩 수집상과 판매업자들이 슈퍼펀드(Superfund) 하에 위험부담의 두려움으로 축전지의 취급을 거부하기도 했으나, 대형 금속회사와 축전지 메이커 그리고 대규모 독립형 제련소들은 반대로 소단위의 시장을 대단위로 전환시켜 나아가고 있다.

3. 일본의 동향

일본은 비철금속 자원부존량은 많지 않으나 소비량에서는 미국 다음으로 다이용국으로 알려져 있다. 그리하여 자칭 자원소국, 공업대국, 경제대국이라는 표현을 쓰고 있는 실정이다. 특히 일본의 대기업 중에는 비철제련업을 발판으로 성장의 길을 걸은 기업이 적지 않고, 제련기술의 발전과정에서 환경문제도 대두되어 공해방지기술 및 재활용 기술도 발전되었다.

3.1 동물의 재활용

일본 국내에 유통되는 동지금은 전기동(순도 99.9% 이상), 고동 또는 스크랩(순도 97% 이상인 전기동), 합금고동(동 순도 50% 이상인 스크랩)의 3종 전기동의 내수는 1,347,000톤이고 전선제조에 62%, 신동품 제조에 35%가 소비된다. 폐전선, 신동품은 회수되고, 고동 혹은 스크랩, 합금고동 또는 스크랩으로 된다. 고동 또는 스크랩의 내수는 765,000톤이고 신동품 제조에 62%, 전선제조에 29%가 사용된다. 합금고동 또는 스크랩의 내수는 918,000톤이고, 신동품 제조에 68%, 동합금.주물에 약 6%(2000년의 통계에는 “기타”로 집계되어 있는 것으로 생각되므로 1999년분으로 추정), 동 제련원료로 16%가 사용된다. 이와 같이 매트리어얼 플로를 보면 고순도의 재료는 주로 전선제조에 사용되고, 반복적으로 사용하는 가운데 순도가 저하하여 신 동품제조, 동합금.주물, 동 제련원료로 카스케이드.리싸이클

(Cascade Recycle)되고 있음을 알 수 있다.

3.2 연의 재활용

일본 내에 유통되는 연지금은 전기 연(연 순도 99.95% 이상인 것으로 주로 광석에서 채취된 것), 재생 연(연 순도 90% 이상인 것), 고연 또는 스크랩(연순도 50% 이상인 것)으로 나누어 집계하고 있다. 전기연의 내수는 25만5천 톤이고, 축전지제조에 74%, 무기약품제조에 13%가 소비된다. 폐축전지 등은 고연 혹은 스크랩으로 회수되어 제품제조나 재생 연(연 스크랩을 용해하여 부유잔재를 걸어낸 후 주물 및 제품제조의 원료로 하는 것)의 원료나 연 제련 원료로 된다. 재생연의 내수는 5만 톤이고, 축전지 제조에 66%, 무기약품제조에 10%, 재생 연 제조에 14%가 소비된다. 고연 또는 스크랩의 내수는 23만 7천 톤이고 축전지 제조에 5%, 재생 연 제조에 36%, 연 제련원료로 58%가 소비된다. 동의 매트리어얼 플로우와 다른 점은, 동은 중간재생을 하는 일이 없이 순도가 저하될 때까지 반복 사용하지만, 연은 ‘재생’이라는 리사이클업이 존재한다. 이것은 연은 동보다 산화가 쉽기 때문이라고 보여진다. 따라서 연은 반복 사용하는 일이 적고 회수된 고연의 대부분은 연 제련에 보내진다.

3.3 아연의 재활용

일본 국내에서 유통되는 아연지금은 아연 신 지금(아연순도 98% 이상인 것, 전기아연과 증류아연의 2종류가 있으므로 아연 신 지금 이라 칭함), 재생아연(아연순도 90% 이상인 것), 고 아연 또는 스크랩(아연순도 50% 이상 90% 미만인 것)의 3종류로 분류된다. 아연 신지금의 내수는 61만4천 톤이고, 도금용으로 68%, 신동품 제조에 12%, 다이캐스트 제조에 9%, 무기약품 제조에 6%가 소비된다. 사용이 끝난 다이캐스트 등은 고 아연 또는 스크랩으로 회수되고 제품제조 및 재생아연의 원료, 혹은 아연제련원료로 이용된다. 재생아연의 내수는 7만4천 톤이고, 도금용에 58%, 신 동품제조에 23%, 무기약품 제조에 14%가 소비된다. 고 아연 혹은 스크랩의 내수는 8만8천 톤이고, 도금용으로 14%, 무기약품 제조에 22%, 재생아연제조에 약 60%가 소비되고, 아연제련 원료로는 겨우 2%이다. 매트리어얼 플로우 형태로는 연과 유사하나, 연에 비해서 제련원료화 되는 것이 적은 것은 통계대상 이외의 고 아연이 많기 때문이다. 아연제련용 원료의 중심은 제강더스트이지만 이것은 아연품위가 낮기 때문에 “고 아연”이 되지 못한다.

3.4 알루미늄의 재활용

일본의 알루미늄 수요량은 연간 약 400만 톤의 수준이고 누적된 국내 축적량은 6,000만 톤에 이르고 있고, 알루미늄 스크랩량도 정확한 통계가 나와 있지 않으나, 2000년 기준 200만 톤이 넘는 것으로 알려져 있다.

3.4.1 자동차용 알루미늄; 재활용

알루미늄은 경량성, 강도, 가공성과 그 리사이클성으로 자동차에 중요한 공업재료이다.

현재로서는 주물, 다이캐스트 부품을 중심으로 각종 알루미늄합금이 사용되고 있는 가운데, 1999년 일본의 알루미늄 사용량의 28%(연간 113만 톤)이 자동차시장에 소비되고 있다. 일본은 폐차가 연간 약 500만 대 발생하는 것으로 추정되는데 중량으로 약 75~80%가 재이용되고 있다. 그러나 해체하여 재이용되는 부분은 엔진, 트랜스미션 등 25종에 지나지 않고, 기타 부분은 프레스·슈레딩한 후 풍력선별로 더스트가 제거되고, 자력선별기로 강(鋼)과 비철금속으로 분리된다. 일반적으로 알루미늄은 비중선별이나 유동층선별 등으로 95% 정도의 분리회수가 가능하나 자동차는 복잡한 구조상 합금을 사용하는 관계로 Product to Product 순환은 어렵고 품질요구가 낮은 제품으로 Cascade 방식으로 활용되고 있다.

3.4.2 폐 음료용 캔

현재 폐 음료용 캔의 회수는 주로 3개 경로로 행하여지고 있다.

- (1) 자치단체가 회수하여 재자원화 시설로 처리.(주로 회수경로)
- (2) 집단적으로 회수활동.(동회, 자원봉사단체, 학교 등)
- (3) 캔 메이커, 청소업자 등

음료캔이 생활폐기물에 점하는 비율은 1% 이하이나, 생활에 밀접하여 사회적 관심이 높고, 또한 알루미늄판 제품에 점하는 비율도 높다. 관련업계가 알루미늄캔 리사이클협회를 설립하여 적극적으로 폐 음료캔 회수활동에 나서고 있다. 1999년의 재활용률은 78.5%이고 회수된 알루미늄캔 중 Can to Can 율은 78.5%에 달했다.

4. 향후과제

4.1 자원순환형 사회의 구축

우리나라는 자원부존량이 부족하여 비철금속원재료는 거의 수입에 의존하고 있는 실정이고, 비철금속소비 측면에서는 세계 상위권에 속해 있다. 더욱이 우리나라의 주요산업으로 국제경쟁에서 선전하고 있는 자동차, 전기·전자, 반도체, 조선, 통신, 컴퓨터 등의 기초소재인 비철금속의 안정적 확보가 중요시 되고 있다. 근래에 자원을 재활용한다는 면에서 여러 분야의 폐기물 재활용을 국가적인 과제로 각종 시책을 마련하고 있다. 그러나 사업성이 유망하고 재활용이 용이한 일부 금속을 제외하고, 대부분이 종래에 금속스크랩을 수거하는 수준에서 크게 전진하지 못한 상태이다. 다행히 비철금속제련업체들은 스크랩을 별도로 수거 처리하는 계열을 갖추고 재생금속을 생산라인에 합류시키는 등의 재활용 시스템을 운용하는 것은 매우 바람직스러운 일로 평가되고 있다. 현재 우리나라의 비철금속산업은 환경문제가 사회적인 이슈로 등장하면서 환경친화적인 사업화를 꾀하고 있으며, 국제적인 경쟁에서도 환경규제가 개입되는 관계로 자원재활용에 대한 인식전환이 가속화되고 있다.

4.2 재활용가능 재료의 설계

비철금속의 이용분야는 주로 기계장치와 전선, 포장용기, 건축용 등으로 재활용단계에

들어가기 위해서는 상당한 기간이 경과한 후 수거되는 특성을 갖고 있다. 따라서 비철금속의 대부분은 각종 기계장치의 부품을 해체하여 수집하는 단계를 거치게 되는데, 이를 간편하게 작업할 수 있도록 설계에서 반영되어야 할 것이라는 요구가 높아졌다. 리사이클블 재료설계란 분리가 곤란한 원소를 포함시키지 않고 가급적 단순한 조성으로 구성되도록 함으로써 재활용에 드는 비용을 절감하게 된다. 그렇게 함으로써 비철금속의 스크랩 혹은 고메탈의 수집과 처리에 매력을 얻게 됨과 동시에 리사이클률이 향상될 것으로 전망된다.

3. 에너지 절약효과

비철금속은 광석채굴에서 정광으로 농축되기까지의 공정에서 에너지소비가 크므로 전체적으로는 에너지 다소비형이라 할 수 있다. 따라서 비철금속을 재활용 하게 되면 에너지절약에 효과가 높기 때문에 사업추진의 타당성이 높다고 할 수 있다. 금속제조에 요하는 에너지량이 원료별로 차이가 있지만 50~90%의 에너지 절약과 자원절약을 동시에 달성할 수 있게 된다.