

전기로 제강 제품군에 대한 전과정평가

정재수, 이상용, 김규형, 이진모

(아주대학교 환경·도시공학부)

Life Cycle Assessment for Electric Arc Furnace Steel Products

Jae-Soo Jung, Kyou-Hyung Kim, Kun-Mo Lee

(School of Environmental & Urban System Engineering, Ajou University)

ABSTRACT

Life Cycle Assessment has been conducted from raw material acquisition to manufacturing for Electric Arc Furnace Steel products manufactured in Korea. The product category under investigation included steel sections, round bars, deformed bars and rails. Two or three major manufacturing companies were chosen for each product category in establishing life cycle inventory database. Eco-indicator for each product category was calculated based on the life cycle analysis results. The eco-indicators of steel sections, round bars, deformed bars and rails were $5.05E-05$, $1.22E-04$, $5.36E-04$ and $4.25E-05$ respectively - environmental impact caused by round bars is approximately 2.4 times greater than by steel sections. The main impact category for the most products is global warming in accordance with the result of LCA. Therefore, CO₂ analysis was conducted to identify the most contributing activity to global warming category.

Key Words : LCA, Electric Arc Furnace Steel Products, Life-Cycle Inventory Database, Eco-indicator, CO₂ Analysis

요 약 문

국내에서 생산되는 전기로 제강 제품군에 대해 원료채취부터 제품생산까지에 대한 전과정평가를 수행하였다. 대상제품군은 형강, 봉강, 철근, 레일이다. 각 대상제품군별 국내생산량이 가장 큰 업체 2-3곳을 선정하여 전과정목록 데이터베이스를 구축하였다. 또한 전과정목록 분석결과를 토대로 대상제품군별 환경영향평가지수를 산출하였다. 환경영향평가지수는 형강, 봉강, 철근, 레일이 각각 $5.05E-05$, $1.22E-04$, $5.36E-04$, $4.25E-05$ 으로, 봉강의 환경영향이 형강에 비해 약 2.4배가량 높다. 대체적으로 지구온난화 범주에 미치는 환경영향이 매우 큰 것으로 조사되었으며, 원인을 찾기 위해 제품 생산 단계를 세분하여 CO₂ 분석을 수행하였다.

주제어: 전과정평가, 전기로 제강 제품, 전과정목록 데이터베이스, 환경영향평가지수, CO₂분석

1. 서 론

제품과 서비스의 환경성을 평가하는 환경성평가기법은 환경경영표준화분야의 궁극적인 목표로 인식되고 있다. 선진국에서는 이미 이를 산업계에 적용하여 제품의 환경성을 평가하는데 활용하고 있는 실정이나 국

내에서는 아직 연구단계에 머물러 있다. 또한 환경성을 제품개발에 통합시키는 국제기준이 제정될 예정이어서 우리의 산업구조를 감안한 환경성평가기법의 개발과 적용에 대한 실험적인 방안과 산업별 LCI 데이터베이스 구축이 절실히 요구되는 실정이다.

이 연구의 목적은 국내 산업현황을 반영한 LCI 데이터베이스 구축의 일환으로 전기로 제강 제품군에

대한 LCI 데이터 베이스를 구축하고 전과정영향평가를 수행하여 환경영향평가지수를 도출하는 것이다.

2. 대상제품 및 업체 선정

철강산업은 철강의 제조 및 이를 가공 처리하여 각종 철강재를 생산하는 산업이다. 대표적인 기간산업임과 동시에 막대한 건설비를 요하는 장치산업이기도 하다. 철강제조방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 일관제철공법이다. 일관제철소는 한 제철소 내에서 제선 및 제강, 압연의 3개 공정을 통하여 철강재를 생산하는 종합제철소를 말한다. 국내에서는 포항종합제철(POSCO)이 이에 해당된다. 두 번째로는 수거되어진 고철을 주원료로 전기로에서 전기의 아크열로 이를 녹여 제강한 후 압연공정에서 재가열/압연의 공정을 거쳐 제강제품을 생산하는 전기로 제강공법이 있다.³⁾⁴⁾ 전기로 제강은 일관제철방식에 비해 소규모로 경제적 생산이 가능하다. 또한 단위 생산 규모 당 설비투자비가 낮고 다품종 소량생산체제에 적합한 장점이 있다. 국내 전기로 제강공법에 의하여 생산되어지는 강제품은 강재의 1차가공방법에 따라 크게 압연강재류(형강, 레일, 철근, 봉강, 신재) 및 단강품, 주강품으로 분류한다. Fig. 1에 전기로 제강 제품군의 종류를 나타내었다.

분류된 제품 중 신재, 주강품 및 단강품인 경우 다 제품에 비하여 생산량이 매우 적고 그 생산기술이 다양하여 이들을 대상제품에서 제외하였다. 이 연구에서는 형강, 레일, 철근 및 봉강등 네 가지 전기로 제강 제품을 연구대상으로 선정하였다. 연구대상 기업선정은 형강류(형강, 레일) 및 봉강류(봉강, 철근) 제품군에 대해서 INI Steel(주), 동국제강(주), 한국철강(주), 환영철강(주), 및 기아특수강(주)등을 대상기업으로 선정하였으며 이들은 각각 국내 해당 제품 생산량의 약 70~80%를 차지하고 있다.⁵⁾

따라서 국내 전기로 제강업체의 생산기술 및 공정에 대한 자료를 조사하고 국내 생산기술과 동일한 공정에 대한 외국의 전과정평가자료⁶⁾를 참조하여 전기로 제강 제품의 목록분석 결과를 도출하였다.

3. 목표 및 범위 정의

3.1 목표

국내에서 생산되는 전기로 제강 제품군에 대해 원료물질취득에서부터 제품제조까지에 대한 전과정평가를 수행하고 환경영향평가지수를 도출하는 것이 이 연구의 목표이다. 여기서 도출된 전과정목록분석 결과는 국내 생산 현황이 반영된 국가 평균 LCI 데이터베이스가 되며 제품전과정의 환경성을 평가하려는 정부기관, 기업 및 소비자 등이 사용 가능하다.

3.2 범위정의

3.2.1. 기능, 기능단위 및 참고흐름

각 대상제품의 기능, 기능단위 및 참고흐름을 Table 1에 나타내었다. 각 대상제품의 참고흐름(reference flow)은 계산의 편의성 및 도출된 전과정 목록분석 결과의 이용을 쉽게 하기 위하여 기능단위와 동일하게 각 대상제품별 1Kg으로 설정하였다.

3.2.2. 시스템경계

시스템경계와 관련된 사항을 아래에 정의하였다.

- 자연계 흐름으로서 투입물/배출물:

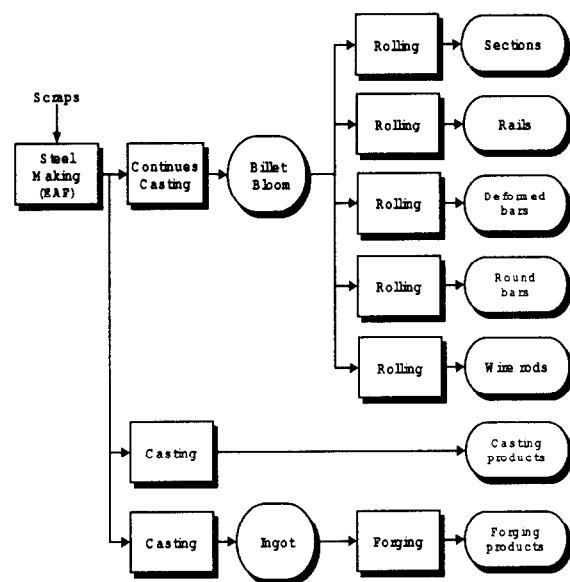


Fig. 1 Classification for EAF steel making products

Table 1. Function and Functional Unit of each Product Category

Product	Function	Functional unit
Sections	frame for building part for ship, vehicles or pylon	1Kg of section
Round Bars	part for machinery part for ship, vehicles bolt and nut	1Kg of round bar
Deformed Bars	building material	1Kg of deformed bar
Rails	rail for train or elevator rail connection	1Kg of rails

이 연구에서는 선정된 대상제품의 전과정 중 원료의 취득에서부터 대상제품 제조공정까지(cradle to gate: CtG)를 시스템경계로 정의하였다. 정의된 시스템 경계에서 조사되는 투입물 및 배출물은 자연계흐름(elementary flow)을 대상으로 하였다.

- 의사결정기준(decision criteria) :

각 대상제품 1Kg을 생산하기 위한 원료취득부터 제품생산까지 대표적이고 일반적인 공정들 및 이와 관련된 투입물/배출물을 대상으로 하였다.

- 전과정의 단계나 공정 혹은 데이터요구의 생략

연구목표에 비추어 전과정의 단계중 사용 및 폐기 단계를 제외한 CtG에 대해 연구를 수행하였다. 단위 공정 중 제품생산공정과 직접관련이 없는 것으로 판단되는 제품출하 시의 검수 등은 제외하였다.

- 할당의 결정:

이 연구에서 기본적으로 사용된 할당기준은 물리적 인과관계이다. 물리적 인과관계를 설정하기 불가능한 경우에는 무게기준을 적용하게 된다. 다른 제품의 전과정과 연결되는 경우에 cut-off할당방법⁸⁾을 사용한다.

3.2.3. 데이터범주

데이터범주는 크게 에너지, 천연자원, 대기 배출물, 수계 배출물, 폐기물 및 방사능폐기물로 분류하였다.

데이터값은 inflow not traced back to the cradle, outflow not followed to the grave로 분류하였다.

3.2.4. 초기투입물/배출물의 포함기준

ISO/TR 14049⁹⁾에 제시된 누적무게, 에너지 및 환경관련성 등의 기준을 적용하였다. 즉, 누적무게 99.9%까지의 투입물은 연구범위에 포함시켰으며 에너지 및 유해물질로 규정된 투입물은 투입량에 관계없이 제품시스템에 포함시켰다.

3.2.5 데이터 질 요구사항

- 시간적경계:

생산단계의 데이터는 2001년 1월1일부터 2001년 12월 31일까지 1년간의 데이터를 수집하였다. 기타 데이터는 5년 이내의 데이터사용을 목표로 하였다.

- 지역적경계:

원/부자재의 경우, 각 해당생산지역이며 제품생산의 경우 한국으로 하였다.

- 기술적경계:

대상제품을 생산하는 동일업계에서 범용적으로 사용하여 생산기술을 대표할 수 있는 평균공정의 기술들로 선정하였다. 즉, 현재 국내제품 생산기술의 가중평균을 사용하였다.

데이터 수집시 정확성, 대표성, 완전성, 일관성, 재현성 등을 고려하였다.

4. 전과정목록 분석

4.1.1 공정분석

문헌조사 및 대상업체 현장방문을 통하여 생산공정을 분석하였다. 제조공정은 크게 제강공정과 압연공정으로 이루어지며 각 공정은 다시 세부공정으로 분류된다.

보통강이 아닌 특수강인 봉강에서는 정련과정에서 진공탈가스(Vacuum Degasing)등의 특수설비가 추가 설치되어 고순도 강을 생산한다.

일반적인 전기로 제강 제품 생산공정을 Fig.2에 나

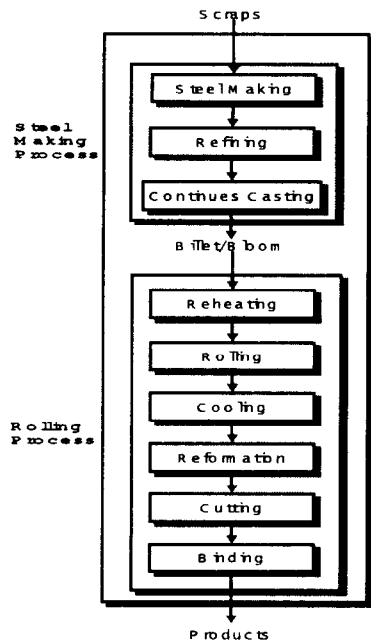


Fig. 2. Manufacturing process for EAF steel making products

타내었다.

4.1.2 단위공정 선정

연구범위를 설정하기 위한 단위공정은 반제품의 외부출하 및 반입으로 인하여 제강공정과 압연공정간의 물질수지균형이 맞지 않고, 동일 공정을 통하여 여러 제품을 생산할 경우 이에 대한 할당을 피하기 위하여 전체 생산 공정을 제강 공정과 압연공정의 두 개의 단위 공정으로 구분하였다. Fig. 3.에 세부 공정 흐름도를 나타내었다.

4.1.3 단위공정별 정량적/정성적 기술

주 원자재로는 주로 고철이 사용된다. 고철도 국내 구입고철, 자가발생고철 및 수입고철로 구분하여 집계하였다. 원자재 및 각 부자재에 대한 사용량, 에너지 사용량, 대기/수계 배출물 사용량은 현장데이터(site-specific data)를 사용하였다. 각 부자재에 대한 상위공정의 데이터베이스구성과 조사가 불가능한 CO₂ 배출량 계산은 아래와 같이 수행하였다.

- 고철: 제강공정의 주원료인 고철은 제강공정으로 운송되기 전 핸들링과정(고철의 수거, 선별, 파쇄, 운송등 재활용과정)을 거친다. 하지만 고철의 핸들링 관

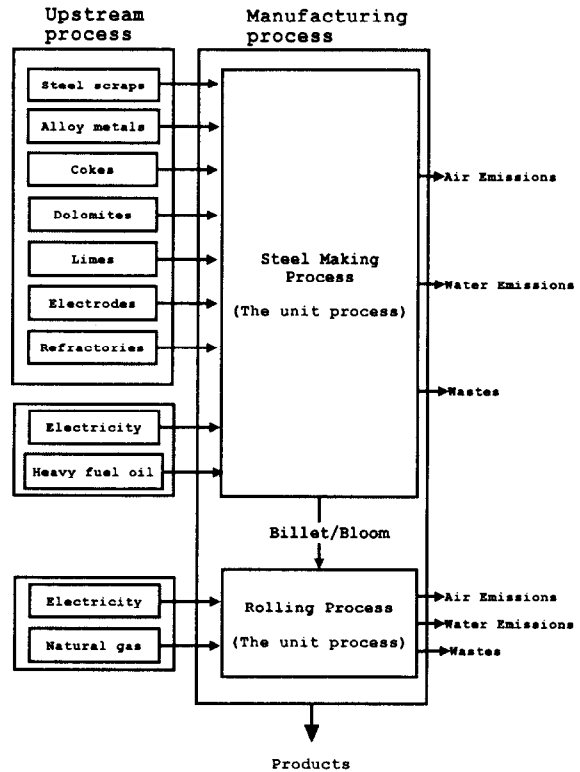


Fig. 3. Process detail diagram for EAF steel making products

련자료가 없고 이를 실제로 조사하기에는 그 작업의 복잡성 및 다양성이 매우 크다. 따라서 고철을 환경부담이 없는 하나의 자원으로서 간주하고 운송에 대한 환경부하만을 계산하였다.

- 합금철: 합금철은 성분에 따라 매우 다양한 종류의 제품이 있으며 전기로 제강공정에서 실리망간(Silicon manganese), 페로 실리콘(Ferrosilicon) 같은 합금철이 주로 사용된다. 합금철의 환경부하는 외국데이터베이스를 적용하여 부하를 계산하였다.

- 생석회: 생석회는 환원성 강재를 만들기 위해 정련 과정에서 투입된다. 전기로 제강공정에서 사용되는 생석회는 여러 가지 생산방식에 의해 제조되어지며 이에 따른 환경부하의 차이가 있다. 이 연구에서는 석회석(line stone)이 소성에 의한 공정에 의해서 생산되는 것으로 가정하고 외국의 데이터베이스를 적용하여 sub process tree를 작성해 그 환경부하를 계산하였다.

- 백운석: 백운석 채취공정의 환경부하는 문헌에 기초하여 그 공정에서의 에너지사용을 계산하였다. 외

국의 데이터베이스와 산자부 한국 평균 전력데이터베이스(1999)를 사용하였다.

- 코크스: 코크스를 생산하는 공정은 일반적으로 석탄을 코크스로 안에 장입하고 노벽에서 1200℃의 온도로 가열한다. 노벽에 가까운 부분부터 용해하기 시작해서 분해하여 휘발분을 발생한다. 이 용융상태에 있는 층의 온도가 더욱 상승해서 고화하여 코크스가 된다. 이 연구에서는 외국의 데이터베이스를 이용, sub process tree를 작성하여 환경부하를 계산하였다.

- 내화물: 내화물의 경우, 대상제품 생산공정에서 그 용도에 따라 30여 종류의 각기 다른 내화물이 쓰인다. 각기 다른 내화물들에 대한 전과정목록 데이터가 부재하였다. 이에 각 내화물의 성분을 분석하고 이를 그 사용량에 따라 누적 평균한 결과 MgO 66%, SiO₂ 13 %, 기타성분 29%로 계산되어졌다. 이때 기타성분을 제외하고 제품생산공정에 사용되어지는 내화물은 MgO 84%, SiO₂ 16%로 구성되어졌다고 가정할 수 있다. 이러한 가정에 근거를 두어 내화물 생산의 상위공정을 마그네슘생산과 규암 생산으로 규정하였으며, 이의 환경부담을 외국 데이터베이스를 적용하여 계산하였다.

- 대기배출물: 전기로 공정에서 발생하는 대기오염물 중 먼지 및 SO_x, NO_x, CO의 발생량에 관하여 기업 내 현장데이터를 사용하였으나 CO₂의 경우 회사 내에서 측정하지 않으므로 문헌을 근거로 이를 정량화하였다. 제강공정에서 CO₂배출은 크게 두 가지 경로로 구분된다. 첫째, 연료유 연소 시 CO₂가 발생한다. 기후변화에 관한 정부간 협의회(Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)에서 발표한 연료 연소 시 CO₂ 배출계산식을 이용하여 배출량을 계산하였다. 둘째, 고철의 용해 및 정련 과정에서 CO₂가 발생한다. IPCC에서 발표한 금속 제조 시 CO₂ 배출계산식을 이용하여 배출량을 계산하였다.

4.2 전과정 목록분석 결과

위의 과정을 통해 각 업체별 대상제품에 대한 목록분석결과를 도출하였다. 동일한 대상제품에 대해 조사된 각 업체별 목록분석결과를 바탕으로 생산량기준 가

중평균값을 구하였고, 이는 해당 제품군의 국내 전과정 목록분석 데이터베이스가 된다. 각 업체별 전과정 목록분석결과는 생산업체의 환경성을 나타내므로 공개되지 않았으며 제품별로 도출된 목록분석 데이터베이스를 공개하고 있다. 목록분석결과는 각 제품별로 주요지표만을 별도 선정하여 Table 2.에 제시하였다.

보통강에 비해 특수강인 봉강은 상대적으로 원료물질사용, 에너지사용량이 많음을 알 수 있고, CO₂ 발생량기준으로 보통강인 경우 420g~470g에 비해 봉강은 720g으로서 약 1.5 배의 수치를 보여주고 있다.

5. 전과정 영향평가

전과정영향평가는 ISO 14040과 14042에서 제시한 바와같이 분류화, 특성화 및 가중치부여단계를 거치고, 특성화와 가중치부여사이에 정규화단계를 두었다.

영향범주는 무생물자원고갈(abiotic resource depletion), 지구온난화(global warming), 오존층고갈(ozone depletion), 광화학산화물생성(photochemical oxidant creation), 산성화(acidification), 부영양화(eutrophication), 생태독성(수계)(eco toxicity to water) 및 인간독성(대기)(human toxicity to air)등 총 8개를 고려하였다. 특성화는 상응인자모형을 이용하여 목록항목의 잠재적인 환경영향을 평가하였다. 이때 특성화인자, 정규화 및 가중치 부여는 한국형 Ecoindicator 방법⁸⁾¹³⁾을 이용하여 수행하였다.

Table 3.에 전기로 제강 제품 생산에 의해 야기된 제품 별 환경지수를 나타내었다. 형강의 환경영향평가

Table 2. Life Cycle Inventory Results

	Sections	Rails	Deformed bars	Round bars
Coal	1.06e+0.2	1.13e+0.2	1.01e+0.2	1.53e+0.2
Line stone	3.18e+0.2	3.12e+0.2	3.60e+0.2	6.06e+0.2
Dolomite	5.71e+0.2	1.17e+0.2	8.17e+0.2	9.18e+0.2
Crude oil	5.39e+0.2	7.47e+0.2	4.17e+0.2	9.48e+0.2
CO ₂	4.76e+0.2	4.18e+0.2	4.38e+0.2	7.21e+0.2

Table 3. Eco-indicator for the electric arc furnace steel products

Impact Category	Sections	Round bars	Deformed bars	Rails
Abiotic resource deletion	6.38E-06	1.15E-05	1.90E-05	7.25E-06
Global Warming	2.08E-05	3.14E-05	1.91E-05	1.84E-05
Ozone depletion	2.36E-18	1.91E-07	8.08E-11	2.56E-11
Photochemical oxidant creation	2.71E-07	1.62E-07	2.19E-07	1.28E-07
Acidification	1.06E-05	2.18E-05	9.13E-07	9.67E-06
Eutrophication	5.15E-06	1.28E-05	4.31E-06	3.95E-06
Eco-toxicity to water	7.27E-06	4.45E-05	1.82E-06	3.08E-06
Human toxicity to air	1.14E-09	1.51E-09	9.57E-10	1.66E-09
Total (Eco-indicator)	5.05E-05	1.22E-04	5.36E-04	4.25E-05

지수는 5.05E-05으로 계산되었다. 가중치가 부여된 환경영향을 기준으로 하여 형강이 환경에 미치는 영향은 지구온난화(41.14%), 산성화(20.96%), 생태독성(14.39%), 무생물자원고갈(12.63%), 부영양화(10.2%), 광화학산화물생성(0.54%), 오존층고갈(0.05%) 및 인간독성(0.00%)의 순으로 나타났다. 지구온난화범주가 전체환경영향에 미치는 기여도가 큰 이유는 에너지 사용에 따른 CO₂에서 기인한 것으로 나타났다.

봉강의 환경영향평가지수는 1.22E-04으로 계산되었다. 가중치가 부여된 환경영향을 기준으로 하여 봉강이 환경에 미치는 영향은 생태독성(36.38%), 지구온난화(25.67%), 산성화(17.82%), 부영양화(10.48%), 무생물자원고갈(9.37%), 오존층고갈(0.16%), 광화학산화물생성(0.13%) 및 인간독성(0.00%)의 순으로 나타났다. 생태독성 및 지구온난화범주가 전체환경영향에 미치는 기여도가 큰 이유는 공정에서 배출되는 Cd(aq) 및 에너지 사용에 따른 CO₂에서 기인한 것으로 나타났다.

철근의 환경영향평가지수는 5.36E-05으로 계산되었다. 가중치가 부여된 환경영향을 기준으로 하여 철근이 환경에 미치는 영향은 지구온난화(35.68%), 무생물자원고갈(35.49%), 산성화(17.03%), 부영양화(8.04%), 생태독성(3.39%), 광화학산화물생성(0.41%), 인간독성(0.00%) 및 오존층고갈(0.00%)순으로 나타났다. 지구온난화범주와 무생물자원고갈범주가 전체환경영향에 차지하는 비율이 높은 이유는 제조공정에서 사용한 에너지에서 기인한 coal(r), natural gas(r), CO₂등의 목록항목 때문이다.

레일의 환경영향평가지수는 4.259E-05로 계산되었다. 가중치가 부여된 환경영향을 기준으로 하여 레일이 환경에 미치는 영향은 지구온난화(43.26%), 산성화(22.75%), 무생물자원고갈(17.05%), 부영양화(9.28%), 생태독성(7.24%), 광화학산화물생성(0.3%), 인간독성(0.00%) 및 오존층고갈(0.00%)순으로 나타났다. 지구온난화범주가 전체환경영향에 차지하는 비율이 높은 이유는 마찬가지로 제조공정에서 사용한 에너지에 기인한 Coal(r), natural gas(r), CO₂등의 목록항목 때문이다.

6. 제품 세부 공정별 CO₂ 분석

이상의 각 제품별 환경영향을 분석한 결과 전기로 제강 제품은 대체적으로 지구온난화범주에 미치는 환경영향이 큰 것으로 조사되어 각 제품 세부공정별 CO₂분석을 통한 공정개선을 위한 주요환경개선 이슈를 찾고자한다. 이 연구에서는 전과정 목록분석 결과에서 밝혀졌듯이 보통강인 형강, 레일, 철근의 CO₂량은 거의 비슷한 배출량을 보인 반면 봉강은 상대적으로 높았다. 따라서 보통강 중 대표적으로 가장 많이 쓰이고 있는 철근과 특수강인 봉강을 선택하여 비교 분석하였다. Table 4에 L사의 철근 생산에 대한 공정 CO₂ 분석결과를 나타내었으며, Table 5에서 M사의 봉강 생산에 대한 공정 CO₂ 분석 결과를 세부공정별로 구분하여 나타내었다.

6.1 철근 생산공정

Table 4. Results of CO₂ Analysis on Deformed Bar Manufacturing in L Company

		CO ₂ Emission		
		g/fu	%	
Material upstream process		71	15	15
Steel making process	Electricity	222	47	58
	Refining	51	11	
Rolling process	Electricity	46	10	27
	Combustion	78	17	
Total		468	100	100

Table 5. Results of CO₂ Analysis on Round Bar Manufacturing in M Company

		CO ₂ Emission		
		g/fu	%	
Material upstream process		66	8	8
Steel making process	Electricity	387	47	60
	Refining	91	11	
	Combustion	18	2	
Rolling process	Electricity	78	9	32
	Combustion	189	23	
Total		829	100	100

철근 생산공정의 CO₂분석결과는 상위공정, 제강공정, 압연공정으로 분류하였으며 functional unit당 CO₂배출량은 제강공정에서 58%, 압연공정에서 27%, 상위공정에서 15%순으로 차지하고 있다. 제강공정에서 배출량이 많은 이유는 전기로에 의한 전력 사용량이 주 요인이며 압연공정에서 사용하는 천연가스의 연료연소에 의한 배출량이 그 다음으로 배출량이 많은 것으로 분석되었다.

6.2 봉강 생산 공정

봉강 생산공정의 CO₂ 분석 결과는 마찬가지로 상위공정, 제강공정, 압연공정으로 분류하였으며 특히 제강공정은 철근공정과 달리 고철 예열을 위한 연료연소 세부 공정이 추가되었다. functional unit당 CO₂배출량은 제강공정에서 60%, 압연공정에서 32%, 상위공정이 8%순으로 차지하고 있다. 제강공정에서 배출량

이 많은 이유는 철근과 마찬가지로 전기로에 의한 전력사용량이며 또한 고철 예열을 위해 별도의 연료연소 추가가 원인이 되고 있다.

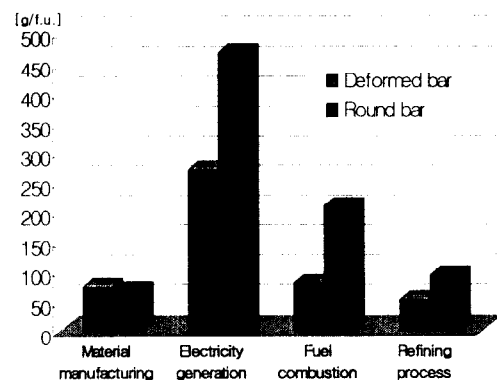
6.3 비교분석

철근 및 봉강 생산에 의해 발생하는 CO₂ 배출량 비교 그래프를 Fig. 4에 나타내었다.

상위공정에서는 철근이 약간 많이 배출한 것으로 보이며 제강 및 압연공정에서 사용되는 전력 생산에서는 봉강의 경우 철근에 비해 약 1.5배의 배출량을 보이고 있다. 이는 특수강의 경우 보통강에 비해 순도의 높은 제품을 생산하기 위해 전기로에서 많은 전력소모가 필요한 것으로 분석되며 이에 대한 적정 전력사용을 위한 최적화기술이 필요한 것으로 판단된다. 연료연소에 의한 CO₂ 배출량 또한 철근에 비해 약 2배로서 많은 차이를 보이고 있다. 그 이유는 제강공정에서 봉강의 경우 고철의 예열을 위해 별도의 연료연소가 추가되고 있는 것으로 조사되었다. 정련 공정에서도 봉강이 철근에 비해 약 2 배의 CO₂ 배출량을 나타내고 있다. 그 이유는 특수강인 봉강의 경우 고순도의 강을 생산하기 위해 비교적 오랜 시간동안 에너지를 소비하고 있기 때문인 것으로 조사되었다.

7. 결 론

전기로 제강 제품 중 형강, 봉강, 철근, 레일에 대한 전과정평가를 수행하고, 환경영향평가지수를 산출

Fig. 4. Comparative graph on CO₂ emission

하였다. 형강, 봉강, 철근 및 레일에 대한 환경영향평가지수는 각각 5.05E-05, 1.22E-04, 5.36E-04, 4.25E-05이다. 봉강의 환경영향이 형강, 철근 및 레일에 비하여 약 2~2.5배 높은 것으로 나타났다. 이는 고순도의 강을 생산해야 하는 봉강의 제조공정 상 특성에서 기인한다.

각 제품에 대한 환경영향을 분석한 결과 공통적으로 지구온난화 범주에 많은 기여를 하고 있는 것으로 나타났다. 지구온난화 범주 관련 파라미터를 조사한 결과, CO₂의 기여도가 가장 큰 것으로 나타났다. 각 제품 별 CO₂ 발생량을 살펴보면, 보통강인 형강, 레일, 철근이 각각 476g/fu, 418g/fu, 438g/fu인 반면, 특수강인 봉강은 720g/fu의 많은 CO₂를 배출한다. 공정을 세분화하여 분석한 결과, 제강 공정에서의 전력 소비 및 압연공정의 연료유 연소에 의해 다량의 CO₂가 발생되는 것으로 조사되었다. 봉강 생산 시 상대적으로 많은 CO₂가 발생되는 이유는 제품 특성상 좀더 많은 세부 공정을 거치고 이에 따라 제조 시간이 길어져 그만큼 많은 전력 및 연료를 사용하기 때문인 것으로 조사되었다.

사 사

이 연구를 수행하는데 있어서 재정적 지원은 산업자원부의 청정생산 기술사업에 의해 제공되었다.

참고문헌

- 1) 이진모, 허택, 김승도, 환경전과정평가(LCA)의 이론과 지침, 초판, 한국품질환경인정협회
- 2) ISO 14042, Environmental management- Life cycle assessment- Life cycle impact assessment, 2000
- 3) 한국철강협회, 2000년도 철강생산능력, 한국철강협회, 2001
- 4) 배정운, 기초철강지식, 한국철강신문, 1996
- 5) 한국철강협회, 철강제품가이드북, 한국철강협회, 1999
- 6) International Iron and Steel Institute Technical Report, Worldwide LCI Database for Steel Industry Products, International Iron and Steel Institute, April, 1998
- 7) Intergovernmental Panel on Climate Change, Revised 1996 IPCC Guidelines for National

- Greenhouses Gas Inventories(volume 3)-Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, 1997
- 8) 허영채, 서상원, 하상선, 이진모, 한국형 환경영향 평가 지수 방법을 위한 국내 정규화 기준값의 산정, 한국전과정평가 학회지, 1999
- 9) ISO/TR 14049, Environmental management- Life cycle assessment-Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis, 2000
- 10) ISO 14040, Environmental management- Life cycle assessment-principle and frame work, 1997
- 11) ISO 14041, Environmental management- Life cycle assessment-Goal and scope definition and inventory analysis, 1998
- 12) CIT Ekologik, LCA inventory tool 4.0, Schalmers Industriteknik, sweden, 2001
- 13) Kun-Mo Lee, A weighting Method for the Korea Eco-Indicator, The International Journal of LCA, 4(3), 1999
- 14) 한국철강협회 홈페이지, <http://www.kosa.or.kr>, 2002
- 15) 해양수산부 국립해양조사원, 해상거리표(행정간행물 등록번호 43800-91660-77-9410), 해양수산부, 1998
- 16) 박필주, 허영채, 이진모, 동제품군에 대한 전과정평가, 대한환경공학회지, 24(2), pp.195~205, 2002