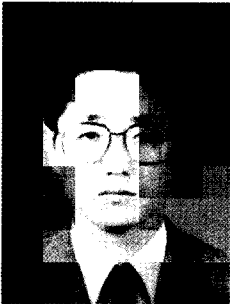


환경과 재료기술



김성준

(KIMM 재료기술연구부)

- '76 - '80 서울대학교 금속공학과(학사)
- '80 - '82 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- '85 - '90 미국 Univ. of Illinois at Urbana-Champaign 금속공학과(박사)
- '94 - '95 일본금속재료기술연구소 STA Fellow
- '82 - 현재 한국기계연구원 책임연구원



하재우

(KIMM 연구기획실)

- '87 - '90 경상대학교 산업공학과(학사)
- '91 - '93 부산대학교 산업공학과(석사)
- '93 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 환경재료기술의 탄생과 배경

금속재료를 비롯한 무기재료, 고분자재료, 목질재료, 반도체재료, 복합재료 등 여러 가지 재료들은 물질문명의 근본을 이루고 있으며 각종 산업의 기반이 되어 사용되고 있다. 그러나 지구 환경의 관점에서 보면 이들 재료들은 제조시 발생하는 환경 유해물질, 폐기시의 분해 곤란성, 폐기처리의 분별 곤란성, 자원의 고갈, 요소분리의 불가능으로 야기되는 재이용의 곤란성 등으로 많은 악영향을 끼치고 있다. 과거, 지구 환경문제는 개개로 발생한 문제마다에 대응, 그때마다 대책기술을 개발하여 왔다. 그러나, 배연처리와 배수처리 등 발생한 폐기물을 생산 후에 처리하는 말단처리기술과 환경정화 기술은 경제적 부담과 에너지 소비가 커서 또 다른 공해를 일으키는 요인이 되며 환경문제에 대한 근본적인 해결책이 될 수는 없다.

환경문제를 근본부터 해결하기 위해서는 재료 연구에 대해 새로운 개념의 구축이 필요하며, 그것은 재료를 개발하는 시점에서 지구환경과 관련 제조와 사용할 때의 환경부담성 및 사용후의 재활용을 염두에 두는 것이다. 즉, 이후의 재료 연구는 환경문제 해결형-예방보전형이 되어야 하며 그것은 재활용·환경과의 융합·환경에의 분해 등이 중점이 되어야 한다.

최근 청정생산(CP: Cleaner Production)이라는 기술이 제안되었다. 이것은 폐기물의 발생 그 자체가 적게 되도록 하는 생산기술을 목표로 하고 생산하면서 환경보전을 달성할 수 있도록 생산 기술과 원료를 바꾸는 일이다. 앞으로 재료 연구

의 자세는 바로 재료에 대한 청정생산기술의 개발이라고도 말할 수 있으므로 이 방향으로의 재료연구를 할 시기가 온 것이다.

이와 같이 재료에 관한 연구는 환경을 염두해야 하는 방향으로 유도되어지고 있다. 그리고 환경을 고려한 재료기술의 연구·개발 필요성은 다음의 이유에서도 유추할 수 있다. 재료는 모든 생산활동의 가장 기초가 되는 소재 즉 원자재를 제공하고 있으며, 그 소재는 지구자원을 직접적으로 훼손·소비해야만 획득되어지고, 또한 폐기되는 물질의 최소단위는 결국 소재기술의 관점으로 되돌아가기에 환경의 오염문제를 해결하고 보존을 위해서는 일명 “환경재료기술”에 관한 연구가 심도있게 진행되어질 필요가 있다.

이러한 환경재료기술의 필요성과 탄생의 배경은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1.1 증대하는 생산과 소비

인간은 사회에서 유용하다고 생각되는 자원과 에너지를 도입하여 활동권을 넓혀 왔다. 현재의 지구인은 원시시대에 비해 약 1,000배의 에너지를 소비한다. 에너지 소비량은 산업혁명 이후 엄청나게 증가하였고, 특히 1960년대 이후 급속한 증가를 보이고 있다. 최근 선진공업국에서는 에너지 절약을 도모하기 위하여 에너지 효율개선을 추진하고 있으며 그 결과 1973년부터 1987년 사이에 제조업의 에너지 원단위는 미국이 33%, 유럽이 29%로 감소해 왔다(에너지 효율을 측정하는 척도로서 에너지 원단위가 사용되며 국내 총생산당의 에너지 소비량으로서 정의된다). 이와 같이 에너지 효율의 개선에 따라 선진국에서는 에너지 절약의 노력이 진행되어 오고 있지만, 그래도 1차 에너지 소비량은 증가하고 있고 개발도상국을 포함한 세계 전체의 에너지 소비량은 증가할 뿐이다.

사회의 기본적 구성요소인 금속재료의 사용은 청동기시대까지 거슬러 올라가지만 다양한 금속

의 사용은 산업혁명이 시작된 1800년대 후반부터이다. 특히, 1960년대부터는 사용되는 금속의 종류와 양이 가속도적으로 증가하고 있으며 1인당 사용량도 증가하고 있다. 이것은 금속자원의 사용량 증가가 인구증가만에 의한 것이 아니라, 현대사회가 목표로 하는 생활의 질 향상, 그것을 위한 대량생산, 대량소비라고 하는 성격이 원인이 된 것으로 보여진다. 세계는 선진공업국만으로 구성되어 있는 것이 아니다. 세계에는 빈곤에서 벗어나려고 노력하고 있는 많은 발전도상국이 있다. 이들 나라들을 포함하여 미래의 인류가 현재의 선진공업국과 같은 자원, 에너지 소비구조를 취한다면 세계 전체에서 소비되는 자원과 에너지량은 엄청날 것이다.

1.2 증대하는 지구환경에의 부담

에너지 효율의 향상을 목표로 하는 기술개발도 실행되었지만 현대 사회는 자원, 에너지를 대량으로 생산하고 대량으로 소비하고 있다. 세계의 1차 에너지를 생산하기 위해 소비된 화석연료에 의한 이산화탄소의 추이를 살펴보면 현재 매년 약 200억톤의 이산화탄소가 배출되고 있다고 추정된다. 지구온난화에 기여한다고 보여지는 이산화탄소의 발생원은 다양하지만 그 8할 정도가 화석연료의 연소에 의한다고 한다. 1700년대부터의 대기중의 이산화탄소 농도의 매년 변화를 조사해 보면 1800년대 후반의 산업혁명 이후부터 농도가 가속적으로 증가해 오고 있으며 에너지의 소비와 금속자원의 소비경향과 거의 일치하고 있다. 한편 매년 발생하는 이산화탄소의 약 40%는 지구생태계가 자연적으로 처리할 수 있는 양이고 나머지 60%는 지구 대기에 축적되면서 온실효과를 일으키는 것으로 알려져 있다.

지구생태계가 자연적으로 처리한다는 40%의 대부분은 바다로 녹아들어가는 양이다. 나무가 많은 지구 열대우림에서 탄소동화작용으로 상당량의 이산화탄소를 소화해줄 것 같지만 의외로

이 양은 적은 것으로 알려져 있다. 지구 열대림이 파괴되면서 토양이 노출돼 이제까지 축적되어 왔던 토양유기물이 미생물에 의해 분해돼 오히려 이산화탄소를 발생시키고 있다는 것이다.

일본의 1990년도 이산화탄소 배출량의 내역을 보면 배출 총량은 316MtC(탄소환산 100만톤)으로, 이중 292MtC가 에너지로서 소비되고 있으며 산업부문이 약 반정도, 가정이나 업무를 포함하는 민생부문이 약 23%, 자동차에 의한 기여가 약 9할을 점하는 운수부문이 약 19%를 차지하고 있고 산업별로 보면 전력, 철강, 화학공업에서의 이산화탄소의 배출량이 다른 것에 비해 아주 크다.

자원의 생산과 소비가 대량으로 되면, 그것에 따라 폐기되는 양도 대량화될 것임을 쉽게 상상할 수 있다. 일본의 산업폐기물 추이를 보면 1985년의 산업폐기물의 배출량은 3억 1227만톤

으로, 가정쓰레기 배출량의 7배이다. 산업폐기물의 내역은 오니(36.1%), 가축분뇨(20.0%), 건축폐재(15.7%), 강철(13.3%)의 순이다. 산업폐기물은 2000년에 1985년의 1.9배로 증대할 것으로 예상되고, 한편으로 산업폐기물 최종처분장의 잔여용량은 극히 희박하다. 그러므로, 감량화·재자원화가 과제이고, 회수·재이용을 담당하는 산업의 육성이 필요하다.

또한 표 1에서 보는 바와 같이 독성물질 배출 관련 주요 산업원은 양적순서로 화학물질, 기초금속, 종이, 운송, 합성가공금속, 플라스틱, 전기, 석유, 식품, 가구, 직물, 기계, 인쇄, 가죽, 사진, 석재/점토 순이다. 환경재료기술의 직접적인 연구의 대상이 기초금속·합성가공금속 등이 화학물질산업 다음으로 상당히 많은 독성물질을 배출시키며 대기·지표수·토양·지하 등을 오염시키고 있는 것으로 분석되어지고 있다. 따라서 재료기술이 환경보존과 개선에 기여해야 할 역할이 많음을 시사하고 있다.

표 1. 산업별 독성물질 배출량

산 업	총배출 및 잔이(Million lbs)
음식물	67.80
담배	1.49
직물	46.08
의류	2.06
원목	37.82
가구	65.37
종이	313.25
인쇄	60.92
화학약품	2745.77
석유	194.50
플라스틱	194.50
가죽	24.86
석재/점토	47.49
1차금속	756.81
합금	207.84
기계류	74.92
전기제품	145.76
운송	245.32
측정/광학	69.54
혼합제품	38.89

1.3 유한한 자원

대량생산, 대량소비의 사회는 자원, 에너지가 무한히 존재하고 무제한으로 배출가능하다는 것을 전제조건으로 성립한다. 현대 사회의 생산, 소비구조가 앞으로도 계속된다고 할 때 세계의 자원수명은 어느 정도일까. 현재, 우리나라 수입액의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 석유에 대해서 살펴 보면 가채년수는 약 30년~50년 전후로 추이되고 있으며 석유의 최종 가채저장량은 2조 barrel로 보는 것이 일반적인 견해이다.

에너지 자원을 대량으로 소비하는 산업의 하나인 발전 플랜트에서도 사용하는 연료에 변화가 일어나고 있다. 석유위기 이후 1977년에 국제에너지기관(IEA)이 base load용 석유전소 화력발전소의 신설을 원칙적으로 금지한 이후 천연가스와 석탄을 연료로 하는 발전 플랜트가 주로 건설되고 있다. 이는 천연가스를 이용할 경우 지

표 2. 주요 금속자원의 생산, 소비 및 매장량과 내구년수

	생 산 량 (1,000ton)	소 비 량 (1,000ton)	세계매장량 (1,000ton)	세계매장량 내구년수(년)
알루미늄	109,118	17,878	21,800,000	200
구리	8,814	10,773	321,000	36
납	3,367	5,545	70,000	21
수은	6	6	130	22
니켈	937	843	48,988	52
주석	219	230	5,920	27
아연	7,325	6,972	144,000	20
철광석	864,370	924,669	151,000,000	175

표 3. 금속 등의 물질을 폐기한 경우의 문제점과 그 대책

물 질		폐기한 경우의 문제점		대책의 기본자세
금 속	지표에 적은것 (Hg, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd, As)	고농도	생태계에 피해, 악영향을 일으킴	사용제한, 완전 Closed화
		저농도		분리농축
	지표에 많은것 (Fe, Ca, Al, Mg, Mn)	고농도	집중폐기되면 피해를 일으킴	회수 재이용
		저농도	생태계의 악영향은 적음	토지환원(매립)
비 금속 (P, F, Cl, I, S, Si)		지표에 적음	생태계에 피해, 악영향을 일으킴	Closed화
		지표에 많은	생태계의 악영향은 적음	파쇄 재이용 토지환원

구은난화에 절대적인 영향을 끼치는 이산화탄소의 발생량이 석탄이나 석유를 사용할 때에 비해 20 - 40% 적게 발생하기 때문이다.

다음으로 금속자원을 살펴보면 주요한 금속의 대부분이 현재의 생산, 소비구조를 변화시킬 수 없는 한 100년 이하의 수명이고, 세계 매장량 내구지수가 수 10년밖에 안되는 것도 있다. 현재와 같은 형태로 소비를 유지하면 생활의 향상에 의한 생산 소비의 증가와 인구의 폭발적 증가로 자원이 반드시 고갈될 것이다. 표 2는 중요 금속 자원의 생산, 소비 및 매장량과 내구년수를 나타낸 것으로 알루미늄과 철강을 제외한 대부분의 금속은 향후 50년 이내에 고갈될 것으로 전망되고 있어 이에 대한 대비가 시급하다.

1.4 재활용의 필요성

우리나라는 국토면적이 좁고 또 인구가 많은

한편 금속광물 등 자원량의 절대량이 부족함으로 유용한 자원은 거의 수입에 의존하고 있다. 일본도 우리나라와 비슷한 환경이어서 광물 자원과 화석연료의 수입량은 세계의 생산량중 상당히 많은 부분을 차지하고 있다. 예를 들면 철광석의 수입량은 세계의 생산량의 18.0%, 동광 15.5%, 아연광 8.5%, 크롬 8.2%, 몰리브덴광 18.6%, 원유 6.0%등으로 되어 있다. 이 결과 철강의 경우 연간 생산량의 약 10배인 10억톤이 국내에 비축되어 노폐 스크랩 발생량도 함께 증가하게 되었다.

표 3은 금속등의 물질을 폐기할 경우 환경에 미치는 문제점을 정리한 것인데 생태계에 피해와 악영향을 주는 금속과 비금속 물질이 많은 것을 알 수 있다. 그리고 이들 물질은 완전히 closed화 된 상태로 사용·회수·재이용하는 것이 기본이다.

대량생산 대량소비에 따른 대량폐기물의 발

표 4. 광석과 스크랩에서 금속을 제조하는 경우의 에너지 비교

Metal	Energy from ore (10 ⁹ cal/ton)	Energy from scrap (10 ⁹ cal/ton)	Ratio (Es/Eo)(%)
Ti	103.3	8.0	7.7
Al	61.5	3.0	4.9
Ni	36.3	3.8	10.5
Cu	22.8	4.5	19.7
Steel	8.06	3.3	40.9

95% 정도의 에너지를 절약하여 생산할 수 있다. 다른 재료도 재생자원을 사용한 쪽이 소비에너지가 적다. 표 4는 금속을 광석으로부터 제조한 경우에 비해 스크랩으로부터 재생하는 경우 에너지를 절약할 수 있는 정도를 보여주는 것이다.

인간의 경제활동은 자연에서 자원을 채취, 불용물을 자연에 배출하고 있는데, 재활용이 실행되면 자연생태계에의 배출은 줄일 수 있다. 그리고, 재활용은 에너지 절약에도 도움이 된다. 현대의 대량생산, 대량소비, 그리고 대량폐기에 의한 환경부담 증대형의 사회구조를 변화시키는 실마리는 물질의 흐름(material flow) 중에 재활용을 도입하는 것이며 이를 위한 기술개발과 사회정비가 지속가능성장을 위한 사회의 구축을 위해 필요하다. 이와 같은 개념을 그림으로 나타낸 것이 그림 1이다.

2. 환경재료기술의 정의

본 고에서 거론되고 있는 환경재료기술(Green Materials Technology)은 아직 학문적으로 완전히 정립되지 못한 연구분야로서 용어가 사회성을 얻기에 충분하지 못한 실정이다. 그러나, 환경문제가 심각히 대두되면서 재료공학 전반에 걸쳐 환경을 고려한 새로운 연구분야의 개척과 연구의 필요성이 제기되고 있는 것은 사실이다. 즉 재료기술과 관련된 연구에서 재료의 물성향상과 비용효과만을 목적함수로 설정한 연구에서 "환경"이라는 요소를 추가한 연구개발이 진행되어질 필요가 있다. 합금설계시 재료의 재활용과 재생을 고려하거나, 도금·열처리 등 오염물질배출 공정을 청정화 공정으로 대체하거나, 폐기물의 처리기술 등은 재료연구에서 환경을 고려한 연구분야라고 말할 수 있으며, 많은 재료공학 연구가들은 환경문제를 직·간접적인 목표로 하여 연구를 추진하고 있다.

이러한 환경재료기술을 정의한다면 "환경친화적이고 환경개선을 목표로 재료의 합금설계·공

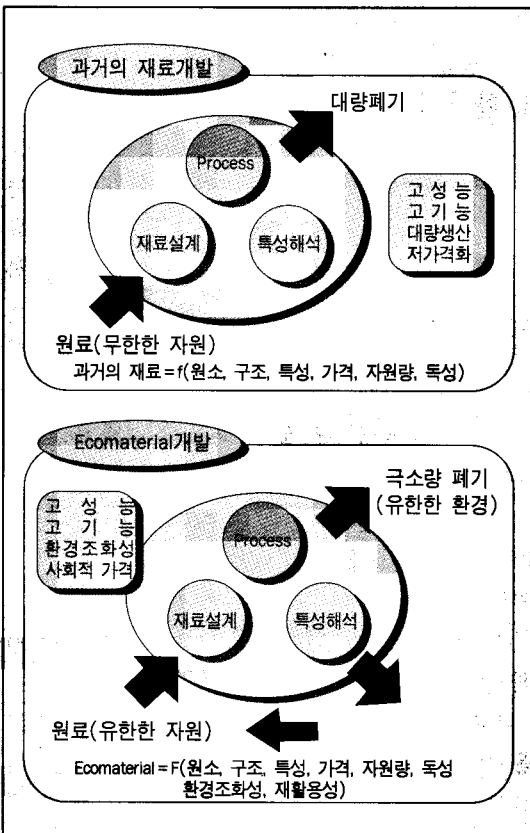
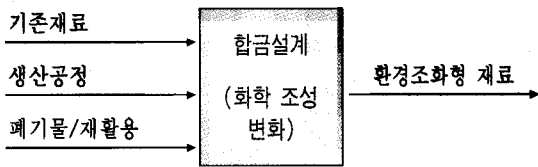


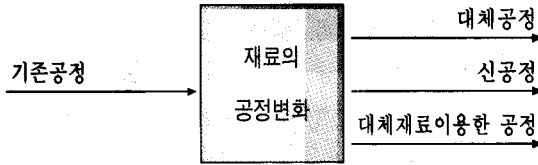
그림 1. 과거의 재료와 환경조화형 재료의 개념 비교

생·자원의 유한성·material stock에 의한 도시 광산화·폐기장의 감소·폐기에 의한 생태계에의 영향 등에서 도출되는 답은 간단하다. 폐기물과 노폐 스크랩의 재이용과 재활용이다. 재생자원을 사용한 경우의 에너지 소비와 환경 부담의 경감 정도를 조사해 보면 알루미늄은 bauxite에서 생산하는 것 보다 scrap을 사용하는 쪽이

1. 환경을 고려한 합금설계⇒환경조화재료



2. 재료공정의 청정기술⇒청정재료공정기술



3. 폐기물 청정처리 및 재활용⇒재활용 기술

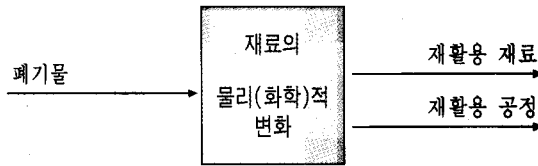


그림 2. 환경재료기술의 3분류

정개발·폐기물처리 분야를 연구하는 재료공학 차원의 환경기술"이라고 할 수 있다.

여기서 "환경친화적"이라는 의미는 환경에의 부담과 오염 요소를 미리 예측하여 환경오염 물질이 발생되기 이전에 근원적으로 해결하려는 사전적 환경보존기술을 의미한다. 따라서 환경친화적인 재료합금 설계란 완전 재활용이 가능한 합금의 설계, 자원의 투입을 최소화하는 합금설계, 그리고 에너지 사용을 최소화하는 고효율화 합금의 연구 등을 말할 수 있다. 환경친화적인 재료공정개발 측면에서는 소재 및 부품의 가공·성형공정에서 발생하는 환경오염과 폐기물을 최소화하거나 청정공정으로 대체하기 위한 청정공정 기술을 말한다. 폐기물 처리 측면에서는 폐기물질이 최소화하거나, 재활용의 고효율화 기술 등을 말한다. 이들을 도식적으로 정리한 것이 그림 2에 나타나 있다.

"환경개선"은 사후적 환경기술로서 기존의 공정중 오염물질의 배출이 불가피한 상황에서 오염물질을 최소화·정화·제거하거나, 폐기물을 청정처리·재활용하는 기술과 환경정화용 재료 개발 등의 연구를 목표로 하는 개념이다.

환경재료기술뿐만 아니라, 환경기술의 연구방향은 환경개선보다는 환경친화적인 사전적 환경보존기술을 지향하고 있으며, 특히 청정생산기술에 대한 많은 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되어지고 있다.

3. 환경재료기술의 연구분야

환경재료 기술의 개발을 위한 연구분야에는 여러 가지가 거론되고 있으나 크게 나누어 재료 및 제품의 환경 부담성을 전주기적으로 평가하는 전과정평가(LCA : Life Cycle Assessment 또는 analysis), 재료의 재활용기술, 저환경부담형 또는 재활용가능 재료의 설계 및 공정기술, 청정생산기술 등을 들 수 있다. 이들중 전과정평가와 저환경부담형 재료의 설계를 목표로 하는 환경조화재료(Environmentally Conscious Materials ; ECOmaterials) 분야에 대한 개념과 연구현황은 이미 "기계와 재료" 1996년 여름호에 상세히 언급한 바 있으므로 여기서는 이들에 관한 최근의 연구동향에 관해서만 간략히 소개하고자 한다.

전과정평가와 완전재활용가능 신소재의 개발을 목표로 하는 환경조화재료 분야의 연구는 일본에서 가장 활발하게 진행되고 있다. 일본의 경우 약 5년 전부터 국책과제로 이 분야 연구를 지원하고 있으며 금년(1998년)으로 1단계 연구를 끝내고 2단계 연구를 위한 연구기획을 준비 중인 것으로 알려지고 있다. 전과정평가에 관한 연구는 금속재료기술연구소의 K. Halada 박사를 중심으로 일본에서 생산되는 거의 모든 합금원소 및 JIS 규격상의 금속소재에 관한 전과정평가 결과를 데이터 베이스 형태로 만들어 필요로 하는 곳에 배포하고 있다. 기업들은 이 결과를 이

용하여 에너지 절약 또는 무공해를 지향하는 방향으로 제조공정을 개선하거나 새로운 환경조화형 합금의 개발을 시도하고 있다.

전과정평가를 이용한 재료설계의 일례로서 분말야금에 의해 제조되는 철계 기계부품 소결재료에 관해 아래에 소개한다. 이것은 1992년 San Francisco에서 열린 분말야금 국제학회에서 발표된 여러 가지 철계 소결합금의 개발 보고를 근거로 사용된 원료분말, 분말 제조방법, 소결 및 열처리 공정으로부터의 각각의 환경부담치(여기서는 CO₂)를 산정한 후 이것을 발표된 재료특성(여기서는 인장강도)과의 관계를 plot한 것이다.

이 종류의 합금의 경우 0.75Cr, 0.85Mo를 포함한 철분말이 세계적으로 이용되고 있고, 그것에 Ni, Cr, Mn 등을 첨가하거나 소결조건을 고온화해서 보다 강도가 높은 합금을 얻으려는 시도가 거듭되고 있다. 그림 3의 CO₂와 인장강도의 관계에 관해서만 말하면, Ni과 Cr을 첨가해서 강도를 올리려는 시도는 CO₂의 발생량 증대를 동시에 가져 오지만 Mn을 첨가하면 CO₂ 발생량을 증대시키지 않고 강도를 올릴 수가 있다.

완전재활용을 목표로 설계중인 새로운 합금은 철강재료를 중심으로 이루어지고 있으며 가장 대표적인 것은 Fe-C-Si-Mn계의 단순조성을 이용하여 고강도 및 고인성을 얻을 뿐 아니라 가공열처리를 이용하여 다양한 물성을 얻을 수 있도록 하는 시도이다. 이 조성은 페라이트, 퍼얼라이트, 오스테나이트, 마르텐사이트, 베이나이트 등의 다양한 조직을 얻을 수 있기 때문에 이들 여러 상들의 분포와 양 등을 조절함으로써 소비자가 요구하는 다양한 물성을 제공할 수 있다.

아울러 사용되는 합금원소들의 환경부담성이 적고 사용후에도 재활용이 매우 쉬워 가장 대표적인 환경조화형 합금이라 할 수 있다. 그리고 에너지 효율을 높임으로써 공해를 줄일 수 있도록 하기 위해 발전소용 페라이트계 내열강의 내구온도를 현재의 600°C급에서 650°C 정도로 상승시키기 위한 합금설계도 활발히 이루어지고

있다. 철강재료뿐 아니라 알루미늄과 티타늄 등도 가공열처리에 의해 여러 가지 상 조절이 가능하므로 이들 합금의 환경조화형 신소재 개발도 시도되고 있다. 이들 합금에서는 주로 컴퓨터를 이용한 상분포의 계산과 기계적 성질의 예측에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 비교적 좋은 결과들이 얻어지고 있다.

4. 결론 : 한국기계연구원의 환경재료기술

한국기계연구원(KIMM)의 환경과 관련된 재료분야의 연구는 선도기술개발(G7) 사업 등을 통하여 오염물질을 제거하는 환경정화재료를 비롯하여, 도금 및 열처리분야의 청정공정기술개발 그리고 쓰레기 소각로 등의 환경설비 성능평가를 수행하여 왔다. 최근에 와서는 LCA, 재활용기술 및 설계를 다루는 환경조화재료(Ecomaterials)에 관한 연구를 기관고유사업으로 추진하고 있다.

이와 같이 KIMM은 오래 전부터 환경적 영향요소를 직·간접적인 목표로 두고 관련된 재료기술 연구를 다 방면에서 수행하여 왔다. 이러한 연구내용을 환경재료기술의 관점에서 보다 체계적으로 정리한 것이 표 5와 같다.

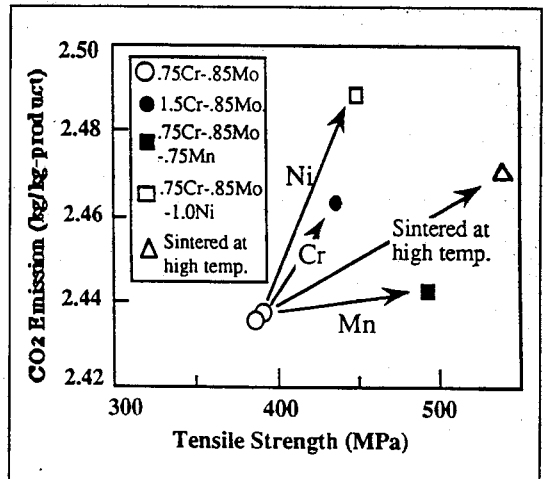


그림 3. 분말소결합금에서 CO₂ 발생량과 인장강도의 관계

앞에서 정의한 환경재료기술의 연구분야를 KIMM의 연구영역과 대입해 보면 크게 합금설계분야의 환경조화재료, 공정개발분야의 청정공정기술, 폐기물처리분야의 재활용기술로 구분할 수 있다. 따라서 한국기계연구원의 환경재료기술은 크게 ①환경조화재료, ②청정공정기술, ③재활용기술을 중심으로 연구개발사업이 운영되어지고 있음을 알 수 있다.

환경조화재료는 과학기술처가 지원하는 기관고유사업으로 '96년 연구기획사업을 필두로 '97년부터 LCA기법, 완전재활용이 가능한 합금설계를 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재는 완전재활용이 가능한 철강 신소재 개발에 관한 연구를 수행하고 있으며, 향후 철강재료뿐만 아니라 알루미늄, 티타늄, 복합재료 등과 같은 비(철)금속분야에서도 완전재활용 개념을 적용시킨 신소재 연구로 확장시켜나갈 계획으로 있다.

청정공정기술은 환경오염이 심한 도금공정을 중심으로 국내에서 확고한 연구개발을 주도해오고 있으며, 또한 열처리 등의 표면처리를 중심으

로 꾸준한 연구가 진행되어 오고 있다. 최근에 와서는 통산부로부터 청정기술개발지원센터로 지정되어 산업체 기술지원과 연구개발의 중심지로서 자리매김을 하고 있다. 현재의 도금·열처리분야 이외에 오염물질을 배출하는 타 공정분야에도 신기술을 응용하여 새로운 공정을 설계하거나 오염배출물질을 처리하는 청정연구를 중심으로 그 연구범위를 확장해 가고 있다.

재활용기술에 관한 연구는 환경조화재료와 함께 96년도 연구기획사업을 통해서 97년도 기관고유사업에서 본격적으로 추진되어 현재 알루미늄 캔, 알루미늄 포일 스크랩, 폐실리콘 등에 관한 3개 분야의 연구과제가 진행되고 있다.

이외에도 환경재료기술 분야에 포함되지는 않지만 한국기계연구원 창원분원의 시험평가부를 중심으로 환경설비의 성능평가와 관련연구를 추진해오고 있다. 환경설비성능시험은 쓰레기 소각로의 성능시험을 '90년대 초반부터 전문검사기관으로 지정되어 업무를 수행하고 있으며, 또한 폐기물의 청정처리에 관한 연구와 관련 성능평가기법에 관한 연구를 진행시켜오고 있다.

표 5. 환경재료기술과 한국기계연구원(창원분원)의 연구영역

환경재료기술	한국기계연구원의 환경재료기술 연구영역	
	연구분야	세부연구분야
재료설계	환경조화재료기술	- 재료의 LCA 연구 - 환경 저부담형 신소재 합금설계 - 완전재활용가능한 신소재 개발
공정개발	청정재료공정 기술	- 대체공정 - 신공정개발 - 공정의 재설계
폐기물처리	재활용기술	- 철강재료의 재활용 기술 - 비철금속의 재활용 기술 - 폐기오염물질의 청정처리