

기계산업에서의 청정기술 접근전략에 관한 연구

정찬교

수원대학교 환경공학과

A Study on Strategy to Implement Clean Technology in Machine Industry

Chan Kyo Chung

Dept. of Environ. The Univ. of Suwon

요약

기계산업분야에 청정기술을 도입하여 적용시키기 위해서는 이를 위한 기본적인 전략이 수립되어야 한다. 이를 위해서 기계산업분야에서 배출되는 폐기물 및 오염물질을 그 발생방법에 따라 분류하는 한편 제품의 기획단계에서 부터 폐기되는 각 제품생산단계에서의 역할의 중요성을 반영하였다.

Abstract : Basic strategies are needed to adopt and implement clean technologies in machine industries. In this paper, hazardous or non hazardous wastes generated from the machine industries are classified based on the origin of the wastes and the importance of the life cycle of the products including gesign stages as well as ultimate disposal is also addressed.

1. 서론

자원고갈과 환경오염의 방지대책으로 자주 논의되고 있는 방법은 크게 두가지로서 그 첫 번째가 제품 생산과정에서 투입되는 원자재의 양을 줄이는 동시에 폐기물발생의 감량화를 주 목적으로 하는 "청정기술"과 두 번째는 "자원재활용"으로서 자원채취에서 폐기물발생까지의 일방통행적인 자원흐름을 순환형으로 바꾸고자 하는 방법을 들 수 있다. 청정기술의 개발은 기업이윤에 직접적인 영향을 미치므로 제품생산자에 의해서 자발적으로 개발될 가능성이 매우 높지만 도입초기에는 자원재활용 분야와 마찬가지로 제도적, 정책적인 활력소를 필요로 한다. 이상의 청정기술과 자원재활용은 폐기물처리방법중의 하나인 동시에 폐기물처리의 최우선 목표인 폐기물 발

생예방의 한 형태이기도 하다. 즉, 일정물질이 생산 단계 또는 소비 및 처리단계에서 발생하는 잔류물의 재활용이 가능하면 이 물질은 폐기물이 아닌 자원으로써 취급되어야 한다.

따라서 자원의 낭비와 환경오염의 방지 그리고 자원의 순환경제체제의 구축을 위하여 일반적으로 적용되고 있는 "폐기물"이란 용어에 대한 정확한 정의가 필요하다. 제조공정 또는 소비단계에서 발생하는 잔류물을 2차자원으로 활용할 수 있는 경우 폐기물이란 용어를 사용하는 것은 적합치 않다. 2차자원으로서의 불가능성이 증명된 후에만 폐기물로서 처리되어야 한다. 즉, 잔류물 발생자의 처분의지에 의해서 폐기물로서 결정되어서는 안되며, 폐기물에 대한 새로운 정의로서 "폐기물은 자원으로써 재활용될 수 없는 잔류물이다"라는 인식이 일반화되어야 하며, 본문에 사용되는 용어는 이의 분류를 적용시킨다.

공정폐기물 발생예방대책이 수립되는 청정기술의 적용영역은 1차 폐기물 발생예방대책의 영역과 동일하다. 1차 예방대책의 범주에는 원료의 채취단계 부터 완제품 또는 반제품의 완성단계와 이 제품들의 소비자에게로 분배되는 단계까지 포함된다. 생산공정과 소비단계에서 발생하는 잔류물의 재활용으로 인한 폐기물 발생에 대한 예방대책은 2차 예방대책의 범주에 포함된다.

폐기물 발생예방대책의 수립에 대한 양적인 그리고 질적인 평가기준으로서 적용되는 “환경친화성”은 열역학의 경우와 같이 절대적인 평가는 불가능하고 상대적 평가만이 가능하다. 동일 목적으로 사용되는 제품의 환경친화성의 상대적 평가를 위한 객관적인 평가기준은 현재까지 마련되어 있지 않다.

생산제품은 폐기물과 오염물질 발생의 원인이며, 따라서 환경부하의 원인이다. 환경부하는 제품의 생산과정, 소비단계, 재활용단계, 처리단계에서 발생된다. 오염물질의 발생예방을 포함하는 폐기물 발생예방대책의 수립으로 생산제품으로 인한 환경부하가 저감되므로 제품의 환경친화성이 향상된다. 제품의 환경친화성과 함께 공정폐기물의 발생예방대책의 성과는 제품단위별로 폐기물 발생량에 따라 부여되는 가중치와 자원소비량을 이용하여 평가된다.

2. 폐기물 발생예방대책의 분류

폐기물 발생예방대책을 청정기술이 적용되는 1차 예방영역과 2차 예방영역으로 분류하고 이에 포함되는 각종 대책은 제품의 life cycle에 따라 소비자에 의해서 자원화되는 단계까지 다음 그림 1에 나타낸 바와 같다.

폐기물발생에 대한 1차 예방대책은 원료의 채취, 제품의 생산, 제품의 분배단계에 대하여 수립될 수 있다. 2차 예방대책은 그림 1의 모든단계에 대하여 수립될 수 있으며, 대상잔류물은 2차자원 경제체제의 대상물과 동일하다. 그림 1에 나타낸 각 영역의 면적크기는 발생예방대책 종류의 중요도와는 무관하다. 1차 및 2차 예방대책은 상호 경쟁관계가 아닌 상호 보완관계를 유지하고 있다.

공정폐기물 발생예방대책은 물질과 시설에 대한 각 예방대책으로 수립된다.

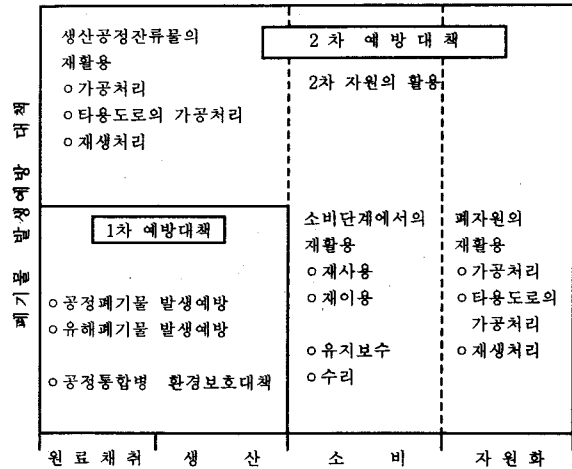


그림 1. 제품의 life cycle에 따른 폐기물 발생예방대책의 분류

① 물질에 대한 예방대책 :

- 자원소비량의 절감
- 저유해성 보조물질 및 운전물질의 적용
- 폐기물 및 유해물질 발생량이 적은 생산품의 제조
- 저소비형 제품의 생산
- 재활용이 용이한 설계
- 제품설계시 재활용이 용이한 원자재 투입

② 시설에 대한 예방대책 :

- 폐기물 저감형 원료채취 및 가공공정
- 폐기물 저감형 재활용 공정
- 폐기물 저감형 가공 및 처리공정

한편 이상의 폐기물 발생예방대책에는 기상 및 액상의 오염물질배출의 예방대책도 포함된다.

3. 기계산업에서의 청정기술의 적용범위

기계 및 금속가공 공정은 금속재료의 표면으로 부터 일부를 제거하면서 원하는 형태의 금속을 얻게된다. 즉, 금속을 bending, 프레스, stretching 등의 공정을 거쳐 최종형태로 가공한다. 이와 같은 공정 자체는 제품을 생산하는 단계이며, 청정기술 원리를 직접 적용할 수 있는 단계는 이와 같은 생산단계이지만, 청정기술의 적용효과는 생산공정에만 국한되는 것이

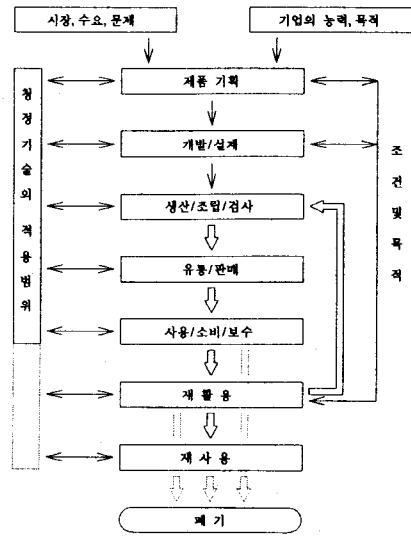
아니고 기계제품에 대한 수요에서 부터 폐기되는 전 단계에 걸쳐 적용될 수 있다.

시스템적인 제품의 설계는 소비시장의 수요를 분석하여 그 결과를 고려하는 한편 기업내적인 상황과 기업외적인 상황을 분석하고 고려하므로써 효율적인 제품을 찾는 단계에서 시작된다.

생산제품의 life-cycle은 그 제품에 대한 수요가 존재하거나 문제점을 내포한 소비시장으로 부터 시작되어, 다음 그림에 나타낸 바와 같이 수 많은 공정을 거쳐 하나의 생산품으로 가공되어 소비시장에 도달하게 된다. 사용단계를 거친 후에는 제품이 재투입되거나 또는 제품에 포함된 재생가능한 물질이 재활용 단계를 거쳐 동일한 사용목적이나 타목적으로 재투입되거나 폐기된다. 이와 같은 재활용 또는 폐기물 문제는 제품의 생산단계와 소비단계에서 발생하는 폐기물의 감량화를 통하여 간단해지는 한편 폐기물 발생을 예방하므로써 자원절약의 효과도 동시에 얻게된다. 따라서 기계산업 관련분야에 적용되는 청정기술은 제품의 생산공정 뿐만 아니라 제품의 기획단계 부터 제품 및 부품자체의 생산과정에서 발생하는 잔류물이 최소화되도록 고려하므로써 폐기물의 발생을 원천적으로 억제시킬 수 있다. 한편 이와 함께 생산 이후의 단계에서도 경제적으로 재활용되거나 재활용 물질로서 사용할 수 있도록 고려되어야 하며, 각 단계별로 폐기물의 발생을 배제하거나 최소화시키는 청정기술이 적용되어야 한다.

제품생산단계에서는 근본적으로 소비시장의 수요에 의해서 발생하는 시리즈 제품과 특수한 소비자의 요구에 의해서 생산되는 주문제품이 구별되어야 한다. 주문제작의 경우 소비자의 요청에 따라 제품의 운전자명이 최대화 되도록 설계 및 가공제작되지만, 시리즈 제품의 경우에는 개발단계가 이와는 다르다. 제품의 탄생단계는 시장성이 있는 제품기획을 시점으로 개발 및 생산 등 수많은 단계를 거쳐 기획아이디어가 현실화된다. 이후에는 소비시장에 도입되어 일반적으로 수요의 증가와 성숙 그리고 마침내는 포화단계를 거친다. 그러나 최종소비자의 단계에 도달한 시리즈 제품도 주문제작품과 마찬가지로 일정 기간후에는 처리단계를 거치게 되므로, 이와 같은 최종 단계에서 발생하는 폐기물을 최소화하기 위해서는 제품의 기획 및 설계단계에서의 청정기술적 배려가 매우 중요하다. 따라서 “제품의 설계단계에서 폐기물 발생이 예방되어야 한다”라는 기계산업분야에서의

청정기술의 도입목적은 특히 시리즈 제품의 경우 기획 및 설계단계에서는 매우 중요하다.



- 폐기물을 고려한 제품의 기획 및 설계
- 순환 사이클의 형성

그림 2. 청정기술의 적용범위

경쟁이 극심한 시장경제구조와 함께 제품선택시 심사숙고하여 결정하는 소비자를 만족시키기 위해서는 많은 생산제품들이 생산비가 저렴하고 사용이 편리하면서도 견고하도록 설계되어야 한다는 점은 이미 필수적인 요인으로 작용하고 있다. 특히 이와 같은 관점은 구조적인 소모가 가급적 적으면서도 최대한의 다양한 요구조건을 만족시켜야 하는 경우에는 설계자의 역할이 매우 중요하다. 이와 동시에 설계자의 생산제품에 대한 책임의 영역은 확대된다. 즉, 생산과 사용을 위주한 목적외에도 제품의 재활용과 처리의 용이도를 재고시킨 하나의 시스템으로서 제품을 설계해야만 한다. 이와 같이 각 단계의 경계를 초월하는 요구조건을 만족시키기 위해서 설계자는 다양한 재활용 가능성과 청정기술의 개발정도에 대하여 항상 정보를 확보하고 개발하여야 한다.

청정기술의 도입을 위해서는 장래 모든 경제활동의 기본원칙으로 작용하는 폐기물발생의 2차 예방대책인 생산공정 및 소비, 처리단계에서의 자원 재활용 단계를 배제할 수 없다. 따라서 청정기술과 재활용기술은 생산제품의 순환적 설계원칙의 중요한 대들보 역할을 담당한다. 순환사이클을 통하여 청정기술과 재활용기술이 상호보완작용을 하면서 제품생산시 투입되는 물질과 원자재의 양을 저감시킬 수 있다.

생산현장에서의 순환사이클을 이용한 청정기술은 오래전 부터 적용되어 왔으며, 이는 대부분 원자재를

생산하는 산업체나 주물공장에서 실행되어 왔다. 예를 들어 주조전, out-gate, 압연잔재물, 가장자리단 등과 같은 잔류물은 그 성상이 일반적으로 단순하므로 “순환잔류물” 또는 “자체잔류물”로서 사업장내 물질순환계에 재투입되는 것이 매우 용이하다. 생산과정에서 발생하는 잔류물은 순수한 생산잔류물로서 재사용 목적으로의 가공이 매우 용이하다. 특히 금속가공산업 분야와 합성수지가공산업 분야에서는 성공적으로 시행되고 있다.

대표적인 사례의 경우 제품의 형상이 자주 바뀌는 생철판을 이용한 소규모 절단가공 작업시 컴퓨터를 이용하여 제작부품을 최적배치하므로써 생산과정 폐기물의 발생량을 저감시킬 수 있다. 이와 같은 절단잔재물의 최소화는 예를 들어 레이저 절단장치를 이용하여 원자재 소비량을 25% 까지 절감할 수 있다.

한편 부분적으로 변형된 생철판 잔류물을 재압연시켜 이로부터 소형부품을 punching할 수 있다. 이와 같은 방법은 특히 잔류물의 발생을 유발시키는 대형제품과 이의 잔류물로 부터 생산되는 소형제품이 예를 들어 프레스라인에서 유사한 시리즈로 가공되는 경우에 적합하다. 이과정에서 원자재 소비량을 10% 까지 절감할 수 있다.

위의 사례에서 원자재를 최대한 이용한 후에 발생하는 잔류물은 대부분의 경우 생철판인 단일재질이므로, 이를 다시 용해하여 재생처리된다.

4. 기계산업에서의 청정기술 접근전략

생산제품의 자재와 형상은 제품설계자에 의해서 결정되므로 설계자는 각 부품의 생산공정에 매우 깊이 관여하고 있다. 따라서 설계자가 단순히 제품의 경제성 뿐만 아니라 제품의 생산단계에서 발생하는 폐기물의 종류와 발생량에 미치는 영향이 매우 지대하므로 생산폐기물의 저감을 목적으로 청정기술을 도입하여 적용할 전략을 수립하는 사항은 제품의 형상을 결정하는 사항만큼 중요하다. 기계관련 산업분야의 생산공정상에서 발생하는 폐기물을 분류하면 다음과 같다:

- 직접적인 생산공정 폐기물 :
가공되는 원자재의 폐기물로서 주조전, punching 폐기물, chip, out-gate, 과잉생산품 등이 이에 포함된다.
- 간접적인 생산공정 폐기물 :

생산공정에 사용되는 운전매체 또는 보조물질로서 금형용 윤활유, 냉각윤활제, 용매, 탈지제, 표면처리제(ex. 도장시 overspray), 도금슬러지 등이 이에 포함된다.

- 기타 폐기물 및 오염물질 :
유해물질이 포함된 대기오염물질 및 폐수와 대기중으로 방출되고 폐수로 유출되는 증기와 폐열로 인한 에너지의 손실 등을 의미한다.

이상의 모든 폐기물은 설계자가 경제성, 용이성 등 기존의 제품설계시 고려되는 사항외에도 청정기술의 개념을 도입하여 설계를 수행함으로써 제품생산시 발생하는 폐기물 발생량의 상당량을 예방하거나 저감시킬 수 있으며, 최소한 재활용이 용이하도록 대책을 마련할 수 있다. 생산공정내에 형성되는 잔류물의 순환사이클로 인하여 사업장내 또는 사업장 경계선 밖에서 처리되어야 할 폐기물의 발생량을 상당량 저감시킬 수 있다.

1) 생산공정 폐기물을 저감시키기 위한 기본 원칙

- 폐기물발생량이 적은 가공공정의 선택 :
가공공정 선택시 폐기물이 발생되지 않는 공정이거나 가급적 폐기물의 발생량이 적은 공정을 선호해야 한다. 이와 같은 원칙에 부합되기 위해서는 물질적인 분리를 가능한 한 배제한 상태로 부품이 완성되어야 한다 (예: 정밀주조시의 원형공정, 정밀단조 또는 냉간프레스시 변형공정)

- 순환사이클이 가능한 소재의 선택 :
소재의 물리적 특성 또는 생산공정의 가공용량 또는 잔류물처리단계에서 충분한 재활용이 가능한 소재를 선택해야 한다. 이와 같은 조건하에서는 특히 금속소재가 일단 유리하며, 경우에 따라서는 (예: 합성수지 대신 알루미늄) 금속소재가 새로운 “르네상스”시기를 맞이할 수 있다. 합성수지 종류중에서는 순수하고 재활용이 용이하도록 수거할 수 있고 수거 후 직접 또는 용해과정을 거쳐 재활용될 수 있는 열가소성 수지가 특히 적합하다. Duromer 또는 Elastomer는 입자상의 재활용 (충진재로 가공) 또는 화학적 재활용 (Polymer의 분열을 통한 Solvo-Thermolyse-공정)을 통하여 새로운 합성수지를 생산하는 용도로서 가급적 순수한 polymer원료로서 재사용된다.

◦ 첨가제와 보조물질의 미사용 :

소재와 가공공정 선택시 가급적 첨가제나 보조물질을 사용하지 않거나 사용되어야 하는 경우에는 최소량을 투입하도록 그리고 가급적 환경친화적인 첨가제나 보조물질의 사용이 가능하도록 배려되어야 한다. 첨가제나 보조물질은 각각 직접적인 생산공정 폐기물로 배출되지는 않는다 (예: 냉각유허제). 이와 같은 부름 또는 할로젠화된 화염방지제 등은 생산원자재로 부터 직접 배출된 잔류물의 재사용을 저해하거나 재사용을 저하시키므로 가급적 사용되어서는 안된다. 한편 부득이 사용되어야 하는 경우에는 무해한 첨가제나 보조물질이 사용되어야 한다.

◦ 에너지 절약적이고 오염물질 발생량이 적은 가공공정의 선택 :

가공공정 선택시 에너지 투입량이 비교적 적고 유해물질이 취급되지 않는 공정을 선택하거나 또는 공정이 폐쇄회로 시스템으로 구축되어 에너지를 가장 효율적으로 활용하고 불가피한 유해물질을 폐쇄회로내에 유지시키는 공정을 선택하여야 한다.

이상의 내용을 종합하면 “integrated Clean Technology”라는 기술이 투입되어야 한다. 즉, 오염물질, 폐기물, 소음, 폐수 등의 발생을 사전에 최대한 예방하고 에너지와 원자재의 투입량을 최소화하므로서 filter, 폐수처리설비 등을 설치할 필요가 없는 기술을 의미한다. 공정에 따라 에너지의 손실이 불가피한 경우에는 에너지 손실량을 순환사이클내에서 지속적으로 이용되도록 하여야 한다 (예: 엔진시험장치, 건조장치의 폐열을 열교환기를 통하여 회수하여 사업장의 난방 등에 활용).

2) 가공상의 폐기물과 불량품 발생량의 최소화

제품의 가공중 발생하는 폐기물과 불량품을 최소화하기 위해서는 위에 적용된 다음의 2가지 기본원칙이 적용되어야 한다.

- 폐기물 발생량이 저조한 가공공정의 선택
- 순환사이클이 가능한 소재의 선택

이외에 적용되는 원칙은 다음과 같다:

- 가공완제품의 규격에 근접한 원자재 및 반제품 규격의 선호 :

이와 같은 원칙이 적용될 수 있는 것은 단조용 환봉, 봉자재, 프로필자재로서 원자재의 규격이 차후

에 가공되는 완제품의 규격에 유사할수록 생산공정 폐기물의 발생량이 감소된다. 이외에도 이 원칙은 예를 들어 punching제품을 생산하기 위한 철판의 규격이나 철판코일의 폭을 결정하는데에도 적용된다.

경우에 따라서는 원자재의 규격을 확대하므로서 잔류물 발생량을 대폭 감소시킬 수 있다: 다음 그림에 나타난 현장사례는 punching부분을 일렬로 배치하지 않고 지그재그 형태로 상호 평행하게 배치하였을 경우 철판코일에서 발생하는 폐기물이 약 27% 감소되는 경우를 나타내고 있다.

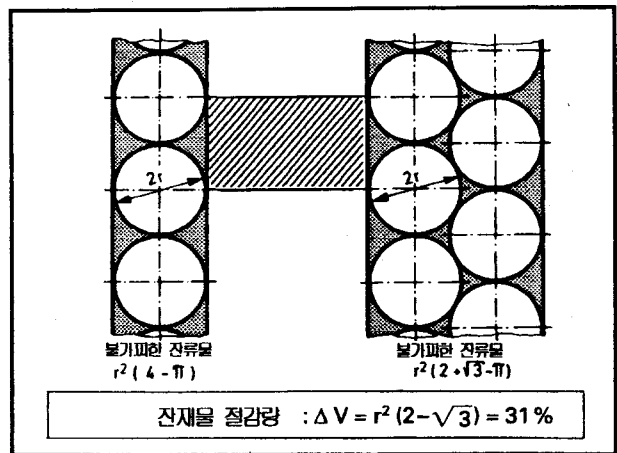


그림 3. 원자재 규격의 확대를 통한 잔류물 절감

원자재 및 반제품의 규격을 완제품의 규격에 맞추어 조절하는 대책은 대형시리즈 제품의 경우에 생산공정 폐기물을 최소화시키는 대책으로 적용시킬 수 있는 반면 다음에 언급되는 원칙은 특히 단제품 또는 소형시리즈 제품에 적용시킬 수 있다:

- 상이한 규모의 부품의 효율적 배치를 통한 원자재 이용도의 최대화 :

철판, 합성수지 호일, 섬유매트, 직물 등과 같은 판재로 부터 부품을 재단 또는 punching하는 경우 발생하는 생산공정 잔류물을 판재상에서의 부품 및 재단배치의 최적화를 통하여(상자형 배치계획) 또는 발생된 잔류물을 소형부품으로 재가공하므로써 최소화시킬 수 있다.

다음 그림은 판재상에서의 다양한 규격의 직사각형 배치에 대한 사례를 나타내고 있다. 매우 단순한 직선절단용 절단기를 이용하여 가공할 수 있는 (그림 좌측) 배치를 설계자가 결정할 수 있지만 보다

유연하게 형상절단 가능한 지능형 절단기계를 이용할 경우에는 추가적인 배치계획을 수립할 수 있으므로 (그림 우측) 생산공정 잔류물을 저감시킬 수 있는 가능성이 더욱 증가한다.

공정 잔류물의 재활용 가능성이 더 유리한 편이다.

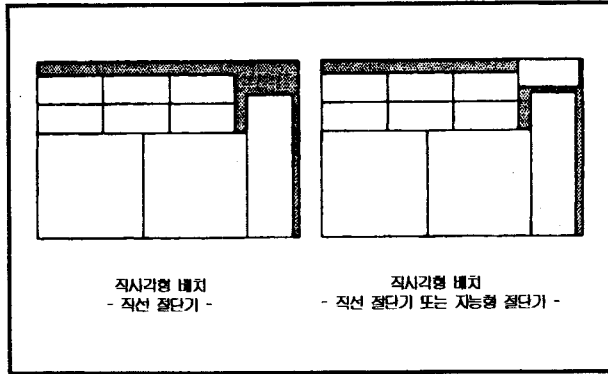


그림 4. 효율적 배치를 통한 원자재 이용도의 최대화

설계자는 생산공정 폐기물의 발생을 예방하고 발생량을 감량화시키는 의무외에도 발생될 수 밖에 없는 잔류물을 사업장내에서 재활용할 수 있는 방법을 촉진시켜야 한다. 이와 같은 경우 다음과 같은 원칙이 적용되어야 한다.

○ 자재의 다양성과 원료물질규격 다양성의 제한 :
원자재 및 원료물질의 다양성을 제한함으로써 각각의 다양한 자재별 또는 원료물질 단위별로 발생하는 잔류물을 이용할 수 있는 생산공정내 재활용공정의 경제성과 가능성은 증가하게 된다. 다음 그림에 나타난 사례는 대형 부품의 잔류물을 이용하여 소형 부품을 가공하는 것으로서 설계자가 이와 같이 서로 상이한 부품에 대하여 (실제 현장에서는 부품의 숫자가 더 많을 수도 있음) 동일한 철판 또는 재료의 두께로 즉, 철판두께에 대한 규격의 다양성을 제한함으로써 가능해진다.

생산공정에서 원자재의 규격을 제한함으로써 폐기물의 발생량을 저감시키는 청정기술적 대책으로 인한 효과외에도 다음 그림 6에 나타난 바와 같이 완성된 제품을 이용하는 공정 또는 조립제품의 해체 작업시 발생하는 부품의 검사 및 분류작업이 용이해진다.

현재의 기술수준과 폐기물 시장의 상황으로 미루어 아직까지는 합성수지에 비하여 금속을 이용한 생산

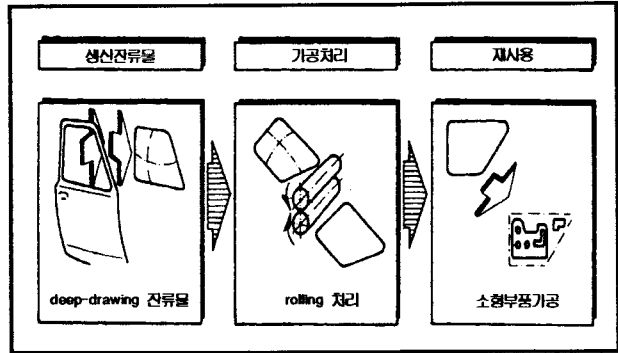


그림 5. 규격의 다양성 제한으로 인한 폐기물의 저감 방안

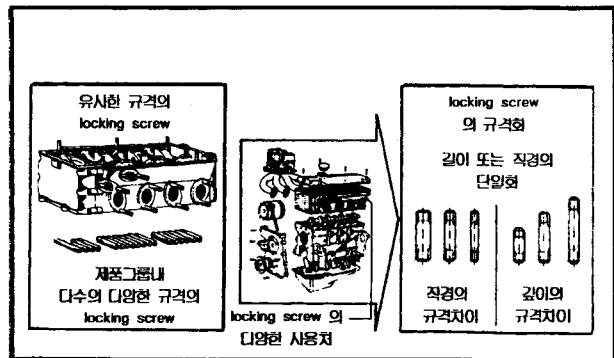


그림 6. 자재의 규격화를 통한 접근방법

따라서 합성수지의 재활용 가능성과 재생도를 증가시키기 위해서는 이에 해당하는 재활용공정을 개발하는 것 외에도 재생합성수지의 투입 가능한 기회를 제공하는 설계자의 적극적인 대처방법도 매우 효과적이다. 이와 같은 의미로서 다음과 같은 원칙이 제시된다.

○ 재생 또는 2차 자원을 이용한 부품의 설계 :
설계자는 자재를 결정하는 단계에서 항상 2차 자원 또는 재생원료를 이용할 수 있는 가능성을 최대

한 활용하여야 한다. 이와 같은 경우에 해당하는 생산제품 또는 부품으로는 제품 사용기간 이후에 생산프로세스로 재순환될 가능성이 희박한 것 (ex. 쓰레기 봉투) 또는 적용되는 제품이나 부품의 물리적, 화학적, 열적, 미적 조건이 재생원료로서도 만족될 수 있는 것 (ex. 세탁기 내부에 부착되는 세제용기 또는 자동차 부품중 직접적인 시각접촉이 불가능한 부품) 이 해당된다.

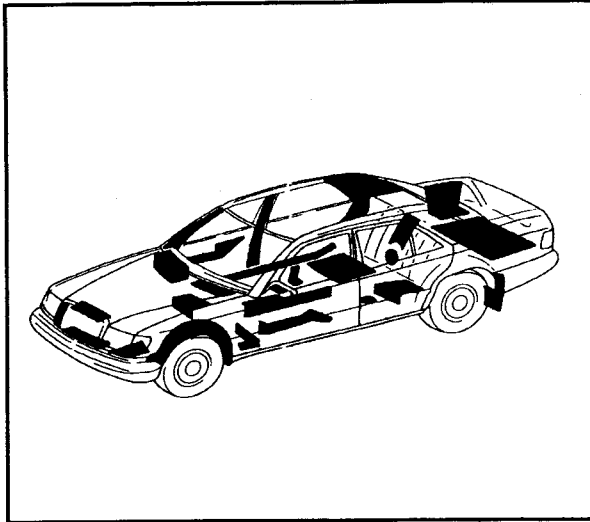


그림 7. 2차 자원의 활용을 통한 접근방법

과잉 생산된 부품으로 인한 폐기물의 발생을 예방하기 위한 일반적인 원칙은 다음과 같다:

- 프로세스적으로 안전한 가공공정의 선택 :

기술적 (품질관리) 그리고 조직적 (소요 개수)으로 컨트롤이 잘되는 생산공정은 불량으로 인한 생산공정 폐기물과 예측오류로 인한 또는 예비용으로 생산된 과잉 생산품과 같이 예정되지 않은 생산공정 폐기물의 발생을 예방할 수 있다.

3) 보조 및 운전물질의 대체와 투입량 억제

경우에 따라서는 가공되는 원자재에 의해서 발생하는 생산공정 잔류물 또는 폐기물보다도 생산공정상에 나타나는 “동반현상” 즉, 공정에 투입되는 운전물질 또는 보조물질에 의해서 발생하는 폐기물(ex. 냉각윤활제, 오일, 도금슬러지, 용제 등)이 보다 큰 환경문제를 야기시킬 수 있다.

이와 같은 간접적인 생산공정 폐기물의 발생을 예방, 감소, 재활용하기 위하여는 일단 근본적인 원칙이 적용되어야 한다. 생산공정상에 투입되는 첨가제

및 보조물질의 사용을 억제하기 위해서는 각 생산물질과 원자재에 대한 다양한 대책과 규칙을 적용하여야 한다.

- 양질의 원자재 선택

내식성이 강한 자재(ex. 알루미늄, 특수강, 합성수지)를 사용하는 경우 보호용 표면처리 (도금, 에나멜, 도장 등)가 필요없을 수 있는 반면, 단순한 자재 (ex. 단순 강판)의 경우 부식방지 등에 필요한 부식방지제 등의 다양한 보조물질이 투입되어야 하므로, 이로 인하여 보조물질 폐기물이 발생하는 것을 회피할 수 없다.

내열성이 강한 자재(ex. 회로기판의 세라믹소재, 용기소재로 철판사용)를 사용하므로써 합성수지 소재의 경우 첨가제로서 이용되는 내화염제가 필요없게 된다.

- 보조물질 소요량이 적은 가공공정의 선택

가공공정의 변환(ex. 염화탄화수소를 함유한 용매 대신 알칼리 성분의 세척제나 탈지제 사용)으로 인하여 처리가 용이하고 처리공정이 비교적 간단한 보조물질 폐기물이 발생된다. 보조물질의 순환시스템을 폐쇄시스템 또는 폐쇄회로로(세척시설의 세척알칼리액의 순환체제) 구성하므로써 보조물질 폐기물의 발생량을 저감시킬 수 있다.

연속되는 공정의 재배치를 통하여 보조물질의 기능을 다양화시킬 수 있다. 현장에서 일석이조의 효과를 달성한 사례는 다음 그림에 제시된 바와 같다. 식기세척기 제조사의 경우 표면처리시 발생하는 폐기물의 처리문제를 특수한 사업장내 재활용 회로구축을 통해서만 아니라 새로운 보조물질을 이용하여 2가지 문제를 동시에 해결할 수 있었다:

식기세척기 부품중 특수강의 내부용기 deep-drawing시 사용되는 윤활유를 부품조립 이전단계에서 세척하기 위하여 탈지제를 사용하였으나 제작사에서 자체 개발된 윤활비누로 대체하여 deep-drawing시 윤활작용을 한 윤활비누가 부착된 상태로 내부용기가 조립되고, 식기세척기의 최종검사시 수행되는 시험세척과정에서 비누로서 그대로 활용된다. 따라서 윤활유, 탈지제, 세정제가 윤활비누인 단일물질로 대체되고 탈지공정과 이 공정에서 배출되는 폐수의 처리공정이 생략되는 효과를 얻게된다.

4) 오염물질 발생량의 최소화

대기오염물질, 폐수, 증기로 인한 오염물질 발생량의 저감과 에너지손실의 감소를 위해서는 에너지절약적이고 오염물질 발생량이 적은 가공공정을 선택하여야 한다.

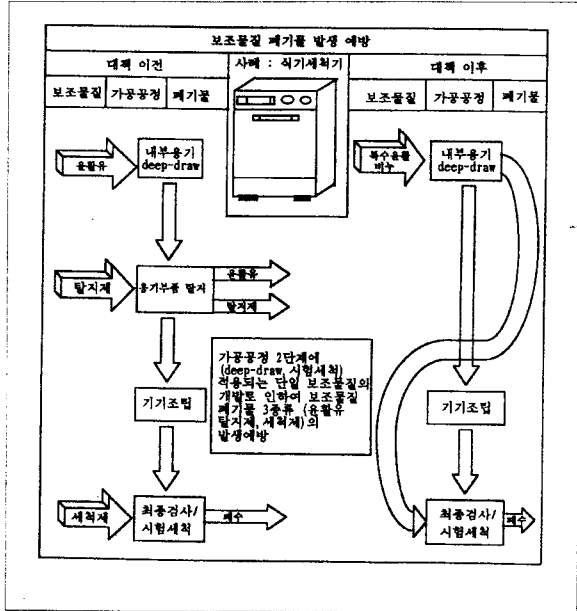


그림 8. 보조물질 폐기물의 발생을 억제한 청정기술 사례 (식기세척기)

이를 현장에 적용하기 위해서는 생산공정상의 대대적인 변화가 필요한 경우, 이를 신규공정 설치시 도입적용하는 방안을 채택할 수 있고 기존공정의 부분적인 변환으로도 이와 같은 청정기술의 도입적용이 가능한 경우도 있다. 기계산업분야에 일반적으로 적용될 수 있는 대책은 다음과 같다:

○ 가공공정의 변환

이와 같은 대책은 반드시 생산공정 비용의 증가를 동반하지는 않는다. 절감된 오염물질 발생량은 유해물질의 여과장치, 폐수처리시설 등의 비용을 절감시킬 뿐만 아니라 자원의 절약을 비롯하여 품질향상을 초래한다.

가공공정 변환의 대표적인 사례는 분무방식의 도장방식으로부터 잔류물 또는 폐기물 발생량이 절감되는 도장공정으로 변환된 사례를 들 수 있다: 인체에 유해한 용매와 overspray 발생량을 오염물질로서 처리하기 보다는 dip coating 도장, 정전도장 등을 통하여 피막재의 이용도도 증가시키는 효과도 볼 수 있다.

두 번째 사례로서는 생산공정에 투입되는 CFC-세척제 대응으로서 "Aqueous Cleaning"을 들 수 있다 :

마이크로 칩, 전자회로기판, 하드드라이브 등의 생산시 전통적으로 할로겐 탄화수소물질이 세척공정에 사용되었다. 그러나 이와 같은 물질로 인한 오존층의 파괴문제로 대다수의 전자산업 기업들이 화학산업과의 협조로 액상의 물질을 특수한 분무방식 또는 초음파로 작업하는 새로운 세척공정을 개발하였다. 이와 같은 방법의 적용 이후 전자부품의 순도는 기존의 환경유해성 세척제를 사용할 시 보다도 오히려 증가한 결과를 나타내었다.

5. 결론

각 산업분야별로 지니고 있는 특성에 맞추어 청정기술의 도입 및 적용을 위한 기본적인 접근전략이 수립되어, 이를 근본으로 각 사업장별로 필요한 구체적인 전략이 수립되고, 이에 따라 필요한 청정기술이 도입되거나 개발되어야 한다. 모든 산업분야에 도입될 수 있는 청정기술을 기계산업분야에 도입하기 위해서는 이에 대한 접근전략이 우선적으로 수립되어야 하며, 현재까지의 폐기물에 대한 인식을 바꾸어 폐기물과 잔류물이란 개념을 구분하여 도입하는 것이 이에 선행되어야 하겠다.

청정기술을 기계산업분야에 도입하여 적용시키기 위하여 연구수립된 기본원칙은 다음과 같다.

- ① 생산공정 폐기물의 저감
- ② 가공상의 폐기물과 불량품 발생량의 최소화
- ③ 보조 및 운전물질의 대체와 투입량 억제
- ④ 오염물질 발생량의 최소화

그러나 이상의 원칙은 제품의 기획 또는 설계단계에서 적용되어야 하며, 이와 같은 원칙하에 설계된 제품은 제품의 생산단계에서 발생하는 각종 폐기물을 저감시키므로서 "환경친화성"과 "경제성"을 유지할 뿐만아니라 제품의 사용 및 처리단계에서도 환경친화성을 유지할 수 있다.

참고문헌

1. Hans Sutter (Hrgb) : Vermeidung und Verwertung von Abfällen 1, EF-Verlag für Energie- und Umwelttec

chnik GmbH (1989)

2. Günter Fleischer (Hrsg) : Vermeidung und Verwertung von Abfällen 2, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH (1989)

3. VDI Berichte 934 : Neue Konzepte für die Autowerkterung, VDI Verlag (Nov. 1991)

4. Vermeidungen von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Maschinenlackierung - Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung im Auftrag des Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Sept. 1991)

5. Vermeidungen von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Autoreparaturlackierung - Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung im Auftrag des Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Sept. 1991)

6. Vermeidungen und Verwertung von Lachschlamm - Hintergrundpapier - Lack - Recycling GmbH, Duisburg im Auftrag des Umweltbundesamtes, Texte 22/95 (Apr. 1995)

7. Edited by Thomas E. Higgins : Pollution Prevention Handbook Lewis Publishers (1995)

8. Umwelt - und Recyclinggerechten Produktentwicklung I,II WEKA Verlag (1995.7)

9. Beispiele der Begrenzung von Umweltbelastungen Deutsche Bundesstiftung Umwelt (1995)

10. Harry M. Freeman, Zsuzsa Puskas, Rada Olbina : Cleaner Technologies and Cleaner Products for Sustainable Development, Springer Verlag (1995)