

독일의 청정기술 개발동향 분석

정 찬 교

수원대학교 환경공학과

1. 청정기술 지원정책의 배경

환경보호는 미래의 보장을 위한 기본적인 요소이며, 이를 위한 정책적인 실현은 특히 환경부하의 예방과 제거에 대한 의무를 이의 원인자에게 부담시키는 원인자 부담원칙과 예방원칙을 바탕으로 가능하게 된다. 원인자 부담원칙을 적용시키므로써 독일 정부는 환경기술의 개발과 현실화를 위한 시장경제의 지구노력을 촉진시키고 있다. 이의 일환으로 독일 정부는 원하는 방향으로의 개발이 시작되고 가속화 되는데에 시장경제력이 충분치 않은 경우 시범적인 문제해결책을 위한 연구 및 개발비를 지원하고 있다. 따라서 구 서독지역의 기업들은 이미 오래전부터 정부의 매우 엄격한 환경정책을 준수해야만 하였다. 이에 따라 과거 20년동안 산업, 교통, 일반가정 분야에 서 상당한 오염물질의 저감효과를 거두었다.

그러나 환경기술은 과거와 마찬가지로 현재에도 여전히 사후처리기술(end-of-pipe technique)에 대부분 의존하고 있다. 사후처리기술은 오염된 대기 및 폐수를 정화하거나 폐기물을 처리하는 대책에 불과하다. 이와 같은 원칙을 적용하는 환경관련 처리시설이 많은 분야에서 효과적으로 그리고 광범위하게 적용된다고 하더라도, 이는 결과적으로 오염물질을 한 분야에서 다른 분야로 이동시키는 결과를 초래하는 단점을 내포하고 있다. 이와 동시에 규제기준치가 엄격해질수록 오염물질의 처리에 소요되는 기술과 비용이 과다하게 증가되므로 환경보호를 위한 대책은 경쟁력을 위한 경제적인 한계점에 급속도로 다다르게 된다.

따라서 경쟁력을 유지하기 위한 환경기술로서는 원천적인 대책으로 적용되어 대기, 수질, 토양 환경부하가 발생하는 지점에서 환경부하를 최소화시키는 사전예방적인 "청정기술"이 적용되어야 한다. 기존의 사후처리기술은 이와 같은 청정기술의 보조적인 역

함을 담당하여야 한다. 즉, 사후처리기술은 처리된 오염물질을 분해하여 제거하거나 또는 순환사이클로 재순환시키거나, 청정기술적인 대책으로 사전예방이 불가능할 경우 적용시키는 것이 바람직하다. 이와 같은 1차적인 대책으로서의 청정기술이 적용되어야 하는 부분은 다음과 같다;

- 저오염형 생산공정
- 환경친화적인 물질과 제품의 형성
- 물질 및 제품의 환경적 최적화

일반적으로 본래의 생산공정과 생산제품에는 영향을 미치지 않는 사후처리기술과는 달리 청정기술은 생산공정과 생산제품에 미치는 영향력이 지대하다. 이러한 점이 청정기술이 지니고 있는 단점으로서 작용한다. 따라서 청정환경기술의 개발과 이에 따른 생산공정의 변환은 매우 높은 비용을 초래하는 한편 기술적으로나 경제적인 부담요인으로 작용한다.

그러나 지속가능한 개발을 위한 미래지향적인 청정기술이 지닌 커다란 의미와 청정기술의 개발과 연계된 위험부담, 고려하여 청정기술 분야의 연구 개발 지원사업을 독일 교육과학기술부(BMBF, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie)가 국가적인 차원에서 추진하게 되었으며, 교육과학기술부 장관이 1994년 1월 28일 "청정기술 지원사업"을 공개하였다.

다음은 독일정부의 환경관련 기술분야의 연구를 추진하고 있는 교육과학기술부의 청정기술관련 연구 지원 정책동향과 이에 따라 현재 진행중인 연구개발 내용을 종합하여 나타내고자 한다.

2. 청정기술 연구지원정책 동향

신물질, 내구성이 강한 재료, 고도의 공정단계 등을 이용하여 환경개선목적을 달성하고자 하는 경우 해당 대체물질과 프로세스의 구성으로 인하여 야

기되는 부수효과 및 장기적인 영향에 대하여 현재까지 보다도 더 철저히 주의를 기울여야 한다. 이와 같은 과거의 사례는 무수하게 많지만 이중 한 사례를 언급하면 다음과 같다: 20년전 CFC물질은 가격이 저렴하고, 이용도가 넓고, 독성이 약하고, 폭발 및 화재의 위험성이 없는 관계로 가장 이상적인 "allrounder" 물질로서 각광을 받았다. 그러나 당시 이 물질이 오늘날 알려진 바와 같이 엄청난 기후변화의 원인물질로 작용할지는 아무도 몰랐다.

이외에도 대체물질의 적용에 따른 경제성, 생산계획의 변동에 따른 경영합리화 여부, 적용논리의 효과, 신물질을 지속적으로 계측하고 분석할 수 있는 분석기술이 개발되었는지의 여부 등과 같은 의문사항이 해결되어야 한다. 따라서 생산제품과 이의 생산과정의 모든 공정단계와 투입되는 물질에 대한 생태적 그리고 경제적 분석이 수반되어야 한다. 사전예방적인 환경기술, 즉 청정기술은 이러한 면에서 매우 분명하고 확실한 환경기술임에 틀림이 없다. 그러나 아직도 많은 부분에 대하여 확실치 않은 면도 있다. 예를 들어 전과정평가(LCA) 또는 물질수지관리 등과 같은 용어를 많이 사용하고 있지만, 이의 구체적인 활용을 위한 실질적인 공정개발 및 도구를 개발하기 위해서는 아직도 많은 연구 및 개발이 이루어져야 한다.

이러한 연구개발은 국가보다는 대부분 민간산업에서 수행되어야 할 사업이지만, 청정기술분야가 환경기술중 새로운 분야이므로 독일 정부에서는 이에 대한 기초연구와 상업화 초기단계까지는 이와 관련된 모사공정, 생산계획 및 조절방법, 유지관리, 전과정평가(LCA)와 환경감사(Auditing)방법 등에 대해서는 연구비를 포함한 모든 지원정책을 수립하여 지원하고 있으며, 이 부분은 독일정부의 환경연구 및 환경기술 프로그램의 중요한 역할을 담당하고 있다.

3단계로 구분되어 추진되고 있는 청정환경기술 개발을 위한 교육과학기술부의 지원정책을 종합하면 다음과 같다:

1단계 : 관련분야 최신택기술의 적용

청정환경기술에 적극적으로 응용할 수 있는 전자공학, 가공신기술, 여과 및 분리기술, 환경생물공학, 신소재의 개발 등 관련분야 최신택기술의 적용을 강화시키므로써 발생하는 환경부하를 유지보수하는 수준을 넘어 오히려 상당량 저감시키는 성과를 획득

하였다.

2단계 : 순환체계의 구축

다음 단계로는 물질의 순환사이클을 결속시키는 단계로서 생산공정에서 발생하는 잔류물을 가공처리하여 최대한 재활용시키도록 유도하고 있다. 생산제품에 직접 포함되지 않는 보조물질은 재생처리되므로 보조물질내에 함유된 이물질은 분리되고 보조물질 자체는 다시 재순환되어야 한다. 이 과정에서 재가공 및 재사용단계의 다단계적인 재이용기술이 순환사이클 시스템을 형성시키는데 가장 이상적인 방법이라는 것에 대한 확신이 분명하지만, 반면에 이를 현실화시키는 것이 얼마나 어려운 것이라는 것도 잘 알려져있다. 그러나 이의 실현화를 위한 지원대책이 특히 중소기업에 위한 앞으로의 지원활동에 중심적인 역할을 담당하게 된다.

3단계 : 환경친화적 설계기술

마지막 단계인 3단계에서는 일관된 제품정책과 다양한 모델간의 비교분석을 통한 제품이용에 대한 지원정책을 시험할 계획이다. 제품의 설계단계에서부터 생산자체, 생산공정, 생산제품에 대한 환경성뿐만 아니라 생산된 제품의 사용과정과 이의 처리과정에 대한 환경성도 사전에 미리 고려되어야 한다. 이와 같은 "Design for Environment"에서는 일단 계획되는 제품에 투입되는 원료물질에 대한 접근이 시도되어야 하며, 이와 더불어 유해물질의 미사용과 재활용성이 사전에 고려되어야 한다. 한편 자원보존에 대한 조건을 첨부하게 되면 소재사용의 절감, 니구연환의 연장과 유지보수의 편리성, 재사용 및 재활용성 등과 같은 원대한 관점도 함께 포함되어야 한다. 생산제품의 생산과정, 사용과정, 폐기과정에 대한 구체적인 상호 비교평가를 통하여 결정되는 "Life-Cycle" 모델의 개발은 현재까지는 미래의 목표이지만, 독일에서 생산되는 모든 제품이 환경조화적인 생산공정을 통하여 환경친화적인 제품이 생산되는 것이 일상화되도록 하기 위하여 이를 적극 지원할 계획을 수립하고 있다.

3. 청정기술 개발 연구내용

1994년부터 시작된 자원정책 전반적인 내용을

포함한 청정기술개발을 위한 자원분야는 다음과 같으며, 이중 일부는 1995년도에 이미 종료되었거나 또는 현재까지 시작되지 않은 분야도 나타내고 있다.

- 1. 환경친화적 프로세스 및 공정
 - 1.1 기반연구
 - 1.2 신공정 개발
 - 1.3 환경관련 최적화 공정
 - 1.4 생산프로세스의 처리공정
 - 1.9 기타 청정기술적 처리공정

2. 순환세계 구축

- 2.1 기반연구
- 2.2 사례연구

3. 환경친화적 제품의 구성

- 3.1 기반연구
- 3.2 신제품 및 개선제품의 개발
- 3.3 윤활재
- 3.4 기타

4. 제품의 전생애평가

- 4.1 기법개발
- 4.2 사례

5. 환경관련 분석 및 계측기술

- 5.1 생산공정을 위한 계측, 조절, 제어기술
- 5.2 특정 오염물질을 위한 현장 계측기술
- 5.3 확산형 오염물질의 계측기술

1996년도 현재 진행중인 연구과제의 주요내용을 위에 언급된 지원분야별로 세분하여 전반적인 목차에 따라 나타내고자 한다. 목차상의 4장과 5장에 대한 연구는 부분적으로만 시도되고 있으므로 생략하고자 한다.

1. 환경친화적 프로세스 및 공정

1.1 기반연구

연구제목 : 환경친화적이고 산업독성학적으로 무해한 Aldehydsynthese

(Vilsmeier-Haack-Reaction의 응용)

연구기관 : Fachhochschule Aalen, 73428

Aalen

연구책임자 : Kantlehner, Willi, Prof.

tel.: 07361/576-152

연구기간 : '95.7.1 - '98.1.31

Aromatic 및 heteroaromatic Aldehyde는 유기화학 응용분야의 매우 유용한 synthese이며, 향료산업, 도료화학, 의약화학산업에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 거의 모든 Aldehyde는 별도의 생산공정을 통하여 생산되고 있으나, aromatic 및 heteroaromatic Aldehyde를 위하여 사용되는 synthese의 용도는 많다. 그러나 다양한 적용분야를 지닌 Vilsmeier-Haack-Reaction은 일부 결정적인 단점을 극복하여야 한다.

- 1. 독성과 부식성이 강한 화학물질을 activator로서 필요로 한다.
- 2. 물을 이용한 반응물질의 분해(hydrolyse)시 다량의 염산이나 염산과 인산이 발생되어 폐수로 유입된다.
- 3. 부반응에서 dimethylformamid와 phosgen으로부터 강성의 발암물질인 N,N-Dimethyl-carbaminacid chlorid가 형성된다.

따라서 이 연구의 주 목표는 Vilsmeier-Haack-Reaction의 이와 같은 단점을 제거하는 데 있으며, 기본적인 방법은 두가지로 구분된다.

- 1. N,N-Dimethylformamid을 개미산 또는 개미산계로 대체한다.
- 2. 일반적으로 적용되고 있는 N,N-계열의 Formamide을 구입하기 용이한 azavinyloge Formamidinium염으로 대체한다.

1.2 신공정 개발

1.2.1 제지 및 펄프

연구제목 : 폐쇄형 가스회로를 이용한 저
오염 및 에너지 저소비형 톱밥건조시스템
개발
연구기관 : Wilhelm-Klauditz-Institute(WKI)
소재연구그룹 Bienroder Weg 54E, 38108
Braunschweig
연구책임자 : Becker, Dipl.-Ing.
tel.: 0531/2155-452, fax.: 0531/ 51587
연구기간 : '95.7.1 - '97.6.30

배가스가 억제되므로 대기오염 상태가 개선되었다.

공기의 유출을 방지하기 위한 대책이 과열된 수
증기에서 건조되며, 이를 통하여 기화된 수분과 배가
스의 휘발성 물질이 운송되는 데에 소요되는 냉각열
이 최소화된다. 이와 같은 시스템으로 인하여 톱밥건
조분야에 소요되는 투자비용과 운전비용의 절감이
가능하다.

1.2.2 섬유

2.2.2의 순환체계 참조

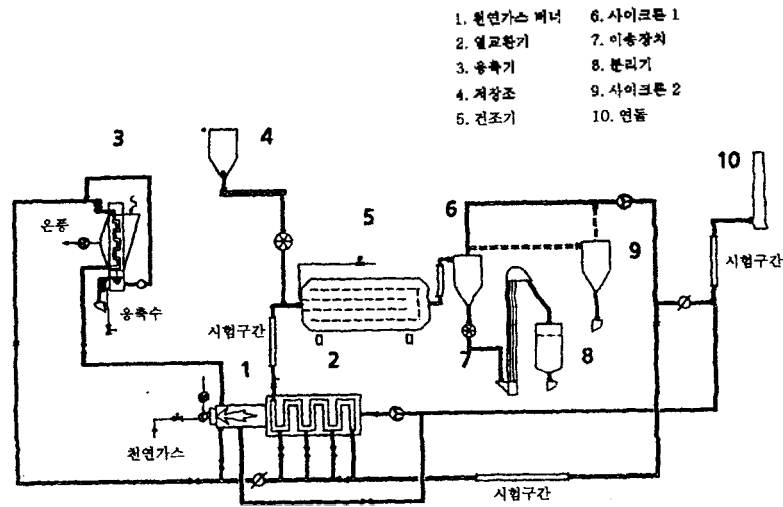


그림 : 폐쇄형 가스회로를 이용한 톱밥 건조시설

유기질로 접촉되는 합판제작시 이용되는 톱밥이
공정에 투입되는 단계에서 지니고 있는 자연적인 수
분함량을 5% 미만으로 건조시켜야 한다. 건조기의
배가스는 목재분진과 기타 유기성 물질을 함유하고
있으며 악취를 유발한다. 이러한 물질에 대하여 오염
기준치는 점차 강화되고 있는 실정에서 이를 유지하
기 위한 오염물질의 저감기술이 개발되지 않았으며
오염기준치를 준수하기 위한 방법이 매우 제한된
상태이다. 현재까지 오염물질의 세정목적으로 개발된
분리장치는 생산공정 이후에 연결된 장치로서 각 사
업장에서 발생하는 오염물질에 따라 별도로 설치되
었다.

연구의 주 목적은 가스상의 폐쇄회로를 이용한
톱밥건조시스템을 개발하는 것이다. 실험실규모로 설
치된 건조시스템으로 인하여 주변환경으로 배출되는

1.2.3 식품

연구제목 : 식품산업의 청정기술 - 양조공
장
연구기관 : Gesellschaft für
Umweltkompatible Prozesstechnik mbH Im
Stadtwald 43, 66123 Saarbrücken
연구책임자 : Chmiel, H., Prof.
tel.: 0681/9345-330, fax.: 0681/9345-380
연구기간 : '95.11.1 - '98.10.30

식품산업에서 양조공정이 차지하는 비중은 경제적인 측면뿐만 아니라 환경적인 측면에서도 특수한 비중을 차지하고 있다. 구체적인 문제점으로서 용수 및 폐수문제를 들 수 있는데, 용수소비량이 현재까지도 매우 높은 편이며 산소요구량이 높고 수질을 저하시키는 물질들이 불에 용해된 상태나 비용해된 상태로 폐수에 포함되어 있다. 또 한편으로는 휘발성 유기물질로 인하여 배기분야에서 발생하는 강한 악취문제로 인한 환경부하를 들 수 있는데, 이의 역학적인 영향구조는 현재까지도 알려진 바 없는 상태이다. 검출되는 유해물질로는 terpene, ketone, aldehyde, furane과 황화합물 등을 들 수 있다.

연구목적은 원료물질과 보조물질의 생산공정상 또는 사업장내 재활용 순환사이클을 도입하는 것이다. 물질의 순환사이클을 형성시키기 위해서는 일단 생산공장과 관련된 물질흐름과 물질의 연계성을 시스템적으로 조사분석하여야 하므로 사업장에 대한 ecobalance가 그 기본이 된다. 순환사이클 결속대상 사이클은 다음과 같다:

- 장치시설, 용기, 병의 세척공정과 PVPP-흡착제의 재생공정에서 발생하는 세정 알칼리와 산
- 해당 용매에 대한 계면활성용 세정보조물질
- 수질오염물질이 함유된 밴드운활제 물질흐름의 연계성 조사대상은 다음과 같다:
- 세척알칼리의 polyphenol을 제약공장 원료물질로 활용하는 방안과
- 증기상태의 물질흐름은 에너지회수 목적으로 응축시킨 후, 탈염된 물을 유기성 오염물질로부터 분리시켜 양조공장의 여러분야에 시험적으로 투입시키는 방안이다. 이 과정에서 분리 배출되는 유기물질은 혐기성 처리를 통하여 분해시킨다.

1.2.4 표면처리

연구제목 : 세라믹소재의 저오염형 정밀연마공정 개발

(1세부)
 연구기관 : Institut für Fertigungstechnik und spanende Werkzeuge der Universität Hannover Schloßwunder Str.5, 30159 Hannover
 연구책임자 : Tönshoff, H.K., Prof.
 tel.: 0511/762-2533, fax.: 0511/762-5115

(2세부)
 연구기관 : Diamant Werkzeuge GmbH Hameln Georg-Wessel-Str.4, 31789 Hameln
 연구책임자 : Dennis, P.A., Dr.-Ing.
 tel.: 05151/9474-0, fax: 05151/9474-14

(3세부)
 연구기관 : Cerasiv GmbH, Innovatives Keramik-Engineering Fabrikstr.23-29, 73207 Plochingen
 연구책임자 : Jaschinski, W., Dr.
 tel.: 07153/61-390, fax: 07153/25-421

(4세부)
 연구기관 : Peter Wolters Werkzeugmaschinen GmbH Postfach 970, 24768 Rendsburg
 연구책임자 : Hesse, W., Dipl.-Ing.
 tel.: 04331/458-0, fax: 04331/458-290

연구기간 : '95.8.1 - '97.7.30

표면상의 품질을 향상시키기 위하여 즉, 양호한 평활성과 규격오차의 범위를 최소화시키기 위하여 평면lapping 가공공정이 적용된다. 이와 같은 조건으로 생산된 부품은 마찰력을 이용하는 베어링과 패킹재의 표면으로 이용되는데, 산화알미늄 세라믹 또는 Siliziumcarbid세라믹 패킹판 등을 사례로 들 수 있다. Lapping시 수용성 또는 유제성 용액에 분산되어 있

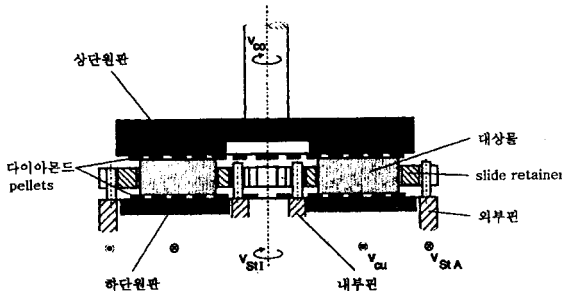


그림 : 정밀연마공정의 기본원리

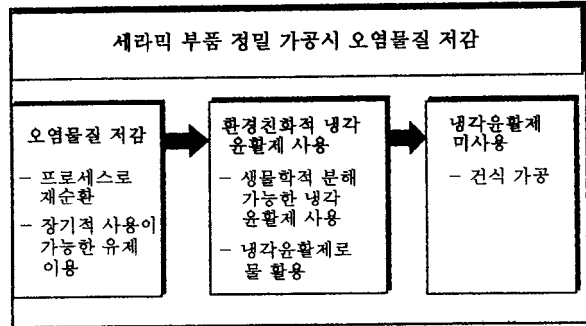


그림 : 정밀연마로 인한 환경부하의 저감

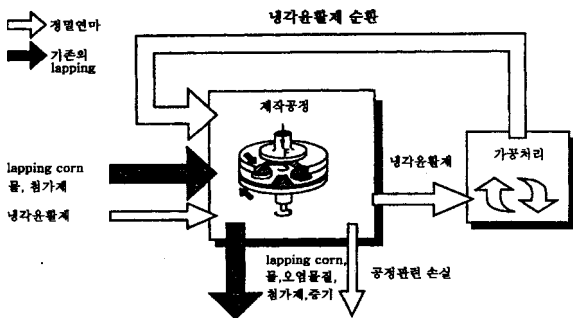


그림 : Lapping과 정밀연마의 물질흐름 비교

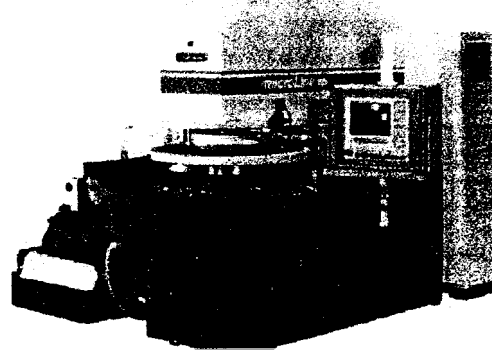


그림 : 정밀연마기계 AC 1200-F microLine[©]

lapping제는 가공공정상 발생하는 corn으로부터 떨어 짐으로서 분리되는 잔류물로 인하여 작업공간으로부터 유출된 이후에는 다시 사용할 수 없다. 독일내에서 발생하는 이와 같은 lapping용액의 폐액은 연간 약 5,000-10,000톤에 달한다.

이 연구의 주 목적은 세라믹 소재의 새로운 가공공정으로 정밀연마방법을 분석하는 것이다. 기본 원리는 다음 그림에 나타난 바와 같으며, 기본원리는 lapping kinematics를 이용하므로써 규격오차를 최소화하면서 매우 양질의 평활성을 유지할 수 있다. 유리된 corn을 이용하는 Lapping공정과는 달리 정밀연마공정에서는 corn재가 결합된 형태로 이용된다. 이로 인하여 유발되는 장점은 물질흐름을 나타낸 그림

에서도 분명해진다. 고형물질이 포함된 lapping 용액을 보충하는 것은 불필요해지며, 이로 인하여 투입되는 다이아몬드를 더욱 잘 이용할 수 있는 한편 투입되는 냉각유탄제를 다시 재가공하여 본래의 공정에 재투입시킬 수 있다. 이러한 점들이 정밀연마공정이 lapping공정에 비하여 더욱 환경친화적인 가공공정임을 나타내고 있다.

정밀 및 초정밀 가공공정 프로세스의 환경개선 잠재력을 나타내면 다음 그림과 같다. 프로세스상에서 냉각유탄제의 재순환과 사용기간이 비교적 긴 유탄제의 적용으로 환경부하를 저감시킬 수 있다. 더욱 개선된 대책으로는 생물학적으로 분해가능한 냉각유탄제와 순수한 물을 투입하는 단계이며, 최종적으로

는 적절한 프로세스의 개선대책으로 냉각순환제의 사용을 완전히 배제하는 것이다.

1.2.5 주조

연구제목 : 알카리-실리카-점결제를 기초로 한 환경친화적 주조기술 개발
 연구기관 : Fakultät Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie.Gießereinstitut der TU Bergakademie Freiberg
 Bernhard-Von-Cotta-Str.4, 09596 Freiberg
 연구책임자 : Flemming,E., Prof.
 tel.: 03731/39-2852, fax.: 03731/39-2442
 연구기간 : '96.2.1 - '99.1.31

주물부품의 전반적인 생산공정에서 발생하는 폐기물을 저감시키기 위한 사전예방대책과 잔류물의 재순환을 목적으로 이와 관련된 분석과 기술개발을 목적으로 진행되고 있는 연구과제이다. 특히 개선된 알카리-실리카-점결시스템을 기초로 한 조형 및 코어의 제작기술을 사례로 주조공장에서 전반적인 주물 부품 가공시 발생하는 오염물질과 폐기물에 대하여 이의 특성과 정량적인 분석을 수행하여 오염물질과 폐기물의 발생억제, 발생저감 또는 발생예방에 대한 가능성을 제시할 계획이다. 이와 동시에 resol수지 점결제를 이용한 주형에 대한 기초자료를 확보하여 분석하므로써 비교평가 목적으로 활용한다.

이 연구과제는 이전에 수행된 과제의 후속과제이며, 사전에 수행된 연구의 결과는 잔류물의 재회수와 재생방법을 제시하므로써 잔류물의 재활용 가능성과 기술적인 주형특성의 기본적인 개선 가능성을 나타내었다. 한편 이 과제는 EUREKA-Project EU 1248 "Siliform"에도 참여하므로써 이 프로젝트에 참여하는 TU Clausthal, TU VSB Ostrava(체코), AKZO-PQ Silica Amersfoort(네델란드)의 경험과 연구 결과를 활용한다.

1.2.6 CFC 예방

이 분야에 대한 연구는 교육과학기술부의 "CFC

오염저감" 프로그램에 따라 약 50여개의 연구과제가 수행되어 대부분 성공적인 결과로 종료되었다.

냉매중 비염소계 물질의 효과가 명확치 않은 냉동분야를 제외한 나머지 분야에서는 CFC 대체물질이 조사분석되어 이미 활용되고 있다. 대체물질의 종류로는 세탁과정의 경우 수용성 매체와 비아로마계 열의 유재 그리고 합성수지류의 포말공정에는 공기, 질소, 이산화탄소 등을 들 수 있다.

연구과제중 대표적인 연구제목과 연구수행기관을 소개하면 다음과 같다;

세탁공정 :

연구기관 : Bekleidungsphysiologisches Institut Hohenstein e.V.(BPI)

연구책임자 : Kurz, J., Dipl.-Ing.

연구제목 : 섬유세탁공정의 염화탄화수소물질의 대체 가능성에 관한 연구

냉매 :

연구기관 : Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH

연구책임자 : Hesse, U., Dr.-Ing.

연구제목 : CFC-오존-지구온난화 문제해결의 일환으로서 운송냉열을 위한 냉각공기시설의 개발 및 설치

연구기관 : Linde AG-Werksgruppe Kälteß und Einrichtungstechnik

연구책임자 : Haaf, S., Dipl.-Ing.

연구제목 : 슈퍼마켓을 위한 NH₃ 냉동시설

1.2.7 VOC 예방

연구제목 : Flexo인쇄의 용매성 인쇄잉크의 대체

(주도과제 : UV-ESH-복합건조시설의 원형 개발)

연구기관 : Institut für Oberflächenmodifizierung e.V. Permoserstr. 15, 04303 Leipzig

연구책임자 : Klenert, P., Dipl.-Ing.
tel.: 0341/235-2400, fax.: 0341/235-3400

(1세부과제 : 현장실험시 인쇄parameter의 조절실험)

연구기관 : SIKA Werke GmbH
Dessauer Str. 30-34, 04129 Leipzig
연구책임자 : Sonntag, K.
tel.: 0341/55101, fax.: 0341/584559

(2세부과제 : 학술적 연구조사 및 측정자료의 분석)

연구기관 : HTWK Leipzig, Fachbereich Polygrafische Technik Gutenberg Platz 2-4, 04103 Leipzig
연구책임자 : Herz, U., Prof.
tel.: 0341/2170 355

연구기간 : '95.11.1 - '98.10.31

오랜 기간동안 flexo인쇄분야에서는 포장재 인쇄용으로 대부분 용매성 인쇄잉크를 사용하는 방법을 적용시켜왔다. 일반적으로 flexo인쇄잉크는 65%까지 달하는 유기용매를 함유하고 있으므로 환경기준치를 준수하기 위하여 고비용이 소요되는 "end-of-pipe" 기술로 처리하여야 한다. 인쇄잉크협회에 따르면 flexo인쇄분야의 독일내에서의 생산규모는 1993년도에 10,000톤에 달하였으며, 처리대상인 유기성 용매물질(VOC's)을 함유한 인쇄용 잉크의 수요는 지속적으로 증가할 것으로 추정되고 있다. 이와 동시에 2000년까지는 flexo인쇄분야가 전체 인쇄방법중 차지하는 비율이 33%로 증가하는 반면 offset인쇄 등과 같은 타

인쇄방법의 비율은 감소될 것으로 추정된다.

주도과제 :

현재까지 대형면적의 flexo인쇄용 대체기술로 개발된 비용매성 건조기술은 경제적, 기술적인 문제로 인하여 널리 적용되지 못하였다. 따라서 이 연구의 주 목적은 고부가가치의 인쇄기에 비용매성 인쇄잉크와 박막물질을 적용할 수 있도록 UV/ESH-복합기술을 적용할 수 있는 화학적 물리적 기초연구를 수행하는 것이다. 개발된 형태의 복합기술을 적용하는 경우 기존의 방법으로 도달하지 못했던 형상이 복잡한 부분에도 박막층의 안전한 고화도와 개선된 점착성 등으로 인한 새로운 제품특성을 유도할 수 있다. 한편 고가이며 환경부하가 높은 UV잉크의 현상안화제 등과 같은 보조물질의 농도를 현저하게 저하시킬 계획도 수립하고 있다.

1.2세부과제 :

SIKA사에서는 비용매성으로서 친환경적으로 개발된 박막점착제를 이용하여 박막점착공정을 개발, 구축한다. 주 목적은 기존의 용매성 박막점착제를 건조속도가 높거나 반응시간이 짧은 광학적 cross-link 시스템으로 대체하는 것이다. 이의 일환으로 polycarbonate, cellophane, 합성호일, 알루미늄, 종이 등의 인쇄대상을 새로운 인쇄시설에 적정하게 투입할 수 있는 공정을 개발하고 복합시스템의 최적 점착성과 굽힘 등에 대한 표면의 최적강도를 시험한다. 최적화 대상 부분은 점착물질의 사용량, 점착속도에 따른 인광량 그리고 대체물질이 포장, 장식부분, 인쇄 등에 대한 적합성이다.

1.3 생산프로세스의 처리공정

1.3.1 열 및 촉매이용 공정

연구제목 : 고온가스를 이용한 토양의 열적 세정공정 개발 및 시험

연구기관 : Bodenreinigungszentrum Herne der Hochtief Umwelt GmbH Südstr. 41, 44625 Herne

연구책임자 : Kimmel, H.
tel.: 0201/175-3670 fax.: 0201/175-3602

연구기간 : '96.5.1 - '98.4.30

열적 토양세정시설 Herne에서는 오염도가 높은 토양과 폐건축재를 열분해공정을 이용하여 세정하고 있다. 유해물질 승인농도인 탄화수소 10%, PCB 1,000mg/kg, 수은 500mg/kg을 유지하기 위해서는 광범위한 배가스의 세정시설이 필요하다. 배가스 세정 목적으로 적용된 세정공정은 부분적으로 신규 개발된 공정으로서 시범적으로 적용되고 있으며, Herne의 특수한 조건에 적합하여야 한다.

- 고온가스필터 : 다음과 같은 중점사항을 중심으로 한 효율적이며 지속성이 높은 고온가스 필터의 개발
 - 필터의 탈진성 개선
 - 필터의 최적화
 - 운전시간의 연장
 - 운전 안전성의 증대
 - 전반적인 필터구조의 개선
- 활성탄 흡착시설 : 다음과 같은 개선목표를 지닌 활성탄 흡착시설의 최적화
 - 수은을 중심으로 한 중금속 분리의 최적화
 - 배가스 유도시설과 가열시설의 개선
 - 재료의 투입과 부식보호를 위한 구조적인 개선
- 촉매를 이용한 배가스세정 : 특수한 조건하에서 오염정도가 높은 토양과 폐건축재의 열분해시 연소가스의 체류시간과 후연소온도에 따른 dioxin과 furane의 분해 상관관계를 규명하기 위한 종합적인 열분해과정과 배가스에 대한 조사를 수행한다. 이와 동시에 촉매를 이용한 배가스세정공정을 개발하고 시험한다.

1.3.2 흡착공정

흡착공정과 관련하여 지원된 과제는 2개의 통합 연구과제이며, 1997년 상반기에 연구가 종료되었으므로 개략적으로 소개하고자 한다.

첫 번째 통합연구과제는 가스상태의 오염물질과 문제분진을 제거하기 위한 공정통합형 배가스 세정시설의 마이크로 섬유질의 개발과 적용에 대한 내용이다.

두 번째 통합연구과제는 문제의 물질을 발생 현

장에서 환경친화적으로 처리가공하는 목적으로 수행되었으며, 분리기술로서는 작업의 지속성, 해상력의 증가, 규모의 확대를 목표로 한 고효율의 액체 chromatograph를 개선하였다.

위의 연구를 수행한 연구제목과 연구기관을 소개하면 다음과 같다:

통합연구과제 1 :

불균일한 에어로졸을 함유한 가스상태의 유기성 오염물질에 대한 프로세스 통합형 배가스 세정목적의 섬유

(1세부과제)

연구분야 : 필터제작

연구기관 : Buck Maschinenbau GmbH & Co. KG

연구책임자 : Mayer, A., Dipl.-Ing.

(2세부과제)

연구분야 : 기술장치

연구기관 : H+F Innotech Hartenstein / Franken GmbH & Co. KG

연구책임자 : Hartenstein, A., Dipl.-Ing.

(3세부과제)

연구분야 : 학문 및 기술적 기반

연구기관 : Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg Lehrstuhl für Technische Chemie

연구책임자 : Emig, G., Prof.

통합연구과제 2 :

청정기술적(공정통합형) 환경보호 목적의 현장 연속해상이 가능한 액상chromatograph의 개발

(1세부과제)

연구제목 : 통합연구과제와 동일

연구기관 : Wissenschaftliche Gerätebau GmbH

연구책임자 : Knauer, H., Dr.-Ing.

(2세부과제)

연구제목 : 통합연구과제와 동일

연구기관 : Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

/Fraunhofer-Institut für angewandte
Materialforschung
연구책임자 : Bauer, J., Dr.

(3세부과제)

연구제목 : 현장해상형 역상chromatograph를 이
용한 병원폐수의 연속측정
연구기관 : Ruhr-Universität Bochum
연구책임자 : Götz, H.-J., Prof.

1.3.3 기타 청정기술적 처리공정

연구제목 : 재생 알루미늄 산업에 대한
공정통합형 청정기술 대책 - 1세부
연구기관 : VAW Aluminium AG
Georg-Von-Boeselager Str. 25, 53117 Bonn
연구책임자 : Rossel, H., Dr.
tel.: 0228/552-2731 fax.: 0228/552-2017
연구기간 : '96.8.1 - '98.7.31

알루미늄의 중요한 특성중 하나는 사용된 알루
미늄 제품을 품질이 저하되는 점을 고려하지 않고
다시 재생알루미늄으로 가공처리할 수 있다는 점이
다. 알루미늄의 재생순환으로 인하여 한번 재생처리
된 알루미늄은 1차 알루미늄에 비하여 약 60% 정도
에너지 소비량이 적어진다.

폐알루미늄 가공시 일반적으로 폐알루미늄에 부
착된 불순물들이 제련공정에 혼입된다. 폐알루미늄은
필요한 경우 고온로에 적합하도록 사전에 파쇄된 후
염분과 함께 로터리킬른 타입의 고온로에서 용해된
다. 투입되는 용해염분은 고온로내에서 액상의 알루
미늄의 표면을 덮는 한편 불순물과 결합하는 기능을
지니고 있다. 로터리킬른은 일반적으로 천연가스로
가열된다. 액상의 알루미늄은 용해로에서 converter로
이동되며, converter에서는 다음과 같은 처리과정을
거친다:

- 액상 알루미늄은 Cl₂N₂ 혼합물로 세정되며,
 - 수요자의 조건에 따라 합성물질을 혼합한다.
- 이후 알루미늄은 특정한 주형으로 주조되거나
액상의 형태로 수요처에 공급된다. 이와 같은 제련과

정에서 용해로와 converter에서 배가스가 발생된다.
배가스의 경로에 흡착제로서 소석회(Kalkhydrat)를 투
입시켜 거의 모든 HCl과 HF물질을 결합시키며,
PCDD/PCDF의 일부도 결합된다. 한편 오염물질을 흡
착한 소석회는 여과필터를 이용하여 배가스로부터
분리된다. 용해공정 이전의 사전가공처리 단계에서의
저감대책과 용해로 및 converter에서 발생하는 배가스
의 오염부하를 저감시키기 위한 대책을 1차적인 대
책, 즉 청정기술적 대책이라고 하면, 배가스 자체를
처리하는 방법은 2차적인 대책, 즉 사후처리적 대책
이다. 현재까지 얻어진 일반적인 연소시설에서의 유
기성 유해물질의 발생과정에 대한 조사결과를 기초
로 로터리킬른 용해시설에서의 오염물질 배출과정과
오염물질 자체에 대하여 우선적으로 시험용해시설에
서 실험적으로 조사분석되어야 한다. 이 조사결과를
이용하여 실규모에 적용시키기 위한 가능성을 제시
하는 것이 이 연구의 최종목적이다.

전반적인 연구계획은 다음과 같다:

- 1차대책(청정기술적 대책)의 대상
 - 공정기술적인 요인에 대한 조사
 - 연소기술
 - 불순물의 분리기술
 - 용해로와 converter의 오염물질 분포
 - 발생 오염물질의 최소화 대책
- 2차대책(사후처리적 대책)의 대상
 - Quenching과 배가스 후연소를 이용한 오
염물질의 저감
 - 흡착물질을 이용한 오염물질의 저감
 - 산화촉매를 이용한 총탄소 및 PCDD/F의
저감
- 1차 및 2차대책의 연계

연구제목 : 재생 알루미늄 산업에 대한
공정통합형 청정기술 대책 - 2세부
연구기관 : Lehrstuhl für Ökologische
Chemie und Umweltanalytik der TU
München85350 Freising
연구책임자 : Kettrup, Prof. Dr.
tel.: 08161/713-581 fax.: 08161/713-581
연구기간 : '95.8.1 - '98.7.31

이 연구에서는 재생알루미늄의 용해공정에서 발생하는 PCDD/F의 오염정도를 분석한다. 현재까지는 PCDD/F의 오염정도에 대하여 조각료와 관련된 수많은 연구에서 조사되었으나, 재생알루미늄 산업에서 발생하는 PCDD/F의 발생경로에 대해서는 거의 연구된 바 없다. 따라서 이 연구에서는 각종 폐알루미늄을 대상으로 다양한 시설조건과 공정기술적인 변수로 용해과정에서 발생하는 PCDD/F의 발생경로를 조사하여 이에 대한 저감대책을 개발하며, 최종 연구목적의 대상은 저비용, 저오염형 알루미늄 용해공정이다.

이외의 목적은 PCDD/F를 위한 대표인자를 찾는 것이다. 최적 대표인자에 대한 조건은 PCDD/F보다 분석이 용이하며, PCDD/F의 오염정도를 가능한 한 정확하고 저렴하게 추정할 수 있어야 한다. 폐기물 조각시에는 Pentachlorbenzoi이 가장 중요한 대표인자로 인정되었으므로 재생알루미늄의 용해공정에서도 Pentachlorbenzoi이 대표인자로 이용될 수 있는지 조사분석되어야 한다.

대표인자외에도 Bioassays가 PCDD/F의 오염정도를 추정할 수 있는 간접적인 방법이다. Bioassays방법은 시료의 유독특성을 규명하는데 이용된다. 조사된 enzyme Cytochrome P450IA1은 PCDD/F에 의해서만 야기되는 것이 이니고, PCB, 불소화, 브롬화, 혼합 할로젠화된 Dibenzodioxine과 Dibenzofurane 등과 같이 유사한 역학구조를 지닌 물질에 의해서도 야기된다. 따라서 Bioassays 방법도 신속하고 경제적인 Screening으로서 활용되며, 필요한 경우에는 화학적 분석을 수행한다.

2. 순환체계 구축

2.1 기반연구

해당사항 없음.

2.2 연구사례

2.2.1 제지 및 펄프

1.2.1 참조

2.2.2 섬유

섬유분야의 지원과제는 생물학적으로 분해가 어

렵고 제거가 곤란한 sizing agent를 현대식 고효율 직물기술에 적용할 수 있도록 분해가능한 sizing agent로 대체하는 연구로서, 이의 결과로는 폐수의 COD 농도가 대폭 감소될 수 있다.

총 8개의 세부과제로 구성된 "생물학적 분해가 능한 sizing agent" 연구의 총괄책임기관 및 연구책임자는 다음과 같다.

- 연구기관 : Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf
- 연구책임자 : Trauter, Joachim, Dr.

2.2.3 식품

1.2.3 참조

2.2.4 유리, 세라믹, 건축재

연구제목 : 저오염형 및 에너지 저소비형 운전을 위한 대형 유리용해조의 청정기술 대책

연구기관 : Nicolaus Sorg GmbH & Co. KG Stolte Str. 23, 97816 Lohr/Main

연구책임자 : Platzer, T.,

tel.: 09352/507155 fax: 09352/507196

연구기간 : '95.7.1 - '97.6.30

유리산업은 대기오염도가 높은 산업이므로 독일 대기오염방지법에 명시된 기준으로 유리용해시의 NO_x 규제치는 타산업에 비하여 비교적 높으며, 용해로 형태와 질소정제방법에 따라 3,500 - 7,000 mg/m³이다. 그러나 이 규제치는 기술개발정도에 따라 차후에 더욱 강화될 수 있는 조항을 포함하고 있으므로 유리용해기술의 신규개발과 지속적인 개발로 오염물질 저감대책이 수립되어야 한다. 이의 일환으로 현재 까지 유리알갱이의 크기가 너무 작아서 원료순환체제로 유입되지 못했던 연간 약 70만톤의 분량을 재순환시키기 위한 유리분말화에 대한 연구가 수행되고 있다.

연구대상 제품은 용기용 유리이며, 용해공정에

서 산화질소를 비롯한 오염물질의 대부분이 발생되지 못하도록 하는 청정기술적 대책을 이용하여 최대 규모의 용해시설 기술수준을 향상시키고자 한다. 현재의 기술수준을 유지하고 있는 유리용해조에 대한 청정기술적 대책으로 인한 예상효과는 다음과 같다:

- NO_x 오염물질 발생량 1톤당 3.5kg을 약 6.5kg로 저감
- 에너지 절약 : 공정변수의 최적화로 현재의 용해공정에 소요되는 에너지 투입량을 현재에 비하여 약 30% 절감
- 오염된 내화물질의 저감 : 저온의 공정온도 하에서 연소공기의 최적화 대책으로 유리용해시설의 수명 연장
- 유리용해조의 수명연장 효과로 초기투자비의 약 20%가 절감되며, 이로 인한 1톤당 유리가격이 저하되는 경제적 효과가 발생
- 최적화된 유리용해조로 인한 유리품질의 증대, 불량율의 저하, 응기교환의 다양한 운전방식 등의 효과가 나타나며, 최종적으로는 원료재귀시의 환경 및 자원보호를 보호

유리산업은 NO_x 발생도가 가장 높은 산업이다. 유리용해조의 NO_x 오염물질은 화염으로 단히어 발생하는 열적 질소산화물의 발생구조에 기인하므로 배가스의 질소산화물 함유량은 대부분 연소실 및 공기에 열온도에 의해서 결정된다. 따라서 온도저하로 인한 질소산화물의 발생량은 대폭 감소되므로 유리용해공정에서 이를 이용한 실질적인 대책방안으로서 recurative 가열되는 유리용해조의 변환대책을 들 수 있다. U-화염형 용해조보다 에너지 소비량이 높은 recurative 용해조의 단점은 LoNO_x(^①) Melter의 개발로 인하여 보완되었다.

이 연구의 학술적 연구목표는 유리용해조의 최적화 대책시 적합한 청정기술의 도입으로 대규모 용해용량의 유리용해조에도 최소화된 에너지 소비량으로 오염물질의 발생량을 대폭적으로 저감시킬 수 있는 근거를 제시하는 것이다. 기술적 연구목표는 대규모 용해용량을 위한 유리용해시설을 개발하는 것으로서, 이 시설은 오염물질 저감대책에 소요되는 초기 투자비가 가능한 한 적어야 하며 에너지 소비비용이 저렴함과 동시에 효율이 개선되어야 한다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 부분적인 문

제가 해결되어야 한다:

- 용해조의 길이, 폭, 깊이와 온도차에 대한 최적비율 관계를 물리적인 모델실험과 이에 수반되는 수학적 계산을 통하여 새로이 정의되어야 한다.
- 유입부분의 단위길이당 부하량의 차이가 크므로 현재까지 알려진 용해조에서는 6m 길이에 200톤의 대상물량이 적합하지만, 신설되는 시설에서는 8.5m 길이에 465톤이 처리된다. 따라서 1일 단위물량의 변동폭이 36.6톤/m에서 74.7톤/m에 달하므로 유입부분에서 발생하는 에너지손실이 증가한다. 유입부분의 물량이 덩어리를 형성하여 조의 저변부로 침전되므로서 장애를 유발시키는 위험이 따른다.
- 용해조의 폭이 상당히 넓은 관계로 액상유리 전체에 화염의 직접적인 영향을 받도록 하기 위해서는 화염길이를 조절하여 운전하여야 하므로, 상단구조, 버너의 전반적인 규모와 연소실 구조가 변경되어야 한다. 이외에도 필요한 유체 흐름을 유지하기 위하여 높은 온도편차로 조절되어야 하므로 기존에 알려진 공정방법과는 달리 버너의 배치구조를 달리해야 한다. 즉, 유리용해조에 투입되어야 하는 에너지를 일정한 위치에 집중시켜야 한다. 이제 따라 각 버너별 통과하는 유량이 증가하여 질소산화물의 발생량이 증가하게 되므로 버너의 형태와 이와 연관된 열적 질소산화물 형성과정에 대하여 특별한 관심이 부여되어야 한다.
- 용해부분과 예열부분을 분리하는 차단곡관의 규모가 증대될수록 고온하에서의 내화재료의 가압호흡음 공정을 제어하기 어려워지므로 차단곡관이 새로 설계되어야 한다. 곡관의 익폭이 5.7m에서 8.5m로 커지면 내화재료의 가압호흡음에 미치는 힘이 2배로 증가하게 된다.
- 작업조로 유입되는 용해조의 유출유량이 증가하면 유출구에 과부하가 형성되므로 유출유량을 분리시켜야 한다.
- 연소공기 예열기와 파우리 예열기가 새로이 설계되어야 하며, 질소산화물의 발생량을 최소화시키기 위하여 각 버너 개별적으로 공기 및 가스유량을 제어할 수 있는 제어시스템이 개발되어야 한다.

연구제목 : 효율적인 질소산화물의 저감 효과를 수반하는 시멘트벽돌 생산시 청색염의 재활용으로 인한 물질순환체계의 구축

1세부 : 공정개발

연구기관 : Lurgi Energie und Umwelt GmbH Lurgi Allee 5, 60295 Frankfurt am Main

연구책임자 : Eschenburg, J.

tel.: 09352/507155 fax: 09352/507196

2세부 : 현장실험

연구기관 : Solnhofen Portland-Zementwerke GmbH Frauenberger Weg 20, 91807 Solnhofen

연구책임자 : Sauter, G., Dipl.-Ing.

tel.: 09145/601-220 fax: 09145/601-271

연구기간 : '96.1.1 - '98.12.31

선회류를 형성하는 유동층을 이용하여 폐목재, fluff, 갈탄재, 폐주물사, 하수처리 슬러지 등과 같이 원료가치 및 에너지가 풍부한 잔류물을 시멘트벽돌 생산에 이용하는 방법을 최초로 시도하는 연구로서 여과분진을 시멘트에 결합시키므로써 폐기물이 배출되지 않는 생산공정이 현실화된다. 이로서 확보하기 어려운 매립공간과 원료물질 및 에너지 투입량이 절감되며, 프로세스의 단순화로 인하여 오염물질의 발생이 예방된다.

청색염은 크리스탈수를 함유한 철황산염으로서 황산염공정을 이용한 Titandioxid 생산공정의 잔류물로서 하수처리시 인산처리와 처리슬러지의 조건조정 물질로 이용되고 있다. 그러나 이러한 활용방법은 순환체계를 결속시키는 방법이 아닌 즉, 진정한 처리와 재활용방법이 아닌 오염물질의 이동에 불과하다. 새로운 재활용공정의 현실화로 잔류물인 청색염은 2가지 방법으로 동시에 이용된다:

- 시멘트생산시 원료대체물질 (잔류물을 중요한 생산원료로 변환)

- 시멘트로 배가스의 질소산화물 저감용으로서 공정통합형 질소발생억제용 촉매로 활용

시멘트벽돌 생산상의 로터리킬른내에는 고온의 화염온도와 호기성 조건이 필요하므로 시멘트공장용 질소산화물의 발생원으로 작용한다. 일반적으로 이용되는 열교환기형 시멘트로에서는 미세분진형태의 원료물질이 4단계로 구성된 사이클론형 예열기에서 고온의 로가스로 가열된다. 산업잔류물인 청색염을 시멘트로의 사이클론형 예열기에 환경친화적인 타 질소산화물 억제용 첨가제와 함께 투입시킨다.

이러한 청정기술적 방법은 기존시설과 공정의 근본적인 변환이 필요없으므로 초기투자비 및 운영비상으로 커다란 부담을 초래하지 않는다.

연구제목 : 건축구조물에의 건축재 순환 체계 구축을 위한 기초연구

1세부 : 기술학문적 연구

연구기관 : TH Darmstadt Alexander Str. 5, 64283 Darmstadt

연구책임자 : Grübel, P., Prof.

tel.: 06151/162244 fax: 06151/165344

2세부 : 실험 및 최적화 연구

연구기관 : Deutscher Ausschuss für Stahlbeton -DAFSB-Scharren Str. 2-3, 10178 Berlin

연구책임자 : Strümpf, B., Dipl.-Ing.

tel.: 030/23124-213, fax: 030/2062-03708

연구기간 : '96.1.1 - '98.12.31

이 연구는 기초연구로서 건축물의 철거시 발생되는 폐건축재를 가능한 한 모두 신규 건축물의 구조물로서 활용할 수 있는 조건을 조사하여 이에 대한 기준을 설정하는 기초자료로 활용하고자 한다.

현재 개발되어 사용중인 재활용 모델은 건축잔재물을 이용한 재료의 순환체계는 고려하지 않았으며, 이의 주 원인은 현재의 철거방법이 이를 고려하지 않고 있기 때문이다. 현재의 철거방식은 건축자재

의 경제적인 제거에만 그 초점이 맞추어져 있고 차후의 재이용을 고려한 발생재료의 종류와 특성은 고려하고 있지 않는다. 따라서 현재의 건축재는 신규재 절일 경우의 구조와 철거후의 재질구조에 커다란 변화를 가져오고 있으므로 재활용성이 배제되어 있는 상태이다. 건축잔재물을 고도로 재활용하기 위해서는 건축재 구조상의 변화를 최소화하여야 한다. 이를 실현시키기 위해서는 철거방법과 차후의 가공방법이 재활용이 용이하도록 고려되어야 한다.

가공처리된 건축잔재는 콘크리트 구조물의 원료 물질로 활용된다. 콘크리트 구조물은 콘크리트와 물 그리고 첨가재의 정확한 비율을 유지하고 생성되므로서 형성된다. 철거재를 이용한 콘크리트 첨가재는 자연적인 첨가재와 다른 특성을 지니고 있다. 따라서 고도의 재활용성을 유지하기 위해서는 경제적이면서 건축구조물의 형성에 참여하는 모든 산업분야가 인정할 수 있는 규정이 확정되어야 한다. 따라서 이 연구는 이와 같은 규정을 제정하기 위하여 필요한 건축물 철거작업방법과 철거물의 가공처리방안 그리고 콘크리트 첨가재로서 사용하기 위한 기본적인 조사 분석을 수행한다. 각 단계별 연구대상은 다음과 같다:

- 철거단계 : 계획, 철거, 가공처리
- 건축재 : 첨가재, 콘크리트, 규격
- 건축물 : 건축구조물 제작
- 보급단계 : 전문가시스템 구축 및 활용

2.2.5 표면처리

연구제목 : 공정통합형 청정기술적 표면처리

1세부 : 비시안 온도금과 박층처리 반응기의 원형개발

연구기관 : Siemens AG

Siemensdamm 50, 13623 Berlin

연구책임자 : De Vogelaere, M.,

tel.: 030/386-20148 fax: 030/386-25764

2세부 : 철재 크롬도금과 알루미늄재의 양극전 산화

연구기관 : Robert Bosch GmbH

-Zentralbereich Forschung und

Vorausentwicklung, ABT.FV/PLO

Postfach 300240, 70442 Stuttgart

연구책임자 : Weber, J., Dr.

tel.: 0711/811-8709, fax: 0711/811-8931

3세부 : 이동형 공급장치

연구기관 : Kunststoff-Verarbeitungs und

Service GmbH Friedrich-Engels-Str. 1,

14727 Premnitz

연구책임자 : Müller, R.,

tel.: 03386/243201

연구기간 : '95.12.1 - '98.11.30

연구개발 목적은 대량생산제품의 표면박층처리시 발생하는 환경부하물질과 유해물질의 처리대수량을 저감시키거나, 이를 유발시키는 물질을 대체함으로써 이의 발생을 완벽하게 예방하는 것이다. 즉, 기계적 가공처리에 표면처리공정을 통합시키므로서 청정기술을 도입하는 것이다.

이러한 청정기술의 개발로 인하여 문제성 물질을 절약하는 새로운 가능성이 제시된다. 환경부하물질의 투입량을 저감시키기 위한 대책으로서 제품 및 공정단위의 시설에서 박층처리공정에 소요되는 물질 투입량을 최소화하고 표면의 품질을 개선하도록 조

절한다. 이 연구에서는 이러한 시설을 축조하는 방법을 개발하는 한편 실현화 가능성을 화학적 습식 표면처리의 각종 사례를 통하여 대표적으로 시험한다. 기계적 가공공정에 표면처리공정을 통합시키므로써 다음의 작업단계 및 처리단계가 생략될 수 있다:

- 대상제품의 저장 및 이송
- 물질적 분리를 이용한 가공처리 이후 표면처리시까지의 표면보호를 위한 대책
- 물질적 분리 직후의 상태로 다시 복구하기 위한 세정대책

기계적 가공공정에 표면처리공정을 통합시키므로써 다음과 같은 추가적인 환경적 대책이 필요하다:

- 시안과 같은 유해성이 강한 화학물질의 대체
- 폐수가 발생하지 않는 운전방식
- 공정조로의 유가물질의 완벽한 재회수
- 투입 에너지의 절약운영

이 연구에서는 이러한 공정과 시설의 실현화를 위한 방법이 개발되며, 적용 가능성은 실험실 파일럿 규모로 회전대칭적인 부품에 대하여 각종 화학적 습식 표면처리가공을 사례로 시험한다. 이의 결과는 다른 화학적 습식 표면처리방식과 다른 제품에 적용될 수 있다.

개발되는 원형시설은 박층처리 반응기와 이동형 공급시설로 구성되며, 기존의 표면박층시설과의 차이점은 기계제작장치나 이와 유사한 가공기계와 같은 행태특성을 지닌 시설이라는 점이다. 다음 그림은 제품의 내부천공을 박층처리하는 장치를 나타내고 있으며, 이의 박층처리 반응기는 드릴공구와 같은 방법으로 작동된다. 이동형 공급시설은 호오스와 도금전기 및 제어장치를 위한 전기선으로 반응기와 연결된다. 표면박층공정의 처리대상은 다음과 같다:

- 비시안 은도금
- 알루미늄의 알마이트화
- 강철의 크롬도금

한편 이 시험을 통하여 얻어진 지식은 기준책자를 제작하여 외부인들에게도 전달될 수 있도록 한다.

연구제목 : 기계적 소재분리공정의 물질 순환체계 구축

10세부 : 광택, 연마, 턱제거 공정

연구기관 : Blasberg Oberflächentechnik GmbH Postfach 13 02 51, 42680 Solingen

연구책임자 : Kronberg, W., Dr.

tel.: 0212/702-252 fax: 0212/702-277

연구기간 : '95.7.1 - '97.12.31

13세부 : 연마 잔류물의 chips 형태로의 재활용

연구기관 : Rösler Gleitschleiftechnik GmbH & Co. KG Hausen Nr. 1, 96231 Staffelstein

연구책임자 : Förtsch, A.,

tel.: 09533/924-290 fax: 09533/924-300

연구기간 : '95.12.1 - '98.11.30

14세부 : 생태적 및 경제적 평가와 최적화

연구기관 : Institut für Technischen Umweltschutz, TU-Berlin Strasse des 17.Juni 135, 10623 Berlin

연구책임자 : Fleischer, G., Prof.

tel.: 030/314-24341 fax: 030/314-21720

연구기간 : '95.12.1 - '98.11.30

10세부 : 광택, 연마, 턱제거 공정

이 연구에서는 재생가능한 산화물질의 사용이 가능한 전해물질을 개발한다. 즉, 현재 사용되고 있는 산화물질인 과산화수소를 Peroxodisulfate로 대체하는 것이다. 현재의 기술수준으로는 산화물질이 빈약한 전해물질은 과산화수소로 보충되어야만 한다. 이와 같은 지속적인 보충으로 인하여 부피가 증가하여 전해물질을 유출시켜 처리하여야 하므로 고부가가치의 경제재가 손실되고 있다. Peroxodisulfate와 같이 재생가능한 산화물질의 경우 산화물질의 농도가 양극 산화를 통하여 황산염에서 Peroxodisulfate로 변환되므로 일정하게 유지될 수 있다.

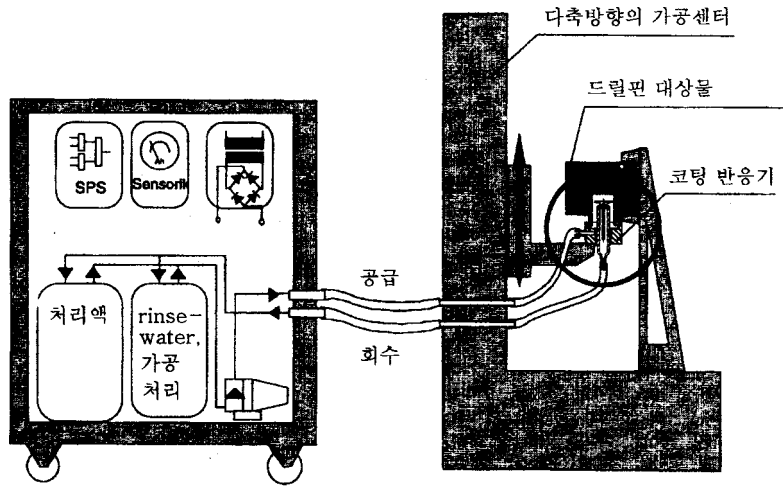


그림 : 표면박층 반응기와 이동형 공급장치

따라서 전해물질 부피의 증가현상과 더불어 전해물질의 유출 및 처리과정이 필요없게 된다. 다음 단계에서는 전해물질내에 함유되어 있는 금속을 회수하므로써 완벽한 순환체계를 구축시킬 수 있다.

13세부 : 연마 잔류물의 chips 형태로의 재활용

연마공정을 이용한 금속의 표면가공처리시 독일 내 소요되는 연마재는 연간 약 1만톤에 달하며, 평균 사용효율은 약 50%에 불과하다. 합성수지 또는 세마믹 연마재와 금속, 합금, 잔류유기물 등을 포함한 연마대상 마모물질으로 인하여 발생하는 슬러지는 연간 약 2만5천톤에 달하며, 특별관리가 필요한 이러한 폐기물을 처리하는데 소요되는 처리기술과 비용은 점차 증가하고 있다.

이 연구의 목표는 발생하는 폐기물을 순환체계 구축의 일환으로서 물질적으로 다시 재활용하는 것이며, 구체적으로는 발생하는 슬러지의 대부분을 연마재 생산공정에 원료로서 재투입하도록 하는 것이다. 이를 위한 연구방법은 다음과 같다:

- 현재까지 사용된 연마재 구성요소가 슬러지를 이용한 새로운 연마재에 미치는 영향을 분석한다.
- 1차원료와 재생원료를 이용한 연마재를 전형적인 연마공정이 적용되는 경우의 가공결과에 대한 효율비교로서, 대상공정은 각종 금속류에

대한 턱제거, 연마, 정밀연마, 평활, 턱rounding, 세정, 탈지, 방청 공정 등이다.

- 기존의 연마재와 재생목적으로 최적화된 연마재를 위의 가공공정에 대하여 적용효과를 분석한다.

14세부 : 생태적 및 경제적 평가와 최적화

이 연구에서는 물리적인 소재분리공정의 물질순환체계를 구축하는데 필요한 객관적인 평가 및 최적화를 위한 도구를 개발하는 것이다. 개발된 도구를 이용하여 각 세부과제별로 개발된 연구결과를 총체적인 시스템경계면상에서 생태적인 그리고 경제적인 부하가 실질적으로 저감되는지를 평가하고 구체적인 저감폭을 도출한다.

한편 각각의 물질적인 분리공정, 농축과정, 재생과정 그리고 에너지공급, 폐기물처리공정, 오염물질의 배출량과 자연환경에 미치는 영향 등 모든 부속공정이 해당 시스템에 포함된다. 전반적인 연구개발 단계는 다음과 같다:

1. 생태적, 경제적 데이터의 수집
 - 1.1 과제외 구성
 - 1.2 참여기업의 자료조사
 - 1.3 연계된 공정의 자료조사
2. 공정의 모델화와 민감성 분석조사
 - 2.1 연산프로그램의 작성

- 2.2 공정의 모사
- 2.3 민감성 분석 계산
- 3. 평가 및 최적화 도구 작성
 - 3.1 평가 및 최적화 도구의 개발
 - 3.2 평가 및 최적화 도구의 적용
- 4. 연구수행 보조도구의 개발

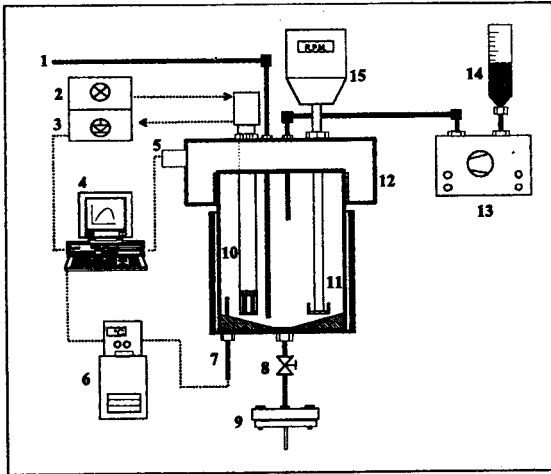


그림 : 시험시설의 개략적인 구조

2.2.6 합성수지 및 유기성 제품

연구제목 : 부속공정에서의 재활용을 위한 원유정제 잔류물과 합성수지 폐기물의 혼합물질에 대한 colloid안전성
 연구기관 : Institut für Erdöl- und Erdgasforschung Walter-Nernst-Str. 7, 38678 Clausthal-Zellerfeld
 연구책임자 : Rahimian, I., Dr.-Ing.
 tel.: 05323/711-165 fax: 05323/711-200
 연구기간 : '95.7.1 - '96.6.30

최근 휘발유 등과 같은 가벼운 원유제품의 수요가 증유 등과 같은 무거운 원유제품에 비하여 증가하므로서 수요를 충당하기 위하여 초과발생되는 무거운 원유제품을 가벼운 제품으로 변환시켜야 하는 공정이 필요하게 되었다.

이와 동시에 처리대상물질인 폐합성수지에 의한

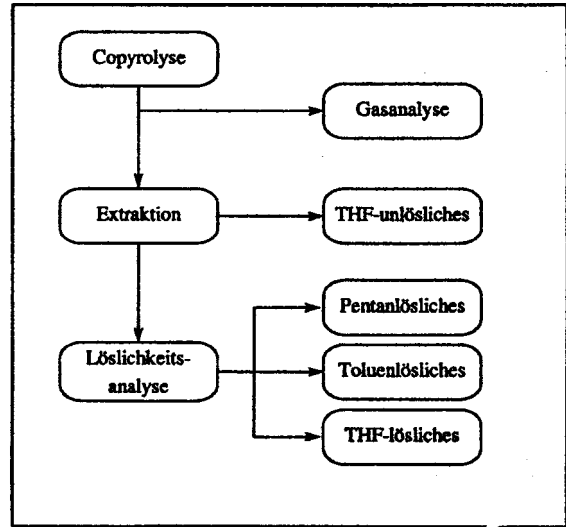


그림 : 제품가공의 개략도

환경부하가 점차 증가하고 있으므로 폐합성수지를 재활용할 수 있는 방법이 모색되고 있다. 그러나 폐합성수지류의 다양한 Polymer로 인하여 물질적인 재활용방법은 많은 문제점을 내포하고 있으므로 에너지적인 재활용 방안이 강구되고 있다.

따라서 이와 같은 문제의 물질을 공동으로 Cocracking하는 방안이 바람직하다. 이 과정에서 무거운 원유정제잔류물의 상당량이 연료물질의 증발영역에서 변환되는 시너지효과가 기대되는 반면 이와 같은 원유정제잔류물과 폐합성수지의 구성요소와 특성간의 관련성에 대한 지식이 부족한 상태이다.

연구의 목적은 이와 같은 저부가가치의 2차원료 혼합물의 생성과 이의 특성분석 그리고 cocracking공정에 대한 적합성을 분석하는 것이다. 확산도의 조절, 잔류물의 Intermicellarphase로부터 Asphaltene과 Polymere의 상대적인 변화도, 부유성 및 침전성 그리고 이에 따른 상태의 시간적 변화관계성 등과 같은 잔류물 polymer 혼합물에 대하여 기술적으로 중요한 관점을 도출하는 것이 안정도 분석에 필요한 요소들이다.

2.2.7 전자기기 및 부품

연구제목 : 복합적 대량소비제품인 TV를 대상으로 한 순환경제재의 개발

1세부 : 생태적 및 경제적 효과 연구
 연구기관 : Öko-Institut e.V. / Institut für angewandte Ökologie e.V. Im Binzengrün 34A, 79114 Freiburg im Breisgau
 연구책임자 : Strubel, V., Dr.
 tel.: 0761/45295-0 fax: 0761/457-437

2세부 : 합성수지류
 연구기관 : Grundig E.M.V. / Elektromechanische Versuchsanstalt Kurgartenstr. 37, 90762 Fürth
 연구책임자 : Winghofer, R., Dr.
 tel.: 0911/703-7701 fax: 0911/703-376

3세부 : 금속류
 연구기관 : Loewe Opta GmbH Industriestr. 11, 96317 Kronach
 연구책임자 : Landeck, H.,
 tel.: 09261/99455 fax: 09261/99378

4세부 : 브라운관
 연구기관 : Philips GmbH, Glasfabrik Aachen Philipsstr. 8, 52068 Aachen
 연구책임자 : Goldschmidt, T.
 tel.: 0241/539-2868

5세부 : 스피커
 연구기관 : Nokia Audio Electronics GmbH Schlesische Str. 135, 94315 Straubing
 연구책임자 : Geisenberger, S.
 tel.: 09421/982-393

6세부 : TV본체 / 연결
 연구기관 : Deutschen Thomson-Brandt GmbH, Produkttechnologie Abt. Hermann-Schwer -Str. 3, 78003 VS-Villingen
 연구책임자 : Haller, H.-O., Dr.
 tel.: 07721/85-3190

연구기간 : '95.10.1 - '98.9.30

이 연구의 목적은 전자기기관련 신기술 개발로 기존의 제품 전생애 걸친 결정요인으로 작용하는 기능성, 안전성, 광학성, 경제성외에 환경성 요인을 고려하는 것이다. 복합적인 전자기기의 환경친화성 개선을 목적으로 수행되는 조사대상으로는 전자공학과 전자기술에서 발생하는 모든 문제점들을 포함하고 있는 TV기기로 선정되었다. 예를 들어 기술적인 조건과 구조적인 조건 그리고 대량소비제품의 특성인 대량생산성, 비용, 기기에 요구되는 유연성과 디자인 등이다. 본 연구를 통하여 해결되는 혁신적인 개발결과 과는 다수의 전자기기에 반영될 수 있으므로 전 전자산업에 미치는 영향이 지대하다. 연구의 최종결과로서는 일반 시중에 판매되는 기기의 기능과 가격면에서 경쟁력이 있는 한편 기술적으로 그리고 경제적으로 친환경적인 제품의 실현이 가능한 기능면에서 완벽한 TV원형이 소개된다.

2.2.8 야금

연구제목 : 연마슬러지의 가공처리와 재활용방안 - 2세부 : 생산시설의 계획
 연구기관 : Lehrstuhl Informatik im Maschinenbau der RWTH-Aachen Dennewarterstr. 27, 52068 Aachen
 연구책임자 : Henning, K., Prof.
 tel.: 0241/9666-12 fax: 0241/9666-22
 연구기간 : '96.12.1 - '97.4.30

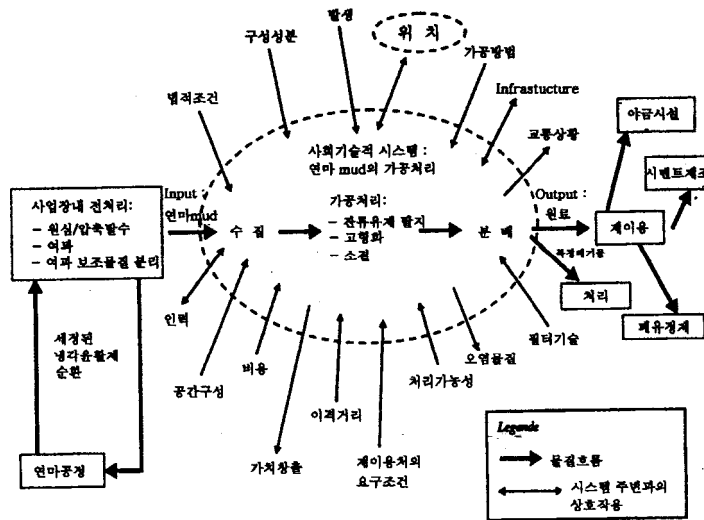


그림 : 연마슬러지 가공시스템과 주변환경의 연계성

연마슬러지는 냉각순환계를 이용하는 연마공정에서 발생되므로 유제함량이 약 60%까지 도달하며, 발생되는 슬러지는 현재 대부분 특정폐기물 매립장에 매립되고 있다. 따라서 슬러지내에 함유되어 있는 유제성분과 금속성분 등의 부가가치성 원료물질들이 생산순환체계에 재순환되지 않고 손실되고 있다. 이 연구의 목적은 이러한 연마슬러지와 이의 구성성분들을 가공처리하여 재활용하는 것으로서 이와 같은 생산시설을 설계하고 위치를 선정하는 한편 물질흐름을 파악한다.

분리시킨 이물질은 사업장내에서 재활용하거나 또는 판매가능한 고형물질로서 가공처리한다.

이상의 과제를 현실화시키기 위해서는 물리, 화학적 반응을 이용한 저오염형 및 에너지 저소비형 공정을 적용시키며, 선정된 공정방법은 Membrane공정이다.

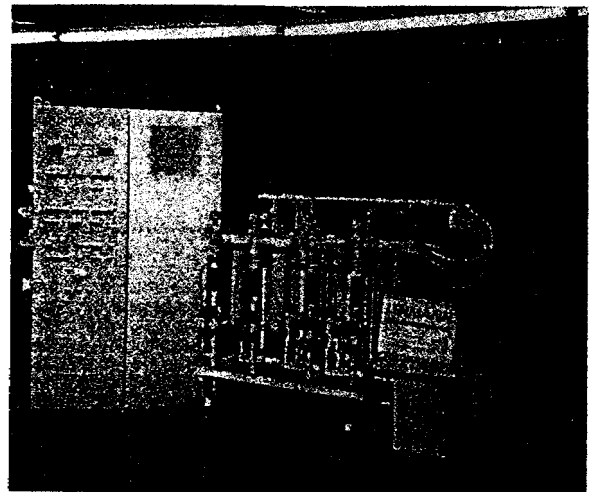


그림 : 이동형 Membrane 장치

연구제목 : Membrane공정을 이용한 2차야
금 물질순환체계 결속
- 세부 : 시설기술적인 현실화
연구기관 : Lehmann Maschinenbau GmbH
Bahnhofstr. 34, 08543 Pöhl/OT Jocketa
연구책임자 : Thilo, L., Dipl.-Ing.
tel: 037439/6226-6227 fax: 037439/6226
연구기간 : '95.7.1 - '97.9.30

2.2.9 기타

열분해시 발생하는 물질의 제품화 가능성을 수반한 열분해기술은 다수의 연구과제를 통하여 연구되었으며, 일부는 Salzgitter지방에 상업화되었다. 열분해기술의 지속적인 개발과제로 현재는 열분해시 발생하는 고형물질에 대한 활용방법이 연구되고 있다.

이 연구의 목적은 전해조 재활용과 고철재활용시 발생하는 아연함유 비산분진의 재활용을 위한 사업장내 물질순환체계의 구축이다.

부속공정의 액상물질로 부터는 이물질질을 제거하여 세정된 용수로서 재사용할 수 있도록 하는 한편

연구제목 : 문제성 폐기물에 대한 열분해공정의 최적화
 연구기관 : Deutsches Brennstoffinstitut / Rohstoff- und Anlagentechnik GmbH
 연구책임자 : März, W., Dr.-Ing.

본시스템이 시험된다:
 ◦ 기존의 HTCC (High Temperature Cofired Ceramic) 세라믹을 산화알루미늄을 기본으로 하는 Mo/W-금속화
 ◦ Ag, Ag/Pd, Au-금속화를 수반하는 glass ceramic 기초의 LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic)의 개발
 ◦ AlN을 기초로 하는 신규 시스템의 개발

3. 환경친화적 제품의 구성

- 3.1 기반연구 : 해당사항 없음.
- 3.2 신제품 및 개선제품의 개발

연구제목 : 금속화 Paste
 1세부 : 개발 및 시험
 연구기관 : IBM Deutschland Produktion GmbH, Fachbereich Elektrokera-
 mikk
 Tübinger Allee 49, 71065 Sindelfingen
 연구책임자 : Mussler, B., Dr.
 tel.: 07031/612-3573 fax: 07031/612-3320

2세부 : 개발 및 특성 분석
 연구기관 : H.C. Stark GmbH & Co. KG
 Im Schleeke 78-91, 38642 Goslar
 연구책임자 : Hünert, R., Dr.
 tel.: 05321/751-575 fax: 05321/751-192

3세부 : ALN 테이프의 시험
 연구기관 : Anceram GmbH & Co. KG
 Esbachgraben 4, 95463 Bindlach
 연구책임자 : Brunner, D., Dr.-Ing.
 tel.: 09208/9709

4세부 : 학술적 특성 분석
 연구기관 : Fraunhofer Institut für
 Keramische Technologien und
 Sinterwerkstoffe (IKTS)
 Winterberg Str. 28, 01277 Dresden
 연구책임자 : Otschik, O., Dr.
 tel.: 0351/2553-506 fax: 0351/2553-605
 연구기간 : '95.7.1 - '99.6.30

2,3세부 :

이 연구에서는 HTCC 및 LTCC를 위한 수용성 금속화 Paste와 Aluminiumnitrid(AlN)기술의 개발을 목적으로 수립하였으며, Aluminiumnitrid 시스템을 위한 금속화 Paste외에 추가적으로 MCM-기술을 위한 테이프를 개발한다.

4세부 :

이 연구에서는 현재 산업체에서 이용되는 Paste는 유기성 용매를 함유하고 있으며, Sieve 세정에 이용되고 있는 Perchlorethylene과 기타 CFC성 세정제를 중,장기적으로 완전히 수용성 사시스템으로 대체하고자 한다.

- Sieve인쇄의 가공도와 금속화 Paste의 건조와 열처리 방법의 개발
- Sieve세정공정의 개발

3.3 윤활제

연구제목 : 생물학적 분해속도가 빠른 윤활제
 연구기관 : Sket Shwermaschinenbau
 Magdeburg GmbH Marian Str. 20, 39100
 Magdeburg
 연구책임자 : Deicke, H.-D.,
 tel.: 0391/683-236 fax: 0391/684-233
 연구기간 : '95.10.1 - '97.7.31

1세부 :

이 연구에서는 전자산업에서의 기초물질 생산시 수용성 Paste의 적용가능성에 대하여 다음과 같은 기

이 연구에서는 Rape씨 가공시의 유기성 용매의 오염정도를 저감시키는 대책으로서 청정기술적 대책

의 개발과 실현화를 그 목적으로 삼고 있다. 즉, Rape씨 겹질에 잔류지방함량이 너무 높은 관계로 나타나는 문제점을 겹질함량이 약 17%에 달하는 Rape씨의 겹질을 벗겨내므로써 이 문제를 해결하고자 한다.

3.4 기타

해당사항 없음.

4. 결론

독일의 환경기술 지원정책에 나타나는 새로운 방향은 현 시점에서는 “청정기술” 그리고 차세대에는 “Design for Environment” 분야에 대한 적극적인 지원계획으로 구체화되어 있다는 점이다. 청정기술은 기존의 사후처리기술과는 달리 환경부하요인을 제품의 생산공정과 부속공정상에서 저감시키거나 완전히 억제시키므로써 환경친화성을 유지하는 동시에 경제적으로도 수율향상 효과 등과 같은 산업체가 수동적으로 이에 대처할 수 있는 이점을 제시하고 있다. 따라서 이의 개발과 연관된 위험요인을 저감시키고 개발을 활성화시키기 위하여 독일 정부차원에서 적극 지원하고 있다. 다음 단계로 계획된 지원대책은 “Design for Environment” 분야로서, 이 분야는 제품의 기획, 설계단계에서부터 환경을 고려하는 대책으로서 제품의 재활용성과 분해의 용이성 등을 구체화하고 있다.

우리나라에서도 환경기술의 개발과 이의 상품화를 통한 환경기술 경쟁력을 유지하기 위해서는 정부 차원에서 청정기술 및 Design for Environment분야에 대한 적극적인 지원이 필요하며, 이에 필요한 기반기술개발을 적극 지원하는 것이 바람직하다고 사료된다.

감사의 글

본 원고는 1997년도 한국과학재단의 지원으로 작성되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. Heidborn, J. : “Stand der Umwelt-Technik und

Schwerpunkte des deutschen Umweltforschungs- und Umwelttechnikprogramms”, Bonn, 1997. 2. 7

2. The Institut of Metal Finishing : “Life-Cycle Engineering of Painting Technologies”, Interfinish 96 World Congress, 1996. 9

3. Brunn, K. : “Wäßrige Reinigungssysteme - Entwicklung, Einsatz, Recycling”, UTECH '97 Berlin, 1997. 2

4. DLR : “Vorhaben - Übersicht '96”, BMBF, 1996. 6

5. BMFT : “Produktionsintegrierter Umweltschutz” 1994. 1