

독일의 청정기술 연구개발 동향



정 찬 교(수원대학교 공과대학)

- '76.8 - '83.1 독일 Berlin 공과대학 학사(화공기계공학)
- '83.2 - '88.2 독일 Berlin 공과대학 석사(에너지공학)
- '88.3 - '90.11 독일 Berlin 공과대학 박사(환경공학)
- '83.4 - '90.12 Hermann-Rietschel-Institute(독일) 연구원
- '91.3 - 현재 수원대학교 공과대학 환경공학과 조교수, 부교수
- '98.6 - 2007.2 과학기술부·한국과학재단 지정 지역협력연구센터(RRC) 환경청정기술연구센터 소장

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 독일정부는 환경기술의 개발과 현실화를 위한 시장경제의 자구노력을 촉진시키고 있다. 이의 일환으로 독일정부는 의도하는 방향으로의 연구개발이 시작되어 가속화되는데에 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 분야에서 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 다

다르게 된다.

따라서 경쟁력을 유지하기 위한 환경기술로는 원천적인 대책이 적용되어 대기, 수질, 토양 환경부하가 발생하는 지점에서 환경부하를 최소화시키는 사전예방적인 “청정기술”이 적용되어야 한다. 기존의 사후처리기술은 이와 같은 청정기술의 보조적인 역할을 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 지대하므로 단점으로서 작용하지만 동시에 원가절감 등 장점으로서도 작용할 수 있다. 따라서 청정기술의 개발과 이에 따른 생산공정의 변화는 높은 초기비용을 초래하여 기술적 및 경제적인 부담요인으로 작용할 수 있지만, 오염물질 사후처리비용의 절감과 생산비용의 절감으로 운영비용을 절감시킬 수도 있다.

지속가능한 개발을 위한 미래지향적인 청정기술이 지닌 커다란 의미와 청정기술의 개발과 연계된 위험부담을 고려하여 청정기술 분야의 연구개발 지원사업을 독일 교육과학기술부(BMBF, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie)가 국가적인 차원에서 90년대 초반부터 적극적으로 추진하게 되었으며, 일부 청정기술 관련 연구사업은 80년대 후반부터 이미 기존의 환경기술 연구사업의 일환으로 지원되어 왔다.

다음은 독일정부의 환경관련 기술분야의 연구를 추진하고 있는 교육과학기술부의 청정기술관

련 연구지원 정책동향과 이에 따른 현재 진행중인 연구개발내용을 종합하여 나타내고자 한다.

2. 청정기술 연구지원정책 동향

신물질, 내구성이 강한 재료, 고도의 공정단계 등을 이용하여 환경개선목적을 달성하고자 하는 경우 해당 대체물질과 프로세스의 구성으로 인하여 야기되는 부수효과 및 장기적인 영향에 대하여 현재까지 보다도 더 철저하게 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 그당시 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 공정단계과 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 초기단계까

지는 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 청정기술 개발을 위한 교육과학기술부의 지원정책을 종합하면 다음과 같다:

1단계 : 관련분야 최신기술의 적용

청정기술에 적극적으로 응용할 수 있는 전자공학, 가공신기술, 여과 및 분리기술, 환경생물공학, 신소재의 개발 등 관련분야 최신기술의 적용을 강화시키므로써 발생하는 환경부하를 유지보수하는 수준을 넘어 오히려 상당량 저감시키는 성과를 획득하였다.

2단계 : 순환체계의 구축

다음 단계로는 물질의 순환사이클을 결속시키는 단계로서 생산공정에서 발생하는 잔류물물 가공처리하여 최대한 재활용시키도록 유도하고 있다. 생산제품에 직접 포함되지 않는 보조물질은 재생처리되므로써 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 알려져 있다. 그러나 이의 실현화를 위한 지원대책이 특히 중소기업을 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 설

계단계에서부터 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, 내구연한의 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 연구개발 지원프로그램의 구조

청정기술의 개발을 위한 전반적인 지원프로그램의 전반적인 구조는 다음의 목차형태로 작성된 바와 같으며, 이중 상당부분은 이미 연구가 완료되었거나 또는 현재 진행중이며 일부는 현재까지도 시작되지 않은 분야도 있다. 일부 번호가 누락된 부분은 현재까지도 그 연구분야가 선정되지 않은 부분도 있음을 나타내고 있다.

1. 환경친화적 프로세스 및 공정

1.1 기반연구

1.2 신공정 개발

1.2.1 제지 및 펄프

1.2.2 섬유

1.2.3 식품

1.2.4 표면처리

1.2.5 주조공정

- 1.2.6 CFC물질 저감
- 1.2.7 VOC물질 저감
- 1.2.8 연소공정
- 1.2.9 기타 신 공정
- 1.3 환경관련 최적화 공정
- 1.4 생산프로세스의 처리공정
 - 1.4.1 열 및 촉매이용 공정
 - 1.4.2 흡착공정
 - 1.4.3 생물공정
 - 1.4.9 기타 공정
- 1.9 기타 청정기술적 처리공정

- 2. 순환체계 구축
 - 2.1 기반연구
 - 2.2 사례연구
 - 2.2.1 제지 및 펄프
 - 2.2.2 섬유
 - 2.2.3 식품
 - 2.2.4 유리, 세라믹, 건축재
 - 2.2.5 표면처리
 - 2.2.6 합성수지 및 유기성 제품
 - 2.2.7 전자기기 및 부품
 - 2.2.8 야금
 - 2.2.9 기타

- 3. 환경친화적 제품의 구성
 - 3.1 기반연구
 - 3.2 신제품 및 개선제품의 개발
 - 3.3 유통제
 - 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

- 9. 기타 환경관련 과제
 - 9.1 배기 공기의 정화
 - 9.2 해양오염 방지
 - 9.3 기타

4. 청정기술 연구개발 내용

독일에서 진행중인 청정기술 관련 연구의 성격과 방향을 파악하고 국내에서 각 분야별로 진행 중이거나 계획된 연구와 연구자 스스로 비교할 수 있도록, 위의 목차형태로 나타낸 독일의 연구 개발분야중 일부 관련 연구지원과제에 대하여 연구제목, 연구기관, 연구책임자, 연구기간 그리고 부분적으로는 간략한 연구내용도 서술하고자 한다. 목차상의 번호를 이용하여 분야를 나타내었으며, 4장과 5장 그리고 9장에 대한 연구는 부분적으로만 시도되고 있으므로 생략하고자 한다.

1.2.4 표면처리

연구제목 : 세라믹소재의 저오염형 정밀연삭공정 개발

(1세부)

연구기관 : Institut für Fertigungstechnik und spanende Werkzeuge der Universität Hannover Schlo wernder 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, 산화알루미늄 세라믹 또는 Siliziumcarbid세라믹 패킹판 등을 사례로 들 수 있다. Lapping시 수용성

또는 유제성 용액에 분산되어 있으며 유리된 lapping corn에 의해서 재료의 분리가 이루어진다. 유입되는 lapping제는 가공공정상 발생하는 corn으로부터 떨어짐으로서 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 가공공정으로서 정밀연삭방법을 분석하는 것이다. 기본 원리는 그림 1에 나타난 바와 같으며, 기본 원리는 lapping kinematics를 이용하므로써 규격오차를 최소화하면서 매우 양질의 평활성을 유지할 수 있다. 유리된 corn을 이용하는 Lapping공정과는 달리 정밀연삭공정에서는 corn재가 결합된 형태로 이용된다.

이로 인하여 유발되는 장점은 물질흐름을 나타낸 그림 2에서도 분명해진다. 고형물질이 포함된 lapping 용액을 보충하는 것은 불필요해지며, 이로 인하여 투입되는 다이아몬드를 더욱 잘 이용할 수 있는 한편 투입되는 냉각윤활제를 다시 재가공하여 본래의 공정에 재투입시킬 수 있다. 이러

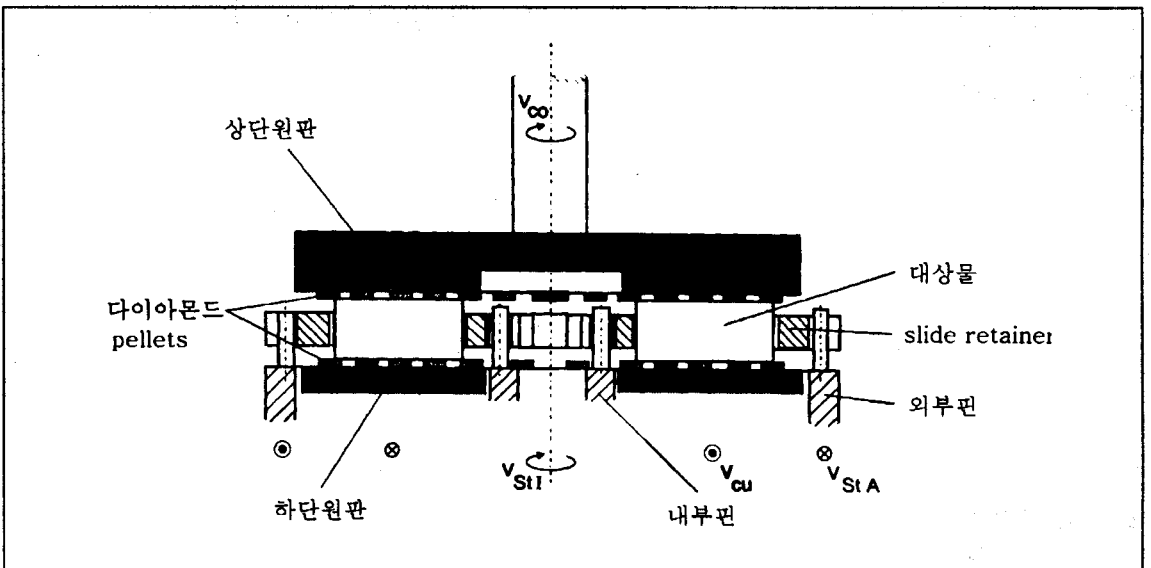


그림 1.정밀연삭공정의 기본원리

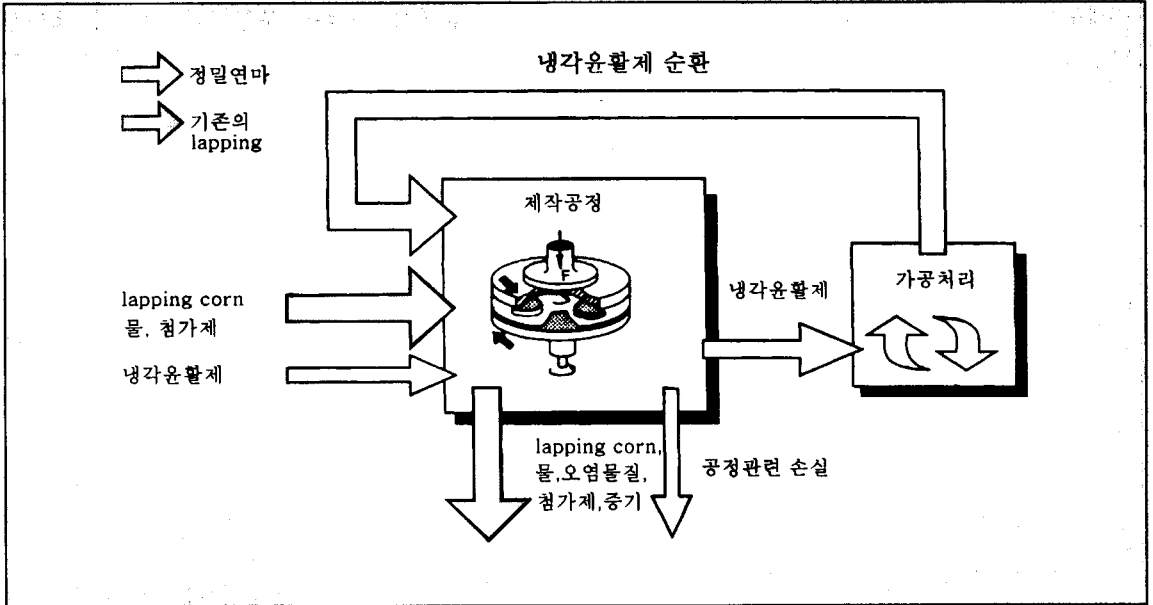


그림 2. Lapping과 정밀연삭의 물질흐름 비교

한 점들이 정밀연삭공정이 lapping공정에 비하여 더욱 환경친화적인 가공공정임을 나타내고 있다.

정밀 및 초정밀 가공공정 프로세스의 환경개선 잠재력은 프로세스상에서 냉각유회계의 재순환과 사용기간이 비교적 긴 유회계의 적용으로 환경부하를 저감시킬 수 있다. 더욱 개선된 대책으로는 생물학적으로 분해가능한 냉각유회계와 순수한 물을 투입하는 단계이며, 최종적으로는 적절한 프로세스의 개선대책으로 냉각유회계의 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



그림 3. 정밀연삭기계 AC 1200-F microLine®

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 주물부품 가공시 발생하는 오염물질과 폐기물에 대하여 이의 특성과 정량

적인 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.

1.2.6 CFC물질 저감

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 주류로는 세탁공정의 경우 수용성 매체와 비아로마계열의 유제 그리고 합성수지류의 포말공정에는 공기, 질소, 이산화탄소 등을 들 수 있다.

연구과제중 대표적인 연구제목과 연구수행기관을 소개하면 다음과 같다:

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 Kältebund Einrichtungstechnik
 연구책임자 : Haaf, S., Dipl.-Ing.
 연구제목 : 슈퍼마켓을 위한 NH3 냉동시설

1.2.7 VOC물질 저감

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 조절 실험)
 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 : Herzog, 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 독일 내에서의 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 현상인화제 등과 같은 보조물질의 농도를 현저하게 저하시킬 계획도 수립하고 있다.

1, 2세부과제 :

SIKA사에서는 비용매성으로서 친환경적으로 개발된 박막점착제를 이용하여 박막점착공정을 개발, 구축한다. 주 목적은 기존의 용매성 박막 점착제를 건조속도가 높거나 반응시간이 짧은 광학적 cross-link 시스템으로 대체하는 것이다. 이의 일환으로 polycarbonate, cellglass, 합성호일, 알루미늄, 종이 등의 인쇄대상물을 새로운 인쇄 시설에 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

1.3.3 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

연구제목 : 재생 알루미늄 산업에 대한 공정통합형 청정기술 대책 - 2세부

연구기관 : Lehrstuhl für ökologische Chemie und Umweltanalytik der TU München
85350 Freising

연구책임자 : Kettrup, Prof. Dr.

tel. : 08161/713-581 fax. : 08161/713-581

연구기간 : '95. 8. 1 - '98. 7. 31

2. 순환체계 구축

2.2.5 표면처리

중점연구제목 : 공정통합형 청정기술적 표면처리

1세부 : 비시안 은도금과 박층처리 반응기의 원형개발

연구기관 : Siemes AG

Siemensdamm 50, 13623 Berlin

연구책임자 : De Vogelaere, M.,

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

2세부 : 철재 크롬도금과 알루미늄재의 양극전산화

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-Verarbeitungen 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 처리대상량을 저감시키거나, 이를 유발시키는 물질을 대체하므로써 이의 발생을 완벽하게 예방하는 것이다. 즉, 기계적 가공처리에 표면처리공정을 통합시키므로써 청정기술을 도입하는 것이다.

이러한 청정기술의 개발로 인하여 문제성 물질을 절약하는 새로운 가능성이 제시된다. 환경부하물질의 투입량을 저감시키기 위한 대책으로서 제품 및 공정단위의 시설에서 박층처리공정에 소요되는 물질투입량을 최소화하고 표면의 품질을 개선하도록 조절한다. 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 표면 처리시까지의 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 파일럿규모로 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 형태특성을 지닌 시설이라는 점이다. 그림 4는 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

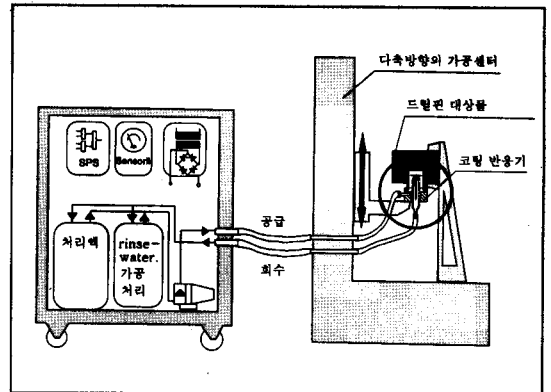


그림 4. 표면박층 반응기와 이동형 공급장치

중점연구제목 : 기계적 표면가공공정의 물질순환 체계 구축

1세부 : 중점과제 통합관리
 연구기관 : GUV Gesellschaft für umweltverträgliche Verfahrensinnovation mbH

Potdamerstr. 18A, 14513 Teltow
연구책임자 : Frischwasser, K., Prof
tel. : 03328/430120
연구기간 : '94. 5. 1 - '97. 4. 30

2세부 : Membrane공정 개발
연구기관 : Metallgesellschaft AG
Reuterweg 14, 60271 Frankfurt am Mein
연구책임자 : Brücken, Dipl.-Ing.
tel. : 069/942072-25 fax : 069/426006
연구기간 : '94. 5.1 - '97. 4. 30

3세부 : Membrane 적용기술
연구기관 : Institut für Korrosionsschutz Dresden
GmbH
Postfach 800228, 01102 Dresden
연구책임자 : Stieglitz, Dipl.-Ing.
tel. : 0351/8837-546 fax : 0351/8837-564
연구기간 : '95. 5. 1 - '97. 4. 30

4세부 : 납 재생공장 적용
연구기관 : Muldenhütten Recycling und
Umwelttechnik GmbH
Postfach 103, 09582 Freiberg
연구책임자 : Behrendt, H.-P., Dipl.-Ing.
tel. : 03731/367-652 fax : 03731/367-407
연구기간 : '94. 10. 1 - '97. 9. 30

5세부 : 공정 최적화
연구기관 : Institut für Automatisierungstechnik
der TU Dresden
01062 Dresden
연구책임자 : Hauser, S., Dr.-Ing.
tel. : 0351/463-4025
연구기간 : '94. 5. 1 - '97. 7. 31

6세부 : 아연도금공장 적용
연구기관 : Feuerverzinkung Genthin GmbH &

Co. KG
Postfach 19, 39301 Genthin
연구책임자 : Külker, H., Dipl.-Ing.
tel. : 05244/983246 fax : 05244/983225
연구기간 : '94. 5. 1 - '97. 4. 30

7세부 : 구리 및 특수강 처리
연구기관 : Eilenburger Elektrolyse- und
Umwelttechnik GmbH
Postfach 88, 04833 Eilenburg
연구책임자 : Thiele, W., Dr.
tel. : 03423/661 645
연구기간 : '94. 7. 1 - '96. 12. 31

8세부 : 알루미늄 가공
연구기관 : Goema GmbH
Postfach 1440, 71657 Vaihingen an der Enz
연구책임자 : Stelter, M., Dr.
tel. : 07042/910 260 fax : 07042/910 250
연구기간 : '94.7.1 - '96.12.31

9세부 : 탈박막 처리
연구기관 : LPW-Anlagen GmbH Neuss
Postfach 100953, 41409 Neuss
연구책임자 : Möbius, A., Prof. Dr. Habil.
tel. : 02131/200 221 fax : 02131/200 208
연구기간 : '94. 7. 1 - '97. 1. 31

10세부 : 광택, 연마, 턱체거 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

11세부 : 구리 및 특수강 처리의 전기화학적 기
초
연구기관 : Ech Elektrochemie Halle GmbH

Weinberg Weg 23, 06120 Halle
 연구책임자 : Matschiner, H., Prof. Dr.
 tel.: 0345/5583 711 fax: 0345/5583 710
 연구기간 : '94. 7. 1 - '96. 12. 30

12세부 : 크리스탈 산화광택
 연구기관 : F.X. Nachtmann GmbH, Bleikristall
 GmbH
 94566 Riedh tte
 연구책임자 : Weber, A., Dipl.
 tel.: 08553/2570 fax : 08553/2529
 연구기간 : '95. 1. 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

15세부 : 알루미늄의 연삭과 가공품의 양극 최적
 화
 연구기관 : FSB Franz Schneider Brakel GmbH
 & Co.
 Nieheimer Str. 38, 33034 Brakel
 연구책임자 : Schardt, P., Dipl.-Ing.
 tel.: 05272/608 224 fax : 05272/608 300
 연구기간 : '96.3.1 - '98. 8. 31

16세부 : 복합금속재의 침식 최적화
 연구기관 : Kolbenschmidt AG, Werk Papenburg
 Von-Arenberg-Str. 5, 26871 Papenburg
 연구책임자 : Rehbock, B., Dipl.-Ing.
 tel.: 04961/986 116 fax : 04961/986 103
 연구기간 : '96. 8. 1 - '99. 1. 31

17세부 : 알루미늄 표면처리시 잔류물의 재활용
 연구기관 : FEM Forschungsinstitut für
 Edelmetalle und Metallchemie
 Katharinen Str. 17, 73525 Schw bisch Grmüd
 연구책임자 : D. Ott, Dipl.-Ing.
 tel.: 07171/1006 45 fax : 07171/1006 54
 연구기간 : '97. 4. 1 - '00. 3. 31

중점연구과제의 목적은 금속제품의 표면처리 시 발생하는 액상의 표면처리제를 재생시키는 한편 폐액에 잔류하는 물질을 물질적으로 재회수하여 활용하는 것이다. 표면처리방법이 매우 다양하므로 각각의 방법에 따른 세부과제를 수행하여 전반적인 청정기술적 대책을 수립하고자 한다. 각 세부과제별 연구내용을 수록하기에는 그 내용이 방대하므로 다음은 세부과제중 일부에 대하여 설명하였다.

10세부 : 광택, 연마, 텍제거 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. 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 독일내 소요되는 연마재는 연간 약 1만톤에 달하며, 평균 사용효율은 약 50%에 불과하다. 합성수지 또는 세라믹 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 순환체계구축의 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 물질

순환체계를 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 과제의 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

2.2.8 야금

연구제목 : 연마슬러지의 가공처리와 재활용방안 : 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

연마슬러지는 냉각유효율을 이용하는 연마공정에서 발생되므로 유제함량이 약 60%까지 도달하며, 발생하는 슬러지는 현재 대부분 특정폐

기물 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.

연구제목 : Membrane공정을 이용한 2차야금 물질순환체계 결속
 - 세부 : 시설기술적인 현실화
 연구기관 : Lehmann Maschinenbau GmbH
 Bahnhofstr. 34, 08543 P hl/OT Jocketa
 연구책임자 : Thilo, L., Dipl.-Ing.
 tel. : 037439/6226-6227 fax : 037439/6226
 연구기간 : '95. 7. 1 - '97. 9. 30

이 연구의 목적은 전해조 재활용과 고철재활용시 발생되는 아연함유 비산분진의 재활용을 위한 사업장내 물질순환체계의 구축이다. 부속공정의 액상물질로부터는 이물질질을 제거하여 세정된 용수로서 재사용할 수 있도록 하는 한편 분리시킨 이물질은 사업장내에서 재활용하거나 또는 판매 가능한 고품질로서 가공처리한다. 이상의 과제를 현실화시키기 위해서는 물리, 화학적 반응을 이용한 저오염형 및 에너지 저소비형 공정을 적용시키며, 선정된 공정방법은 Membrane공정이다.

3. 환경친화적 제품의 구성

3.2 신제품 및 개선제품의 개발

연구제목 : 금속화 Paste

1세부 : 개발 및 시험
 연구기관 : IBM Deutschland Produktion GmbH, Fachbereich Elektrokeramik

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 : H nert, 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

1세부 : 이 연구에서는 전자산업에서의 기초물질 생산시 수용성 Paste의 적용가능성에 대하여 다음과 같은 기본시스템이 시험된다:

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

2, 3세부 : 이 연구에서는 HTCC 및 LTCC를 위

한 수용성 금속화 Paste와 Aluminiumnitrid(AIN) 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 시스템으로 대체하고자 한다.

• Sieve인쇄의 가공도와 금속화 Paste의 건조와 열처리 방법의 개발

• Sieve세정공정의 개발

5. 맺음말

위에 언급한 연구개발 내용외에도 일반적인 표면처리와 관련된 독일의 청정기술적 중점 연구개발 동향을 시대적으로 분류하면 다음과 같다.

- 1) 90년~93년 : 할로겐 탄화수소계 금속 세정 물질의 대체 연구
- 2) 91년~94년 : 할로겐 탄화수소계 세정물질의 대체를 위한 수계 세정시스템 연구
- 3) 91년~95년 : 도금 및 금속화학분야의 저오염형 프로세스 개발
- 4) 91년~96년 : VOC물질의 저감을 위한 분말 도료 관련 연구
- 5) 94년~00년 : 전반적인 표면처리의 물질적 순환체계 구축
- 6) 95년~98년 : 공정통합형 표면처리기술 개발

한편 독일의 환경기술 지원정책에 나타나는 새로운 방향은 현 시점에서는 "청정기술" 그리고 차세대에는 "Design for Environment" 분야에 대한 적극적인 지원계획으로 구체화되어 있다는 점이다. 청정기술은 기존의 사후처리기술과는 달

리 환경부하요인을 제품의 생산공정과 부속공정 상에서 저감시키거나 완전히 억제시키므로서 환경친화성을 유지하는 동시에 경제적으로도 수율 향상 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 정부차원에서 청정기술 및 Design for Environment분야에 대한 적극적인 지원이 필요하며, 이에 필요한 기반기술개발을 적극 지원하는 것이 바람직하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [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., "W rige Reinigungssysteme - Entwicklung, Einsatz, Recycling", UTECH '97 Berlin, 1997, 2
- [4] DLR, "Vorhaben-bersicht '96", BMBF, 1996, 6
- [5] BMFT, "Produktionsintegrierter Umweltschutz" 1994, 1
- [6] 기타 관련 독일 보고서