

특집 · 공해대책
《번역論文》

금속표면처리 산업에서의 고체 폐기물처리 — 분리 침적지의 개념에 관하여 —

Disposal of Metal-Finishing Sludges

—The Segregated Landfill Concept—

한국과학원 재료공학과 조교수 변 수 일* 역

L. E. Lancy** & F. A. Steward***

금속이 함유된 폐기물의 처리는 점차 금속표면처리산업(Metal Finishing Industry)에서 큰 관심이 되어가고 있다. 위생침적지(Sanitary Landfills), 혹은 소각로에서 다른 도시쓰레기들과 같이 처리되는 것은 환경상 불안전하며 이러한 행위는 중단되어야 한다. 다른 방법으로는 특수한 위생침적지의 운영, 안전한 침적지, 금속폐기물의 고정(Fixation), 혹은포장(Capsule)에 넣어 버리는 방법등이 있으나 이러한 것들은 비실용적이며 예상되는 금속 폐기물의 양에 대하여 비용이 많이 들 것이다. 간단하고 경제적이며 보다 효과적인 분리침적지(Segregated Landfill)가 대신에 제안되고 있다.

도시위생-오물처리 System에서 중금속 유출에 대한 엄격한 규제의 논리는 산업사회의 대부분에 관한 한 불명료할지 모른다. 여러해 전부터 지적되어온 불행한 진상중의 하나는 산업폐기물의 유출이 도시오물 처리에 의해 발생한 침적물중의 금속누적이 주요한 원인이라는 사실이다. 1) 2)

의회와 EPA*는 환경상 유리한 방법으로 이러한 도시오물을 이용하려는 의사를 표명해 왔다. 침적된 폐기물 그 자체, 혹은 그들로부터 생산된 인조비료가 토지의 이용, 혹은 개간계획에 있어서 토질을 개선하거나 비료로서 가치가 있다는 것이 증명되어 왔다. 그러나, 이 경우 금속함유가 과도한 폐기물은 농작물의수확을 감소시킬 수도 있다.

도시하수 처리로 인해 생겨난 침적물이 완전한 토양비료로서 안전하게 사용되기 위해서, 또한 토양의 비옥화를 위해서는 금속오염의 문제는 큰 상관없이 여겨지는 것이 오늘날의 생각들이다. 일반적인 목적의 하수처리공장3)에서 누적되는 위생폐기물에서 정상적으로 발견되는 수준까지 금속함유를 제한하지는 것이 본 논문에서 바라는 목적이다.

* 韓國科學院 材料工學科 助敎授
 ** Dart Environment and Services Co. Lancy 研究室 創始者.
 *** Lancy 研究室 技術部 次長
 訳者註: 原論文은 Plating and Surface Finishing Vol.65. No.12(1978) P14~20에 게재된 것으로 美國의 도금공장의 중금속 슬라지 처분현황을 알아볼 수 있고 앞으로의 슬라지 처분에 다소나마 참고가 된다면 다행이겠다.

* 環境보호협회

침전과 소각

폐수로 부터 중금속을 제거한다는 것은 농축된 금속침전물의 발생을 의미한다. 이러한 물질을 제거하는 보편적인 방법은 도시위생 침적지를 이용하는 것이다. 그러나 불행이도 이러한 방법은 지하수, 토양, 빗물등의 공해 위험 4) 과 함께 금속의 용해를 야기시키므로 그 지역의 심각한 환경문제가 대두된다. 올바르게 운영될 때, 위생침적지는 침적된 폐기물을 전환 안정화시켜 미래의 다른 목적에 유용한 토양으로 될 수 있다.

위생침적지에서서의 폐기물은 미생물의 작용으로 혐기성 분해가 진행되게 된다.

혐기성 세균 분해의 첫단계 산물은 초산·프로피온산등과 같은 유기산이다. 이것들은 다시 금속의 수산화물·탄산염·산화물등의 침전물질을 재용해 한다. 침적지에 침투된 눈이나 비에 의해 발생되는 침출수 (leach water)는 만일 금속 침전물이 포함된다면 상당히 오염되어 나타난다. 그로인하여 안정되고 개간된 토양으로 사용할 침적지의 능력이 손상되거나 감소 된다. 이것은 유기산을 메탄가스로 분해하는 미생물들이 중금속의 오염에 민감하기 때문이다. 유기산을 메탄가스로 전환하는 과정에서 효율이 낮아지면 산농도의 증가, 낮은 PH, 금속용해의 증가와 아울러 미생물의 활동이 환원성으로 되는 것을 조장한다.

소각처리도 다음의 이유로 금속 폐기물의 만족스러운 처리방법은 못된다.

- 1. 금속폐기물은 어떤 열원이 되지 않는다.
- 2. 금속폐기물의 소각은 타고 남은 재에 의해 오염 위험성을 가중시킬 수도 있다.
- 3. 금속폐기물의 소각은 일반적으로 연소 과정에서 야기된 대기오염의 위험성을 가중시킬 수도 있다.

EPA가 제안한 규정

자원보존 및 회복에 관한 법 (RCRA*)의 시행 필요성을 지지하는 시민·환경보호론자·규제국의 관리에 의해 상당한 서류가 의회에 제출되었다.

* RCRA : Resources Conservation and Recovery Act.

엄청난 양의 위험스러운 고체 폐기물이 노천 쓰레기처리장에 유출되어 일련의 중대한 대기오염과 더불어 많은 화재와 폭발을 일으킨다는 것은 명확한 사실이다.

침적지의 안전성을 파괴하며 유독한 침출물질 (leachate)의 발생원인이 되는 유해물질과 중금속을 함유하는 고체·액체 폐기물을 받아들이는 위생침적지의 일반적인 처리를 서두는 또한 확실히 하고 있다.

EPA와 주(州)·지방당국에 의한 이러한 위험성의 인식은 전에 금속 폐기물의 처리장으로 이용되어온 많은 장소를 폐쇄시켜 왔다.

EPA에 의해 제안된 규제에는 금속폐기물 처리에 영향을 줄 2가지 중요한 안이 포함되어 있다.

- 1) 모든 노천 쓰레기장은 가까운 장래에 폐쇄되어야 한다.
- 2) 위생침적지 운영의 통제와 규제가 적절한 주 당국의 책임아래 있는 동안 고체·액체 폐기물 형태의 수용능력에 부여되는 전국적인 제한이 있을 것이며 그 내용은,

a. 용제, 유류등과 같이 폭발 또는 쉽게 연소되는 물질은 침적지에 부적당하다.

b. 유독성 성분의 목록에 올라있는 화학물질 혹은 어떤 금속을 포함하는 침적지에서 침출물을 형성할 수 있는 고체 폐기물은 위험한 것으로 간주되고 그것의 보관·처리 및 처분은 연방EPA (Federal EPA)에 의해 공표된 단일한 규제에 의해 지배되어야 할 것이다.

금속표면처리 업자에의 영향

RCRA 조항에서 금속표면처리산업에서는 주로 Cu·Ni·Cd·Cr·Pb·Zn 등의 중금속이 우선 오염인자로 EPA 목록에 있으며, 보다 영향이 적은 것으로는 유류, 용제, 염소를 포함하는 용제 등이 있다.

일반적으로 위에 열거된 중금속을 포함하는 폐기물은 위험하다고 간주되며 EPA의 통제하에 들어갈 것이다. 전기도금같은 산업들은 위험한 고체 폐기물의 발생원으로 간주된다.

규제 요구조건은 그들의 주의를 환기시킬 것이며 발생된 폐물의 양과 처리된 방법에 관한 명세서와 기록을 필요로 하게 될 것이다. 그러나 만일 업계가 90일 이상 위험물질을 저장하지 않거나 최종 처리시설을 운영한다면 허가를 받지않

아도 된다.

적하목록은 위험한 물질의 적하에 대해 요구된다.

폐기물을 발생시킨 회사는 최종처리를 위해 허가된 시설뿐 아니라 폐기물의 성질, 양등을 일반적으로 기록한 확인 목록표(Identification Code)를 기록하여 줌으로써 목록을 완성한다.

폐기물의 적하에 대해 운반자는 적하목록에 sign을 하고 회사는 규제국에 사본을 제출하여야 하며 또한 영원한 기록을 철하여 남겨야 한다. 결과적으로 처리시설에서도 폐기물의 인수시에 sign을 하고 폐기물을 받아들이며 적하된 물질의 양에 관한 인수를 증명하는 기관에 사본을 보내야 한다.

업체가 고체폐기물에 위험한 것으로 분류된 물질이 포함되는지의 여부를 모를 경우에 대해 EPA는 침출시험을 포함하는 시험조서를 제출하도록 하고 있다. 그 과정은 매우 포괄적이며 폭발성, 혹은 연소성 물질이 포함되었는지의 여부를 알 수 있는 사전시험을 포함한다.

후속 침출시험은 초산을 첨가한, PH 5.1로 유지된 산 용액에서 48시간 동안 시료용액을 교반하는 것으로 되어 있다. 이 침출은 위생침적지에서 예상되는 조건을 본뜬 것으로 상당한 정도까지 정상금속을 재용해 시킬 것이다.

다른 업계로부터의 폐기물에서는 돌연변이 유발물질, 발암물질, 병원균등 생화학적으로 활성이 있는 물질이나 독특한 유기화학 성분이 침출되어 나올 수도 있다.

내포된 복잡성 때문에 이런 시험조서는 상당한 비용이 들 수도 있다. 이런 것은 신고와 적절한 처리를 허용받기 위해 위험한 폐기물을 규명하고 분리하려는 업체의 관심에 대해 강한 자극을 준다. 그러나, 대부분의 경우 이것은 과거 보통의 혼합된 폐기물에 대한 시험조서보다는 비용이 덜 들 것이다.

폐기물 시험방법의 비교

금속침전물에 대한 침해적인 유기산의 영향을 밝히기 위해 Lancy Division of Dart Environment and Service Co.는 [표2]에서와 같이 3번의 다른 침출시험에 세척된 침적물 시료를 사용하였다. [그림1]은 시험기간동안 PH를 일정하게 유지하도록 한 EPA 시험방법에서의 가용성 금속 잔류물을 보이고 있다.

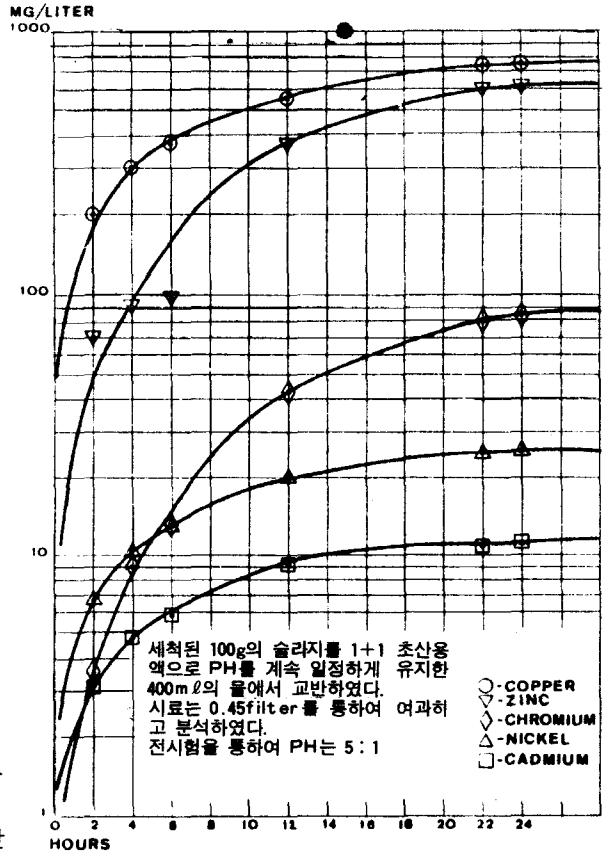


그림 1. EPA 시험에 제안된 폐기물 시료에 대한 가용성 금속 잔류물의 시간에 대한 함수

[그림2]는 위생침적지의 환경과 같게한 ASTM 방법 B의 결과이다. 이 방법에서 PH 4.5 정도로 상당히 완충된 여과용액이 사용되어지며 산의 후속 첨가 없이 사용된다.

대조적으로 [그림3]은 유기산도 없고 이온화하지 않은 물이 처리장에서의 예상된 조건과 같게하기 위해 사용될 것으로 가정하는 ASTM 방법 A에 따르는 침출시험을 보여준다.

금속폐기물의 최종처리

많은 경우에 있어서 금속표면처리 시설들은 폐기물의 발생을 감소시킬 기회를 갖고 있으나 예상될 수 있는 미래에 있어서 폐기물의 완전한 제거는 불가능하다. 심지어 금속의 회수 혹은 재순환에 대한 명백한 기회와 분명한 경제적인 동기가 있는 대규모의 단일목적 생산시설들에 있어서도 비교적 작은 양의 폐기물은 남는 것이다. 대부분의 공장시설에 있어서 재순환 혹은 회수는 비경제적이거나 불가능하다.

가능한 처리장소

EPA, 혹은 공인된 주의 기관들은 안전하게 금속폐기물을 처리할 능력을 가진 위생처리장에 허가를 발부할 수 있는 권리가 부여될 것이다. 아래 기술한 4가지 형태의 처리장은 EPA에 의해 수락될 것 같이 보여진다.

(1) 재순환 설비 및 침출물질 처리시설을 갖춘 위생 침적지

a. 지하수에의 오염과 침투를 막기 위해 설비들을 장치할 수 있다. 200 ~ 500 mg/l로써 용해된 금속중에서 4.5 ~ 7의 비교적 PH가 낮을 때 침출물질은 많이 존재할 수 있다. 이 조건은 비교적 높은 (5,000 ~ 8,000 mg/l) COD에 정상적으로 알맞으며 부분적으로는 혐기성 미생물에 대한 금속의 억제 효과에 기인한다.

석회중화 같은 화학적 처리는 알카리성 PH로의 회복과 오염금속의 침전 혹은 침적에 효과적인 반면에 높은 COD와 BOD는 호기성 혹은 혐기성 미생물을 없애기 전에 처리될 수 있다.

b. G. Pohland는 금속의 침전과 중화후에 침출물질을 재순환시켜 침출물질내의 유기오염물질의 생물학적 처리를 완전하게 하는 처리방식을 개발했다. 이와같은 수정된 위생침적지의 처리 방법은 생물학적 활성도를 높이고 침적지⁵⁾에서의 안정화 조건에 도달하는데 필요한 시간을 감소시켰다. 이론적으로 이러한 시도는 확실히 이득이 많으며 동시에 경제적이고 환경학적으로도 좋다.

c. 건조한 지방에서의 침적지는 침출물질을 누적시키지 않는다. 생물학적 활성도는 매우 느려서 처리된 고체가 침적지에 쌓이기는 하지만 생물학적 분해가 잘 일어나지 않는다. 유기산이 발생되지 않고 침출된 물질이 없을 때 자연적으로

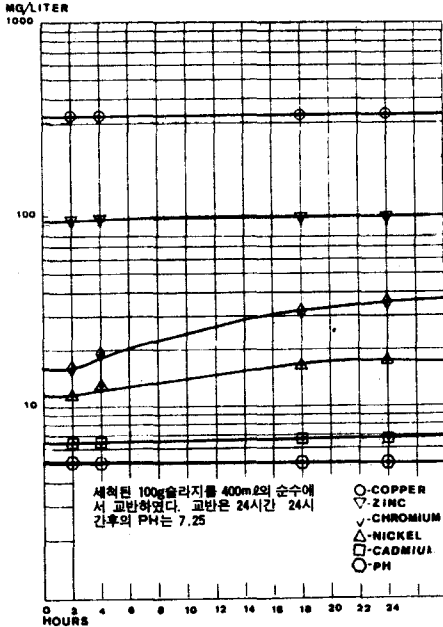


그림 2. ASTM 방법 B에 의해 시험된 폐기물 시료에 대한 가용성 금속 잔류물의 시간에 대한 합수

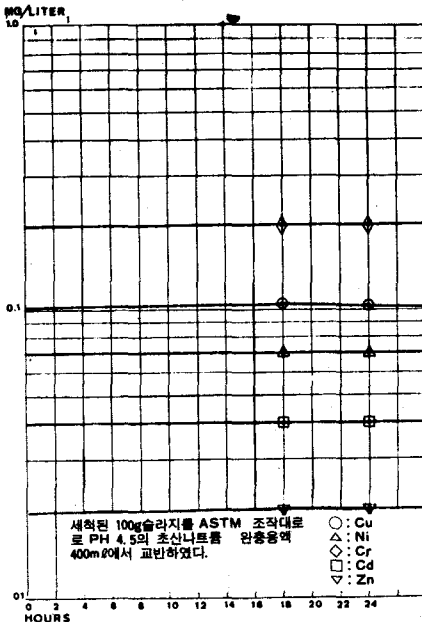


그림 3. ASTM 방법 A에 의해 시험된 폐기물 시료에 대한 가용성 금속 잔류물의 시간에 대한 합수

폐기물에서 금속의 재용해는 일어나지 않는다.

(2) 금속 폐기물의 위생침적지

a. 폐기물의 고정과 포장 (encapsulation) 은 새로운 기술이며 고체 폐기물의 침출도를 감소시킨다. 고정제로 쓰이는 화학약품들은 매우 작고 porous 한 입자들로 부터 크고 불투성인 집합체를 형성하기 위해 침적전 혹은 후에 첨가된다. 고정의 가장 큰 효과는 비교적 큰 집합체의 외부만이 여과성액체에 노출됨으로써 여과성이 있는 고체의 표면적이 감소된다는 것이다.

많은 유기·무기 화학약품이 판매되고 있고 이들은 제각기 특수한 특성과 장점을 갖고 있다. 한가지 예는 금속 폐기물에 화산재와 콘크리트를 혼합하는 것으로 이들은 폐기물에서 여분의 물을 없애줄 수가 있으며 처리 후에 금속폐기물은 비교적 큰 콘크리트 덩어리에 같이 섞이게 된다.

b. 포장은 보통 고정된 다음에 하게되며 고정된 고체들은 중합된 플라스틱에 의한 coating, 또는 유리·콘크리트, 또는 유기-무기질의 복합물질로 제조된 용기로 밀봉시킨다. 분명히 고정-포장 기술은 폐기물처리에 있어서 경제적으로 도움을 준다. 그러나 일반적인 위생침적지의 운영에 적합한 금속폐기물을 만들기엔 적합한 물질을 찾는 방법은 없다. 앞에서 제기된 침출시험은 규정된 과정에서의 첫번째 과정으로 폐기물질의 분해의 필요성을 기술하였다.

(3) 안전 침적지

이들 처리장소는 많은 종류의 유해물질에게 영구적이고 안전한 지상처리조건을 만드는데 있어서의 요구점과 폐기물 처리기술이 알려져 있는 종래의 폐기물 처리개념으로 설치되고 운영된다. 이런 장소에서 폐기물의 처리는 영원히 안전하다고 생각되어지는 침적지를 만드는데 있어서의 복잡성 때문에 매우 비용이 많이 든다. 처리가 요구되는 많은 양의 금속폐기물의 관점에서 볼때, 그러한 실제 사실은 경제적인 선까지 보통 용납이 되지 않는다.

(4) 소각 설비

침적지 운영은 인구의 증가로 인해 점차 적당할 장소가 부족해짐으로 앞으로는 쓰레기를 처리하는 가장 효과적인 방법으로 소각법을 택하는 도시가 많아질 것이다. 폐기물은 유리와 금속의 회수를 위해 분류될 것이고 소각에 의해 발생한 열은 새로운 동력발생원으로 쓰여질 수

있게 될 것이다. 금속폐기물은 소각에 의해 처리되기에 부적당하다. 금속은 태우기에 나쁘고 대기오염의 위험을 증가시킨다. 오늘날 쓰이는 배기가스 조절장치는 배출물질로 부터 조그만 금속입자를 100% 효과적으로 제거시키지 못하고 있다. 특히 Hg·Cd·Pb·Zn 등의 낮은 비중점을 갖는 물질들은 연소가스로 부터 냉각될 경우 아주 작은 입자를 형성하며 멀리 퍼져서 연소공정⁶⁾에 의해 발생하는 호흡기 질환의 중요한 발생인자가 된다.

더우기 금속폐기물에 의해 발생되는 재는 6가 크롬등의 가용성 금속에 의해 오염되어 비록 폐기물의 양은 감소된다. 하더라도 결국에는 소각전의 폐기물과 같은 유해성을 갖게된다.

분리침적지 - 개선책

위생침적지의 생물학적 활성도의 관점에서, 또한 유기산이 보통의 광물질산보다 금속폐기물에 의 더 좋은 용제라는 점에서 이들 폐기물은 위생침적지에서 처리되어서는 안된다. 즉 폐기물 퇴적지와 처리장소는 어떠한 환경에의 유해요인도 발생시켜서는 안된다. 금속의 토양으로의 이동은 관측될 수 없으며 토양으로의 침투는 지하수의 질에 영향을 미치지 않는다

금속폐기물의 지상처리에 의한 지하수의 총오염 (gross contamination)에 대한 빈번한 보고서와 위생침적지의 침출물질이 금속 오염도를 증가한다는것 등으로 인해 여론이 매우 나빠져 있다. 그러나 지적된 사항들은 처리되지 않은 물질이거나 불충분하게 처리된 폐기물로 인한 것이다.

금속폐기물의 지상처리에 의해 유해물질이 생긴다는 개념을 반박하기 위해서 Lancy Div의 기술자들은 침출 매개체로서 완충유기산과 이온화되지 않은 물로써 폐기물 시료에 대해 침출도 시험을 했다.

이러한 방법으로 얻은 증거로 Lancy Div는 Kentucky 환경자원성으로 부터 Kentucky에 개인소유의 금속폐기물 침적장을 설치할 수 있는 허가를 얻었다.

이 침적지는 시범지구로서 제공되어 여과물질 내의 오염물질이 조사되고 매년²⁾⁷⁾⁸⁾ 수차에 걸쳐 보고될 것이다.

[표 1]은 침적지에서의 침출물질이 표면수 혹은 심층수의 잔류용해도에 기인해서 보다 낮은 금속농도를 가지고 있다는 것을 보여준다. 이것

[표 1]

Kentucky 지방에서 지상처리장에서의 시험 결과

용액중의 금속 (mg/l)

	PH	CN ^a	CN ^b	Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Zn	Ni
폐기물 위의 표면수	7.75	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.3	0.14	0.27
토양을 통한 침출물질	8.0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1	0.02	0.10
이온화 되지 않은 물에서의 침출시험	7.75	0.02	0.02	< 0.01	0.3	0.02	0.1

a : 염소의 파괴에 결정적인 양

b : 총 시안화물의 양

[표 2]

이온화되지 않은 빗물을 사용한 침출시험 결과

용액중의 금속 (mg/l)

침출조건	PH	Cu	Ni	Cr	Zn	Cd
A	7.80	0.32	0.34	0.07	0.36	0.10
B	7.80	0.17	0.21	0.01	0.27	0.07
C	7.50	0.15	0.17	0.04	0.14	0.05
D	6.75	0.09	0.14	0.03	0.18	0.09
E	6.60	0.09	0.12	0.07	0.14	0.04

A : PH 6.4 에서 이온화되지 않은 물로 세척한 시료

B : PH 6.4 에서 이온화되지 않은 물에서 1 시간 동안 교반후의 침출된 시료

C : B 에서와 같이 침출되기 전에 공기중에서 건조된 시료

D : PH 5.4 로 CO₂ 가 포화된 이온화되지 않은 물에서 1 시간동안 교반 후 침출된 시료

E : D 에서와 같으나 침출되기 전에 공기중에서 건조된 시료

은 알려진 용해도평형에 가까운 금속화합물의 재용해 때문이며, 그러나 이같은 금속의 침전은 아주 오랜 시간이 지나지 않은한 그러한 낮은 농도가 되지 않는다.

침적지 주변에 파놓은 배수로에 있는 침출수의 용해된 금속양은 침투된 빗물에 의한 회석과 회

석효과가 있는 토양층을 통한 침투로 인해 매우 낮은 수준이다.

침전될때의 처리조건은 Cincinnati 의 EPA-MERL 에 의해 제공된 폐기물의 침출시험에 의해 입증되었듯이 잔류용해도에 적은 영향을 줄 것이다.

이 시험은 산성의 빗물의 영향에 관한 것이었으나 빗물의 낮은 PH는 완충능력이 없으므로 [표 2]의 결과에서 보듯이 침출효과는 거의 같았다. 이 시험에서 Lancy Div.는 공기에 의한 건조와 시효의 가능한 효과를 측정하려고 했다. 침출도에 완전한 감소가 관찰되었으며 침출시험전의 세척에서는 침출수와 같이 금속의 농도가 높았는데 이것은 폐기물이 분리된 표면에 존재하는 농도를 반영한다.

분리침적지의 설계와 운영

분리침적지의 물리적인 설계와 운영은 종전의 위생침적지와 조금 다르다. 지반은 금속의 산화염·탄산염 등으로 빨리 포장된다. 따라서 보통의 점토 혹은 플라스틱 liner는 필요치 않다.

폐기물의 침적지는 얇은 석회암 기반이어야 무거운 퇴적물 운반 장비의 이동에 견디게 된다. 금속폐기물은 보통의 쓰레기 같이 압축되지를 못하므로 폐기물은 흙과 함께 0.6~1m 길이로 층으로 쌓여져야 한다. 각각의 침적물더미 꼭대기에는 다음번의 폐기물 층을 위해 석회석 기반이 만들어져야 한다. 여러가지 대응책 9)이 논의되었으나 [그림 4]는 그다지 크지 않은 장소에 만들어지는 개개의 산업설비나 침적지를 위한 작은 침적지 설비의 간단한 설계의 예이다.

[그림 5]는 시간이 지남에 따라 침적지의 높이가 높아지는 것을 보여준다.

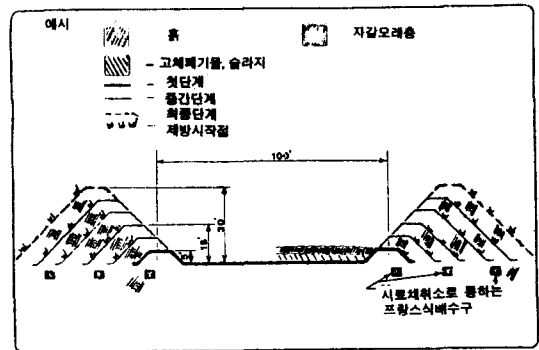


Fig. 5—Phased completion of fill.

그림 5. 침적물의 단면도

국부적인 설비

산업화된 지역의 분리침적지의 설비에 다른 산업들의 필요에 의해 매력적인 idea가 나타났다. 그러한 침적지는 금속표면처리 및 물의 처리에서 생기는 폐기물, 연소과정에서의 재, 화산재, 주물공장의 폐기물등의 처리에 쓰인다.

여기에서 중요한 점은 분해가능한 유기물질이 폐기물에 섞여서는 안된다는 점이다. 이때 황화물의 침전에서 분리된 금속폐기물도 제외되는데 이것은 그것들의 미생물의 분해작용에 의해 산성조건을 만들기 때문이다.

금속폐기물에 흡수된 유류, 혹은 유성의 폐기물도 제외되며 고체도로 폐기물은 허용되나 용제는 제외된다.

제한된 조절기술

침적지에 위치한 폐기물의 상태에 관한 조절은 필수적이다. 완전한 침출시험은 시간이 걸리고 비용도 많이 든다. Kentucky에서의 시험예와 같은 실제 폐기물 침적지와 실험실에서의 침출시험에서 얻은 경험으로 표면수나 처음 시효의 세척수에서의 잔류오염물과 오랜시간 지난후의 침출도와의 관계를 정립한다.

그리하여 규제국이나 침적지의 운영자가 표면수나 처음의 세척수를 분석하고 이를 이용하여 조절시험의 복잡성과 비용을 매우 절감할 수 있다.

다음의 가용성 잔류물에 대한 수치는 침적지

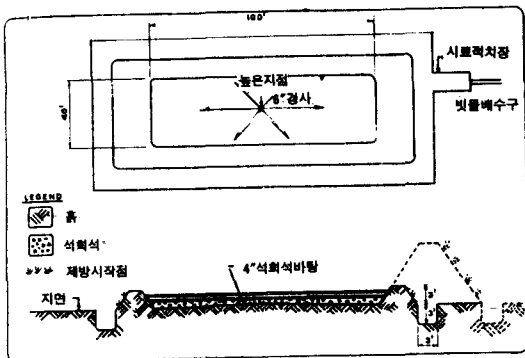


Fig. 4—Sludge drying bed and landfill.

그림 4. 폐기물 건조층과 침적지

에서의 표면과 지하수를 적절하게 보호할 수 있는 양이다.

CN, 허용량	0.1 mg/l
CN, 총 량	2.0 mg/l
Cr ⁺⁶	0.1 mg/l
각종 가용금속 (Cu, Ni, Zn, Cd)	0.5 mg/l
PH	8.5 ~ 11.5

또 다른 제시

EPA는 금속폐기물의 분리침적지의 대규모 운영에 관한 믿을만한 자료를 얻을 수 있는 시범 과제에 투자하고자 한다. 이 과제는 그들이 계획하는 결과내에서 EPA와 공인된 기관을 돕는데 목적을 둘 것이다.

이 과제들은 이 논문의 결과를 더욱 확실하게 줄 것으로 믿으며 또한 실용적이고 경제적인 처리장이 확대되는 것을 가능하게 해주어야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. L. E. Lancy, "The Effects of Metal Finishing Effluent on the Sanitary Sewage Treatment Processes and Sewer Structures," *Tech. Proc., AES*, (1962).
2. Lancy Div., Dart Environment and Services Co., "Survey and Study for the NCWQ, Regarding the Technology to Meet Requirements of the Federal Water Pollution Act for the Metal Finishing Industry," U. S. Dept. of Commerce NTIS (No. P. B. 248-808).
3. A. K. Furr and A. W. Lawrence et al., *Environmental Sci. and Tech.*, 10, 7, 683 (1976).
4. N. A. Curry, "Hazardous Waste Management and Disposal," presented at the Engineering Foundation Conf. on Land Application of Residual Materials, Easton, MD (September 1976); published by Amer. Soc. Civil Engineers.
5. F. G. Pohland, *Progress in Water Technology*, 7, 3/4, 753 (1975).
6. D. F. S. Natusch and J. R. Wallace, *Science*, 186, 695 (1974).
7. L. E. Lancy, "The Fate of Heavy Metals from Metal Finishing, Land Application of Solid Waste," Engineering Foundation Conf., Easton, MD (September 26, 1976); published by Amer. Soc. Civil Engineers.
8. L. E. Lancy, "A Non-Hazardous, Simple and Economical Method for the Disposal of Metal Sludges, Using a Segregated Landfill," *Proc. of the National Conf. on Treatment and Disposal of Industrial Wastewater and Residue*, (April 26, 1977), Houston, TX; published by Technical Transfer, Inc.
9. EPA Joint Municipal Industrial Seminar on Pretreatment of Industrial Wastes, p. 342 - 389 (EPA Technology Transfer, ERIC, Cincinnati, OH 45268).