

도금공장의 폐수처리^①

한국기계연구소
노 병 호

나. 반출량문제

반출량(Dragout)이란 도금 및 기타 처리욕에서 처리한 후 제품 및 걸이에 묻어 나오는 액량으로서 폐수발생의 직접적인 요인이며, 액의 점도, 비중, 표면장력, 온도, 인양속도, 제품의 형상, 방치시간, 작업방법 등에 의해 크게 좌우된다.

이러한 인자를 사용하여 반출액의 두께를 구하는 식은 아래와 같다.

$$F = 0.02 \sqrt{U \cdot V}$$

여기서, F : 피막두께, cm

U : 꺼내는 속도

V : 처리액의 동점도, poise 이다.

가장 간단하게 반출량을 감소시키는 방법은 ① 물체를 거의 수직형태로 건다. ② 밀변을 수평으로 하지 말고 경사지게 하여 전체 모서리 보다는 각이 있는 곳에서 액이 떨어지도록 걸어 준다. ③ 처리용액으로부터 인양시 서서히 꺼낸다. ④ 처리욕에서 1~2분 또는 액이 더이상 떨어지지 않을 때까지 방치한다. ⑤ 다음 단계의 반출액을 줄이기 위해 회수조를 유효하게 사용하는 방법을 고려한다.

실제의 반출량은 제품이 처리욕으로부터 꺼내질 때의 묻어 나온 양과 실제로 다음 단계로 가기 전의 방치하는 동안 욕에 다시 떨어지는 양의 차이다. 전자의 묻어 나온 양의 일반식은 다음과 같다.

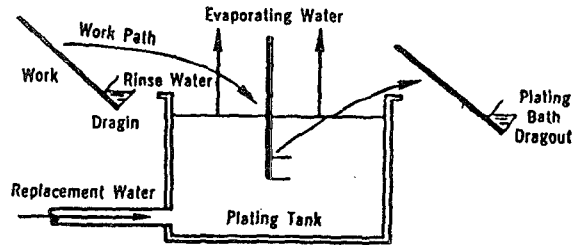
$$W = 0.02A \sqrt{\frac{ap}{td}}$$

여기서, W : 묻어나온양, cm³

A : 물체의 표면적, cm²

a : 물체의 수직길이, cm

p : 점도, poise



<그림 2> 반입량과 반출량

t : 시간, sec

d : 액의 밀도

그리고 다시 떨어지는 양에 관한 식은 위식에 표

<표-4> 최소搬出量

제 품 구 분	최소반출량(ml/m ²)
수직형제품, 걸이가 좋을때	16.3
" , 걸이가 나쁠때	81.5
" , 걸이가 아주 나쁠때	163
수평형제품, 걸이가 좋을때	32.6
" , 걸이가 나쁠때	407
컵모양의제품, 걸이가 아주 나쁠때	330~980, 또는 그이상

면장력 인자가 추가된다.

그림 2 에는 걸이나 제품에 묻어 들어가고(Drag-in), 묻어 나오는 예를 설명한 것이다.

일반적인 반출량의 최소값이 표 3 에 나타나 있다.

그러나 보통 정지도금의 경우, 반출량은 $0.5 \sim 1.5 \text{ ml/dm}^2$, 바렐도금의 경우 $2.5 \sim 3.5 \text{ ml/dm}^2$ 으로 보면 된다.

다. 수세기술

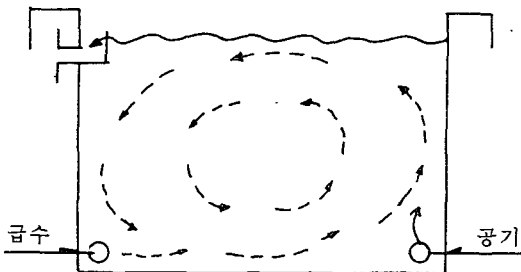
지금까지 폐수량 감소를 위한 대책으로 생산공정 개선 및 설비의 합리화, 반출량 문제를 간략히 살펴 보았다.

또 한가지 도금의 폐수량에 결정적인 역할을 하는 것이 바로 수세기술이다. 이러한 연유로 수세방법에 관한 연구와 실험이 많은 사람들에 의해 행해져 왔으며, 이들 중 대표적인 예로 Hauri 는 도금공장에서 사용되는 각종 수세방법을 연구하여 하수구로 배출되는 약품량의 85~90% 까지 감소시킬 수 있음을 실증하였다. 결국 폐수의 정화나 특수폐기물을 내보내지 않는다고 하는 문제는 폐수처리 기술에 의해 결정되는 것이 아니라 공장내에서 각 공정마다 행하고 있는 수세의 기술에 따라 결정된다고 볼 수 있다.

필요한 수세 사용수량을 최소화하기 위한 방법에는 아래 4 가지가 있다.

1) 기계적인 방법

수세효과를 가장 이상적인 상태로 하기 위한 수세조내의 완전혼합을 말하며, 기계적 교반, 공기교반, 분사(Spray)를 이용한다. 그림 3 에서와



<그림 3> 이상적인 공기교반

같이 완전혼합은 수세조내의 모든 곳에서 오염농도가 같게되는 것을 말한다. 즉 제품에 부착된 액의 농도가 수세조의 오염농도와 일치해야 된다.

2) 수세이론

수세는 본질적으로 희석작업이며, 가장 효과적이고 경제적인 수세는 최소량의 물로써 최대의 목적을 달성하는 것이다. 도금 물체를 직접 연속된 수세조에 옮기기 전에 예비수세조 또는 정치수세조를 설치하여 예비수세를 실시하면 도금액의 회수 및 수세수의 절약에도 큰 효과가 있다. 즉 예비수세조의 묽은 용액을 도금액의 보충수로서 재사용하거나 회수가 쉽게 된다. 그후에 연속 수세방법을 취하면 바로 수세작업의 경제원칙이 가능하게 되는 것이다.

수세조의 오염농도를 계산하는 것은 수세작업의 효과를 나타내 주는 것이 되므로 매우 중요하다.

이를 위해 가장 간단한 수세이론식과 그 응용예를 소개한다.

① n 단 병렬수세의 경우.

$$R = (1 + A)^n \dots\dots\dots [1]$$

이때, 총급수량 = nW

여기서, W : 급수량, A : 희석비 = W/θ , R : 수세효과 = C_0/C_n (이값이 클수록 수세가 잘된 것임), C_0 : 도금액농도, C_n : 최종수세조 농도, θ : 반출량이다.

② n 단 직렬수세의 경우

$$R = 1 + A + A^2 + \dots\dots\dots + A^n = \frac{A^{n+1} - 1}{A - 1} \dots\dots\dots [2]$$

이때, 총급수량 = W

첫번째 수세조 농도(C_1)의 근사식은

$$C_1 \approx \frac{C_0 \theta}{W} \dots\dots\dots [3]$$

K 번째 수세조 농도 C_k 는

$$C_k = C_n (1 + A + A^2 + \dots\dots\dots + A^{n-k}) \dots\dots\dots [4]$$

③ 1 회 수세에서는 위의 [1], [2] 식에서 각각 $n=1$ 인 경우에 해당하므로

$$R = 1 + A \dots\dots\dots [5]$$

④ 근이식

급수량 W 가 반출량 θ 에 비해 충분히 클 때는 $A \gg 1$ 이기 때문에 [1], [2]식은 모두 다음 식에 근사한다.

$$R \approx A^n \dots\dots\dots [6]$$

그림 4는 AR 계산도로서 회석비와 수세 효과를 식 [1], [2]의 실제값을 대입하여 양대수 graph에 그린 것으로 계산에의 응용이 편리하도록 그린 것이다.

⑤ 이론식의 응용에

예제) Ni 농도 60g/l의 니켈도금후 최후의 수세조 Ni 농도를 10ppm으로 하고 싶다. 이때의 수세방식을

- ㉠ 1 회수세, ㉡ 2 단 병렬수세, ㉢ 2 단 직렬수세, ㉣ 3단 병렬수세, ㉤ 3단 직렬수세로 할 때, 각각의 경우에 필요한 총 급수량은 얼마일까? 단, 반출량 $\theta = 2 \text{ l/hr}$ 로 한다.
풀이) ㉠ 1 회 수세의 경우

$$C_1 = 10\text{ppm} = 0.01\text{g/l} \text{ 이므로}$$

$$R = \frac{C_0}{C_1} = \frac{60}{0.01} = 6000$$

[5]식에 의해

$$6000 = 1 + A, \text{ 근사적으로 } 6000 = A = \frac{W}{\theta} =$$

$$\frac{W}{2} \text{ 고로 } W = 12,000 \text{ l/hr}$$

㉡ 2 단 병렬수세의 경우

그림 3의 AR 계산도에서 $n=2$ 의 점선에서부터 $R = 6 \times 10^3$ 에 대응하는 A 를 구한다.

$$(A=76)$$

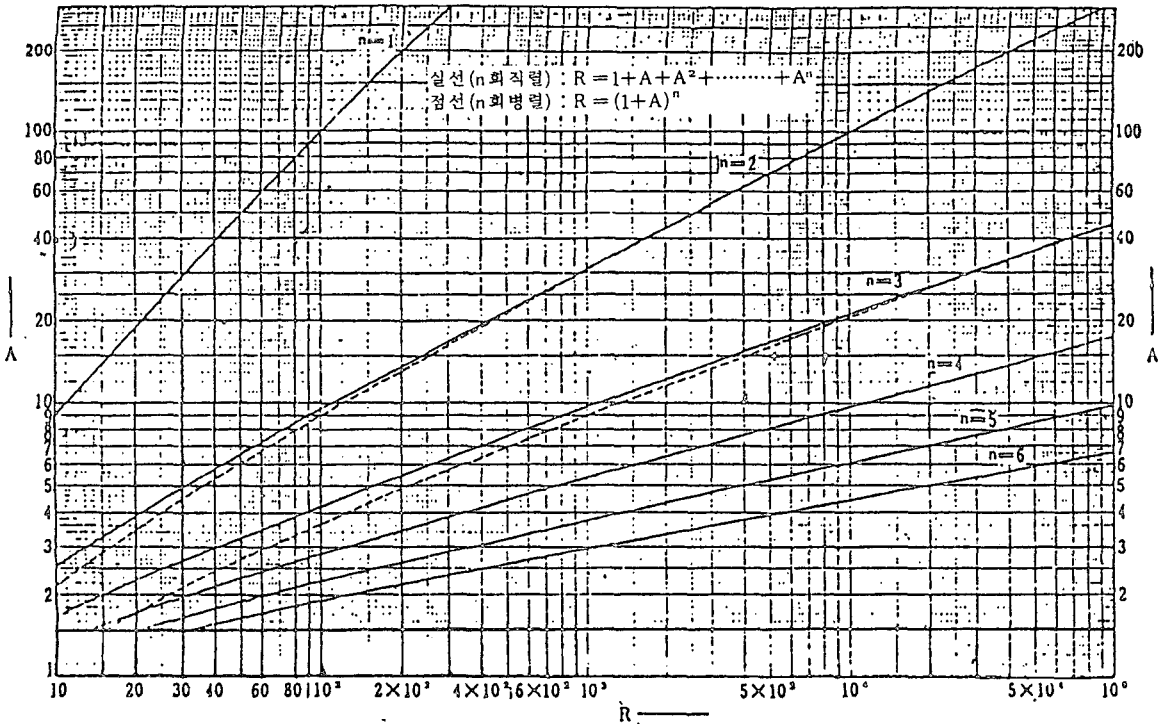
또는 계산에 의해 즉 $6000 = (1+A)^2$ 에서 A 를 구한다. $A=76$ 이므로, $W = \theta \cdot A = 2 \times 76 = 152 \text{ l/hr}$ 이 경우 총급수량은 $nW = 2W = 304 \text{ l/hr}$

㉢ 2 단 직렬수세의 경우

AR 계산도에서 $n=2$ 의 실선에서 $R = 6 \times 10^3$ 에 대응하는 A 를 구한다. ($A=77$)

$$W = \theta \cdot A = 2 \times 77 = 154 \text{ l/hr}$$

㉣ 3 단 병렬수세의 경우



<그림-4> AR 계산도

AR 계산도에서 $n=3$ 의 점선에서 $R=6 \times 10^3$ 에 대응하는 A를 구한다($A=17$)

$$W = \theta \cdot A = 2 \times 17 = 34 \ell / \text{hr}$$

이때 총급수량은 $3W = 3 \times 34 = 102 \ell / \text{hr}$

㉔ 3단 직렬수세의 경우

위와 마찬가지로 A를 구한다($A=18$)

$$W = \theta \cdot A = 2 \times 18 = 36 \ell / \text{hr}$$

이 결과로부터 다음의 결론이 얻어진다.

○ 1 회 수세만으로 $0.01 \text{g} / \ell$ (10ppm)의 수세조 농도를 얻기 위해서는 매시간 평균 12m^3 의 물이 필요하다.

○이것에 대해 수세조를 한 개 더 증가시킴으로

써 필요 급수량은 매시 100ℓ 의 단위로(병렬에서 $304 \ell / \text{hr}$, 직렬에서 $154 \ell / \text{hr}$)되며 또 수세조를 3개로 하면 필요 급수량은 10ℓ 의 단위(병렬· $102 \ell / \text{hr}$, 직렬 $36 \ell / \text{hr}$)로 됨을 알 수 있다.

○같은 단수의 병렬수세와 직렬수세의 필요급수량을 비교하면, 같은 수세효과에 대해 2 단 병렬수세에서는 2 단 직렬수세의 약 2 배, 3 단 병렬수세에서는 3 단 직렬수세의 약 3 배의 총급수량을 필요로 한다. 즉 이것은 n 단 직렬수세의 경우, 최종 수세조에서 급수되어진 새로운 물이 앞의 몇 개의 수세조로 차차 이동하는 것에 의해서, 같은 물이 n 번 사용된다고 생각하면 이해가 쉬울 것이다.

<다음호에 계속>

알림 : 「중금속 폐수처리인 Ferrite Process에 관한 연구」는 원고가 넘친 관계로 한회를 쉽니다.

경조사시 공직자 화환증여 기준

1. 상례시 다음의 경우에만 조화 증여가 가능함

● 국무총리 및 국무위원 공동명의 증여

- 국장, 국민장, 사회장
- 국무위원의 상 및 그 직계존속과 배우자의 상
- 국회의장단, 원내총무, 상임위원장, 정당대표, 대법원장 및 대법원 판사의 상 및 그 직계존속과 배우자의 상

● 기관장 개인명의 증여

- 차하급 기관장의 상 및 그 직계존속과 배우자의 상
- 자체 소속직원의 상 및 그 직계존속과 배우자의 상
- 산하법인, 단체, 정부투자기관 및 관련기업체장의 상
- 국회의원의 상 및 그 직계존속과 배우자의 상
- ※ 당해의원의 소속상임위 관련 국무위원

2. 증여금지

- 상급 또는 감독기관장의 상 및 그 소속직원의 상에는 일체의 조화 증여를 하지 않도록 함.
- 기관장이 아닌 직원은 일체의 조화 증여를 하지 않도록 함.

3. 혼례시에는 일체의 화환을 증여하지 않도록 함