



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. (11) 공개번호 10-2007-0055976  
C22B 23/00 (2006.01) (43) 공개일자 2007년05월31일

(21) 출원번호 10-2006-0118077  
(22) 출원일자 2006년11월28일  
심사청구일자 없음

(30) 우선권주장 PI 0505828-7 2005년11월28일 브라질(BR)  
PI 0605643-1 2006년10월30일 브라질(BR)

(71) 출원인 꿈빠니아 발레 도 리오 도체  
브라질 미나스 제라이스 디스트리토 데 산타 루치아 케이엠 296 비알 262

(72) 발명자 게이사 산토스 데 폰테스 퍼레이라  
브라질 30575-150 미나스 제라이스 벨로 호리존테 에이피. 302345, 루아 콘술 윌터  
올리버 레나토 데 아라우조 고보  
브라질 31330-530 미나스 제라이스 벨로 호리존테 149/302 루아데푸타도 안데르 데 알메이다

(74) 대리인 안광석  
조태연  
박영일  
김합근

전체 청구항 수 : 총 19 항

**(54) 힙 침출의 사용에 의해 라테라이트 광석으로부터 니켈,코발트, 및 기타 비금속의 추출 공정 및 라테라이트 광석유래의 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 함유하는 제품**

**(57) 요약**

본 발명은 힙 침출의 사용에 의해 라테라이트 광석으로부터 니켈, 코발트, 및 기타 비금속(base metal)을 추출하기 위한 공정 및 라테라이트 광석 유래의 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 함유하는 제품에 관한 것이다.

본 발명은 힙 침출에 의해 라테라이트 광석으로부터 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 추출하기 위한 공정 및 얻어진 제품을 포함하며, 분쇄(I), 응집(II), 적층(III), 및 힙 침출(IV) 단계를 포함하는 것을 특징으로 하고, 상기 마지막 단계는, 한 상이 광석(용질)으로 구성되고, 다른 상이 침출 용액, 또는 용매로 구성된 2 상(phase)을 포함하며, 이들은 단계의 시리즈의 반대쪽 끝에서 공급되어 반대 방향으로 흐르는, 연속적이고, 향류(counter-current)의, 둘 이상의 단계로 된, 힙 침출 시스템이다. 마지막 단계에서 침출이 중지되면 용질은 제거되고, 새로운 단계가, 용매 용액에 의해 침출될 새로운 광석(용질)에 의해 형성된, 제1 위치에 도입되며, 이는 제1 단계에 도달할 때까지 이전의 모든 단계를 여과하거나 또는 그것을 통해 흐르며, 목적 금속(PLS)이 실렸을 때 분리되는, 마지막 단계로부터 도입된다.

**대표도**

도 2

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

힙 침출(heap leaching)에 의해 라테라이트 광석으로부터 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 추출하기 위한 공정으로써,

분쇄(I), 응집(II), 적층(III), 및 힙 침출(IV) 단계를 포함하고, 상기 마지막 단계는, 한 상이 광석(용질)으로 구성되고, 다른 상이 침출 용액, 또는 용매로 구성된 2 상(phase)을 포함하며, 이들은 단계의 시리즈의 반대쪽 끝에서 공급되어 반대 방향으로 흐르는, 향류(counter-current)이고, 연속적이며, 둘 이상의 단계로 된 힙 침출 시스템이며, 마지막 단계에서 침출이 중지되면 그 용질은 제거되고, 새로운 단계가, 용매 용액에 의해 침출될 새로운 광석(용질)에 의해 형성된, 제1 위치에 도입되며, 이는 제1 단계에 도달할 때까지 이전의 모든 단계를 여과하거나 또는 통해 흐르며, 목적 금속(PLS)이 실렸을 때 분리되는, 마지막 단계로부터 도입되는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 2.

청구항 1에 있어서, 분쇄(I)는 공정에 적당한 입자 크기를 달성하기 위해 요구되는 만큼 많은 단계에서 수행될 수 있는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 3.

청구항 2에 있어서, 25.0 mm 내지 50.0 mm 사이의 최대 입자 크기는 2차 분쇄에서 얻어지며, 12.5 mm 내지 6.30 mm 사이의 최대 입자 크기는 3차 분쇄에서 얻어지는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 4.

청구항 1에 있어서, 선택적으로, 응집(II) 단계로 보내지기 전에 분쇄된 제품에 물이 첨가될 수 있는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 5.

청구항 1에 있어서, 응집 단계(II) 동안, 물 및, 선택적으로 산 또는 바인더 시약과 같은 첨가제의 첨가가 있는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 6.

청구항 5에 있어서, 농축되거나 또는 용액 중의 황산, 및 물은 응집 수분에 도달하기에 충분한 투여량으로 첨가되는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 7.

청구항 5에 있어서, 상기 바인더 시약은 무기 또는 유기, 합성 또는 천연, 또는 벤토나이트(bentonite)와 같은 광물 유래의 바인더 시약이 될 수 있는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 8.

청구항 1 또는 청구항 5에 있어서, 여과 공정을 손상할 수 있는, 자유 미립자(free fine)가 응집된 제품에 존재하지 않는 것을 특징으로 하는 추출 공정.

#### 청구항 9.

청구항 1에 있어서, 상기 힙(heap)은 바람직하게는 동적, 또는 온-오프(on-off)형인 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 10.

청구항 1 또는 청구항 9에 있어서, 적층된 광석(III)은 높이가 2m 내지 7m인 힙을 형성하는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 11.

청구항 1에 있어서, 힙 침출 시스템(IV)은 3 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 12.

청구항 1에 있어서, 새로운 침출 용액은 황산 용액을 포함하는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 13.

청구항 12에 있어서, 상기 황산 용액의 농도는 50 g/L 내지 200 g/L인, 추출 공정.

#### 청구항 14.

청구항 1에 있어서, 새로운 침출 용액은 마지막 단계의 상부 면에서, 또는 정상부에서 도입되는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 15.

청구항 1에 있어서, 각 단계(ILS)로부터 여과된 용액은 개별적으로 수집되고, 흐름 방향에 따라 후속의 단계에서 사용되는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 16.

청구항 1에 있어서, 풍부한 침출 용액(PLS)은 10 내지 30 g/L의 잔류 산성도를 나타내는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

#### 청구항 17.

청구항 1에 있어서, 마지막 단계에서 침출 공정(IV)의 끝에서, 침출된 광석은 새로운 물 또는 공정수(process water)로 세척되고, 이어서 잔류물로 간주되는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 18.

청구항 1에 있어서, 금속이 실린 용액(PLS)은 다른 것들로부터, 니켈, 코발트, 아연, 알루미늄 및 철과 같은 금속의 분리를 위한 후속의 공정을 행할 수 있는 것을 특징으로 하는, 추출 공정.

### 청구항 19.

heap 침출 공정(IV)에 의해 얻어지거나, 또는 상기 공정에 의해 얻어진 목적 금속이 실린 용액(PLS)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 청구항 1 내지 청구항 18 중 어느 한 항에 의한, 라테라이트 광석 유래의 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 함유하는 제품.

### 명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 기술 분야에서의 당업자에게 공지된 공정보다 적은 투자와 낮은 운용 비용으로, 라테라이트 광석으로부터, 다른 금속 중에서, 니켈, 코발트, 아연, 철, 및 구리를 추출하기 위한 공정을 포함한다. 본 발명에 따른 공정은 heap 침출(heap leaching)을 채택하며, 이는 산성 용액으로 여과(percolation)에 의해 퇴적된 라테라이트 고형체의 혼합물로부터 가용성 성분을 추출하기 위한 공정이다.

일반적으로, 추출성 제련(extractive metallurgy)은 물리적 및 화학적 방법에 의해 광물 및/또는 광물을 함유하는 재료로부터 금속을 추출하는 기술 및 과학으로 정의된다. 제련은 크게 세 가지 분야: 습식제련(hydrometallurgy), 건식제련(pyrometallurgy) 및 전기제련(electrometallurgy)으로 나눌 수 있다;

습식제련은 수성의 물리화학적 공정에 의해 금속을 추출하는 기술이고; 건식제련은 가온에서의 건식 물리화학적 공정과 관련된 것이며; 또한 전기제련은 전해법으로 처리하는 것이다. 통상, 전기제련은 습식제련에서 사용되고 있는 수성 매질에서의 전기분해 및 건식제련에서 사용되고 있는 용해된 매질에서의 전기분해로 된, 두 가지 다른 공정으로 완성된다.

제련은 또한 금속 농도 및/또는 분리를 증가시키고, 가능하게 하기 위해 별개의 장치 조작(unit operation)에 의존하며, 이는, 그 중에서도 특히 다음을 포함한다: 분쇄법(파쇄 및 밀링), 물리적 농축법(자기적, 중력, 및 정전기적 분리), 물리화학적 농축법(부유선광(flotation)), 및 고-액 분리법(농축(thickening), 여과 및 건조).

습식제련은 세 가지 별개의, 순차적인 물리화학적 단계: (a) 고체상(solid phase)에 함유된 금속의 선택적 용해(침출); (b) 목적 금속을 함유하는 수성 용액의 정제 및/또는 농축(침전, 삼탄(cementation), 이온 교환, 또는 용매 추출); 및 (c) 금속의 선택적 회수(전해추출, 전기 정련, 및 수소 환원)로 수행된다.

금속 회수에서 습식제련 수단의 적용은 최근 50년 동안 매우 증가하고 있으며, 이러한 증가는 고품위 광상(deposits)이 고갈되고, 그 결과 품위(grade)가 점차 저하되며, 훨씬 더 복잡한 광물은, 전-농축(pre-concentration) 단계를 필요로 한다는 사실과 직접적으로 관련되어 있다. 또한, 이러한 대안은 종래의 건식제련 공정과 비교했을 때 적은 환경 영향을 가지고 자본 비용 요구에서 덜 집약적이다.

용매에 의해 불용성 고체 성분으로부터 가용성 단편(fraction)을 추출하는 것을 일반적으로 침출(leaching)이라 부르며, 물질 전달 공정이다. Taggart apud Arbiter, in *Copper Hydrometallurgy - Evolution milestones, Hydrometallurgy - Fundamentals, (Technology and Innovation, 1993, pp. 549-565)*에서는 그것을 침출될 광석 및 용매 간의 효율적인 접촉이 있는 조작으로 정의했다.

침출은 대기 조건, 또는 가운데서 및/또는 가압 하에서 발생할 수 있다. 공정 조건은 발생하는 화학 반응에 의존한다. 모든 경우에서, 목적은 용액으로부터 선택적으로 추출될 수 있는 이온 또는 금속 복합체를 생산하는 것이다.

침출 공정에서 용매로서 사용될 수 있는 모든 시약는 적어도, Gupta 등에 의해 *Hydrometallurgy in Extraction Processes*, vol I, p. 39에 기재된 다음의 조건을 충족해야 한다.

- \* 공정을 상업적으로 실행할 수 있을 정도로 광물을 신속히 용해할 수 있어야 하고, 또한 바람직하게는 맥석 광물에 대해 화학적으로 불활성이 되어야 한다.
- \* 비용-효율적이고 많은 양으로 즉시 이용가능해야 한다.
- \* 가능하면, 침출 단계의 후속 공정에서 재생가능해야 한다.

염화물 또는 가용성 황산염을 침출하기 위해 사용된 물 이외에도, 많은 다른 용매가, 하기 표 1에 예시한 바와 같이, 상이한 침출 용도로 사용되어 왔다.

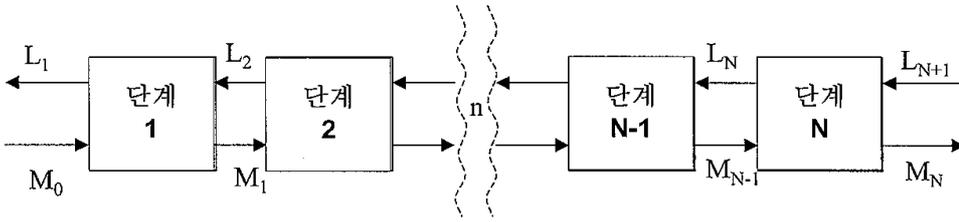
[표 1]

침출 시약의 분류

카테고리	시약	적용
산	희석된 H2SO4	산화구리, 산화아연, 라테라이트성 니켈
	산화제와 함께 희석된 H2SO4	Cu-, Ni- 및 Zn-황화물, 산화된 우라늄 광석
	농축된 H2SO4	황화된 구리 정광(concentrate), 라테라이트
	질산	Cu-, Ni- 및 Mo-황화물, 우라늄 정광, 산화 지르코늄
	불화수소산	컬럼바이트-탄탈라이트 광석
	염산	티타늄 광석, 니켈 매트(matte), 환원된 주석석
알칼리	수산화나트륨	보크사이트
	탄산나트륨	우라늄 광석, 희중석
	수산화암모늄	황화니켈, 황화구리, 환원된 라테라이트
염	황산 제 2 철/염화 제 2 철	비금속 황화물의 정광
	염화구리	비금속 황화물의 정광
	시아나화나트륨 또는 시안화칼륨	금 및 은 광석
	염화 제 1 철	니켈 황화물
물	물	황화물 및 염화물, 바나듐산나트륨(sodium vanadate), 몰리브덴산나트륨(sodium molybdate), 텅스텐산나트륨(sodium tungstate)

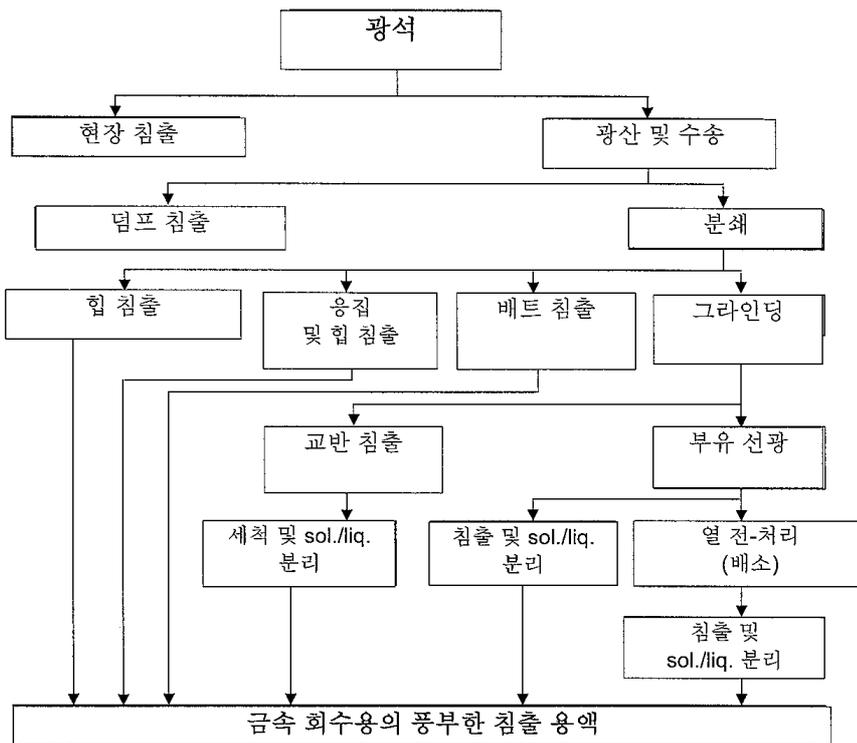
황산, 염산, 및 질산과 같은 산은 침출과 같은 용해 공정에서 가장 많이 사용된다. 이들 중, 황산이 가장 저렴한 비용으로 가장 광범위하게 사용된다. 기술분야에서의 당업자에게 알려진 바와 같이, Perry 및 Chilton의 화학공학 핸드북에 따르면,

침출 시스템은 침출 주기(배치, 연속식, 또는 간헐성 멀티플-배치; 흐름의 방향(병류(co-current)와 향류(counter-current) 또는 조합); 단계의 유형(단일-단계, 다-단계, 또는 차등(differential)-단계); 및 접촉 방법(여과 또는 분산된 고체)에 의해 구별된다. 다-단계, 향류 시스템(Foust et alii, *Principles of Unit Operations*, 1960, pp. 43-49)에서는, 하기 개요 1에 나타낸 바와 같이, 두 상은 균형잡힌 단계의 시리즈의 반대쪽 끝에서 들어간다. 상들은 서로 반대 방향으로 흐른다. 이런 식으로, 상-L 제품에서 용질 농축은 증가될 수 있고, 더 적은 용매 양으로 더 많은 용질 회수가 가능하다.



개요 1

접촉 방법과 관련하여, 침출은 원위치(*in-situ*) 침출, 힙(heap) 또는 덤프(dump) 침출, (여과에 의한 침출) 및 교반 침출(대기압 및 감압 하에서)로 분류될 수 있다. 하기 플로우차트 1에서는, 일반적으로 장치 조각이, Esteban Domic in *Hidrometalurgia - Fundamentos, procesos y aplicaciones*, 2001.에 따른, 광석 및 정광의 처리를 위해 현재 사용할 수 있는 주 침출 방법과 어떤 식으로 관련되는지를 확인할 수 있다.



플로우차트 1

원위치 침출은, 추출할 필요성 없이, 광석이 광산 자체 내에 위치하는 장소에 침출 용액을 직접 적용함에 의해 구성된다.

힙 침출은 아마도 가장 오래된 방법 중의 하나로, 구리 회수를 위한 가장 오래된 것이다. 이는 1700년대부터 스페인에서 구리 회수용으로 사용되어 왔다. 이러한 침출 방법에서는, 통상적으로 농축된 황산으로 미리 덩어리로 만들어진 광석을 쌓아 올리고, 침출 용액을 중력에 의해 스며드는 힙(heap)의 정상부에 적용하여, 힙의 바닥에서 수집된다. 침출 용액의 적용 및 분배는 드리퍼(dripper)나 워블러형(wobbler-type) 스프링클러에 의해 힙의 정상부에서 수행된다. 교반 시스템은 증발 및 물 수용성의 기능으로 정의된다. 목적 금속을 함유하는 용액은 후속의 정제/추출 단계로 보내진다. 덤프 침출은 ROM(원탄;run of mine) 용으로 사용되는 반면, 힙 침출은 분쇄된 광석용으로 사용되고 있다. 앞서 기재한 공정과 매우 유

사한 덩프 침출은, 광물질 함유 폐기물로 알려진, 통상 주 공정 라인에 대해서 경제적으로 채광 하한 품위(cut-off grade) 아래의, 매우 저급의 목적 금속으로 된 광석을 처리하는 것으로 구성된다. 힙 침출 공정에서, 힙은 동적(dynamic)이거나 또는 영속적(permanent)일 수 있다. 동적인 힙의 경우는, 또한 온-오프(on-off) 힙으로도 불리우며, 여기서는 침출된 후의 광석이 선광 부스러기의 최종 처분을 위한 위치로 제거되고, 힙의 베이스는 재사용된다. 영속적 힙, 또는 정적인 힙의 경우에는, 존재하는 비침투성(impermeabilized)의 영역을 사용하거나 또는 사용하지 않고, 새로운 힙이 이전의 힙의 정상부에 형성된다.

배트 침출(고정 탱크에서)은 통상 정방형 단면 탱크의 세트를 포함하며, 여기에서 분쇄된 광석은 적재되고 침출 용액은 위로 또는 아래로 흐를 수 있도록 적용되어, 광석 층을 충만시키게 된다. 이는 빠른 분해 동역학을 가지는 광물을 침출하기에 적합한 매우 동적인 시스템이다. 통상, 침출 사이클은 6 내지 12일이다.

대기압 또는 감압 하에서, 교반 침출은, 광석이 미세하게 분쇄될 것을 필요로 하며, 가스 주입 또는 기계적 교반에 의해 교반이 침출 용액 내로 분산된 탱크에서 수행된다. 다른 방법과 비교했을 때, 작은 입자 사이즈(더 큰 비면적(specific area))에 기인하여 침출 시간은 더 짧고, 탱크에서의 난류는 시약과 광석 간의 더 높은 확산을 제공한다.

배트 침출 및 교반 침출 간의 두 가지 큰 차이점은 명백하다. 첫째로, 교반 침출에서 액체는 연속상이고, 둘째로, 배트 침출에서는 흐름이 더 통상적으로 층류(laminar)이면서, 이러한 형태의 침출은 난류 조건 하에서 발생한다. 그러므로, 두 가지 유형의 침출의 물질전달속도 간에는 상당한 차이가 있다. 더 높은 물질전달속도는 난류 접촉 조건 하에서 달성된다.

금(알칼리성 배지에서 시안화작용), 구리, 우라늄, 니켈(산 배지에서 유황 침출), 및 기타 광물의 추출을 위한 방법으로 힙 침출의 적용은 과거부터 증가하고 있으며, 그 이유는 종래의 방법에 의해서는 경제성을 실현할 수 없는 매우 낮은 품위의 광석의 처리 가능성 및 매우 느린 분해 동역학을 가진 광석의 처리에 대한 대안이기 때문이다.

구리에 대한 힙 침출은 널리 알려져 있다. 역사적으로, 약 300년 전에, 스페인의 리오틴토 광산(Rio Tinto mines)에서, 선구적인 방법이 사용되었다.

구리 힙 침출에서는, 광석을 분쇄하고, 이어서 농축 황산으로 응집시키고, 적절하게 제조된 비침투성의 베이스에 쌓아 올린다. 힙의 높이는 매우 상이한데, 1.5 m 내지 30 m의 범위이다. 침출 용액( 묽은 황산)은 힙의 상부면에 도포되고, 광석을 통하여 중력에 의해 아래로 여과된다. 용해된 구리를 함유하는 용액은 수집되고 전형적인 용매 추출 및 전해추출(electrowinning) 서킷인 구리 회수 서킷으로 보내진다. 이는 매우 잘 알려진 공정이며, 장치 조작 힙 침출/용매 추출/전해추출의 한 세트는 상업적인 규모에서 40년 이상 적용되어 오고 있다.

광석의 유형과는 무관하게, 목적 금속의 가용화 단계가 힙 침출에 의해 수행되는 공정 루트는 광석의 분쇄/글라인딩(crushing/grinding) 단계를 필요로 한다. 힙이 우수한 투과성을 가지는 공정에 대해서는 광석과 용액 간의 우수한 접촉이 필수적이다. 미국 특허 US5077021에 잘 나타나 있는 바와 같이, 과량의 점토 광물 또는 미립자(일반적으로, 0.15mm 미만의 물질)를 함유하는 광석은 이런 유형의 공정에서 문제점을 보이고 있으며, 그 이유는, 저해의 결과로, 힙에 있는 특정 영역에서 천천히 내려가거나 또는 심지어 여과가 정지되어 버리는 경향이 있기 때문이다. 미립자 및/또는 점토 광물이 힙 내에 있는 특정 위치로 이동해서, 현저히 상이한 여과율을 가진 영역을 생성할 때, 저해는 물질 분리에 기인하는 것은 일반적인 상식이다. 이러한 효과의 결과, 용액은 더 적은 저항의 통로를 통해 흐르기 시작하여, 우선적 유동 채널(preferred flow channel)을 형성한다. 이러한 우선적인 채널의 생성은 힙에서 침출되지 않은 영역을 남겨놓고, 그에 따라 목적 금속의 회수율을 낮게 한다. 방출된 미립자 및/또는 점토 광물에 의한 "슬러리"의 생성은, 매우 심각한 경우, 저해를 가져온다. 그러므로, 미립자 및/또는 점토 광물을 제거하거나 또는 그들을 응집시켜서, 베드(bed)가 공정에 대해 투과할 수 있도록 해야 한다. 분쇄 다음의 응집 단계는, 쌓아 올려질 광석의 제조로서, 어떠한 광석, 즉 금, 우라늄, 바나듐, 은, 구리, 아연, 또는 니켈, 산화물 또는 황화물 광석에 대한 힙 침출 루트에서 필수적이고 기본적인 것이다.

기술분야에서의 모든 당업자에게 알려진 바와 같이, 니켈 광석은 그 성분, 즉 황화물 및 라테라이트(후자는 또한 산화된 것으로 알려짐)에 따라서 두 가지 주요 유형으로 분류될 수 있다. 사프로라이트질(saprolitic)의 영역(점토가 풍부한 영역) 아래의 지하 층에 기원한, 황화물 광상은 웨스턴(Western) 니켈 매장량의 약 20%에 해당하며, 주로 호주, 그 뒤를 이어 캐나다, 중국, 남아프리카공화국, 및 짐바브웨에서 발견된다. 전체 니켈 제품의 대략 55%가 황화물 광석으로부터 나온다.

라테라이트 광석은 더 표층 영역에서 발견된다. 광상은 주로 브라질, 쿠바, 호주, 뉴칼레도니아, 및 필리핀에 위치하며, 평균 품위는 약 1.95% 이고 산화철 품위는 24% 이상이며, 코발트 및 마그네슘과 함께 존재한다. 라테라이트 광석은 알려진 니켈 매장량의 약 80%에 해당한다.

광석 생산 및 추출의 비용 감소에 대한 점점 커지는 관심은 라테라이트 원천의 니켈 광석의 더욱 큰 활용의 동기를 부여했다. 두 가지 요소가 이러한 광석의 활용의 증가에 기여한다: 하기 표2에서 알 수 있는 바와 같이, 황화물 니켈 매장량은 높은 추출 비용을 수반하며, 라테라이트 광석은 황화물 광석보다 니켈 품위가 더 높고, 더 높은 효율이 가능하다.

[표 2]

	광석 (1,000 t)	품위 (%)	니켈 (1,000 t)	%
황화물	10,594	0.58	62	31
라테라이트	10,382	1.34	140	69
합계	20,976	0.96	202	100

출처: *Mineração e Metalurgia*, May 2000

라테라이트 광석은 습식제련의 루트 또는 건식제련의 루트 어느 것에 의해 처리될 수도 있다. 통상, 이러한 공정은 매트 제련(matte smelting), Fe-Ni 생산을 위한 제련, 및 암모니아성 침출 공정과 같이, 많은 에너지 소비를 수반하며, 이는 저품위 니켈 라테라이트 광석의 처리를 비경제적인 것으로 한다. 고압의 유황 침출은 적은 에너지 소비를 수반하지만, 장비 및 그 결과로 인한 부식성 환경 양자에 높은 투자비용을 필요로 한다. 현재, 암모니아성 침출 및 황산 압력 침출이 라테라이트로부터 니켈 및 코발트를 회수하기 위해 사용되는 두 가지 주요 습식제련 기술이다. 상대적으로 적극적인 화학적 처리 및 높은 투자 비용을 수반하는 것 이외에, 이들은 각각 연료 및 황산/유황의 가격에 지나치게 의존한다.

비록 황산 압력 침출 공정이 더 종래의 기술들과 비교했을 때 자본 코스트의 관점에서 많은 이득을 얻을 수는 없지만, 운용 비용의 관점에서 큰 경제적 이익으로 니켈의 획득을 가능하게 한다. 이 공정은 또한, 거대한 생산 스케일을 필요로 함에도 불구하고, 운용 사이클에 충분한 에너지를 발생하는, 높은 수준의 코발트 회수를 가능하게 한다.

니켈 및 코발트의 높은 가격은 또한, 니켈 및 코발트 양자에 대해 낮은 가격 수준으로 사업 수익성을 유지할 수 있도록, 산업이 운용 비용을 저감하기 위한 대안의 공정을 추구하게 하였다.

과거부터 니켈 생산에서 발생했던 큰 이윤은, 여러 침출 중에서 힙 침출과 같은, 라테라이트 광석의 처리를 위한 새로운 공정 루트의 범위의 개발을 가져왔다. 힙 침출은 낮은 투자비용 및 운용 비용을 수반하는 조작이며, 매우 잘 알려져 있고, 또한 구리, 우라늄 및 금 광석에 대해 주로 광범위하게 적용된다.

비록 광범위하게 사용되지만, 라테라이트 광석으로부터 금속을 추출하기 위한 종래의 기술은 공정을 경제적으로 실현 불가능하게 할 수 있으며, 이는 주로 상기 공정에 대해 요구되는 연료 및 산의 가격에 있어서의 변동 때문이다.

라테라이트 광석용의 힙 침출의 사용은 니켈 산업에 대한 기술적인 이정표를 제시하였으며, 이는 이것이 소규모 또는 저-품위 광석의 채광을 경제적으로 실현 가능하게 하였을 뿐만 아니라, 전술한 종래의 공정과 비교했을 때 매우 적은 투자비용을 필요로 하는 광물 처리의 대안이기 때문이다.

비록 이미 연구되고 특허 GR 1001555, GR 1003569T, US 6312500, WO 2004/031422 및 WO 2005/005671 등과 같은 다른 문헌들에 공개되었지만, 공정 조건 및 시스템 구성에서 상기 문헌들에 제안된 바와 같은 힙 침출의 개념은 본 특허 출원에서 제안된 개념과는 완전히 다른 것이며, 이는 발명의 구성에 의해 명백해질 것이다.

본 출원과 관련된 최초의 연구는 S. Agatzini에 의해 수행되었고, 그리스 특허 GR 100155에 기원한다. 상기 문헌은 저 품위 니켈을 함유하는 광석에 적용되는 두 가지 힙 침출 기술을 기재하고 있다. 기술 I은 침출 용액이 재순환되는 서킷 선택을 고려한 것이며, 다시 말해, 공정으로부터의 니켈 폐기물의 농도에 있어서의 증가가 더 이상 관찰되지 않을 때까지 많은 접촉을 하는 광석에 적용된다. 이러한 안정화 후, 새로운 용액을 준비하여 광석에 적용한다. 사용된 용액은 황산이며, 산 용액의 최초 농도는 1N이다. 약 4 내지 33L/h/m<sup>2</sup>의 여과율, 바람직하게는 12.5 내지 25L/h/m<sup>2</sup> 사이의 여과율이 고려된다. 이러한 기술에서 검토한 바와 같이, 일반적으로, 침출 공정으로부터 유래한 용액은 금속의 낮은 농도로 희석되고, 광석의 유형 및 공정의 단계에 매우 의존한다. 기술 II는 기본적으로 기술 I에 기재된 것과 동일한 공정을 다루며, 힙에 재-적용되기 전에, 각 리사이클 후 침출 용액의 pH보정을 포함한다. pH는 최초의 값으로 보정된다. 침출 공정은 용액 중에서 니켈

농도의 더 이상의 증가가 없는 때에 완료된 것으로 간주된다. 결과로 얻어진 용액은, 용액 중에서 바람직한 니켈 농도가 달성될 때까지, 이후에 거의 동일한 방식으로 또다른 재료를 침출하기 위해 사용될 수 있다. 연속적인 리사이클로 나타낸 것과 같은 기술은, 용액이 특정 요소로 포화된 경우를 제외하고는, 침출을 보이지 않는 것이 강조되며, 그러한 경우 화학적 침전물 형태의 침전이 발견된다. 이러한 기술에 따르면, 라테라이트 니켈 광석의 힙 침출 공정 동안, 용액이 포화된 후 침전하는 최초의 금속은 알루미늄이다.

보통의 물을 다양한 화학적 조성의 물, 또는 산업/도시 폐기물로부터의 물, 또는 심지어 해수로 치환한 채로, 특허 GR 1003569T는 문헌 GR 1001555에 기재된 것과 거의 동일한 특성을 기재하고 있으며, 이는 주장한 바에 의하면 니켈의 추출에 영향을 미치지 않고 또한 추가적으로 여과된 액으로부터 Mg, Ca 및 Na의 회수할 수 있는 양을 증가시킨다.

문헌 US 6312500는 상당한 양의 점토 재료를 함유하는 니켈 라테라이트 광석용의 힙 침출 공정을 나타내며, 이러한 상당한 양은 25% 이상의 점토로 정의된다. 필요한 경우, 광석은 25mm 미만, 바람직하게는 19.0mm 내지 3.35mm의, 원하는 크기로 분쇄된다. 이러한 공정은, 광석에 존재하는 미립자 때문에, 힙의 형성 전에 황산을 이용한 응집 단계를 포함한다. 응집은 종래의 장비에서 또는 이러한 장치 조작을 허용되는 어떠한 장치에서도 수행된다.

선택적으로, 응집 후, 광석은 경화된다. 경화 시간은 1시간 내지 3일로 다양할 수 있다. 이러한 단계는 응집된 광석을 개방된 장소, 야외에 두는 것에 의해 수행된다. 응집된 광석은 이어서 적층되어 높이가 60cm 내지 약 9m에 달하는 힙을 형성한다. 둘 이상의 힙이 형성될 수 있다. 10 내지 20 L/h/m<sup>2</sup>의 속도로, 산 용액은 힙의 정상부에 적용된다. 침출 공정 자체는 다음과 같이 상세히 설명된다. 제1 힙은 적어도 10g/L의 농도로 새로운 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액에 의해 침출된다. 만일 힙으로부터의 폐기물 침출된 용액의 pH가 2보다 큰 경우(또는 자유 산성도(free acidity)가 1 g/L보다 적은 경우), 용액은 니켈 회수로 유도될 수 있다. 만일 pH가 2보다 작은 경우, 액은 힙 2로 유도된다. 힙 1로부터의 액에 더하여, 새로운 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액(적어도 10 g/L의 농도로)이 힙 2에 적용된다. 또한 힙 2로부터의 액은 자유 산성도를 분석한다. 만일 pH가 2보다 크거나 또는 자유 산성도가 1g/L 보다 작을 경우, 액은 니켈 회수로 유도될 수 있다. 예를 들면 이온 교환에 의해, 니켈은 용액으로부터 직접 추출될 수 있기 때문에, 이러한 산성도 수준에서, 액을 후속의 중화 단계로 종속시키는 것은 필요하지 않다. 대부분의 액은 직접 니켈 추출물에 종속되지만, 여전히 일부는 제3 힙으로 유도된다. 이러한 공정은 많은 힙을 경유할 수 있다.

비록 특허 WO 2004/031422에서의 방법은 니켈에 대해서 특정되지 않는 것으로 기술되어 있지만, 이러한 요소는 그 청구 범위의 하나에 포함된다. 광석은 응집되어야만 한다고 청구되어 있다. 청구된 침출 용액은 황산 및 용해된 이산화황을 함유하며, 이러한 용액은, 약 785 g/L의 농도를 갖는 침출 용액의 상기 황산과 함께, 니켈 회수 서킷으로 제거된다. 이러한 발명에서, 이산화황은 힙에 적용되기 전에 침출 용액에 첨가된다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기에서 언급한 다른 방법들과는 상이한 본 특허 출원은 연속적인 공정의 방법을 제안하며, 여기에서 광석 침출은 적어도 2 단계로 구성된 향류(counter-current) 시스템에서 실행되고, 각각의 단계는 힙 섹션(heap section) 또는 힙에 의해 나타낸다.

본 발명의 목적은, 다른 기존의 기술적인 루트의 방법들보다 낮은 투자비용 및 낮은 운용비용으로, 라테라이트 광석으로부터, 다른 비금속(base metal) 중에서 니켈, 코발트, 아연, 및 구리의 추출을 위한 매우 경쟁적인 선택을 개발함과 아울러, 경제적으로, 저-품위 광석 및/또는 소형 광상으로부터 니켈을 추출하는 문제점을 해결하기 위한 것이다.

본 발명의 또다른 목적은, 광물학적 조성에 의존하여 70% 내지 90% 범위의 니켈 추출에 있어서, 처리된 광석의 톤당 산 350kg의 수준에 달하는, 시스템에 의한 황산 소비를 크게 저감하기 위한 것이며, 그 외에도 더 짧은 침출 사이클을 제공하고 시스템의 물 균형을 쉽게 하며, 맥석과 관련하여 목적 금속의 추출에 대한 개선된 선택성을 나타내고, 용액의 전체 부피를 극적으로 저감하기 위한 것이다.

본 발명은 광석 침출이 적어도 2 단계를 이용한 향류 시스템에서 수행되는 연속적인 공정을 포함하며, 각 단계는 힙 섹션 또는 힙에 의해 나타내고, 이는 대량의 천연 미립자를 함유하는 광석에 적용될 수 있으며, 또한 조악한 단편(>0,5mm)의 처리를 위한 선택이 될 수 있다. 상기 힙 침출은 다른 기존의 기술적인 루트의 방법들보다 낮은 투자비용 및 낮은 운용비용으로, 라테라이트 광석으로부터, 다른 비금속 중에서 니켈, 코발트, 및 아연의 추출뿐만 아니라, 경제적으로, 저-품위 광석 및/또는 소형 광상으로부터 니켈을 추출하는 문제점을 해결하기 위한 최적의 대안으로 제시된다.

### 발명의 구성

본 발명은 분쇄(I), 응집(II), 적층(III), 힙 침출(IV) 단계를 포함하는, 힙 침출에 의해 라테라이트 광석으로부터 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 추출하기 위한 공정을 포함하며, 상기 마지막 단계는, 한 상이 광석(용질)으로 구성되고, 다른 상이 침출 용액, 또는 용매로 구성된 2 상(phase)을 포함하며, 이들은 단계의 시리즈의 반대쪽 끝에서 공급되어 반대 방향으로 흐르는, 연속적이고, 향류의, 동적인 힙 침출 시스템이다. 마지막 단계에서 침출이 중지되면 용질은 제거되고, 새로운 단계가, 용매 용액에 의해 침출될 새로운 광석(용질)에 의해 형성된, 제1 위치에 도입되며, 이는 제1 단계에 도달할 때까지 이전의 모든 단계를 초과하거나 또는 그것을 통해 흐르며, 목적 금속(PLS-풍부한 침출 용액(Pregnant Leach Solution))이 실렸을 때 분리되는 마지막 단계로부터 도입된다.

본 발명은 힙 침출을 사용하여 라테라이트 광석으로부터 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 추출하기 위한 공정을 포함하며, 광석 침출이 적어도 2 단계를 이용한 향류 시스템에서 수행되는 연속적인 공정을 포함하고, 각 단계는 힙 섹션 또는 힙에 의해 나타내고, 이는 대량의 천연 미립자를 함유하는 광석에 적용될 수 있으며, 또한 조악한 단편(>0,5mm)의 처리를 위한 선택이 될 수 있다. 상기 힙 침출은 다른 기존의 기술적인 루트의 방법들보다 낮은 투자비용 및 낮은 운용비용으로, 라테라이트 광석으로부터, 다른 비금속(base metal) 중에서 니켈, 코발트, 및 아연의 추출뿐만 아니라, 경제적으로, 저-품위 광석 및/또는 소형 광상으로부터 니켈을 추출하는 문제점을 해결하기 위한 최적의 대안으로 제시된다.

본 명세서에 첨부한, 도 2는 목적 금속이 풍부한 용액을 얻기까지의 공정에 대한 전체 플로우차트를 개요로 나타내는 블록 다이어그램이며, 첨부한 도 3은 바로 향류의 힙-침출 단계의 개요도이다.

본 발명은 니켈 라테라이트 광석의 처리를 위한 건식제련 처리 루트를 포함하며, 여기서 금속 값의 가용화 단계는 힙 침출에 의해 발생한다. 본 명세서에 첨부한 도 2는 목적 금속이 풍부한 용액을 얻기까지의 공정의 전체 플로우차트를 개요로 나타낸 것이다. 일반적으로, 제안된 루트는 분쇄(I), 응집(II), 적층(III), 힙 침출(IV) 단계를 포함한다.

원탄(run-of-mine), ROM(O)은 분쇄하여 그 입자 크기를 공정에 적당하게 만든다. 분쇄는 광석의 특성에 의존하여, 공정에 적당한 입자 크기를 달성하기 위해 요구되는 만큼 많은 단계에서 수행된다. 일반적으로, 약 25.0 mm 및 약 50.0 mm 사이의 최대 입자 크기는 2차 분쇄에서 얻어지며, 약 12.5 mm 및 약 6.30 mm 사이의 최대 입자 크기는 3차 분쇄에서 얻어진다. 2-단계 분쇄는 대량의 미립자를 함유하는 높은 다공질의 광석(큰 비면적)에 충분하다. 더욱 치밀하고 더욱 충분한(competent) 광석의 경우에는, 더 큰 반응 표면을 제공하기 위해 3차 및 심지어는 4차 분쇄가 사용될 수 있다. 미립자 생성은 이러한 장치 조작에서 최소화되어야 한다.

본 명세서에 첨부한 도 1은, 침출 시약의 접근성이 용이한, 높은 다공성을 가진 광석의 유형을 도시한다.

다음에, 분쇄된 제품은 컨베이어 벨트에 의해 응집 장치(II)로 보내진다. 필요한 경우, 예를 들어 광석이 매우 건조하고 대량의 미립자를 함유하는 경우에, 수송 중 광석에 물이 첨가될 수 있다. 컨베이어 벨트로의 물의 첨가는, 스프레이 등의 여러 방법으로 수행될 수 있으며, 먼지의 생성을 최소화하고, 그에 따라 더 유리한 작업 조건을 만들 수 있다. 또한, 이것은 매우 중요한데, 이는 니켈 손실을 최소화하며, 그 이유는 미립자 단편 중 이러한 요소의 농축은 라테라이트 광석의 특징이기 때문이다. 응집은 로터리 드럼 또는 디스크와 같은 종래의 장비, 또는 예상되는 결과를 얻을 수 있는 어떠한 장치에서라도 수행될 수 있다.

이러한 단계에서, 농축되거나 또는 용액 중의 황산, 및 물은 존재하는 미립자의 양(0.074mm 이하의 30-70%일 수 있음)에 따라서 정의된 양으로 광석에 첨가되며, 산 및 물은 응집 수분의 바람직한 양을 생산하기에 충분한 투여량으로 첨가된다. 응집 수분은, 벤치 테스트에서 이미 결정되어 있으며, 광석의 물리적 및 광물학적 특성에 의존한다. 극미립자 단편의 존재 때문에, 무기 또는 유기, 합성 또는 천연, 또는 심지어, 예를 들면 벤토나이트와 같은, 광물 유래의 바인더 시약을 첨가할 수 있으며, 단 상기 시약은 침출 용액의 산에 대해 불활성이어야 한다. 응집된 제품에는, 1.70mm 이하의 광석 단편을 의미하는, 자유 미립자(free fine)가 존재해서는 안 된다.

MgO 또는 CaO 등과 같이, 높은 수준의 염기성 성분에 기인한 천연의 염기도를 가진 광석이 높은 중화 포텐셜을 가지는 것은 지적할 가치가 있는 것이며, 이는 사프로라이트질 광물의 경우도 같다. 그러므로, 이미 공지된 응집의 장점에 더하여, 제안된 루트에서, 광석의 전-중화(pre-neutralizing) 단계로서, 이러한 단계도 또한 중요하다. 첨가되는 황산의 양은, 입도 측정(granulometry) 공정에서의 주요 산-소비(major acid-consuming) 광물 종을 고려하여 정의된다. 이 단계에서 이런 중화 작용은 목적 금속의 추출의 개시를 촉진한다. 이 단계에서 산의 첨가가 없고, 바인더 시약과 함께 또는 없이, 응집이 단지 물과 함께 수행될 경우, 비록 전체 침출 사이클에서 큰 영향이 관찰되지 않더라도 목적 금속, 특히 니켈 및 코발트의 추출에서 지연이 관찰된다. 통상적으로, 마그네슘, 철, 알루미늄, 및 칼슘이 주요 산-소비 종이다.

응집(II) 후, 광물은 적층되어(III), 최종 높이가 약 2m 내지 약 7m 범위, 바람직하게는 4미터인 힙을 형성한다.

제안된 침출 시스템(IV)은 동적(또는 온-오프) 힙, 향류, 다-단계이며, 단계의 수는 2 이상이고, 바람직하는 3 단계이다. 여기에 기재된 시스템은, 종래 기술의 설명에서 언급된, Foust et alii에 의해 *Principles of Unit Operations*에 제시된 개념(conceptuation)을 따른다. 두 상(phase)은 그 금속 값(주로 Ni 및 Co)이 추출될 광석(용질), 및 황산 용액(용매)를 포함하는, 침출 단위 장치이다. 두 상은 균형잡힌(balanced) 단계의 시리즈의 반대쪽 끝에 제공되어서, 서로 반대 방향으로 흐른다. 이러한 기술로, 액체 상의 제품에서 더 높은 농도의 Ni 및 Co 뿐만 아니라, 또한 더 짧은 침출 사이클도 얻어지며, 병류 서킷 또는 평형 흐름과 비교하여, 더 적은 양의 용매가 사용된다.

새로운 침출 용액 - 약 50 g/L 내지 약 200 g/L의 농도로 된 황산 용액 - 은 마지막 단계, 또는 3-단계 시스템의 경우에 단계 3의 힙의 정상부 또는 상부 면에 적용되며, 각 단계로부터 여과된 용액은 각각의 저장기(reservoir)에 개별적으로 수집되고, 흐름 방향에 따라 다음의 단계에서 사용된다.

단계 2 및 단계 3으로부터의 용액을 각각 중간생성물 용액 2(ILS2) 및 중간생성물 용액 3(ILS3) 등으로 연속하여 지정한다.

목적 금속이 실린 최종 용액 - 풍부한 침출 용액(PLS) - 은 약 10 내지 약 30 g/L 사이의 잔류 산성도를 갖는다.

침출 공정 (IV)의 마지막인, 최종 단계 또는 3-단계 시스템에서의 단계 3에서, 광석은 새로운 물 또는 공정수(process water)로 세척된다. 세척 후, 침출된 광석은 비침투성의 장소로 이송되고, 침출 잔류물의 최종 석출(deposition)을 준비한다. 연속적인 공정이기 때문에, 마지막 단계, 또는 예를 들어 단계 3에서 광석 침출이 중지되자마자, 단계 2에 있는 광석을 단계 3으로 전달하고, 단계 1에 있는 광석을 단계 2로 전달하고, 새로운 섹션(또는 힙)은 단계 1로 들어가는 것을 이해하는 것은 중요하다.

본 발명의 목적인, 힙 침출 공정은 대량의 천연 미립자를 함유하고 있는 광석에 적용될 수 있고, 또한 결이 거친 단편(예를 들면, 입자 크기 0.5mm 이상)의 처리를 위한 선택될 수 있다. 이러한 후자의 경우에, 미립자의 거친 단편은 고압 하 오토클레이브를 통한 종래의 처리, 또는 대기압 침출, 또는 두 침출 공정의 조합을 행할 수 있다.

본 발명은 또한 힙 침출 공정(IV)에 의해 얻어진, 라테라이트 광석으로부터 니켈, 코발트, 및 기타 금속을 함유한 최종 제품, 또는 이미 기재한, 본 발명에 따른 공정에 의해 얻어진 목적 금속이 실린 용액(PLS)을 고려한 것이다.

다른 대안은 풍부한 용액(PLS), 단계 1로부터의 폐기물 용액의 처리 - 예를 들면, 혼합된 침전물의 제조, 또는 금속 니켈의 제조까지의 공정의 수직화(verticalization)에 대해 평가된다.

알칼리성 시약의 첨가로 단계적으로 생기는(staged) 침전에 의해, 풍부한 용액으로부터 존재하는 철 및 알루미늄의 추출을 행한다. 이어서, 철 및 알루미늄-없는 용액, 또는 고작해야 그들의 허용가능한 수준을 가진 채로, 니켈 및 코발트의 추출(6)을 위해 보내지며, 침전, 용매 추출, 또는 이온 교환과 같은 몇몇 기술들에 의해 추출되거나 회수될 수 있다. 용매 추출 또는 이온 교환 수지로, 금속 니켈을 얻어지며; 침전으로, 니켈, 코발트, 아연, 및 기타 비금속의 혼합된 수산화물 또는 황화물이 얻어진다.

본 발명은 그 독점성(exclusiveness)을 제한하지 않고, 또한 공정의 최종 산물의 손상 없이 이러한 조건이 힙 침출 단계의 각각에서 다를 수 있음을 지적하지 않고, 다른 여러 가지 조건 중 힙의 높이, 광석의 입자 크기, 및 황산의 농도와 같은 특성의 운용 조건을 참조한다.

비록 바람직한 운용 공정을 기재하고 상세히 설명하였지만, 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고, 이러한 공정에서의 변경은 가능하고 실행할 수 있음을 분명히 한다.

#### 실시에 1

HPAL/대기압 침출(Atmospheric Leaching) 루트에 의한 라테라이트 광석의 선광(beneficiation)으로부터의 찌꺼기 단편(>0.5mm)에 대한 힙 침출의 적용을 평가하기 위해서, 세 가지 샘플을 구성하였으며, 이들의 화학적 분석은 하기 표 3에 나타내며, 높이 1m 칼럼에서 실험을 행하였다.

[표 3]

공급 샘플의 화학적 분석

설명	Al (%)	Co (%)	Cr (%)	Cu (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ni (%)	Si (%)	Ti (%)	Zn (%)
샘플 1	0.83	0.03	0.58	0.02	9.65	1.55	0.21	0.31	33.65	0.05	0.02
샘플 2	0.72	0.03	0.67	0.03	8.54	9.52	0.11	0.46	25.10	0.03	0.03
샘플 3	2.37	0.09	0.78	0.06	10.20	6.42	0.37	1.36	24.70	0.24	0.05

본 명세서에 첨부된, 도 4(그래프 1)는 이러한 샘플 중 니켈의 분포를 도시한다. 니켈은 주로 파일로실리케이트(사문석 및 클로라이트)에서 발견된다.

샘플의 입자 크기는 100%에서 1.27mm 미만으로 결정됐다. 입자 크기 분포는 본 명세서에 첨부된 도 5(그래프 2)에 도시한다. 이러한 실험의 실행을 위한 다른 조건은 다음과 같다: 여과율 10L/h/m<sup>2</sup>; 침출 용액에서 황산 농도 20 g/L; 응집에서 산 투여량 20 kg/광석 ton; 오픈-서킷 실험.

이러한 예비 실험은 힙-침출 장치 조작에 의한 니켈 추출에 대한 포텐셜을 나타낸다. 그러나, 첨부한 도 6(그래프 3)에서 니켈 추출 곡선은, 예를 들어, 더 높은 농도의 침출 용액을 통해, 더 많은 산이 요구되는 시스템을 나타낸다. 낮은 산 농도는 느린 동역학에 대한 요인이 될 수 있다. 100일간의 조작에서, 샘플 1, 2 및 3은, 각각 니켈 추출이 34%, 58% 및 69%에 달했다.

실시에 2

실험은 1m 높이의 칼럼, 및 니켈 추출에서 높이의 영향의 예비 평가를 위한 4m 높이의 칼럼에서 수행했다. 이러한 실험은 4가지 다른 암질(lithology)로 된 샘플 및 별개의 암석형(lithotype)으로 된 조성 샘플에서 실행했다. 모든 샘플은 분쇄하여 입자 크기를 100% 12.5mm 미만으로 하였다. 여과율은 일정하며 10L/h/m<sup>2</sup>이다. 침출 용액에서 황산 농도는 1미터 높이 칼럼에서 20 내지 200g/L, 4미터 높이 칼럼에서 50 g/L이었다.

별개의 산성도 조건 하에서, 상이한 광석 유형에 대한 니켈 추출 곡선은 공정에서 이러한 변수의 영향을 확인한다. 더 높은 산성도는 더 빠른 동역학을 가져온다.

니켈 추출은 광물학(mineralogy)에 따라서 변한다. 공정에서 가장 처리하기 어려운 광물학은, 그에 따라 니켈 추출의 가장 낮은 수준을 가져오며, 많은 양의 니켈이 수산화철에 함유되어 있는 것이었다. 이러한 처리의 어려움은 Ni의 산출의 형태와 관련하여 이해되며, 수산화철의 결정 구조는 이러한 수산화물에서 높은 결합 에너지를 극복하기 위해 시스템에서 더 많은 에너지를 요구한다. Ni 원자는 침출 용액에 접근성이 낮다.

본 명세서에 첨부한, 도 7(그래프 4)[니켈 추출 사프로라이트질(saprolitic) 광석] 및 도 8(그래프 5)[니켈 추출 철질 또는 리모나이트질(limonitic) 광석]은, 평가된 두 유형의 광석에 대한, 1미터 높이 칼럼에서의 실험에 대한 추출 곡선을 도시한다.

미니-칼럼에서 수행된 실험은 달성된 최대로 가능한 기대되는 니켈 추출의 평가를 허용한다. 모든 유형이 100 사이클 일에 안정화에 도달했기 때문에, 이러한 시간은 전체 사이클이 된 것으로 추정했고, 산의 농도는 매 20일, 20에서 200 g/L까지, 그리고 이어서 200에서 20 g/L까지 변화했다. 공정에서 산의 농도의 영향을 다시 한 번 확인했다. 산성도 값이 증가하는 실험에서, 산성도가 증가함에 따른 변화로 곡선의 굴절이 관찰되었다. 산성도 값이 감소하는 실험에서, 이러한 효과는 크지 않은 것으로 관찰되었다.

이러한 실험에서, 본 명세서에 첨부한 도 9(그래프 6 ; 침출 단계)에서 도시한 바와 같이, 3가지 주요 단계(중화, 1차 침출, 및 2차 침출)가 평가 중인 침출 공정에서 확인되었다. 첫번째 단계에서, 주요 반응은 쉽게 용해되는 광물, 특히 마그네슘-함유 종과 관련된 것이며, 그러므로 이러한 단계는 중화로 확인되었다. 니켈이 광물에서 어떻게 분배되는지에 따른, 세 가지 상이한 동역학이 있다: 파일로실리케이트(phylllosilicate)의 플레이트(인터-플레이트) 사이에 흡수된 Ni은 이러한 동일한 광물의 구조(인트라-플레이트) 내에 있는 Ni보다 더 쉽게 추출되며, 차례로 수산화철에 함유된 Ni보다 더 많은 추출을 얻을 수 있다.

상이한 추출 영역의 이러한 거동은 향류 원리에 따른 서킷의 평가의 중요성을 나타낸다.

본 명세서에 첨부한, 도 10(그래프 7)은, 4m-높이의 칼럼에서의 실험에 대해서, 4가지 유형학(typology)에 대해 얻어진 니켈 추출 곡선을 도시한다.

실시예 3

침출 서킷의 3가지 상이한 선택을 평가했으며, 그 추출 곡선은 본 명세서에 첨부한 도 11(그래프 8)에 나타나 있다: 오픈 서킷, 3 단계로 된 향류 서킷(ILS로 된 서킷), 및 PLS 재순환 및 산 농도 보정으로 된 서킷.

ILS 서킷에 대하여, 전체 사이클은, 각각 50일씩 3단계로 된, 150일인 것으로 간주되었다. 하기 표 4에서 나타낸 바와 같이, 실질적으로 침출 사이클을 짧게 하고 또한 용액의 전체 부피 및 산의 소비를 저감함으로써, 향류 서킷(ILS)은 평가된 광석에 대한 최고의 대안으로 제시된다.

[표 4]

서킷 유형	침출 사이클 (일)	Ni 추출 (%)	Co 추출 (%)	H2SO4 소비 (kg/광석의 톤)
ILS	150	84	70	280
오픈형	270	87	72	560
재생 및 산농도 보정형	270	84	70	250

실시예 4

니켈 추출에서 입자 크기의 영향을 평가하기 위해서, 동일한 샘플에 대해, 4m 높이의 칼럼에서 실험을 수행하였다. 공정의 기타 조건들, 예를 들면, 침출 용액의 농도, 여과율, 응집 조건 등은 일정하게 유지하였다. 본 명세서에 첨부한 도 12(그래프 9)에 도시된 바와 같이, 광석에 천연으로 존재하는 미립자에 더하여 높은 다공성의 샘플에 대해서, 최고 사이즈 12.5mm 또는 50mm의 니켈 추출에 큰 영향이 없음이 관찰되었다.

**발명의 효과**

본 발명의 힙 침출은 다른 기존의 기술적인 루트의 방법들보다 낮은 투자비용 및 낮은 운용비용으로, 라테라이트 광석으로부터, 다른 비금속 중에서 니켈, 코발트, 및 아연의 추출뿐만 아니라, 경제적으로, 저-품위 광석 및/또는 소형 광상으로부터 니켈을 추출하는 문제점을 해결할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- 도 1은, 침출 시약의 접근성이 용이한, 높은 다공성을 가진 광석의 유형을 도시한 것이다.
- 도 2는 목적 금속이 풍부한 용액을 얻기까지의 공정에 대한 전체 플로우차트를 개요로 나타내는 블록 다이어그램이다.
- 도 3은 향류의 힙-침출 단계의 개요도이다.
- 도 4는 샘플 중 니켈의 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 5는 샘플의 입자 크기 분포를 도시한 그래프이다.
- 도 6은 니켈 추출 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 7은 니켈 추출 사프로라이트질(saprolitic) 광석에 대한, 1미터 높이 칼럼에서의 실험에 의한 추출 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 8은 니켈 추출 철질(ferruginous) 또는 리모나이트질(limonitic) 광석에 대한, 1미터 높이 칼럼에서의 실험에 의한 추출 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 9는 침출 단계를 나타낸 그래프이다.

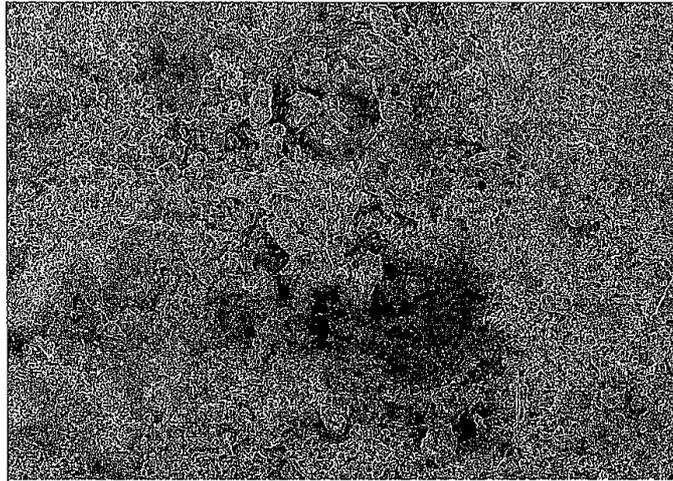
도 10은 4가지 유형학(typology)에 대해 얻어진 니켈 추출 곡선을 나타낸 그래프이다.

도 11은 침출 서킷의 3가지 상이한 선택에 대한 추출 곡선을 나타낸 그래프이다.

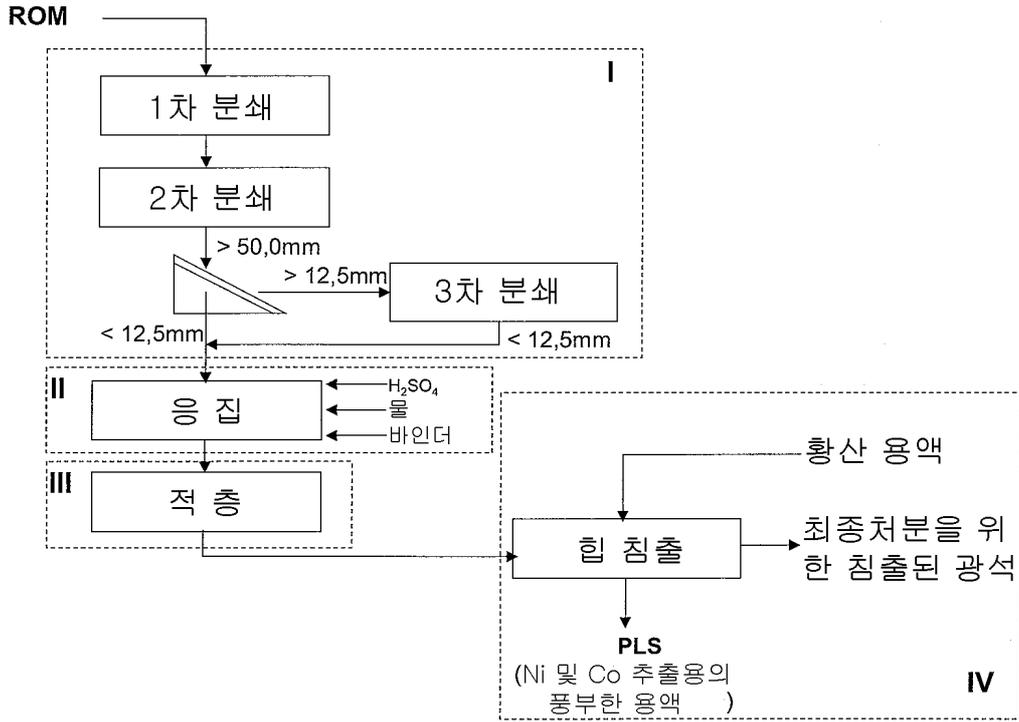
도 12는 높은 다공성의 샘플에 대해서, 니켈 추출 곡선을 나타낸 그래프이다.

## 도면

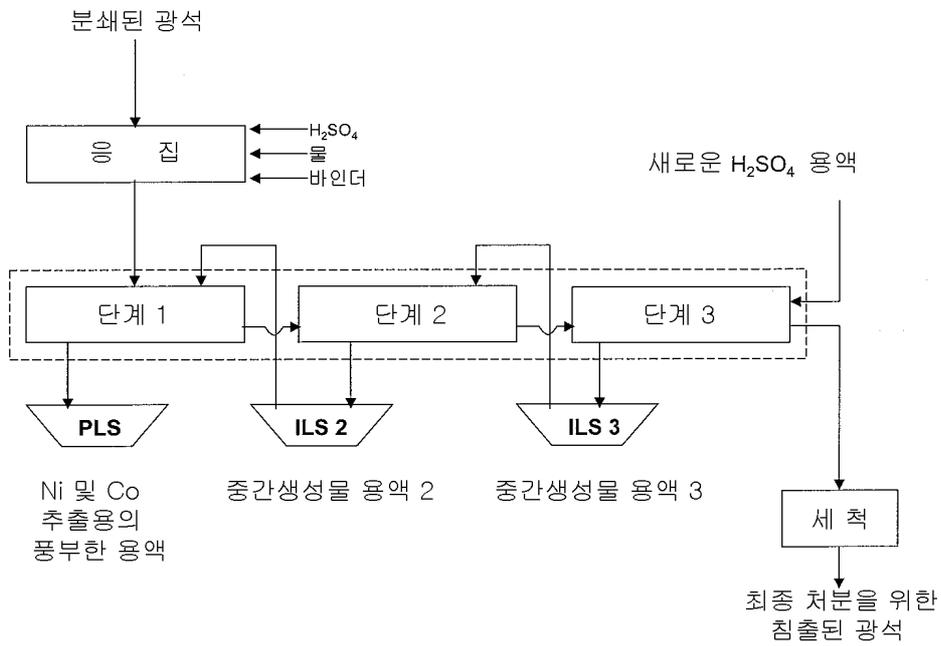
도면1



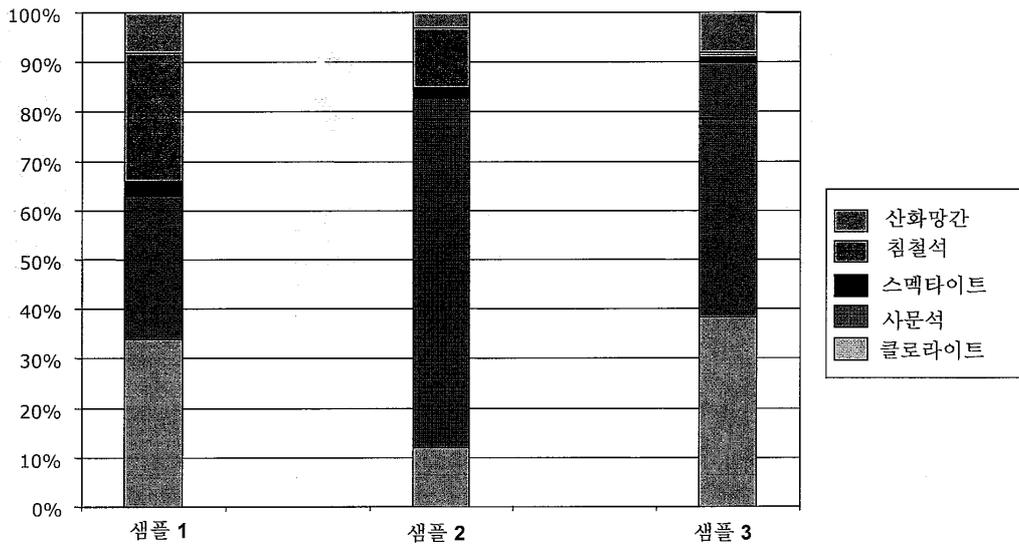
도면2



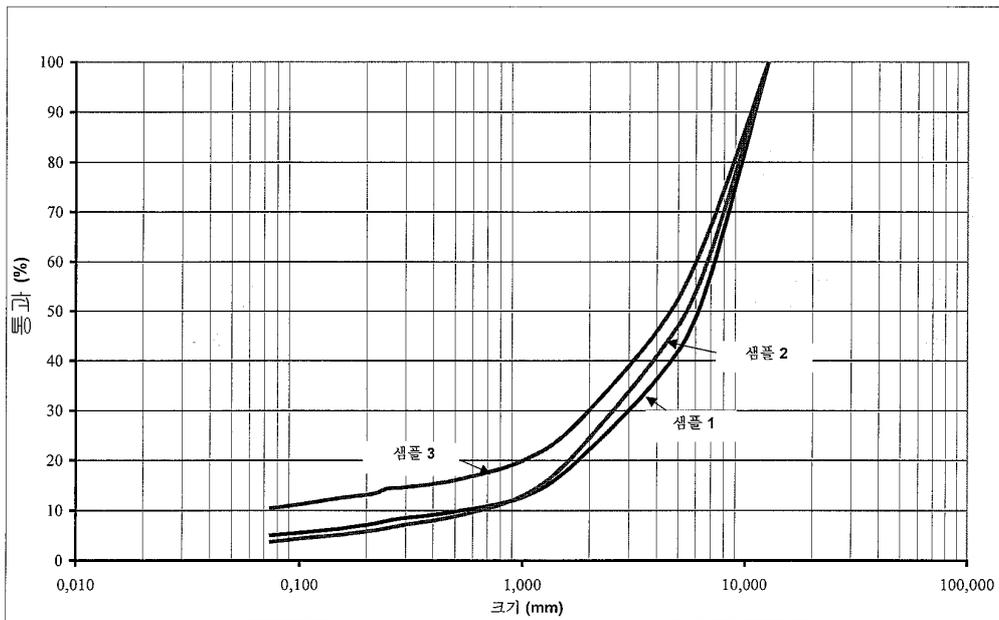
도면3



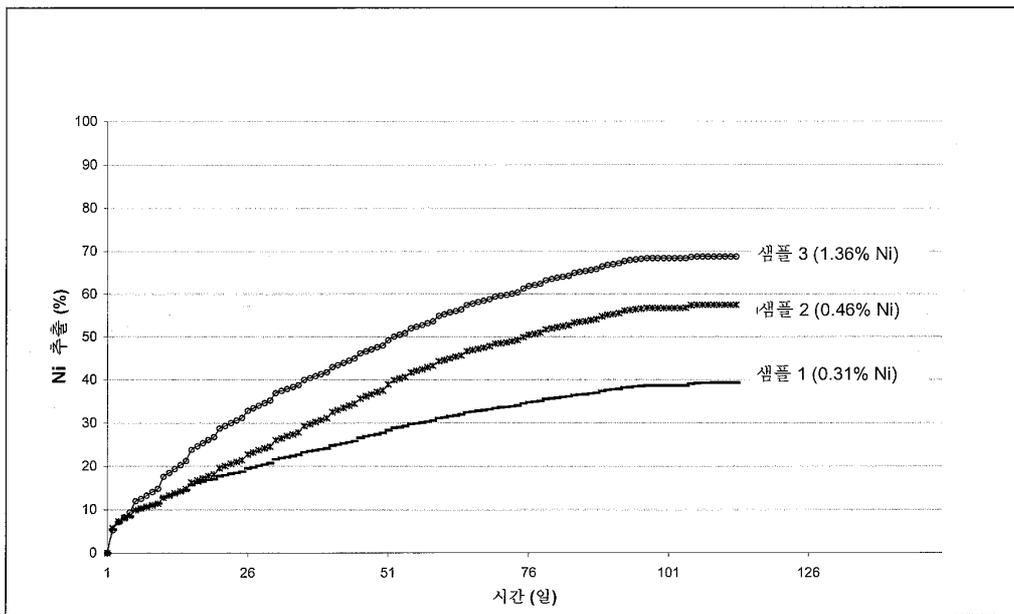
도면4



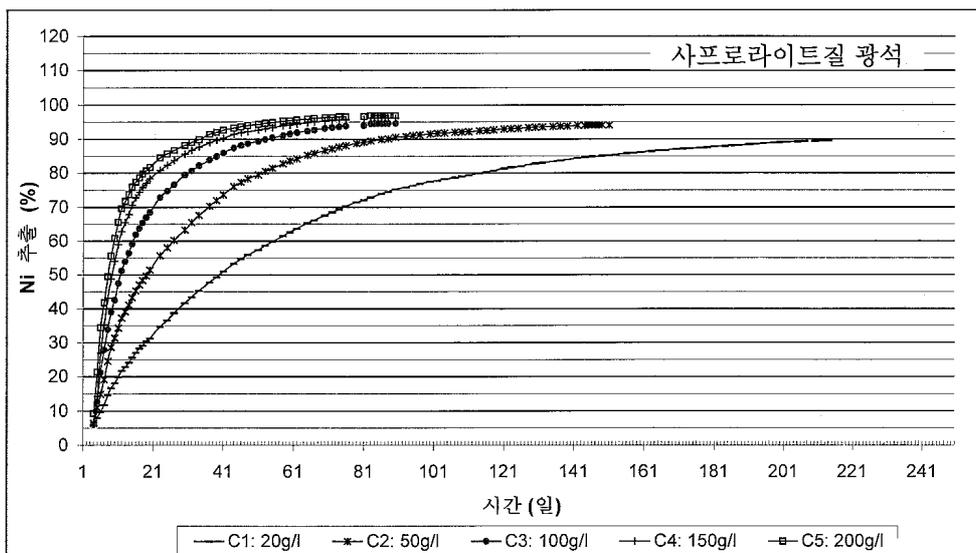
도면5



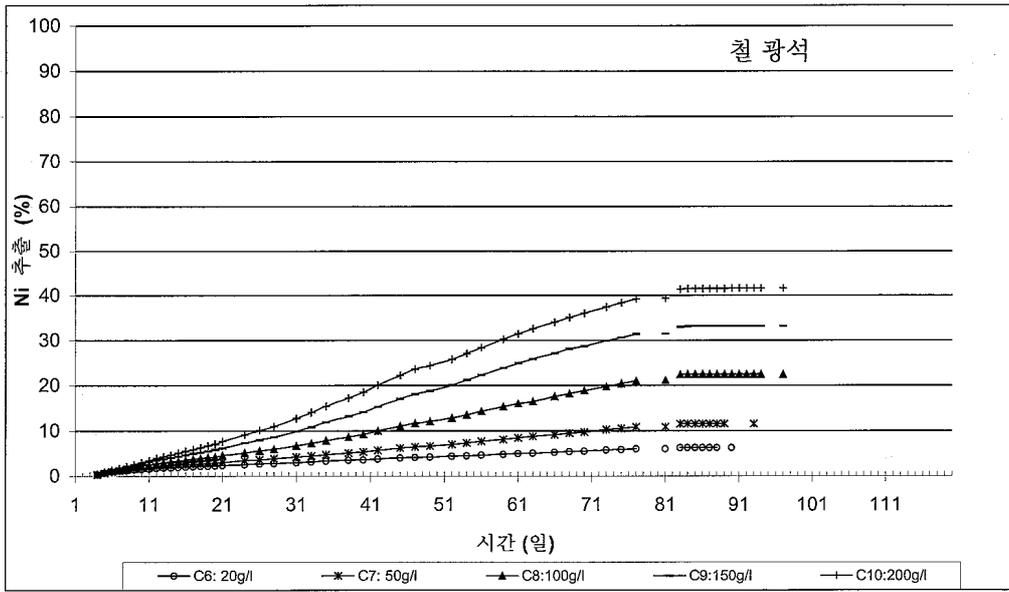
도면6



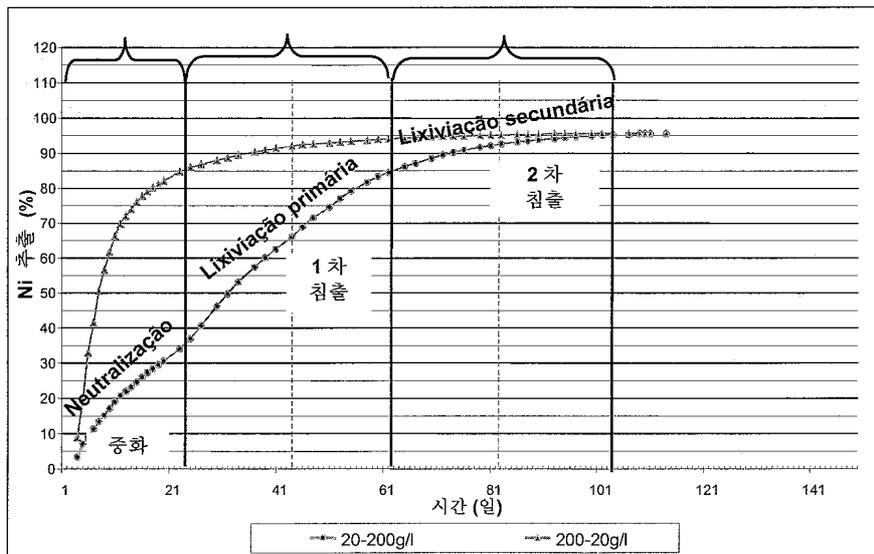
도면7



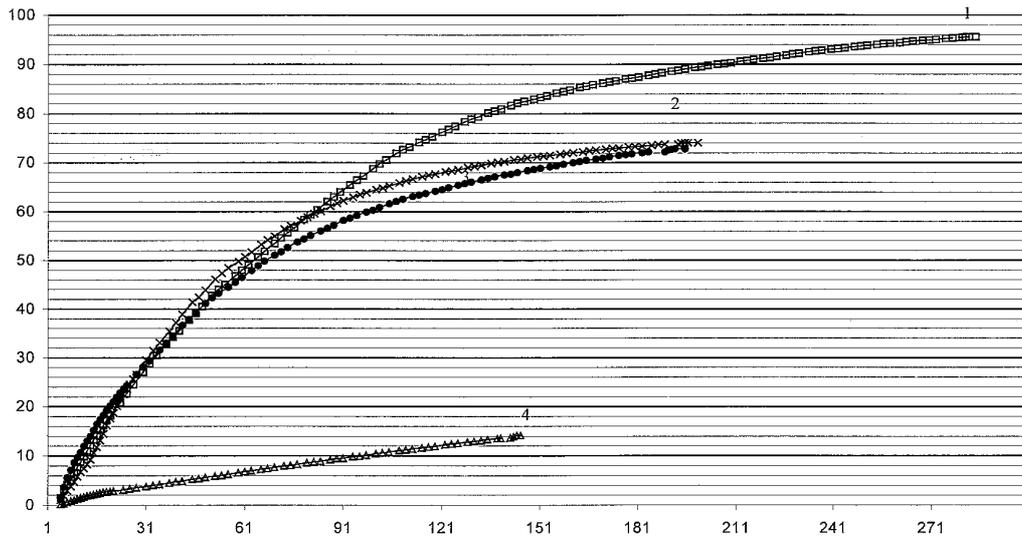
도면8



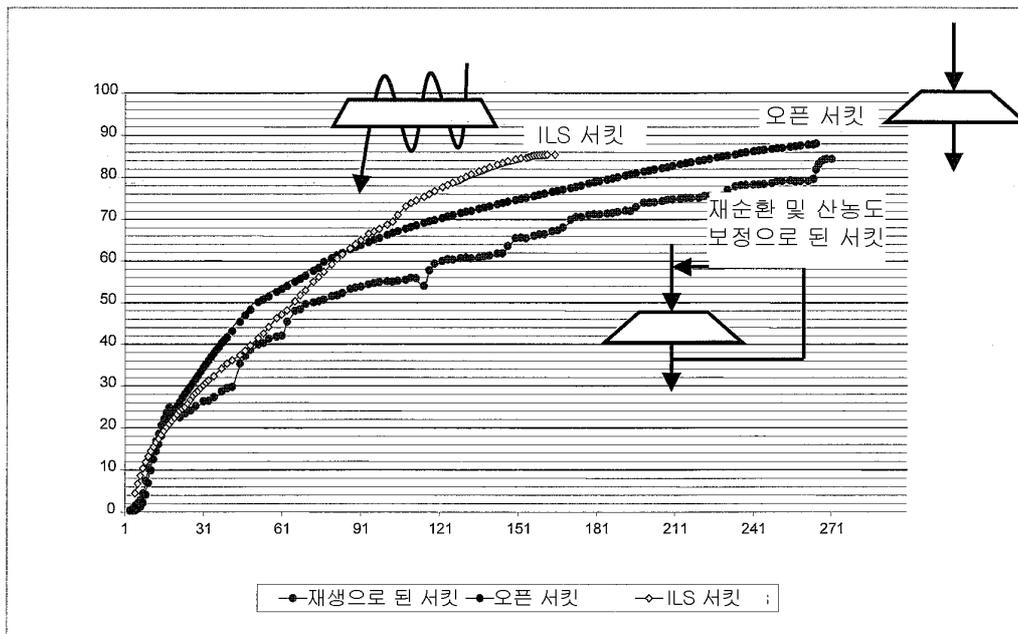
도면9



도면10



도면11



도면12

