

총 설

黃銅鑛 製鍊技術의 特許 動向分析

柳庚權¹⁾ · 李在天^{1)*} · 鄭鎮己¹⁾ · 孫廷秀¹⁾ · 尹虎成¹⁾ · 安鍾寬¹⁾ · 張鍾信²⁾ · 安承天²⁾

Analysis of Patents on Chalcopyrite Metallurgy Technologies

Kyoungkeun Yoo, Jae-chun Lee*, Jinki Jeong, Jeong-soo Sohn, Ho-Sung Yoon,
Jong-Gwan Ahn, Jong Shin Chang, and Sung Chen Ahan

Abstract : The patents were searched to investigate the trend and the direction of technologies about chalcopyrite metallurgy. Database was collected using WIPS site, and supported by USPTO, PAJ, EPO and KIPRIS. Among the database collected using chalcopyrite as keyword, after the patents related with semiconductor were deleted, 127 patents were selected investigating abstracts. The patents from 1974 to 2004 were analyzed according to countries, international patent classification (IPC), companies, and technologies. Unite states has the most patents among countries investigated and the most companies to apply the patents about chalcopyrite metallurgy. Patents about bacterial leaching is the most among patents of leaching technologies.

Key words : Chalcopyrite, Patent, Metallurgical technology, Leaching technology

요 약 : 황동광 제련에 대한 관련 기술의 추이 및 동향을 조사하기 위하여 특허 출원 검색을 실시하였다. 특허 검색 데이터베이스는 국내 WIPS사의 특허검색 사이트를 이용하였으며, 미국의 USPTO, 일본의 PAJ, 유럽의 EPO 그리고 한국의 KIPRIS를 참고하여 보완하였다. 검색 키워드는 황동광과 chalcopyrite로 하였으며, 반도체 (semiconductor)와 관련된 특허를 제외한 후, 특허 요약문을 분석하여 127건을 선정하였다. 특허 분석은 1974년부터 2004년까지의 특허를 주요 국가별, IPC 분류별, 주요 출원인(회사)별 그리고 관련 기술별로 분류하여 분석하였다. 특허출원국 및 출원인 국적 분석에서 미국이 가장 많은 특허출원 건수를 나타내고 있으며, 침출기술 중에서는 미생물 침출기술이 가장 많았다.

주요어 : 황동광, 특허, 제련기술, 침출기술

서 론

구리는 합금 처리와 가공이 용이하며 전기전도성과 열전도성이 우수한 중요 소재금속으로서 최근 수요 급증으로 인하여 가격이 약 7,000\$/톤(전기동 기준) 까지 상승하였다(한국 자원정보서비스 <http://www.kores.net>). 중국 및 개발도상국의 경제발전으로 구리 수요는 계속 증가할 것으로 예측되며, 구리자원의 안정적인 확보를 위하여 황화동광류(Copper sulfides) 중 가장 풍부한 황동광(Chalcopyrite, CuFeS₂) 제련기술의 개발 및 확보가 요구된다.

현재까지 황동광은 건식제련법에 의해 처리되어왔으나(Peacey *et al.*, 2004; Wang, 2005) SO₂의 배출 및 저품위 동광의 처리곤란 등의 문제점이 있어, 세계 구리관련 기업들은 대안으로 황동광의 습식제련법을 연구해왔다. 이 중 몇 가지 습식제련기술은 파일로트 플랜트 규모의 시설에서 테스트 중에 있다(Wang, 2005; Zeitler, 2003). 이에 비하여 국내의 황동광 습식제련 기술개발에 관한 연구는 미미한 실정이기 때문에, 기술개발을 위한 해외 기술개발 동향의 파악이 시급한 실정이다.

특허 분석은 관련 분야 회사 및 연구자들의 원천기술 관련 정보를 획득할 수 있는 유력한 수단이다. 출원된 특허 분석을 통하여 기술개발의 흐름 파악, 향후 연구방향에 대한 예측, 중복 연구 방지, 타사 연구개발 조직의 운영정보 분석 그리고 주요한 개발자 및 개발회사 파악이 가능하기 때문에, 특허맵 작성이 기술동향파악을 위하여 필수적으로 요구되고 있다(강태원 외, 2005a, b).

본 연구에서는 황동광 제련기술과 관련된 주제에 대

2006년 12월 27일 접수, 2007년 2월 8일 채택

1) 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부

2) LS-Nikko 동제련 (주) 생산기술실

*Corresponding Author(이재천)

E-mail; jcleee@kigam.re.kr

Address; Minerals & Materials Processing Division,
KIGAM, 30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon
305-350, Korea

하여 특허정보를 분석하여 기술 변화 및 추이를 파악하였다. 국내 황동광 관련 특허는 부유선별기술 1건이기 때문에 (오재현과 류택수, 1995) 조사 DB는 미국, 유럽, 일본, 중국을 대상으로 국내 WIPS사의 특허검색사이트 (<http://www2.wips.co.kr>)를 이용하여 황동광 관련 특허 자료를 확보하였으며, 미국(USPTO), 유럽(EPO), 일본(PAJ)의 특허사이트를 통하여 자료를 보완하였다. 황동광 또는 chalcopyrite로 검색된 300여건의 자료 중 반도체(semiconductor)와 관련된 특허를 제외한 130여건의 자료를 대상으로 제목 및 요약문을 검토하여 최종적으로 127건의 특허를 선정하고 기술 분류를 수행하였으며, 특허정보를 근거로 연도별, 주요 국가별, 주요 회사별 그리고 IPC 별 등으로 분류하여 분석하였다.

특허출원동향 분석

출원년도별 특허출원건수 및 누적특허건수

황동광 제련에 관련된 특허는 1974년 ‘Hydrometallurgical process for extracting copper from chalcopyrite and bornite concentrates’(US3949051)라는 제목으로 미국에서 처음 출원되었고, Fig. 1에서 알 수 있듯이 특허 출원이 부진한 시기도 있었으나 1990년 이후로 관련 특허출원이 증가하고 있다. 2001년과 2002년에 특허출원건수가 가장 많고 이후 감소하는 것은 아직 심사 중에 있는 특허가 공개되지 않았기 때문이다. 이와 같이 황동광 제련과 관련된 기술은 1970년대 이후로 꾸준히 개발되어왔으며 최근 관련연구개발이 더욱 활성화되었다는 것을 알 수 있다.

주요 출원국가별 특허출원건수 및 연도별 출원동향 분석

황동광 제련 관련 특허건수를 출원국가별로 Fig. 2에 나타내었다. 미국이 104건으로 가장 많은 특허가 출원되었으며 일본이 10건, 유럽이 7건 그리고 중국이 6건으로 미국에 황동광 제련 특허출원이 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 미국이 남미의 국가들과 함께 풍부한 황동

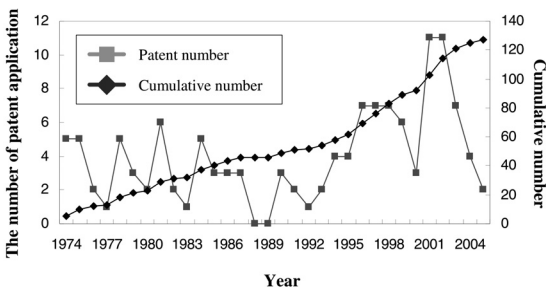


Fig. 1. The number of patent application from 1974 to 2004.

광 자원을 보유하고 있기 때문이라고 생각된다.

Fig. 3은 1974년부터 2005년까지 최근 30여 년간 황동광 제련 관련 특허의 출원동향을 주요 출원국가별로 나타낸 그림이다. 미국은 1990년을 전후로 특허출원이 저조하였으나 대체로 꾸준히 특허출원수를 유지하고 있다. 특히 1995년 이후 관련 특허 건수가 증가하고 있어 관련 기술개발이 활발히 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 유럽은 1980년대까지 특허출원이 꾸준히 있었으나 1990년 이후로 특허출원이 없어 황동광 제련에 관한 기술개발이 정체되어 있는 것을 알 수 있다. 이에 비하여 일본은 1997년에 황동광 제련과 관련된 특허가 처음으로 출원되었으며 2000년 이후로 활발한 기술개발이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 중국은 1990년 이후로 관련 특허가 출원되어왔으며 이는 동 제련기업들이 중국 시장에 주목하여 특허를 출원한 결과라고 생각된다.

국제특허분류(IPC)별 특허출원건수 및 연도별 출원동향 분석

국제특허분류(IPC)별 특허출원건수

황동광 제련기술 관련특허를 국제특허분류(IPC, International Patent Classification)에 따라서 분류하였고, 본 연구와 관련되는 국제특허분류코드를 Table 1과 Table

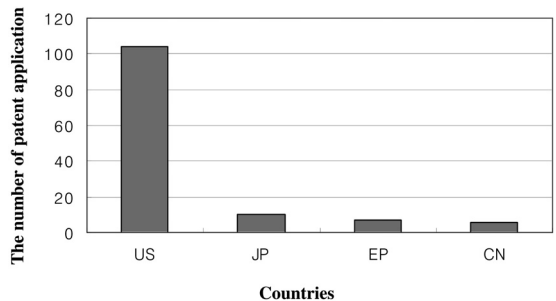


Fig. 2. The number of patent according to major countries. (US, USA; JP, Japan; EP, Europe; CN, China)

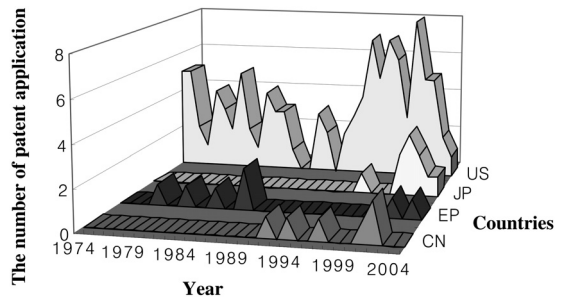


Fig. 3. The trends of patent application according to major countries. (US, USA; JP, Japan; EP, Europe; CN, China)

Table 1. The key words and international patent classification (section, class, subclass) used in this study

Kew word		Chalcopyrite, 황동광		
IPC 분류	Section	C	화학; 야금	
		B	처리조작; 운수	
		E	고정구조물	
	Class	C22	합금의 처리 또는 비철금속의 처리; 철 또는 비철합금; 야금 또는 철야금	
		C01	무기화학	
		B03	액체, 풍력테이블 또는 지그에 의한 고체물질의 분리; 자기 또는 정전기에 의한 유체 또는 고체물질로 부터 고체물질의 분리; 고압전계에 의한 분리	
		C25	전기분해 또는 전기영동방법; 그것을 위한 장치	
		C12	생화학; 맥주; 주정; 포도주; 식초; 미생물학; 효소학; 돌연변이 또는 유전자공학	
		B01	물리적 방법, 화학적 방법 또는 장치일반(노(爐), 킬른(kilns), 가마, 레토르트, 일반 F27)	
		B02	파쇄, 분쇄 또는 미분쇄; 제분을 위한 곡립의 전처리	
	Subclass	C22B	금속의 제조 또는 정제 원료의 예비처리	
		C01G	서브클래스 C01D 또는 C01F 에 포함되지 않는 금속을 함유하는 화합물	
		B03D	부유선별, 차별침강	
		C25C	금속의 전해제조, 회수 또는 정련방법; 그것을 위한 장치	
		C12P	발효 또는 효소를 사용하여 원하는 화학물질 또는 조성물을 합성하는 방법 또는 혼합물로부터 광학이성체를 분리하는 방법	
		B01D	분리	
		B03B	액체, 풍력테이블 또는 지그에 의한 고체물질의 분리	
B02C		파쇄, 분쇄 또는 미분쇄일반		

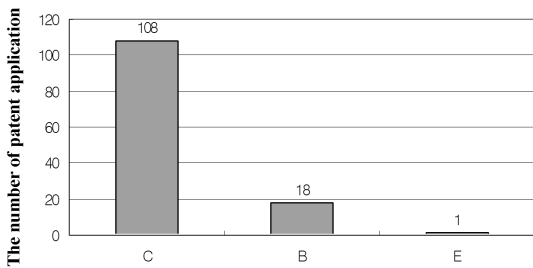
Table 2. The key words and international patent classification (maingroup, subgroup) used in this study

Kew word		Chalcopyrite, 황동광		
IPC 분류	Main group	C22B-015	구리의 채취	
		C22B-003	습식법에 의한 광석 또는 농축물로부터 금속화합물의 추출	
		B03D-001	부유선별	
		C01G-003	구리 화합물	
		C25C-001	용액의 전기분해에 의한 금속의 전해제조, 회수 또는 정련	
		C12P-003	이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 원소의 제조	
		B01D-011	용제추출	
		B03B-001	피처리물질의 물리적성질을 변화시켜 분리를 용이하게 하기 위한 조정	
		B02C-023	파쇄 또는 분쇄에 특별히 적합한 보조적 방법 또는 장치이며, 그룹 1/00에서 21/00으로 분류되지 않으며, 또는 단일의 선행 그룹에 포함 되는 장치에 특별한 것이 아닌 것	
	B01D-053	가스 또는 증기의 분리 기체로 부터 휘발성 용제증기의 회수 배연 또는 배가스의 화학적 또는 생물학적 정화		
	Sub group	C22B-015/00	구리의 채취	
		C22B-003/18	미생물 또는 효소의 도움에 의한 것, 예. 박테리아 또는 조류	
		C25C-001/12	구리	
		B03D-001/02	무기화합물	
		C22B-003/08	황산	
		C12P-003/00	이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 원소의 제조	
		B03D-001/00	부유선별	
		B01D-011/00	용제추출	
		B03D-001/06	탄화수소	
B01D-011/04		액체용액의 용제추출		

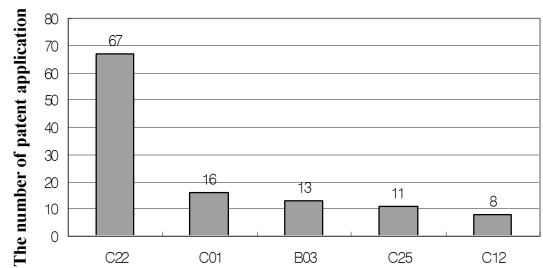
2에 정리하였다.

Fig. 4(a)에 관련 특허를 IPC section에 따라 분류하여 나타내었다. 특허의 대다수인 108건이 화학 및 야금 분야 (section C)에 포함되어있으며 처리조작 및 운수 분야 (section B)에는 section C에 비하여 현저히 적은 18건만이 포함되어있다. 이는 제련기술이라는 특징이 반영된 결과라고 생각된다. Fig. 4(b)는 IPC class에 따라 분류한 후 상위 5개를 나타낸 결과이다. 대부분의 관련 특허가 Section C에 속해 있기 때문에 이 분류에서도 4개의 class가 section C이다. 가장 많은 67건의 특허가 class C22에 속해있으며 C22는 ‘합금의 처리 또는 비철금속의 처리’로 분류되어있다. 16건의 class C01은 ‘무기화학’, 11건의

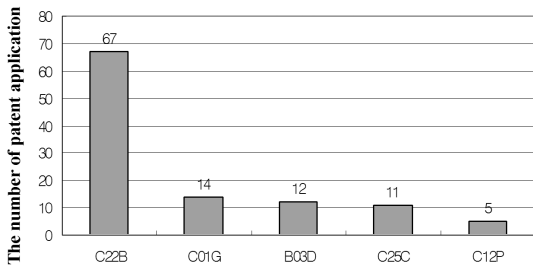
class C25는 ‘전기분해 또는 전기영동방법’이며 8건의 C12는 생화학에 분류되어있다. class B03은 ‘액체, 풍력 레이블 또는 지그에 의한 고체물질의 분리’로서 물리적 전처리 기술분야에 분류되어 있으며 13건이 포함되어 있다. Fig. 4(c)는 IPC subclass에 따라 분류한 후 상위 5개를 나타낸 결과이다. Fig. 4(b)와 (c)에서 알 수 있듯이 순위는 동일하다. 가장 많은 IPC subclass는 67건의 C22B로서 ‘금속의 제조 또는 정제 및 원료의 예비처리’ 분야이고, Class C22는 모두 Subclass C22B로 구성되어있는 것을 알 수 있다. Class B03의 13건 중 12건의 subclass가 B03D로서 ‘부유선별 및 차별침강’에 분류되어있는 것을 알 수 있다. 이는 황동광의 물리적 전처리 중 부유선별 등



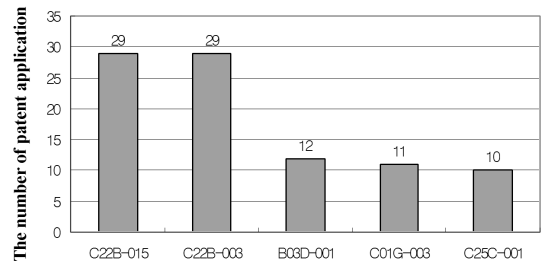
(a) IPC Section



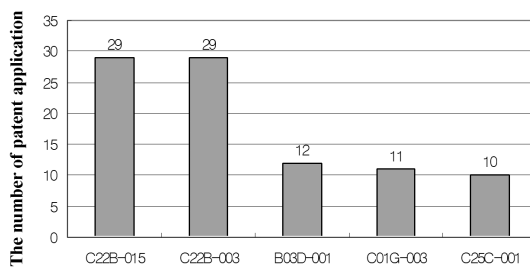
(b) IPC Class



(c) IPC subclass



(d) IPC main group



(e) IPC subgroup

Fig. 4. The number of patent application according to international patent classification.

의 분리기술이 많은 부분을 차지하기 때문이라고 생각된다. 관련특허를 IPC maingroup과 subgroup로 분류하여 Fig. 4(d)와 (e)에 나타내었고, 각 maingroup과 subgroup의 분류내용은 Table 2에 정리하였다. Maingroup의 C22B-15와 subgroup의 C22B-015/00이 각 분류에서 가장 많은 수를 차지하고 있으며, 분류내용은 구리의 채취로서 황동광 제련기술과 밀접한 내용임을 알 수 있다.

각 분야별 세부기술 출원동향

화학 및 야금 분야(Section C)와 처리조작 및 운송 분야(Section B)의 maingroup과 subgroup별 특허건수를 Fig. 5의 (a)와 (b) 및 Fig. 6의 (a)와 (b)에 나타내었다.

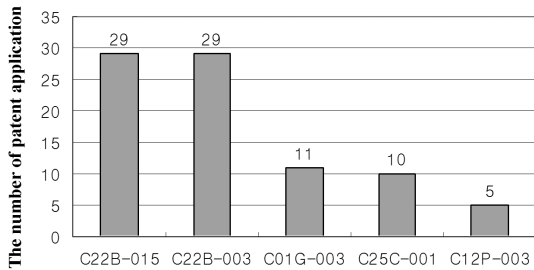
화학 및 야금분야(Section C)의 특허기술이 대부분을 차지하기 때문에 Fig. 5의 결과는 Fig. 4에서의 결과와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 다만 Fig. 5의 (a)에 ‘이산화탄소를 제외한 무기화합물 또는 원소의 제조’ 항목이 5건 추가되어있는 것을 알 수 있다.

처리조작 및 운송 분야(Section B)의 maingroup과 subgroup을 Fig. 6(a)와 (b)에 나타내었다. Fig. 6(a)의 B03D-001은 Fig. 4에서 설명한 바와 같이 ‘부유선별’에 관한 내용이며, 3건의 B01D-011은 ‘용제추출’로서 구리

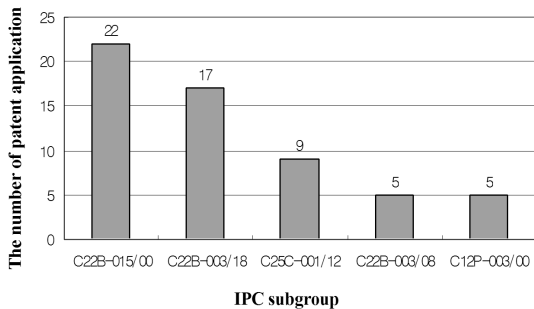
를 침출하는 추출제로서의 기술이 포함된 것으로 판단된다. Fig. 6(b)는 ‘부유선별’ 기술을 세분화하여 나타내고 있는데, 6건의 B03D-001/02 subgroup은 ‘무기화합물’로 분류되어 있으며, 3건의 B03D-001/00은 역시 부유선별로 분류되어있는 것을 알 수 있다. 이는 처리대상인 황동광을 무기화합물로 분류한 결과라고 판단된다.

주요 세부기술의 연도별 특허출원동향 분석

Fig. 7은 1974년부터 2004년까지 주요 IPC maingroup

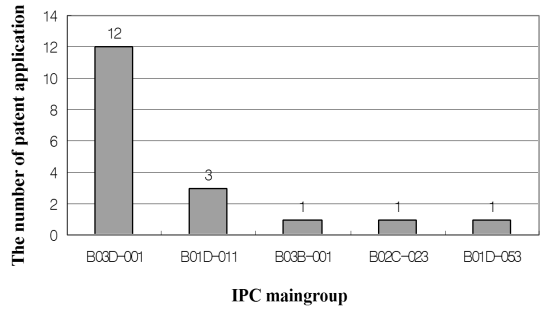


(a) IPC maingroup in section C

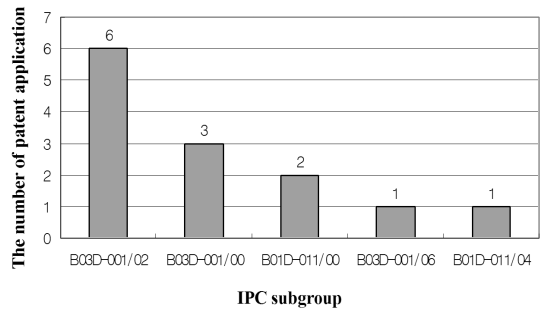


(b) IPC subgroup in section C

Fig. 5. The number of patent application according to maingroup and subgroup in section C.



(a) IPC maingroup in section B



(b) IPC subgroup in section B

Fig. 6. The number of patent application according to maingroup and subgroup in section B.

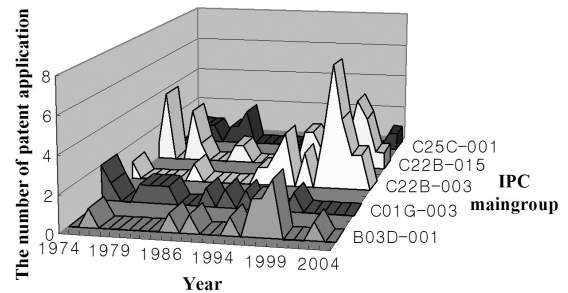


Fig. 7. The trends of patent application according to IPC maingroup.

별로 특허출원동향을 표시한 그림이다. 대상 maingroup은 C25C-001, C22B-015, C22B-003, C01G-003, B03D-001으로 하여 분석하였다. C25C-001(용액의 전기분해에 의한 금속의 전해제조, 회수 또는 정련), C01G-003(구리 화합물), B03D-001(부유선별) 분야는 적은 수지만, 해마다 고른 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. '구리의 채취' 분야인 C22B-015는 1970년대에도 특허로 출원되어 타분야와 비교되고 있음을 알 수 있다. C22B-003의 '습식법에 의한 광석 또는 농축물로부터의 금속화합물의 추출' 분야는 최근에 높은 특허출원건수를 나타내고 있는데, 최근 경향은 정광과 같은 농축물로부터 습식 제련법에 의한 구리제련을 시도하고 있음을 예상할 수 있다.

주요 출원인 국적별 특허출원건수분석

출원인 국적별 특허출원건수는 각 국가별 기술력을 보다 정확하게 비교할 수 있기 때문에 특허분석에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 다만 이 글에서는 출원인이나 출원인의 국적이 불분명한 특허가 일부 존재하여 분석자료에서 제외하였다. Fig. 8은 출원인 국적 별로 특허출원 건수를 나타낸 그림이다. 미국(US)이 54건으로 가장 많은 특허출원건수를 나타내고 있으며, 캐나다(CA)가 17건, 일본(JP)이 10건, 호주(AU)가 8건 그리고 영국(GB)이 6건으로 나타났다. Fig. 8에서와 같이 미국, 캐나다, 호주 등 자원보유국이 기술개발에 집중하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 최대 동 자원 보유국인 칠레는 출원 실적이 미미하여 기술개발이 부진한 것을 알 수 있다. 일본은 주요 동자원 수입국이며 현재는 건식제련법에 의하여 동을 생산하고 있으나, 습식제련기술 개발에 주력하고 있음을 알 수 있다.

출원인별 출원동향분석

출원인별 특허출원건수를 분석할 경우 해당 기술개발

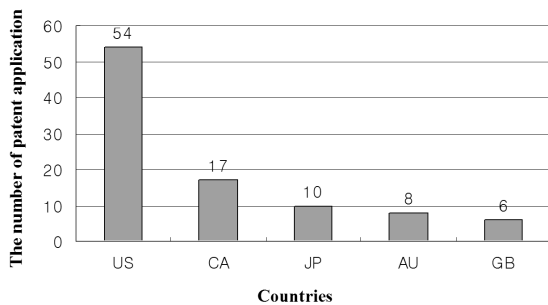


Fig. 8. The number of patent application according to nationalities of submitters.

에 주력하고 있는 회사를 파악할 수 있기 때문에 기술 동향 파악에 큰 도움이 된다. Fig. 9에 출원인별 특허출원건수를 나타내었다. 가장 많은 특허를 출원한 회사는 Geobiotics Inc.이며 14건의 특허를 출원하였다. 다음으로 Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.와 Phelps Dodge Co.가 7건을 출원하였으며, Cyprus Metallurgical Processes Co., Newmont Mining Co., Duval Co., Cominco Ltd.의 순으로 특허를 출원하였다. Geobiotics Inc.와 Phelps Dodge Co.는 미국회사이며 Sumitomo Metal Mining Co. Ltd는 일본회사로서 미국과 일본회사가 기술개발에 주력하고 있음을 본 분석결과로부터 알 수 있다.

제련기술별 출원동향분석

황동광 침출기술은 주로 황산 또는 염산용액에서 이루어지고 있다. 또한 미생물 또는 고온고압 조건을 이용하는 기술이 주요 침출기술로서 연구되어왔다. 본 고에서는 습식제련기술을 염산용액 침출(chloride leaching), 황산용액 침출(sulfate leaching), 미생물 침출(bacterial leaching), 고온고압 침출(high pressure & temperature)로 분류하여 분석하였고, 건식기술(pyrometallurgy)과 물리적 선별(physical separation)도 추가하여 분석하였다.

Fig. 10에 제련기술별 출원동향분석결과를 나타내었

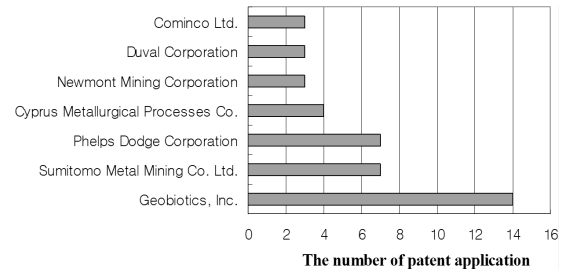


Fig. 9. The number of patent application according to major companies.

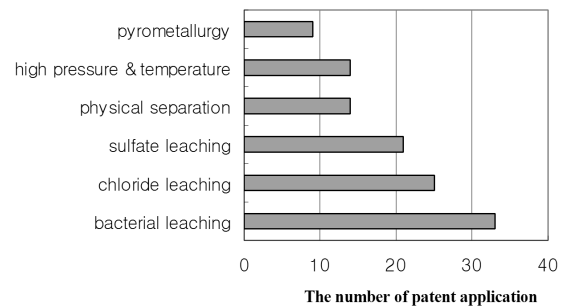


Fig. 10. The number of patent application according to technologies.

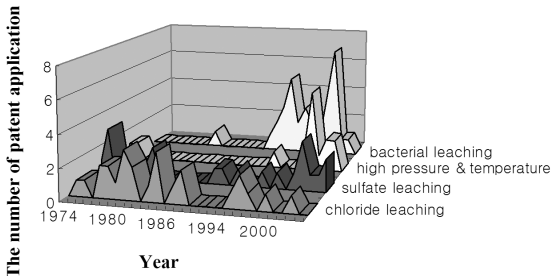


Fig. 11. The yearly trends of patent application according to leaching technologies for chalcopyrite.

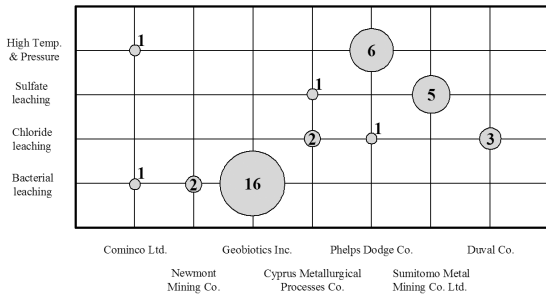


Fig. 12. The relation between leaching technologies and companies.

다. 미생물 침출기술이 33건으로 가장 많았으며, 염산용액 침출기술과 황산용액 침출기술이 각각 25건과 21건으로 미생물 침출기술 다음으로 많았다. 각 침출기술의 연도별 특허출원건수를 Fig. 11에 나타내었다. 염산용액 침출기술과 황산용액 침출기술에 대한 특허출원이 1974년부터 2004년까지 비교적 고르게 분포하고 있으며, 미생물 침출기술과 고온고압 침출기술은 1990년대에 특허출원이 증가하고 있다. 이 분석결과는 미생물 침출기술과 고온고압 침출기술이 비교적 새로운 기술로서 황동광 습식제련분야에서 연구되고 있음을 나타내고 있다.

황동광 습식제련기술과 출원인의 상관관계 분석

Fig. 12에 황동광 습식제련기술과 출원회사와의 관계를 나타내었으며, 원내의 숫자는 출원건수를 표시한다. 이와 같은 상관관계분석은 각 회사가 어떤 기술개발에 주력하는지 용이하게 알 수 있도록 한다.

Geobiotics Inc.는 미생물을 이용한 침출기술 연구에 주력하고 있으며, Phelps Dodge Co.는 고온고압 침출기술 그리고 Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.는 황산용액 침출기술에 대한 연구에 주력하고 있다고 평가된다.

이 분석결과로부터 알 수 있듯이 각 회사는 다양한 침출기술을 연구하기보다 하나의 침출기술에 연구능력을 집중하고 있음을 알 수 있다.

결론

1974년부터 2004년까지의 황동광 제련기술에 대한 특허출원 검색을 진행하여 관련 기술의 추이 및 동향을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 황동광 제련기술에 대한 특허출원은 1990년 이후 크게 증가하였으며, 최근 그 수가 급증하고 있어 관련 연구개발이 활발한 것을 알 수 있었다.
2. 출원국가별 분석결과 미국이 104건으로 가장 많아 관련기술을 주도하고 있음을 알 수 있었다.
3. 염산용액 침출기술과 황산용액 침출기술에 비하여 미생물 침출기술과 고온고압 침출기술이 최근에 특허출원건수가 증가하고 있어 관련기술개발이 활발한 것을 알 수 있었다.
4. 회사 및 기술별 특허출원 분석결과 각 회사는 다양한 기술을 개발하기보다 주요 기술을 집중적으로 개발하고 있는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원에서 지원한 기관고유사업 “귀금속자원 고부가가치화 복합기술 개발”과 LS Nikko동제련(주)에서 지원한 “황동광 습식제련기술 개발 조사연구”에서 얻어진 연구결과의 일부입니다. 연구비를 지원해 주신 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

강태원, 정진기, 이재천, 손정수, 강경석, 2005a, “폐전지 재활용 관련 기술의 특허 동향분석,” *자원리사이클링*, Vol. 14, No. 6, pp. 44-59.

강태원, 정진기, 이재천, 강경석, 2005b, “폴리스티렌 수지 재활용 기술의 특허 동향분석,” *자원리사이클링*, Vol. 14, No. 5, pp. 3-12.

오재현, 류택수, 1995, 특허출원 1995-0000153.

Peacey, J., Guo, X, J, and Orbles, E., 2004, “Copper hydrometallurgy - current status, preliminary economics, future direction and positioning versus smelting,” *Transactions of nonferrous metals society of China*, Vol. 14, No. 3, pp. 560-568.

Wang, S., 2005, “Copper leaching from chalcopyrite concentrates,” *JOM*, Vol. 57, No. 7, pp. 48-51.

Zeitler, K. M., 2003, "Hydrometallurgical processes for copper concentrates," *16th International Copper Conference*, Portugal, Feb 17-19, pp. 1-27.
<http://www2.wips.co.kr/>

<http://www.uspto.gov>
<http://www.epo.org>
<http://www.jpo.go.jp>
<http://www.kipris.or.kr>

유 경 근

현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 금속회수연구실
선임연구원
(本 學會誌 第43卷 第2号 參照)

정 진 기

현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 금속회수연구실
책임연구원
(本 學會誌 第43卷 第2号 參照)

윤 호 성

현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 금속회수연구실
책임연구원
(本 學會誌 第44卷 第1号 參照)



장 종 신

1998년 한양대학교 금속공학과
공학석사

현재 LS-Nikko 동제련(주) R&D팀 과장
(E-mail; jschang@lsnikko.com)

이 재 천

현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 금속회수연구실
책임연구원
(本 學會誌 第43卷 第2号 參照)



손 정 수

1985년 2월 서울대학교 공과대학
자원공학과 공학사
1987년 2월 서울대학교 대학원
자원공학(자원처리) 공학석사
1992년 8월 서울대학교 대학원
자원공학(습식제련) 공학박사

현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부 금속회수연구실장
(E-mail; jss@kigam.re.kr)

안 종 관

현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부
(本 學會誌 第42卷 第5号 參照)



안 승 천

2007년 부산대학교 금속공학과
공학박사

현재 LS-Nikko 동제련(주) R&D팀 부장
(E-mail; scahan@lsnikko.com)