

이차전지용 전해 동박 기술 특허 동향 분석 - 주요 출원인의 첨가제 기술을 중심으로

정해영¹, 박진명¹, 박찬정^{2*}
¹경기대학교 화학공학과, ²경기대학교 교양학부

Analysis of patent trends of electrolytic copper foil technology for secondary batteries - Focusing on additive technology of major applicants

Hae Yeong Jeong¹, Jin Myeong Park¹, Chan-Jeong Park^{2*}
¹Division of Chemical Engineering, Kyonggi University
²College of Liberal Arts, Kyonggi University

요약 본 논문에서는 이차전지용 전해 동박 기술에 대한 특허를 조사하고 분석하여 해당 기술의 발전 동향을 파악하였다. 국가, 연도, 출원인, 공정 등을 기준으로 한 정량적인 분석을 통해 기술의 발전 동향을 확인하였으며, 특히 이차전지용 동박뿐만 아니라 다른 분야의 동박 중에서도 이차전지에 활용할 수 있는 동박 기술까지 조사했다. 2023년 7월까지 출원된 전해 동박 기술에 대한 국내외(한국, 미국, 일본, 중국, 유럽, PCT, 대만) 특허를 검색하였고, 기술 분류를 통해 특허 동향을 분석했다. 국가별 특허 출원 현황에서 중국과 일본이 가장 많은 특허를 출원하였고, 특히 2010년 이후 이차전지용 전해 동박 기술의 특허가 급증했다. 출원인별 출원 건수에서는 상위 6개의 회사가 특허에 집중하고 있는 모습을 보였다. 사전 조사 및 공정별 특허 출원 현황을 분석한 결과, 용해 공정의 첨가제 기술이 중요하다는 결론이 도출되었고, 이에 대한 주요 기업들의 핵심 특허를 분석했다. 결과적으로, 기업별로 특정한 첨가제에 주력하고 있으며, 일반적으로 하나 이상의 첨가제를 사용하는 것으로 나타났다. 또한 실험 결과에서는 첨가제들의 비율을 조절하여 최적의 물성을 얻을 수 있다는 사실이 확인되었다. 이에 따라 최적의 첨가제 및 질량비를 특허의 실시 예에서 확인할 수 있었다. 그뿐만 아니라, 각 기업에서는 첨가한 첨가제들을 역할별로 A, B, C 등으로 분류하여 조직화하고 있었다.

Abstract This study examined various patents on electrolytic copper foil technology for secondary batteries. The development trend of the technology was confirmed through quantitative analysis based on country, year, applicant, and process. In particular, the copper foils for secondary batteries and other fields used for secondary batteries were investigated. Domestic and foreign patents (Korea, United States, Japan, China, Europe, PCT, and Taiwan) for the electrolytic copper foil technology by July 2023 were searched, and the patent trend was analyzed through technology classification. China and Japan filed the most patents, and the number of patents for electrolytic copper foil technology for secondary batteries has increased rapidly since 2010. As for the number of applications by applicant, most patents were disclosed by the top six companies. An investigation and analysis of the current status of patent applications suggested that additive technology in the dissolution process is essential. Accordingly, the core patents disclosed by major companies regarding this technology were analyzed. As a result, each company focuses on specific additives, and generally, more than one additive is used. In addition, the optimal physical properties could be followed by adjusting the ratio of additives. Accordingly, the optimal additives and mass ratio could be confirmed in the patent. Furthermore, each company organizes the added additives by classifying them into A, B, and C according to their role.

Keywords : Additive Technology, Electrolytic Copper Foil, Negative Electrode Sheet, Patent Technology Trends, Secondary Battery

본 논문은 특허청이 주최한 '캠퍼스 특허 유니버시아드' 특허전략 부문에 제출한 보고서를 재구성하였음

*Corresponding Author : Chan-Jeong Park(College of Liberal Arts, Kyonggi University)

email: hien77@kgu.ac.kr

Received February 19, 2024

Revised March 15, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

1.1 연구배경

유럽연합(EU)은 27개 회원국을 대상으로 내연기관 차량 판매를 금지하는 계획을 확정했다. 법안에 따르면 각 차량 제조사는 2030년까지 신차 탄소 배출량을 2021년 대비 55%, 2035년까지 100% 감축해야 한다. EU가 이러한 결의를 강력히 표명하고 있어서 개별 회원국과 유럽 내 주요 완성차 기업들이 전동화 로드맵을 더욱 빨리 실행할 것으로 예상된다[1,2]. 미국 역시 비슷한 상황으로, 캘리포니아주는 2035년까지 내연기관 신차 판매를 금지하기로 결정했다. 이러한 결정은 캘리포니아의 배출 규정을 벤치마크로 삼는 15개 이상의 주에도 영향을 미칠 것으로 예상된다[3]. 국내 탄소 중립 2050 시나리오의 수송 부문에서는 친환경 차 보급이 기존의 3.4%에서 최대 97%까지 늘어날 것으로 예상하며 탄소중립, 에너지전환 정책 등에 따라 세계 각 국가의 자동차 산업은 내연기관 자동차에서 전기자동차로의 급격한 변화가 이루어지고 있다[4].

이러한 상황에서, 자동차 산업은 자체적인 변화와 발전을 모색해야 한다. 전기차의 부상으로 인해 경쟁력을 유지하려면 더 높은 수준의 기술과 혁신이 필수적이다[5]. 특히, 이차전지의 기술적 향상이 자동차의 안전성, 성능, 그리고 지속 가능성을 향상하는 열쇠일 것이다. 이렇게 전기차의 수준을 높여야 자동차 산업에서 도태되지 않고, 시장에서 경쟁력을 가질 수 있다[6]. 전 세계 전기차용(ESS용 포함) 이차전지 업체의 총 생산능력은 2021년 994GWh에서 2030년 8,247GWh까지 연평균 27% 성장할 것으로 예측된다[7]. 이와 더불어 이차전지의 주요 소재들의 수요도 많이 증가할 것으로 전망된다. 이에 음극에 사용되는 동박 또한 수요가 급증할 것이다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 현재 동박 시장은 공급이 수요를

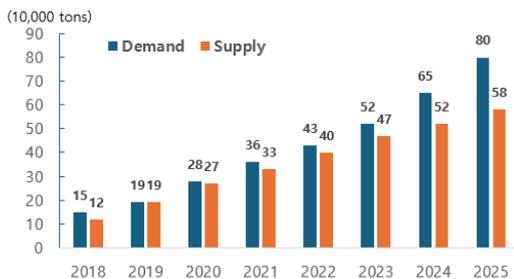


Fig. 1. Demand/supply scale of copper foil for secondary battery(Reconfigured)[8]

따라가지 못하는 상황이다. 이에 현재의 수요에 부응하기 위해 더욱 확대될 것으로 예상된다[8].

1.2 이차전지용 동박 기술의 중요성

이차전지의 주요 부품은 전극재, 집전체, 전해질, 분리막으로 나눌 수 있다. 집전체는 리튬이온 배터리의 전극재를 지지하고, 전극재에 있는 전류를 모아서 운반하는 역할을 한다. 집전체로는 일반적으로 구리를 이용한 동박이 사용되는데 우수한 전기 전도성으로 인해 이차전지에 주로 쓰인다[9]. 그러나 동박에 대한 구조 및 성능에 대한 연구는 아직 부족하다. 동박의 화학적 안정성은 전해액 및 반복 충·방전 환경에서 우수한 성능을 유지할 수 있는지와 직접적인 관련이 있으며, 이는 전지의 안정성에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 이차전지의 안정성을 강화하기 위해서는 재료 설계를 통한 동박의 연구가 필요하다[10].

기존 동박 시장은 다양한 종류가 존재하며, 인쇄회로기판(PCB)은 여러 구성요소를 전기적으로 연결해 주는 기판으로 약 35 μm 로 생산된다[11,12]. 전자파 차폐 동박은 전자파 차단을 목적으로 하는 동박으로, 약 0.5~12 μm 로 생산된다[13]. RFID 태그용 동박은 고유 ID나 센서 데이터를 저장하고 전송하는데 사용되며 약 20~60 μm 로 생산된다[14]. 축전기용 동박은 전기회로에서 전기용량을 저장하는 데 사용되는 동박이다[15].

본 논문에서는 이차전지용 동박에 대해 알아보고자 하였고 그중 가장 성격이 비슷한 PCB와 Table 1에서 비교·분석하였다[16,17].

Table 1. A comparative Analysis of the two types of copper foil[16,17]

	Copper foil for secondary batteries	Printed circuit board
Electrolytic solution	Mostly copper sulfate	Mostly copper sulfate
Laminated material	Cathode active material (carbon, silicon)	Insulator, microcircuit
Thickness	6~10 μm	35 μm
Purpose	Collecting and emitting electrons	Electrical connection between electrical components
Important properties	Tensile strength, elongation, and illumination	Heat resistance, electrical insulation, mechanical strength, and adhesion

이차전지용 동박의 얇고 균일한 형태는 음극 활물질을

효과적으로 도포할 수 있는 중요한 역할을 한다[18]. 활물질이 최대한 많은 리튬 이온을 저장할수록 전지의 용량이 증가하게 된다. 또한, 동박을 얇게 만드는 것은 전지의 부피를 감소시키므로 에너지 밀도를 높일 수 있다[19]. 기업 대다수가 동박의 두께와 물성을 제어하는 제조 과정에 주력하여 이차전지의 효율을 향상하는 데 일조하고 있으며, 자체 개발한 기술을 특허로 보호함으로써 혁신적이고 경쟁력 있는 제품을 개발하고 있다.

국내 기업 중 SK 넥실리스는 B.E.S.T 동박 기술을 중심으로 다양한 제품군을 제공하고 있다. B.E.S.T 동박의 특징은 전지용 표준 동박(B), 높은 연신율(E), 강화된 안정성(S), 그리고 초극박 동박(T)으로 구성되어 있다. 이외에도 생산 공정성을 개선한 W 동박, 65kgf/m²의 초고강도 동박인 U 동박, 그리고 기존 제품과 비교해 30% 이상의 연신율을 자랑하는 초고연신 V 동박을 개발하여 세계 동박 시장에서 1위의 위치를 유지하고 있다[20]. 롯데 에너지 머티리얼즈의 동박 기술은 I2B, I2K, I2S, 그리고 ISS로 구분된다. 이 중에서 가장 범용적으로 사용되는 I2B는 극저조도 특성을 갖추고 있다. I2K와 I2S 제품은 I2B보다 발전된 제품으로, 높은 인장강도 특성을 가지고 있어 강화된 성능을 제공한다. 특히, ISS 제품은 기존에 개발된 제품들보다 획기적으로 높은 인장강도를 갖춘 동박이다[21]. 다음으로 솔루스첨단소재는 세계 선도적인 극박(Thin foil) 제조 기술을 보유하고 있으며, 주요 제품으로는 BF-PLSP, SR-PLSP, HTS-PLSP가 있다. BF-PLSP는 표준 동박이며, SR-PLSP는 고강도와 고연신 특성을 갖추어서 배터리의 안정성을 향상한 제품이다. HTS-PLSP는 충·방전 시 변형을 최소화하고 고강도의 특성을 더한 제품이다[22]. 국외 동박 기업으로는 대만의 장춘(CCP), 일본의 Furukawa와 Nippon Denkai가 있다. 장춘(CCP)은 양면 광택을 표준으로 삼아 다양한 동박 제품을 생산하고 있다. BFR-1 TYPE 및 BFR-H2 TYPE은 고신장 동박 제품이며, BFR-TYPE 및 BFR-AT TYPE은 고장력 동박 제품으로 분류된다[23]. Furukawa는 NC-WS라는 이름의 제품으로 양면 평활박 특징을 가지고 있으며, 다양한 두께로 제품을 제공하고 있다[24]. Nippon Denkai는 YB와 SEED라는 두 종류의 제품을 생산하며, 각각 고연신 유형과 고인장 강도 유형의 특성을 가지고 있다[25].

동박 소재에 대한 새로운 기술의 도입과 혁신적인 생산 과정의 개발은 특허 분석을 통해 촉진되고 있다. 이는 동박 시장에서 핵심적인 역할을 수행하며, 새로운 기술의 도입과 혁신적인 생산 과정의 발전에 기여하고 있다.

이에 음극 집전체용 동박 기술의 특허에 대한 연구가 필요하다.

1.3 연구목적

본 연구에서는 이차전지용 전해 동박 제조에 관한 특허를 조사하고 분석하여 기술 개발 동향을 파악하고자 하였다. 이에 더하여 시장 조사와 논문을 참고하여 해당 기술의 현장에서 어떤 기술이 활용되고 있는지, 각 기업이 제시한 특허와의 상관성을 조사했다. 이를 통해 해당 기술 분야에서 주목받고 있는 공정 및 향후 유망 기술 및 사업 영역을 파악할 수 있다.

대상 국가로 한국, 미국, 일본, 중국, EP, PCT, 대만의 특허를 조사하여 이차전지용 전해 동박 분야에서 주요 기업을 식별했다. 더불어 각 기업이 주로 주목하고 있는 공정에 대한 특허를 살펴봤다. 특히, 기업 간의 비교 분석을 통해 어떤 공정이 주목받고 있는지에 대한 인사이트를 제시했다.

사전 조사와 정량분석 결과 용해 공정의 첨가제 기술이 중요하다고 판단되어 주요 기업 핵심 특허의 첨가제를 분석하고, 각 기업 주력 특허의 첨가제를 비교했다.

- 연도 및 국가별 특허 출원 현황
- 출원인 및 공정별 특허 출원 현황
- 주요 기업 핵심 특허 첨가제 분석
- 각 기업 특허 첨가제 비교

2. 연구방법

2.1 유효특허 추출 및 분류

동박 생산 방식은 압연과 전해 두 가지로 구분되며, 이차전지용 동박은 주로 전해 동박을 사용한다. 이에, Table 2에서와 같이 전해 동박 등의 키워드로 검색식을 작성하였고, 특허 검색 데이터베이스는 위스온(www.wipson.com)을 사용하였다. 분석 대상 국가로는 한국, 미국, 일본, 중국, 유럽, PCT, 대만을 선택하였고, 검색 범위는 서지, 요약, 전체 청구항으로 설정하였다.

Table 2. Patent search formula

Patent search formula					
form	Characteristic		form		Production method
keyword	copper* OR anode* OR cathode* OR "negative electrode"	ADJ3	foil* OR sheet*	AND	electrolytic

Table 2의 검색식을 통해 한국 1,203건, 미국 883건, 일본 3,186건, 중국 5,903건, 유럽 373건, PCT 606건, 대만 694건의 총 12,848건의 특허들이 검색되었다(2023년 7월 4일 기준). 이 중에서 전해 동박과 무관한 특허를 제거하기 위해 Table 3과 같이 체계적인 분류를 통해 노이즈를 제거하였다. 이 결과, 유효한 특허로 1,131건을 선별할 수 있었다. 사전에 시장 분석을 통해 이 1,131건에 대한 출원인 대표 명화 진행하였으며, 전체 청구항에 기술된 공정을 토대로 분류하여 공정에 초점을 둔 정량분석을 실시하였다.

Table 3. Phases to extract valid patent data

	Contents
Phase 1	Remove patents concentrated on concentrator, capacitor, microcircuit, etching, semiconductor, electromagnetic shielding, antenna
	Maintain patents which has a great physical properties even if the patent is about PCB
Phase 2	Remove patents which do not tell the process in detail
Phase 3	Remove patents focused on the application of cathode active material

2.2 기술 분류표

기술 분류표는 Table 4와 같이 작성하였고, 중분류는 '전해 동박' (Electrolytic copper foil)과 '압연 동박' (Rolled copper foil)로 구분했다. 이차전지용 동박에서는 주로 전해 동박이 사용되지만, 다른 분야의 동박에서는 전해 동박과 압연 동박 두 방식을 모두 사용하는 경우가 많다. 압연 동박은 품질면과 경제성 면에서 우수하지

Table 4. Technical classification table[22]

Large	Medium	Small
Copper foil	Electrolytic copper foil	A. Dissolving 
		B. Electroplating 
		C. Surface treating 
		D. Roll slitting 
		E. Sheet cutting 
		Rolled copper foil

만, 일정 두께 이하로 내려가면 전해 동박이 훨씬 경제적이기 때문에 얇은 두께가 중요한 이차전지 분야에서는 전해 방식이 더 많이 사용된다. 소분류에서는 전해 동박의 주요 공정을 5개로 구분했다. 제조사마다 일부 차이가 있지만, 일반적으로 전해 동박 공정은 5개의 핵심 공정을 사용한다.

전해 동박 공정은 A, B, C, D, E 단계로 구성되어 있다. 용해 공정(A)은 황산 용액에 구리 선을 녹여 제박용 도금액을 제조하는 방법으로, 각 회사는 좋은 물성을 갖는 동박을 생산하기 위해 용해 단계에서 첨가제 기술에 대한 연구에 중점을 두고 있다. 다음으로, 제박 공정(B)은 구리 이온을 대형 티타늄 드럼에 전착시켜 전지박을 제조한다. 이 단계에서 동박의 넓이, 두께, 길이가 처음으로 결정되기 때문에 중요한 과정이다. 표면처리 공정(C)은 일반적으로 roll-to-roll 방식을 사용하여 동박의 산화를 방지하고 방청 처리를 동시에 수행한다. 이 단계는 동박의 품질을 향상하는 데 기여한다. 슬리팅 공정(D)은 고객의 요구에 따라 동박 제품을 제조하기 위해 사용된다. 마지막으로, 각 배터리에 맞게 크기에 따라 박을 재단하는 공정(E)이 있다. 이러한 순서대로 진행되는 전해 공정은 각 과정에서 동박의 물성을 개선하고 특정 용도에 맞게 생산하는 데 회사마다 차별점을 가지고 있다[26].

Table 5는 동박의 주요 물성에 관해 설명한 표이다. 주로 동박은 인장강도, 열 내열성, 얇기, 균일성, 거침, 넓이, 접착력 등의 물성을 통해 물질의 특성을 평가한다. 이 중 이차전지용 전해 동박에서는 특히 인장강도, 열 내열성, 얇기, 균일성, 거침이 중요한 물성 요소로 알려져 있다[27].

Table 5. Main physical properties of copper foil[27]

Properties	Contents
High-intensity strength	Prevention of deformation and breakage such as wrinkles, tears, and tears of copper foil
High heat resistance	Prevention of deformation of copper foil during high-temperature heat treatment
Ultra-extremely thin	Increase area per unit volume, reduce weight through thin thickness of 6 μm or less
Uniformity	Requires uniform surface roughness and thickness for constant performance
Roughness	Need smooth surfaces to reduce power loss and speed data transfer
Broadness	Increase productivity by reducing roll replacement rate by pulling out copper foil wide and long
Adhesive strength	Surface treatment technology is required to increase adhesive force

3. 결과 및 고찰

3.1 국가/연도별 특허 출원 현황

3.1.1 국가/연도별 특허 출원 동향

Fig. 2는 이차전지에 사용할 수 있는 전해 동박 기술에 관한 국가/연도별 특허 출원 현황이다. 해당 그래프에서는 정보 식별을 위해 2005년 이전 특허들은 생략하였다. 2010년부터 점차 증가했으며, 2018년에 가장 많은 특허가 출원되었다. 국가별로 살펴보면, 대부분이 비슷한 양상을 보인다. 그중 2010년 이후, 한국과 대만이 두드러지게 특허 출원 수가 증가한 것으로 보아 해당 국가에서 전해 동박 기술에 대한 높은 관심과 연구가 진행되고 있음을 시사한다.

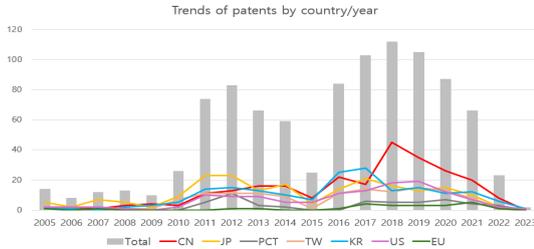


Fig. 2. Trends of patents by country/year

3.1.2 국가별 특허 출원 건수

Table 6에서 국가별 특허 출원 수를 조사한 결과, 원래 동박 강국으로 알려진 중국(CN)과 일본(JP)에서는 특허가 각각 266건과 269건으로 가장 많은 것으로 보인다. 한국(KR)은 196건, 대만(TW)은 148건, 미국(US)은 150건으로 나타났으며, 이들은 한국, 대만, 미국 순으로 특허 출원이 많았다. 반면에 유럽(EU)과 PCT는 각각 34건과 68건으로, 다른 국가에 비해 상대적으로 특허 출원이 적은 편이었다.

Table 6. Number of patents by country

Country	Patents number
Japan(JP)	269
China(CN)	266
Korea(KR)	196
United States(US)	150
Taiwan(TW)	148
PCT	68
Europe(EU)	34

3.2 출원인별 특허 출원 건수

Table 7은 출원 상위 10개 기업으로써, SK 넥실리스(SK Nexilis)는 191건의 특허를 출원했다. 후루카와(Furukawa Electric)는 일본 기업으로 145건의 특허를 출원하였으며, 장춘(Chang Chun PetroChemical)은 대만 기업으로 118건의 특허를 출원했다. JX 닛폰(JX Nippon Mining & Metals)과 미쓰이(Mitsui Mining & Smelting)는 모두 일본 기업으로 각각 115건, 87건의 특허를 출원했다. 롯데 에너지 머티리얼즈(Lotte Energy Materials)는 한국 기업으로 83건의 특허를 출원했다. 그리고 한국 기업인 LG화학(LG Chem)은 34건, 중국의 광둥(Guangdong Fine Yuan Science)은 21건, 일본의 닛폰 덴카이(Nippon Denkai)는 17건, 한국의 솔루스 첨단 소재(Solus Advanced Materials)는 16건으로, 이들 회사는 출원 수에서 앞서 소개한 상위 6개 회사들에 비해 상당한 차이가 나타났다. 이에 따라 가장 많이 특허를 출원한 상위 6개 기업에 대한 추가적인 분석이 진행되었다.

Table 7. Number of patents by top ten applicants

Country	Applicant	Number
KR	SK NEXILIS	191
JP	FURUKAWA ELECTRIC	145
TW	CHANG CHUN PETROCHEMICAL	118
JP	JX NIPPON MINING & METALS	115
JP	MITSUI MINING & SMELTING	87
KR	LOTTE ENERGY MATERIALS	83
KR	LG CHEM	34
CN	GUANGDONG FINE YUAN SCIENCE TECHNOLOGY	21
JP	NIPPON DENKAI	17
KR	SOLUS ADVANCED MATERIALS	16

3.3 출원인/공정별 특허 출원 현황

3.3.1 공정별 특허 출원 건수

선별한 유효특허들을 기술 분류표에 따라 (Table 8 왼쪽 그림부터) 용해 공정, 제박 공정, 표면처리 공정, 슬리핑 공정으로 분류했다. Sheet cutting은 주로 고객사에서 재단하므로 해당 기술 분류에서 제외하였다. 그림 바로 아래 숫자는 해당 공정에 대한 특허 출원 건수를 나타낸다. 한편, 동박 특허의 특성상 대다수는 공정들의 연속적인 표현으로 나타나기 때문에 범위를 설정하여 표와 같이 표현했다. 이를 통해 용해 공정에서 제박 공정, 용

해 공정에서 표면처리 공정, 제박 공정에서 표면처리 공정, 표면처리 공정에서 슬리팅 공정, 그리고 전체 공정까지 총 5개 범위를 통해 연속적인 공정 흐름을 시각적으로 확인할 수 있다. 유효 특허들의 청구항을 모두 검토한 결과, 제박 공정에서 슬리팅 공정을 나타내는 특허는 발견되지 않았으며, 표면처리 공정 내용이 없는데 용해 공정과 표면처리 공정의 내용을 나타내는 특허 또한 찾을 수 없었다. 또한, 니켈박 등 차세대 이차전지에 쓰이는 동박에 대한 특허, 동박 제조 장비에 집중된 특허, 그리고 동박의 적층 방식에 관한 특허 등은 기타 칸으로 구성하였다. 또한, 배터리 재활용에 대응하여 동박을 재활용하고자 하는 기업들의 특허들은 별도의 재활용 칸으로 분리하였다.

Table 8에서, 공정 하나만의 내용을 담고 있는 특허 중에서는 표면처리 공정이 292건으로 가장 많았다. 이어서 용해 공정이 120건, 제박 공정이 114건, 슬리팅 공정이 95건이었다. 2개 이상 공정이 언급된 특허의 경우, 대부분 용해 공정에 집중된 특허들이 제박 공정보다 많았다. 이는 제박 공정에 사용되는 주요 장비인 음극 드럼이 타 회사에서 공급받고, 전류 밀도나 유량 정도만 조절하여 특허를 출원하기 때문에 기술의 다양성이 제한되는 영향을 받았을 것으로 예상된다. 그러나 용해 공정에서는 첨가제의 변경이나 양 조절을 통해 동박의 물성을 다양하게 조절할 수 있기 때문에 다양한 연구가 이루어졌을 것으로 예상된다. 용해 공정에서 제박 공정은 175건, 전체 공정은 102건, 용해 공정에서 표면처리 공정은 78건, 제박 공정에서 표면처리 공정은 27건, 표면처리 공정에서 슬리팅 공정은 32건이었다. 또한, 기타로 분류된 특허들은 68건이며, 재활용과 관련된 특허들은 28건에 해당했다.

Table 8. Original graph of all valid patents categorized with process

 Dissolving	 Electroplating	 Face treating	 Slitting
120	114	292	95
175		-	-
78		-	-
-	27		-
-	-	32	
102			-
Recycle battery (28)			etc (68)

3.3.2 출원인/공정별 특허 출원 건수

Table 9에서, SK 넥실리스(SK Nexilis)의 유효특허 중에서 가장 많은 수를 차지한 단일 공정 특허를 살펴보면, 해당 기업의 표면처리 공정에 관련된 특허가 38건으로 가장 많았다. 또한, 두 공정 이상 담겨있는 특허 중에서는 용해 공정이 포함된 특허들이 많았는데, 그중에서도 공정 전 범위의 특허가 38건으로 가장 많았다.

Table 9. Original graph of SK Nexilis categorized with process

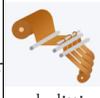
 Dissolving	 Electroplating	 Face treating	 Slitting
6	24	38	30
20		-	-
23		-	-
-	6		-
-	-	4	
38			
Recycle battery (0)		etc (3)	

Table 10의 후루카와(Furukawa Electric) 유효특허 중에서 가장 많은 수를 차지한 단일 공정은 표면처리 공정으로, 해당 기업은 이 분야에서 41건의 특허를 출원했다. 또한, 특허의 청구항 범위가 대체로 넓지 않았으며, 그중에서 가장 많은 수를 차지한 것은 14건으로, 전체 공정을 다루고 있는 특허였다.

Table 10. Original graph of Furukawa Electric categorized with process

 Dissolving	 Electroplating	 Face treating	 Slitting
24	5	41	21
5		-	-
1		-	-
-	0		-
-	-	13	
14			
Recycle battery (0)		etc (14)	

Table 11에서, 미쓰이(Mitsui Mining & Smelting) 또한 후루카와와 유사한 경향을 보였다. 해당 기업의 유효특허 중에서 가장 많은 수를 차지한 단일 공정은 표면

처리 공정으로, 이 분야에서 26건의 특허를 출원했다. 후루카와와의 차이점은 전체 공정을 다루는 특허보다는 용해 공정에서 제박 공정의 특허가 15건으로 가장 많았다는 것이다.

Table 11. Original graph of Mitsui Mining & Smelting categorized with process

Dissolving	Electro plating	Surface treating	Roll slitting
17	3	26	3
15		-	-
8			-
-	2		-
-	-	7	
1			
Recycle battery (0)		etc (4)	

Table 12에서, 장춘(Chang Chun PetroChemical)은 주로 용해 공정에 중점을 두지 않고, 표면처리 공정의 특허에 주력하고 있는 것으로 나타났다. 이 회사의 유효 특허 중 가장 많은 수를 차지한 단일 공정은 표면처리 공정으로, 이 분야에서 34건의 특허를 출원했다. 그다음으로는 19건으로 제박 공정에 관한 특허가 높은 비중을 차지하고 있었다.

Table 12. Original graph of Chang Chun PetroChemical categorized with process

Dissolving	Electro plating	Surface treating	Roll slitting
7	19	34	13
5		-	-
7			-
-	3		-
10			3
Recycle battery (0)		etc (17)	

Table 13에서, 롯데 에너지 머티리얼즈(Lotte Energy Materials)은 표면처리 공정을 제외하면 단일 공정에 대한 특허가 많지 않았다. 표면처리 공정에 해당하는 특허는 24건으로 가장 많았다. 두 번째로는 용해 공정에서 제박 공정을 다룬 특허로, 21건으로 상당한 비중을 차지하

고 있었다. 전체 공정을 다룬 특허는 10건으로, 이는 3위에 해당하는 수치였다.

Table 13. Original graph of Lotte Energy Materials categorized with process

Dissolving	Electro plating	Surface treating	Roll slitting
3	5	24	3
21		-	-
4			-
-	4		-
-	-	0	
10			
Recycle battery (0)		etc (9)	

Table 14에서, JX 닛폰(JX Nippon Mining & Metals)은 다른 기업들과는 차별화된 특허 전략을 채택하고 있었다. 특히, 단일 공정에서는 제박 공정에 중점을 두어 33건의 특허를 출원했다. 또한 표면처리 공정은 25건, 용해 공정과 슬리팅 공정은 각각 13건의 특허를 출원했다. 그리고 두 공정 이상 담겨있는 특허 중에서 용해 공정에서 제박 공정을 나타내는 특허는 22건으로 높은 수치를 기록하였다. 특히, 폐배터리 재활용과 관련된 특허는 총 28건으로 나타나, 이는 이차전지 재활용 연구에 많은 노력을 기울이고 있음을 시사한다. 이러한 결과는 사전 조사 내용과 부합하여 자료의 신뢰성을 높였다[28].

Table 14. Original graph of JX Nippon Mining & Metals categorized with process

Dissolving	Electro plating	Surface treating	Roll slitting
13	33	25	13
22		-	-
3			-
-	1		-
-	-	3	
2			
Recycle battery (28)		etc (0)	

3.4 주요 기업 핵심 특허 기술 분석

3.4.1 핵심 특허 선정

전해 동박의 물성을 결정하는 다양한 인자 중에서 유

속, 음극 전압, 온도, 전류밀도, 첨가제, 전해액 순도, 전극 간격 등이 주요한 역할을 한다. 그중에서도 용해 공정에서 전해액의 조성 비율을 정하는 것이 매우 중요하다. 또한, 다양한 상황에서 적용할 수 있는 첨가제 기술의 개발이 중요하다[29]. 그리고 출원인/공정별 특허 출원에 대한 정량분석을 살펴보았다. 공정이 2개 이상 포함된 특허는 청구항 범위가 넓어 좋은 특허라고 평가될 수 있다. 여기서 제박 공정, 표면처리 공정, 슬리팅 공정으로만 이루어진 특허의 개수는 적었다. 또한 용해 공정 내용이 포함된 특허일 때 해당 공정에 집중되어 있었다.

이전에 진행한 출원인별 특허 건수 분석에서 6개의 회사가 압도적인 특허 수를 보였다. 여기서 현재 시장에서 전기차 배터리용 동박을 지원하고, 그 점유율이 높은 4개 회사에 대한 핵심 특허 첨가제 분석을 실시했다[30].

Table 15. Phases to extract core patent data

	Contents
Phase 1	Major companies with a high market share
	Applicants that supplies copper foil for batteries
	Among top six applicants
Phase 2	Patents focused on additive technology in the melting process
	Exclude patents focused on stacking copper foil and copper foil manufacturing equipment
Phase 3	Patents with many family patent applications

Table 15를 통해, SK 넥실리스의 191건 중 핵심 특허로 22건이 선별되었다. 이에 이어 장춘은 118건에서 6건, 후루카와는 145건에서 7건, 롯데 에너지 머티리얼즈는 83건에서 10건으로 추려졌다. 이러한 핵심 특허들을 시간순으로 나열하여, 각 기업이 어떤 첨가제를 어떻게 활용하고 있는지 확인하였다.

3.4.2 주요 기업별 핵심 특허

Table 16. Key patents order of SK Nexilis

Year	Application number		
2016	KR(10-2016-0051890, 10-2016-0105579, 10-2016-01072300, 10-2016-0106695, 10-2016-0122345, 10-2016-0131979, 10-2016-0151713)		
	2017	KR(10-2017-0001308, 10-2017-0001310, 10-2017-0005857, 10-2017-0025581, 10-2017-0029852, 10-2017-0081571, 10-2017-0089031, 10-2017-0096664, 10-2017-0110100)	
		2018	KR(10-2018-0012179, 10-2018-0013092)
		2019	KR(10-2019-0142712, 10-2019-0150119, 10-2019-0150514)
2020		KR10-2020-0127234	

2016년부터 2017년까지 SK 넥실리스는 주로 하이드록시에틸 셀룰로스(HEC), 유기 황화물, 유기 질화물, 싸이오요소(thiourea) 계 화합물과 같은 첨가제를 사용했다. 각 성분은 A, B, C 등으로 나누어져 각 첨가제를 특정 성분으로 분류했다. 예를 들면, SPS는 가속제로 사용되고 PEG는 억제제로 사용되며, 싸이오요소 계 화합물은 평탄제로 사용되었다. 2018년부터 2019년까지는 선행 연구에서 얻은 데이터를 기반으로 한 적합한 첨가제들(예: SPS, PEG, PPG 등)을 사용하면서 동시에 전례에 없던 첨가제들인 4-메르캡토피리딘(4-mercaptopyridine), Pb2+ 이온, 비소(As), 아세트아미드(Acetamide) 등을 실험적으로 도입하여 동박의 물성을 제어했다. 2020년의 특허에서는 결정립 조절제를 포함하는 유기 첨가제를 도입하여 고강도 및 고내열 특성을 갖는 동박을 제조했다.

Table 17. Key patents order of Chang Chun Petrochemical

Year	Application number
2013	TW2013100388
2018	TW(2018128309, 2018136757, 2018136757, 2018136757)
2020	TW2019133598

2013년에는 첨가제를 사용하지 않고 과산화수소에 중점을 두어 불순물을 분해하고 청결한 황산구리 전해질을 얻기 위한 시도가 있었다. 2018년에는 4개의 핵심 특허가 존재하는데, 출원일이 가장 빠른 특허에서는 보이드의 존재를 제어하기 위해 니켈과 같은 무기 금속 성분이 추가되었다. 4개의 특허에서는 모두 젤라틴, 염화물 이온, 3-메르캡토-1-프로판 설펜산 나트륨(MPS), 폴리 에틸렌글라이콜(PEG-2000), 그리고 트리메틸 싸이오우레아가 일관되게 사용되었다. 2020년에는 수용성 고분자로 폴리에테르아민(PEA)이 새롭게 도입되었으며, 2018년에 사용되었던 MPS도 함께 포함되었다. 또한 유기적 특성을 개선하기 위해 말토택스트린이 추가되었다.

Table 18. Key patents order of Furukawa Electric

Year	Application number
1966	JP1996-106743
2011	JP2011-074792
2012	JP2013-522908
2013	JP(2013-528164, 2013-541901)
2014	JP(2014-523525, 2014-524196)

1996년에는 MPS, HEC, 아교(PBF)를 미세패턴화를 위한 첨가제로 사용하여 동박을 제조하였다. 2012년에는 HEC와 아교(PBF)를 강도 향상을 위한 첨가제로 활용하는 특허를 출원했다. 2013년에는 HEC와 아교(PBF)를 평탄제로 사용하여 구리합금 박을 제조하였다. 2014년과 2015년에는 소정의 유기 첨가제를 사용하지 않고, 무기 금속염으로써 텅스텐을 활용하여 기계적 강도가 큰 구리합금 박을 제조하는 방법에 대한 연구가 진행되었다.

Table 19. Key patents order of Lotte Energy Materials

Year	Application number
2016	KR(10-2016-0052526, 10-2016-0052528, 10-2016-0150350, 10-2016-0150358, 10-2016-0150361, 10-2016-0150362, 10-2016-0150349, 10-2018-0055848)
2018	KR10-2018-0055848
2019	KR10-2019-0170663

2016년에는 주로 그래핀 합성 및 금속 첨가에 관한 내용이 강조되었다. 먼저 그래핀 합성에 대한 논의에서는 TOC 농도를 3ppm 이하로 유지하여 그래핀 합성 동박을 제안하였다. 니켈을 시드 역할로 사용하여 농도를 1000ppm 이하로 유지함으로써 그래핀 합성 동박의 품질을 향상했다. 또한, 금속 첨가제에 대한 연구에서는 아연과 철을 포함한 금속 첨가제를 사용하여 TOC 농도를 조절하고 동박 표면을 평탄하게 개선했다. 이후의 특허에서는 코발트 및 철을, 또 다른 경우에는 코발트, 철, 아연을 금속 첨가제로 사용하였다. 2016년의 마지막 특허에서는 코발트 및 비소를 금속 첨가제로 도입했다. 2018년에는 다양한 결점을 해결하기 위해 TOC 농도를 10ppm 이상으로 설정하고, 유기 첨가제인 DETU, MPS, ZPS, PEG를 사용하여 동박의 품질을 개선했다. 2019년의 특허에서는 표면처리에 중점을 두었으며, 니켈 염을 전해액에 추가하여 동박의 특성을 향상했다.

3.4.3 각 기업 특허 첨가제 비교

각 기업이 사용한 첨가제를 비교하기 위해 특허별로 Accelerator(가속제), Suppressor(감속제), Leveler(평탄제)로 세 가지 주요 특성으로 분류하였다. 이 분류를 통해 알 수 있었던 경향은 Accelerator의 경우 주로 SPS와 MPS를 사용하며 Suppressor의 경우 비이온성 수용성 고분자를 주로 활용하여 기업 간에 유사한 특징을 나타냈다. 이때 주로 산소를 함유한 폴리머인 PEG가

주로 사용하였다. 그러나 각 기업은 독자적인 Leveler를 사용하여 특허를 구성함으로써 자사의 기술적 차별성을 유지하고 있다.

Table 20. Analysis of the additives about patents by four company

Additive	10-2017-0081571 (SK)	10-2019-0150119 (SK)	10-2018-0055848 (LOTTE)
Accelerator	SPS	SPS	MPS
Suppressor	PEG	PEG	PEG
Leveler	2MBT	TU	DETU

Additive	10-2020-0023016 (CCP)	10-2018-0140122 (CCP)	2019-10151129 (WASON)
Accelerator	MPS	MPS	SPS
Suppressor	PEA	PVA	PEG
Leveler	Malto dextrin	DETU	Collagen

4. 결론

세계 각국에서 내연기관 자동차 판매 금지 계획을 확정하여 규모가 더욱 커질 것으로 예상되는, 전기차 시장에서 가장 중요한 과제는 주행거리 문제를 해결하는 것이다. 이차전지 시장이 계속 확대되면서 이차전지 주요 부품인 음극집전체(동박) 시장 또한 현재 수요를 넘어 더 커질 것으로 전망된다. 그러나 아직 동박에 대한 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 논문에서는 새로운 기술의 도입과 혁신적인 생산 과정의 개발을 위해 특허 분석을 실시하였다.

첫째, 이차전지용 전해 동박에 관한 특허는 스마트폰 출현 시기였던 2010년부터 점차 증가하여 2018년에 가장 많이 출원되었다. 국가별로 살펴보면, 일본 269건, 중국 266건으로 원래 동박 강국이었던 두 나라가 가장 많이 출원하였다. 또한 근 10년간 미국과 유럽에 특허 출원 건수 증가하였고, 이는 현재 미국과 유럽에 동박 공장들이 많이 지어지고 있는 전조였다고 생각한다. 특허 출원인 중 상위 6개 기업은 모두 80개 이상의 특허를 출원하였고, 타 출원인들에 비해 상당한 특허 수 차이를 보이고 있었다. 특히 현재 전기차용 이차전지 동박 시장 점유율 1등인 SK 넥실리스의 특허가 많은 것을 확인할 수 있다.

둘째, 유효 특허들을 기술 분류표에 따라 분류하였다. 그 결과, 용해 공정과 표면처리에 관한 내용의 특허가 많았다. 모든 유효 특허들의 청구항을 살펴보다 보니 용해 공정이 포함되어 있는 특허라면 대부분 용해 공정의 첨가제 기술에 집중되어 있었다. JX 닛폰을 제외한 나머지 5개 회사는 모두 표면처리 공정에 대한 특허가 가장 많았다. 두 공정 모두 특허의 다양성을 높일 수 있는 첨가제를 활용할 수 있는 공정이어서 출원 수가 많지만, 표면처리에 관한 연구는 이미 많이 진행되었음을 알 수 있었다.

셋째, 시장 조사와 특허 분석 결과, 용해 공정의 첨가제 기술이 중요하다는 결론을 도출하였다. 또한, 시장에서 현재 점유율이 높은 상위 4개 회사에 대해서만 핵심 특허 기술 분석을 진행하였다. 그 결과, 기업마다 특정한 첨가제에 중점을 두고 있으며 일반적으로 하나 이상의 첨가제를 사용하고 있었다. 이를 통해 각 기업에서는 기본 틀에서 첨가제 조금씩 바꿔 물성을 좋아지게 하였고 이를 특허로 출원한 것으로 보인다.

넷째, 기업별 특허에서 동박에 사용한 첨가제를 비교/분석해 준 결과, 가속제로는 보통 SPS나 MPS를 주로 사용했다. 억제제는 장춘으로 제외한 모든 회사가 PEG를 사용하였다. 평탄제는 동일 회사의 제품이라도 다양한 물질을 사용하였다. 이를 통해 아직 최적의 첨가제 종류가 밝혀지지 않았다는 것을 추론할 수 있었다.

이번 특허 분석을 통해 확인된 바에 따르면 현재 동박 생산업체들은 다양한 첨가제를 활용하고 있으며, 이러한 첨가제들이 동박의 특성 개선에 기여하는 것으로 확인되었다. 특히, 어떤 첨가제를 쓰느냐에 따라 좋아지는 물질이 달랐다. 비록 각 첨가제의 정확한 비율은 명시되어 있지 않지만, 일부 특정 첨가제들은 동박 시장에서 후발 주자들에게 유용한 정보로 쓰일 것으로 예상된다. 이러한 특허 분석은 고품질 동박이 시장에 충분히 공급되게 하며, 결과적으로 품질 우수한 동박의 가격이 하락할 수 있음을 시사한다. 이 분석 결과를 통해 기대되는 바는 전기차 부품 분야에서 배터리 가격 비율을 감소시키는 데 기여할 것으로 기대한다.

References

[1] P. Mock, S. Diaz, "PATHWAYS TO DECARBONIZATION: THE EUROPEAN PASSENGER CAR MARKET, 2021-2035", THE INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION [cited 2021 May 19], Available From:

<https://theicct.org/publication/pathways-to-decarbonization-the-european-passenger-car-market-2021-2035/> (accessed Feb. 3, 2024)

- [2] S. W. Ahn, "EU's climate change responses for transport sector: Policies on Electric vehicles", *Journal of International Area Studies*, Vol.24, NO.4, pp.209-234, Oct. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.18327/jias.2020.10.24.4.209>
- [3] G. M. Jeon, "Coexistence of Internal Combination of Internal Combustion Engines and Electric Vehicles", *Korea Petroleum Association Journal*, No.306, pp.26-29, Jan. 2022.
- [4] J. Y. JO, D. G. Park, S. H. Kang, "A Study on the Direction of Charging Facilities for Electric Vehicles to Achieve Carbon Neutrality in 2050", A collection of papers for the 2022 Spring Conference in the Electrical Equipment Division of The Korean Institute of Electrical Engineers, The Korean Institute of Electrical Engineers, Gyeongju, Korea, pp 214-215, May 2022.
- [5] I. S. Jung, J. Hur, S. W. Bae, R. Y. Kim, J. W. Baek, "Electric vehicle and DC distribution technology trend for carbon neutrality", *The Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol.71, No.10, pp.22-35, Oct. 2022.
- [6] Y. Miao, P. Hynan, A. V. Jouanne, A. Yokochi, "Current Li-Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements", *Energies* 2019, Vol.12, No.6, pp.1-20, Mar. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.3390/en12061074>
- [7] SNE Research, "Global Production capacity of Secondary battery makers for Electric vehicles reaches 8,247 GWh in 2030", SNE Research [cited 2022 May 13], Available From :
https://www.sneresearch.com/kr/insight/release_view/18/page/36?s_cat=%7C&s_keyword (accessed Feb. 3, 2024)
- [8] Y. S. Hwang, SK Copper foil company, NAMUH [cited 2019 Jul 9], Available From :
<https://www.sk.co.kr/upload/ir/20191216/20191216124636224185.pdf> (accessed Feb. 3, 2024)
- [9] Jingqi Chen, Yang Zhao, Haitao Gao, Shoudong Chen, Wenjin Li, "Rolled electrodeposited copper foil with modified surface morphology as anode current collector for high corrosion resistance in lithium-ion battery electrolyte", *Surface and Coatings Technology*, Vol.421, Sep. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127369>
- [10] J. Zhang, D. Zuo, X. Pei, C. Mu, K. Chen, Q. Chen, G. Hou, "Effects of Electrolytic Copper Foil Roughness on Lithium-Ion Battery Performance", *Metals* 2022, Vol.12, No.12, pp.1-10, Dec. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.3390/met12122110>
- [11] F. VASILYEV, V. ISAEV, M. KOROBKOV, "The influence of the PCB design and the process of their manufacturing on the possibility of a defect-free production", *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, No.3, pp91-96, Mar. 2021

- DOI: <https://doi.org/10.15199/48.2021.03.18>
- [12] G. D. Song, S. H. Lee, "Technology Trend of LIB/PCB Copper Foil Industry", Proceedings of the Korean Institute of Surface Engineering Conference, The Korean Institute of Surface Engineering, Gwangju, Korea, Pages.57-57, May. 2015.
- [13] X. Sun, Z. Y. Wang, J. X. Zhang, Y. Wang, X. Y. Du, J. D. Liu, "A facile fabrication of an integrated electromagnetic interference shielding material with low electrical resistance based on silver particles/thermoplastic polyurethane composite@copper foil", Ceramics International, pp.1-8, Jan. 2024.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.01.218>
- [14] S. H. Lee, J. H. Seo, "Fabrication of RFID Coil for Metal Surface", The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol.19, No.7, pp.754-760, Jul. 2008
DOI: <https://doi.org/10.5515/KJKIEES.2008.19.7.754>
- [15] T. G. Woo, B. J. Kang, J. J. Park, I. S. Park, "Effect of benzothiazole additives and properties of copper foils on high current density", Journal of Surface Science and Engineering, Vol.55, No.4, pp.222-230, Sep. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5695/JSSE.2022.55.4.222>
- [16] X. Q. Yin, L. J. Peng, S. Kayani, L. Cheng, J. W. Wang, W. Xiao, L. G. Wang, G. J. Huang, "Mechanical properties and microstructure of rolled and electrodeposited thin copper foil", Rare Metals, Vol.35, No.12, pp.909-914, Nov. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12598-016-0806-4>
- [17] Satoru Torimitsu, Takahiro Saito, "Copper Foil for PCB, Simulation and Study on High-speed Digital Circuits", Furukawa Electric Review, No.50, pp.12-18, 2019.
- [18] Z. Xiao, J. Chen, J. Liu, T. Liang, Y. Xu, C. Zhu, S. Zhong, "Microcrystalline copper foil as a high performance collector for lithium-ion batteries", Journal of Power Sources, Vol.438, pp.1-10, Oct. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.226973>
- [19] H. C. Chu, H. Y. Tuan, High-performance lithium-ion batteries with 1.5 μm thin copper nanowire foil as a current collector, Journal of Power Sources, Vol.346, pp.40-48, Apr. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.02.041>
- [20] SK nexilis, "Copper Foil", SK nexilis, Available From: <http://www.sknexilis.com/kr/product/copper.php> (accessed Feb. 3, 2024)
- [21] LOTTE Energy Materials, "High-End Elecfoil", LOTTE Energy Materials Corporation, Available From: <https://www.lotteenergymaterials.com/business/elecfoil01.do> (accessed Feb. 3, 2024)
- [22] Solus Advanced Materials, "Elecfoil", Solus Advanced Materials, Available From: <https://www.solusadvancedmaterials.com/kr/business/b-foil/> (accessed Feb. 3, 2024)
- [23] Chang Chun Petrochemical, "Copper Foil", Chang Chun Petrochemical, Available From: [https://www.ccp.com.tw/ccprdr.nsf/0/653E7A43F33F6A7748257E91002EC3A5/\\$FILE/%E9%95%B7%E6%98%A5%E9%8A%85%E7%AE%94.pdf](https://www.ccp.com.tw/ccprdr.nsf/0/653E7A43F33F6A7748257E91002EC3A5/$FILE/%E9%95%B7%E6%98%A5%E9%8A%85%E7%AE%94.pdf) (accessed Feb. 3, 2024)
- [24] Furukawa Electric, "Copper foil for the lithium ion secondary batteries", Furukawa Electric Co., Ltd., Available From: <https://www.furukawa.co.jp/foil/en/product/lithium/n-c-ws.html> (accessed Feb. 3, 2024)
- [25] Nippon Den kai, "Products", Nippon Den kai, Ltd., Available From: <https://www.nippon-den kai.co.jp/english/product/> (accessed Feb. 3, 2024)
- [26] Solus Advanced Materials, "Copper Foil", Solus Advanced Materials, Available From: <https://www.solusadvancedmaterials.com/kr/business/c-foil/> (accessed Feb. 3, 2024)
- [27] J. Zhang, H. Chen, B. Fan, H. Shan, Q. Chen, C. Jiang, G. Hou, Y. Tang, "Study on the relationship between crystal plane orientation and strength of electrolytic copper foil", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 884, pp.1-7, Dec. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161044>
- [28] J. H. Kim, Y. C. Kim, S. K. Oh, J. K. Jeon, "Analysis of Dry Process Products for Recycling of Spent Secondary Batteries", Clean Technology, Vol.27, No.2, pp.139-145, Jun. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.7464/ksct.2021.27.2.139>
- [29] T. G. WOO, I. S. Park, "Effects of JGB Additives on the Microstructures and Electrical Properties of Electroplated Copper Foil", Korean J. Met. Mater, Vol.59, No.6, pp.404-411, May. 2021.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3365/KJMM.2021.59.6.404>
- [30] S. Y. Lee, "SKC, Lotte, China, Taiwan, and Japan fight for Copper Foil supremacy", Good Morning Economy, Available From: http://www.goodkyung.com/news/articleView.html?id_xno=207355 (accessed Feb. 3, 2024)

정 해 영(Hae Yeong Jeong)

[준회원]



• 2020년 3월 ~ 2024년 3월 : 경기대학교 화학공학과 재학

<관심분야>

2차전지, 전기화학

박 진 명(Jin Myeong Park)

[준회원]



- 2020년 3월 ~ 2024년 3월 : 경기대학교 화학공학과 재학

<관심분야>

2차전지, 고분자공학

박 찬 정(Chan-Jeong Park)

[정회원]



- 2005년 2월 : 경기대학교 전자공학 (공학석사)
- 2014년 8월 : 경기대학교 전자공학 (공학박사)
- 2015년 3월 ~ 2017년 2월 : 인하대학교 미래융합교육원 강의교수
- 2017년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 교양학부 조교수

<관심분야>

특허정보 분석, 지식재산 교육, 기계학습