

전기로 더스트 재활용에 대한 최근의 연구동향

전북대학교 신소재공학부 고인용
561-756 전북 전주 덕진동, plasma@moak.chonbuk.ac.kr

초 록

1995년 이후부터 현재까지 전기로 제강더스트의 재활용 또는 처리에 대하여 국내 및 전 세계의 공개특허 및 연구논문을 분석하여 전기로 더스트의 재활용연구 동향을 파악하고자 하였다.

국내의 경우, 35건의 특허가 공개 또는 등록되었는데, 활용방법에 따라 분류하면 다음과 같다. 고품안정화처리가 6건, 케미칼 제조 7건, 아스콘 채움재가 4건, 토건재료로 활용이 3건, 습식처리 회수가 4건, 용융환원 3건, 폐수처리활용이 2건, 시멘트원료 1건, 건식회수법 5건으로 나눌 수 있다. 또한 년도별로는 95년 2건, 96년 1건, 97년 4건, 98년 4건, 99년 5건, 2000년 18건, 2001년 1건이 출원되었다. 2000년에 전체 출원 건수의 절반이 집중되었다.

미국특허는 이 기간중 39건이 등록된 것으로 검색되었다. 년도별로는 95년 3건, 96년 6건, 97년 5건, 98년 7건, 99년 9건, 00년 2건, 01년 3건, 2002년 4건(2개는 한국출원)이 검색되었다. 처리방법 별로는 마찰재 원료로 활용 3건, 고화처리 3건, 건식장치 1건, 습식처리 13건, 유동환원, 직접환원, 환원배소, 플라즈마환원등의 건식 처리법이 10건, 습식+건식콘크리트 4건, 폐수처리 활용 1건, 건자재 생산 1건등이 등록되었다.

국가전자도서관에서 EAF Dust를 키워드로 1993년 이후의 EAF Dust 관련 연구문헌을 검색한 결과 48건이 검색되었고, 01년에 5건, 00년에 3건, 99년에 4건, 98년 2건, 97년이 가장 활발하여 15건의 보고가 확인되었다. 96년에는 8건, 95년에는 3건의 보고가 검색되었다. 01년의 연구논문들은 direct recycling, reduction kinetics, distillation reduction등에 관심을 보이고 있었다. 가장 활발하게 많은 연구논문이 발표되었던 97년 이후에는 논문 발표수가 현저히 감소되어 97년 이후에 이 분야에 대한 관심이 감소하고 있음을 보여주고 있다.

1. 1995년 이후 국내 특허 현황

국내의 경우, 35건의 특허가 공개 또는 등록되었는데, 활용방법에 따라 분류하면 다음과 같다. 고품안정화처리가 6건, 케미칼 제조 7건, 아스콘 채움재가 4건, 토건재료로 활용이 3건, 습식처리 회수가 4건, 용융환원 3건, 폐수처리활용이 2건, 시멘트원료 1건, 건식회수법 5건으로 나눌 수 있다. 또한 년도별로는 95년 2건, 96년 1건, 97년 4건, 98년 4건, 99년 5건, 2000년 18건, 2001년 1건이 출원되었다.

제강분진(전기로 더스트)의 재활용관련 국내특허 현황 (1995년 - 2002년)

1	등록	전기로·제강더스트와 소각재를 이용한 역청포장용 채움재 제조방법 및 이를 이용한 아스콘 제조방법	2001년	주식회사상원이엔씨	아스콘 채움재
2	공개	폐기물의 중금속 용출방지를 위한 고체 제조방법 및 이에 의해 제조된 고품체	2000년	최용석	고화제
3	공개	폐기물을 재활용하기 위한 고품체	2000년	최용석	고화제
4	공개	산업폐기물을 이용한 아스콘채움재 제조방법	2000년	금륜운수	아스콘필라
5	공개	폐기물을 이용한 아스콘 충전재 제조법	2000년	금륜운수	아스콘필라
6	공개	산업 부산물 및 폐자원을 이용한 아스콘 충전재의 제조법	2000년	금륜운수	아스콘필라
7	공개	제강분진을 반응촉매로 재활용한 고농도 유기성 폐수의 처리방법 및 장치	2000년	장윤석	폐수처리
8	공개	무기물 첨가제를 이용한 폐기물을 건축자재 및 토목재로 재활용하는 방법	2000년	남윤덕	고형화, 토건재
9	공개	산업용 폐기물의 재처리 방법	2000년	(주)동산	고형화, 토건재
10	공개	시멘트 제조의 원료로 제철, 제강 더스트 및 무기성슬러지의 사용.	2000년	김경환	시멘트원료
11	공개	이산화망간, 제강공장 전기로더스트로부터 황산망간, 황산아연, 황산제1철을 제조하는 방법	2000년	문상우	케미칼
12	공개	제강공장 전기로더스트와 페로망간으로부터 황산아연과 황산망간, 황산제1철을 제조하는 방법	2000년	문상우	케미칼
13	공개	아연광석, 제강공장의 전기로더스트, 고철, 페로망간과 이산화망간, 도금공장 아연재를 이용하여 황산아연, 황산망간 및 황산제1철을 제조하는 방법	2000년	문상우	케미칼
14	공개	전기로더스트를(제강공장) 주재료한 고순도 탄산아연제조방법	2000년	문상우	케미칼
15	공개	전기로더스트로 황산아연과 황산철을 제조하는 방법	2000년	문상우	케미칼

16	공개	전기로더스트(철강분진)를 이용하여 복합미네랄을 제조하는 방법	2000년	문상우	케이칼
17	공개	제철소내에서 발생하는 폐기물을 이용한 전기로 가탄제 조성물	2000년	장춘기	가탄제
18	공개	폐주물사를 이용한 전기로 더스트로부터의 유용성분 회수방법	2000년	문석민	금속아연회수
19	공개	석회석 슬러지를 이용한 전기로 더스트로부터의 유용성분 회수방법	2000년	문석민	금속아연회수
20	공개	스테인레스 제강 분진의 무공해 처리 방법	1999년	포항제철	용융환원
21	공개	제강분진을 이용한 폐수처리방법	1999년	포항제철	폐수처리
22	공개	아연페라이트가 함유된 제강분진으로부터 염산과 금속아연의 회수방법	1999년	상원이엔씨	습식아연회수
23	공개	아연페라이트가 함유된 제강분진으로부터 염산과 금속아연의 회수방법	1999년	상원이엔씨	습식아연회수
24	공개	지정 폐기물 재활용을 위한 고화제 및 이를 이용하여 제조된 압축강도가 우수한 경화체	1999년	이승무, 이수구	고형안정화
25	공개	산과 과산화수소를 이용한 제강분진의 침출방법	1998년	이호인	습식회수
26	등록	전기로 제강분진 유가금속 회수방법(알칼리침출)	1998년	이호인	습식회수
27	등록	전기로 제강더스트를 이용한 점토벽돌 및 그 제조방법	1998년	이호인	토건재료
28	공개	제철더스트의 처리방법 및 장치	1998년	산요오도꾸슈세이꼬	처리장치
29	등록	산업폐기물의 동시처리시스템 및 그 처리방법	1997년	삼성중공업	용융환원
30	등록	제강 전기로 분진의 불용화 처리제 및 이를 이용한 불용화 처리방법	1997년	유니테크	고형안정화

31	공개	LD전로제강 더스트와 EAF제강 더스트 및 LD전로제강 슬래그로부터 선철과 아연을 회수하는 방법	1997년	황용길	금속회수
32	등록	더스트로부터 산화아연을 회수하는 방법 및 그 장치	1997년	닛폰고칸	산화아연
33	공개	슬러지 및 분진의 고품화 및 재오니 방지방법	1996년	홍성산업	고형안정화
34	등록	제강분진의 안정화 처리방법	1995년	인천제철	고형안정화
35	등록	산업폐기물의 동시처리시스템 및 그 처리방법	1995년	삼성중공업	용융환원

2. 해외 특허 현황

미국특허는 이 기간중 39건이 등록된 것으로 검색되었다. 년도별로는 95년 3건, 96년 6건, 97년 5건, 98년 7건, 99년 9건, 00년 2건, 01년 3건, 2002년 4건(2개는 한국출원)이 검색되었다. 처리방법 별로는 마찰재 원료로 활용 3건, 고화처리 3건, 건식장치 1건, 습식처리 13건, 유동환원, 직접환원, 환원배소, 플라즈마환원등의 건식 처리법이 10건, 습식+건식처리 3건, 콘크리트 1건, 폐수처리 활용 1건, 건자재 생산 1건 등이 등록되었다.

US PAT. NO. Title

2002년

- 1 6,379,421 Method and apparatus removing undesirable metals from iron-containing materials : 소결 후 환원회탈
- 2 6,355,588 Process for treating filter dusts : 용융고화
- 3 6,342,461 Ceramic composition made from waste materials and method for manufacturing the same : 건자재 (한국)
- 4 6,338,748 Hydrometallurgical method for recovery of zinc from electric arc furnace dust : 습식회수 (염산침출) 한국

2001년

- 5 6,264,903 Method for recycling industrial waste streams containing zinc compounds : 습식(NH4Cl 침출)
- 6 6,221,124 Fluidized bed treatment of EAF dust : 유동환원
- 7 6,173,002 Electric arc gasifier as a waste processor : Arc Plasma 환원

2000년

- 8 6,136,059 Process for reducing the electric steelworks dusts and facility for implementing it : 유도로 환원
- 9 6,057,257 Abrasive composition : 5981413의 개정

1999년

- 10 5,981,413 Abrasive composition : 마찰재
11 5,972,066 Mixed bed iron reduction process : Rotary Hearth Furnace 환원
12 5,964,911 Process for making an abrasive composition : 마찰재 제조에 활용
13 5,942,198 Beneficiation of furnace dust for the recovery of chemical and metal values : 농축 후 습식 회수
14 5,942,023 Process for recovering metals from EAF dust : 플라즈마 환원
15 5,922,261 Process for recovering iron from iron-rich material : 5589118의 개정
16 5,912,402 Metallurgical dust recycle process : 수세, 질산침출, 전해채취
17 5,858,302 Apparatus for electric steelmaking : 장치
18 5,855,645 Production of more concentrated iron product from industrial waste materials streams : 환원배소 후 자선

1998년

- 19 5,851,490 Method for utilizing PH control in the recovery of metal and chemical values from industrial waste streams : 5846290의 개정
20 5,849,063 Production of direct reduced iron and/or pig iron from industrial waste streams : 함철폐기물에서 철의 회수
21 5,846,290 Method for the recovery of group IA salts during the treatment of industrial process waste streams : 철 회수 후 K, Na의 염 회수
22 5,788,740 Method for the hydrometallurgical separation and recovery of biological nutrients, lead, gypsum and cadmium from raw materials : 습식처리
23 5,759,503 Method for the further purification of zinc oxide : 습식처리
24 5,738,694 Process for recovering iron from iron-containing material : 5589118의 개정
25 5,728,193 Process for recovering metals from iron oxide bearing masses : 샤프트로 환원

1997년

- 26 5,695,642 Method for purifying contaminated water : 폐수처리 활용
27 5,683,488 Method for producing an iron feedstock from industrial furnace waste streams : 습식 처리 잔사의 재처리
28 5,672,146 EAF dust treatment : 더스트의 sintering
29 5,667,555 Method for the removal of calcium by products during the production of an iron feedstock : 습식처리
30 5,667,553 Methods for recycling electric arc furnace dust : 습식처리 (탄산아연)

1996년

- 31 5,589,118 Process for recovering iron from iron-containing material : 고화회수
32 5,582,631 Method for the production of a feedstock containing : 습식침출 잔사의 환원배소

- usable iron constituents from industrial waste streams
- 33 5,573,576 Method of treating steel mill waste : 알칼리 처리
- 34 5,571,306 Method for producing an enriched iron feedstock from industrial furnace waste streams : 습식침출 잔사의 환원배소
- 35 5,557,031 Use of electric arc furnace by-products in concrete : 콘크리트
- 36 5,538,532 Methods for recycling electric arc furnace dust : 휘발 농축 후 탄산아연으로 회수

1995년

- 37 5,464,596 Method for treating waste streams containing zinc : NH_4Cl 침출
- 38 5,453,111 Method for separation of metals from waste stream : NH_4Cl 침출
- 39 5,439,505 Treatment of steel mill waste for recycling : 알칼리 침출

3. 해외 연구동향

국가전자도서관에서 EAF Dust를 키워드로 1993년 이후의 EAF Dust 관련문헌을 검색한 결과 59건이 검색되었고, 01년에 5건, 00년에 3건, 99년에 4건, 98년 2건, 97년이 가장 활발하여 16건의 보고가 확인되었다. 96년에는 8건, 95년에는 3건의 보고가 검색되었다. 가장 활발하게 많은 연구논문이 발표되었던 97년 이후에는 논문 발표수가 현저히 감소되어 97년 이후에 이 분야에 대한 관심이 감소하고 있음을 보여주고 있다.

01년에 발표된 연구논문들은 direct recycling, reduction kinetics, distillation reduction등에 관심을 보이고 있었다.

EAF Dust References

1. Recovery of zinc from EAF dust by electrowinning / (Steel times,v.220 no.12,1992,pp.567-)
2. EAF Dust Treatment in Ausmelt Furnace System /Floyd, J. ; King, P. ; Short, W. (SEAIQI Quarterly,v.22 no.2,1993,pp.60-)
3. EAF Dust Treatment at Miike Smelting /Hirayama, Y. (JOURNAL- MINING AND MATERIALS PROCESSING INSTITUTE OF JAPAN,v.109 no.12,1993,pp.190-)
4. Recent Operation of EAF Dust Treatment at Sumitomo Shisaka Works /Takewaki, M. ; Ojima, Y. (JOURNAL- MINING AND MATERIALS PROCESSING INSTITUTE OF JAPAN,v.109 no.12,1993,pp.184-)
5. MF Process for EAF Dust Treatment /Murayama, Y. (JOURNAL- IRON AND STEEL INSTITUTE OF JAPAN JAPANESE EDITION,v.80 no.6,1994,pp.N281-)

6. A Thermodynamic Study for Recovery of Zinc from EAF Dusts by Pyrometallurgical Processes /Ma, D. ; Lu, W.-K. (ANNUAL CONFERENCE OF METALLURGISTS-METALLURGICAL SOCIETY OF THE CANADIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY,v.33 no.COM, 1994, pp.35-)
7. Treatment of EAF dust by leaching /Corsini, T. (Steel times,v.222 no.10,1994,pp.400-)
8. Total Recycle of EAF Dust /Sosinsky, D. J. ; Lherbier, L. W. ; Green, R. D. (Proceedings,v.53,1995,pp.319-324)
9. The Formation and Suppression of EAF Dust /Stubbles, J. R. (Proceedings,v.52,1995,pp.179-)
10. Application of Plasma Technology to Treat EAF Dust /Li, D. (Kang tǝh = Iron and steel, v.30, no.3, 1995, pp.72-)
11. What to do with your EAF dust /Zunkel, D. (Steel times international, v.20 no.4,1996,pp.46-50)
12. EAF dust control at Saudi Iron and Steel / (Haznews : international hazardous waste management, no.100, 1996, pp.17-)
13. EAF dust zinc recovery unit goes commercial in Italy / (Haznews : international hazardous waste management, no.99, 1996, pp.5-)
14. Thermoanalytical study of EAF dust and its vitrification product /Mikhail, S. A. ; Turcotte, A. M. ; Aota, J. (Thermochimica acta,v.287 no.1,1996,pp.71-79)
15. Stabilization/Solidification of Eaf dust by pelletizing with blast furnace slag cement / Lopez, F. A. ; Sainz, E. (Afinidad : organo de la Asociaci?n de Qu?micos del Instituto Qu?mico de Sarr?a,v.464,1996,pp.232-240)
16. Development of EAF dust treatment method by a vacuum heating reduction /Hara, T. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.9 no.4,1996,pp.802-)
17. CERCLA Liability Imposed for EAF Dust Sent Offsite for Processing Into Fertilizer Additive / (The Hazardous waste consultant : a bimonthly publication of McCoy & Associates,v.14 no.7,1996,pp.3.6-3.7)
18. Australian joint venture to recover EAF dust zinc / (Haznews : international hazardous waste management,no.105,1996,pp.18-19)

19. Taiwan Steel buys EAF dust processing kiln / (Haznews : international hazardous waste management,no.107,1997,pp.20-)
20. Reduction of EAF dust emissions by injecting it into the furnace /Jensen, J. T. ; Wolf, K. (Metallurgical plant and technology international : MPT,v.20 no.3,1997,pp.58-62)
21. Recovering zinc and iron from EAF dust at Chiba Works / (New steel, v.13, no.6, 1997, pp.84-85)
22. EAF dust as a zinc resource and the role of impurities in the dust treatment process /Yoshida, T. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES, v.10, no.1, 1997, pp.64-67)
23. Recycle technology of EAF dust /Okamura, H. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.10 no.1,1997,pp.46-49)
24. Technology of electrothermic furnace process for EAF dust treatment /Inoue, K. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.10 no.1,1997,pp.40-41)
25. Dechlorine process of EAF dust /Miyawaki, A. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.10 no.1,1997,pp.22-24)
26. Behavior of halides in the recycling process of EAF dust /Yamaguchi, S. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.10 no.1,1997,pp.10-13)
27. Treatments for EAF dusts from a thermodynamical point of view in a Zn-Fe-O system /Nakamura, T. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.10, no.1, 1997,pp.6-9)
28. Steelmaking Trials With Pyrogenically Reduced EAF Dust at Inland Steel Bar Company /Addes, V. I. ; Lang, J. S. ; Skopelja, W. J. ; Lherbier, L. W. ; Sosinsky, D. J. (Proceedings, v.54, 1997, pp.367-374)
29. Status of EAF Dust Recycling Through Vitrification /Buddemeyer, J. H. ; O'Donnell, F. J. (Proceedings,v.54,1997,pp.57-64)
30. Glassification of EAF dust: the limits for Fe₂O₃ and ZnO content and an assessment of leach performance /Ionescu, D. ; Meadowcroft, T. R. ; Barr, P. V. (Canadian journal of botany. Journal canadien de botanique,v.36 no.4,1997,pp.269-282)

31. Philip Europe builds UK EAF dust facility / (Haznews : international hazardous waste management,no.115,1997,pp.4-)
32. Pyrometallurgical Pre-Treatment of EAF Dust at Reduced Pressure /Zabett, A. (Proceedings, v.55, 1997, pp.697-702)
33. Transformation of EAF Dust into Commercial Products /Jones, R. D. ; O'Donnell, F. J. ; Buddemeyer, J. (Proceedings,v.55,1997,pp.583-588)
34. The Characterization and Formation of Electric Arc Furnace (EAF) Dusts /Badger, S. R. ; Kneller, W. A. (Proceedings,v.55,1997,pp.95-98)
35. Ascometal to upgrade EAF dust collection / (Haznews : international hazardous waste management, no.118, 1998, pp.5-)
36. Development of EAF dust treatment system /Isozaki, S. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.11 no.1,1998,pp.159-)
37. EAF Dust Treatment Process / (NKK TECHNICAL REVIEW,no.81,1999,pp.49-51)
38. Simulation of Pyrometallurgical Processing of EAF Dust Bearing Nonferrous Metals /NAKAZAWA, S. ; AZAKAMI, T. ; YAZAWA, A. (JOURNAL- MINING AND MATERIALS PROCESSING INSTITUTE OF JAPAN,v.115 no.10,1999,pp.781-786)
39. New Technology For Treating EAF Dust by Vacuum Heating Reduction /Hara, T. ; Sasamoto, H. ; Okada, Y. ; Suzuki, K. ; Mizuta, H. (SEAI Quarterly,v.28 no.2,1999,pp.20-26)
40. Smelting reduction reaction behavior of zinc and iron oxide in EAF dust recycling furnace (Development of the smelting reduction process with coke packed bed to recover zinc from electric arc furnace /Ishiwata, N. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES,v.12 no.3,1999,pp.119-)
41. The strength and the high temperature behaviors of self-reducing pellets containing EAF dust /MANTOVANI, M. C. ; TAKANO, C. (ISIJ international,v.40 no.3,2000,pp.224-230)
42. The Formation of EAF Dust /Huber, J. C. ; Rocabois, P. ; Faral, M. ; Birat, J.-P. ; Patisson, F. ; Ablitzer, D. (Proceedings, v.58, 2000, pp.171-182)
43. Formation of dioxins from TCP/TCB by catalytic action of EAF dust (Dioxins abatement technologies of arc furnace flue gas-3) /Sasamoto, H. (CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES, v.13, no.4, 2000, pp.998-)

44. Non-isothermal reduction kinetics of EAF dust-based pellets /Peng, B. ; Lobel, J. ; Kozinski, J. A. ; Bourassa, M. (CIM bulletin,no.1049,2001,pp.64-69)
45. Kinetics research of EAF dust reduction in isothermal condition /Peng, B. (JOURNAL- EAST CHINA UNIVERSITY OF METALLURGY, v.18, no.1 = no.68, 2001, pp.13-17)
46. Zinc Recovery from EAF Dust by the Iron Reduction Distillation Process /Sukonthanit, S. ; Gray, N. B. ; Swinbourne, D. ; Somsiri, C. (Proceedings,v.59,2001,pp.619-632)
47. Oxyfines - A New Technology for Direct Recycling of EAF Dust and Sludge /von Scheele, J. ; Johansson, M. ; Moran, C. (Proceedings, v.59, 2001, pp.465-472)
48. Thermodynamics calculation on the oxidation and sulfur removal abilities of slag in EAF dust pellet reduction process /Peng, B. ; Peng, J. ; Zhang, C.-f. (JOURNAL- CENTRAL SOUTH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY -ENGLISH EDITION-,v.8 no.1,2001,pp.64-68)