

보통포틀랜드시멘트 原料로서 灰重石 鑛尾의 活用

*金亨錫 · 鄭洙福 · 金椀泰 · 安芝煥 · 蔡泳培

韓國地質資源研究院 資源活用素材研究部

Utilization of Scheelite Mine Tailing as Raw Material of Ordinary Portland Cement

*Hyung-Seok Kim, Soo-Bok Jeong, Wan-Tae Kim, Ji-Whan Ahn and Young-Bae Chae

Minerals & Materials Processing Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

요 약

회중석 광석의 부유선별 공정에서 발생된 폐광미를 보통포틀랜드시멘트의 원료로 이용하기 위하여 폐광미의 사용량에 따른 조합 원료 및 시멘트 클링커의 특성을 연구하였다. 폐광미에는 68.8%의 SiO₂, 8.6%의 Al₂O₃, 10.8%의 Fe₂O₃, 5.0%의 CaO가 함유되어 있고, 주로 α-quartz, muscovite, clinocllore 등으로 존재하며, 88 μm 잔사가 약 8.0% 정도 이다. 석회석, 전로슬래그, 플라이애쉬, 폐광미 등의 조합원료를 LSF: 91.0, SM: 2.60, IM: 1.60의 modulus로 혼합하여 클링커를 합성한 결과, 조합원료의 소성지수는 50.7정도이고, 클링커에 함유된 C₃S 및 β-C₂S의 결정크기는 15~35 μm로, 폐광미를 조합원료에 약 3.8%까지 사용할 수 있었다.

주제어: 폐광미, 회중석, 보통포틀랜드시멘트, 클링커, 소성지수

Abstract

In order to use the mine tailing which was generated in the flotation process of scheelite ore into the raw material of ordinary portland cement, the characteristics of the prepared cement clinker was investigated. Scheelite mine tailing is composed of 68.8% of SiO₂, 8.6% of Al₂O₃, 10.8% of Fe₂O₃, and 5.0% of CaO, respectively. It exists as α-quartz, muscovite, clinocllore and has 8.0% of 88 μm residue. When LSF, SM, and IM of the raw materials (such as limestone, convertor slag, fly ash, and mine tailing) are 91.0, 2.60, and 1.60, respectively, the burnability index of the raw materials is 50.7, the crystal size of C₃S and β-C₂S in the prepared clinker is 15~35 μm, and about 3.8% of scheelite mine tailing can be used as raw material.

Key words: mine tailing, scheelite, ordinary portland cement, clinker, burnability index

1. 서 론

1914년 이후 개발된 국내의 금속광산은 10,318개 정도이며, 이중 현재 확인된 휴·폐광산은 1,000여개에 이른다. 한편, 1997년에 한국지질자원연구원에서 214개의 휴·폐광산을 조사한 결과¹⁾에 따르면 약 8,800만톤의 광산폐기물이 적치되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 광산폐기물에 의해 주변의 하천, 토양, 지하수 등이

중금속으로 오염되고, 농경지가 피복되고, 산림이 황폐화되며, 지표침하에 따른 지표시설물의 붕괴 등과 같은 많은 문제점을 발생시키는 것으로 조사되었다.

광산폐기물에 의한 환경적인 문제점을 해결하기 위한 방법으로는 부분/완전 차수매립법, 채굴적 충전법, 고품화/불용화법, 토양세척법, 매립법 등이 제안²⁾되고 있다. 그러나 국내에서는 광산폐기물 처리의 경제성 및 안정성의 문제로 차수매립법이 주로 시행되고 있다.

차수매립법은 광산폐기물을 적치장의 주변에서 단기간 내에 차단하여 매립함으로써 무해화시킬 수 있는 방법으로 폐기물의 관리가 용이하다는 장점이 있다. 그러

* 2003년 11월 17일 접수, 2004년 5월 4일 수리

* E-mail: hskim@kigam.re.kr

나 매립장의 부지를 활용할 수 없고, 차수재의 수명에 따라 일정한 시간이 경과된 후에는 재처리해야만 하는 단점이 있다.

본 연구에서는 상동광산에서 채광된 회중석 광석을 부유선별하는 공정에서 발생된 광미(구광미장: 400만톤, 신광미장: 800만톤,³⁾ 이하 폐광미로 칭함)를 보통포틀랜드시멘트(Ordinary Portland Cement : OPC)의 원료로 활용할 목적으로 상동광산 인근지역에 위치한 시멘트사의 조합원료, 배합조건, 소성조건으로 보통포틀랜드시멘트 클링커를 제조한 후 그 특성에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

2.1. 원료

폐광미 시료는 Fig. 1과 같이 상동광업소의 구광미장에

에 야적된 것을 채취하여 사용하였다. 폐광미는 Fig. 2의 대한중석광업(주) 상동광업소의 개략적인 부선계통도⁴⁾에서 알 수 있는 바와 같이 상동광산에서 채굴된 회중석 광석을 jaw crusher와 cone crusher로 각각 1차, 2차 파쇄한 후 볼밀에서 48mesh(0.295 mm)이하로 마광된 광립을 각종 부선시약을 사용하여 황화광물과 비황화광물로 부유선별하는 공정에서 발생된 미광(tailing)을 야적해 놓은 것이다.

보통포틀랜드시멘트 클링커를 제조하기 위한 주요원료물질로는 상동광업소 인근지역에 위치한 국내 S 시멘트회사의 원료물질들을 사용하였다. 즉, CaO원으로는 강원도 영월지역에서 산출되고 있는 석회석을, 규산알루미나질 원료로는 세일과 삼천포 화력발전소에서 발생된 플라이애쉬를, 그리고 철질 원료로는 제철소의 제강공정에서 발생된 전로슬래그를 사용하였다.



Fig. 1. Old mine waste dam of Sang-Dong mine.

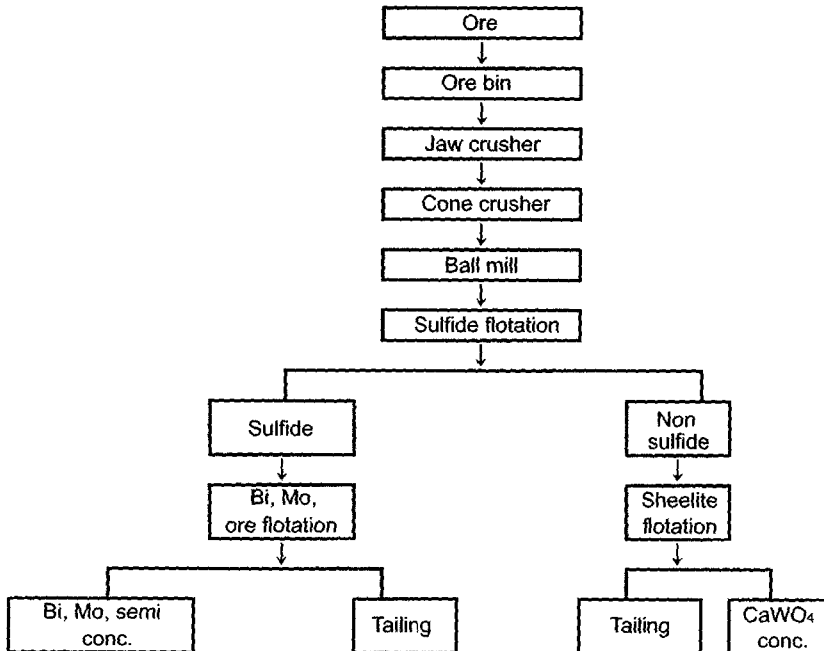


Fig. 2. Flotation flow sheet of Sang-Dong mine.³⁾

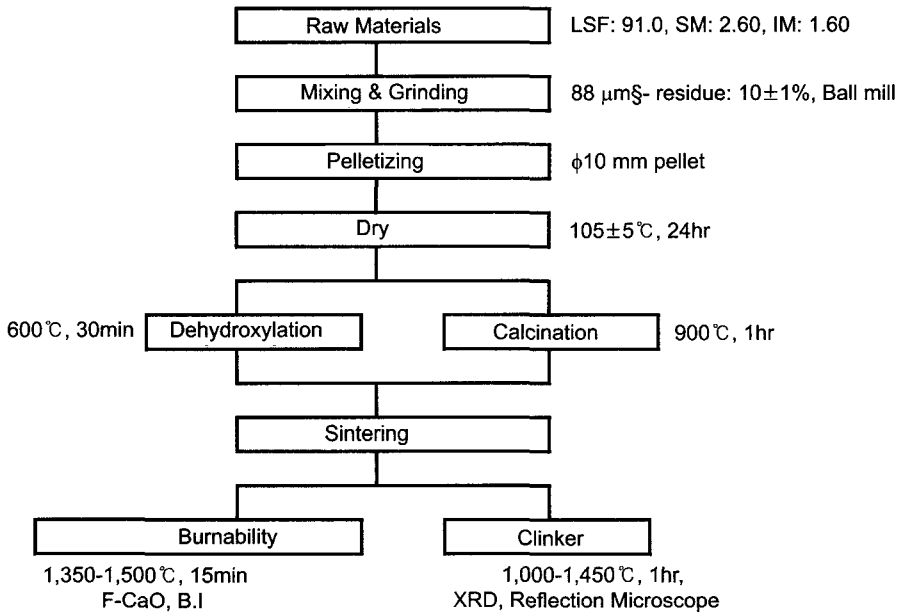


Fig. 3. Experimental procedures.

2.2. 실험방법

Fig. 3은 본 연구의 실험과정을 나타낸 것이다. 먼저 시료의 화학성분은 X-선형광분석기(XRF-1700, Shimadzu)로, 입도분포는 입도분석기(Mastersizer ms20, Malvern)로 분석하였고, 중금속 용출량은 국내의 폐기물공정시험법과 미국의 EPA에서 규정하고 있는 TCLP법으로 중금속을 용출시킨 후 ICP(ICP-AES 7500, Shimadzu)로 분석하였다.

원료들을 S 시멘트회사의 원료배합조건인 LSF(석회포화도 : Lime Saturation Factor) 91.0, SM(규산율 : Silica Modulus) 2.60, IM(철율 : Iron Modulus) 1.60이 되도록 조합한 후 실험용 볼밀을 사용하여 88 μm (170 mesh)체 잔사의 양이 10±1%가 되도록 분쇄하면서 혼합하였다. 그리고 혼합된 조합원료에 소량의 물을 첨가하여 지름이 약 10 mm이 되도록 성구한 다음, 105±5°C로 유지된 건조기에서 24시간동안 건조시켰다. 건조된 조합원료를 실험용 전기로(Super kanthal furnace)에서 900°C에서 1시간 동안 탈탄산시키고 1,000~1,450°C 온도범위에서 1시간 동안 소성한 후 공냉하여 클링커를 제조하였다. 클링커의 구성광물상은 X-선회절분석기(X'pert, Philips)로 분석하였고, 광물의 형상은 합성된 클링커를 연마하여 반사현미경으로 관찰하였다.

조합원료의 소성성은 Polysius 방법⁵⁾으로 판단하였다. 이 방법은 조합원료의 LSF값이 95.0이 되도록 시멘트 원료물질들을 혼합, 분쇄, 성구 및 건조한 후 600°C에서 30분 동안 가열한 다음 1,350, 1,400, 1,450, 1,500°C에서 각각 15분 동안 소성하여 클링커를 합성한 후 클링커내에 화합물로 형성되지 않고 존재하는 CaO(Free CaO)의 함유량을 정량하여 식(1)에 대입하여 소성지수(Burnability Index, B.I)를 계산하는 방법이다. 소성지수는 조합원료의 소성 용이성을 판단하는 품질관리기준으로, 이 값이 50보다 큰 값을 가질수록 소성성이 나빠지게 되고, 50보다 작아질수록 소성성이 좋아지게 됨을 의미한다. 그러나 본 연구에서는 조합원료의 LSF를 91.0으로 하였기 때문에 LSF의 값이 ±1 변화시에 정량된 F-CaO 함유량에 CaO의 양을 ±0.4로 가감하여 B.I를 계산하였다.

$$B.I = \frac{F-CaO\%[(1,350^\circ C) + (1,400^\circ C) + 2 \times (1,450^\circ C) + 3 \times (1,500^\circ C)] \times 3.73}{[(1,350^\circ C \text{ Clinker } F-CaO\%) - (1,500^\circ C \text{ Clinker } F-CaO\%)]^{1.2}} \quad (1)$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 원료의 특성

Table 1와 Fig. 4 및 5는 폐광미를 각각 화학분석, X-선회절분석, 입도분석한 결과이다. 폐광미에는 시멘트

Table 1. Chemical composition of the test sample.

Chemical composition (wt.%)								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig-loss	
68.75	8.58	10.84	4.95	1.24	0.10	1.59	2.06	
Heavy metal (ppm)								
Mn	Co	Cr	Ni	Cu	Pb	Zn	As	Cd
2,800	29	39	19	59	24	137	36	<1

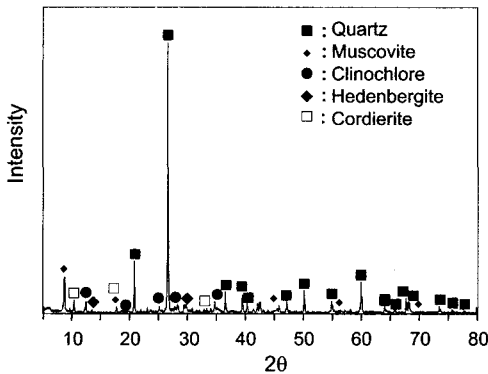


Fig. 4. X-ray diffraction pattern of the test sample.

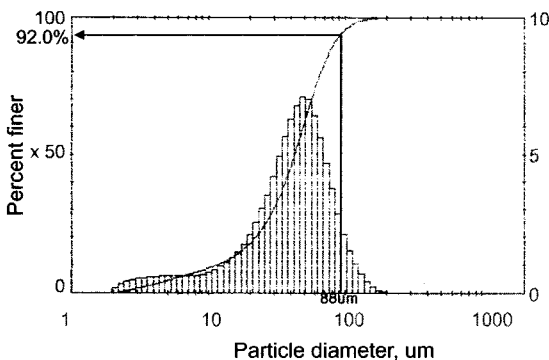


Fig. 5. Particle size distribution of the test sample.

의 주요성분인 SiO₂가 68.75%, Al₂O₃ 8.58%, Fe₂O₃ 10.84%, CaO 4.95% 정도가 함유되었고, α-quartz, muscovite, clinocllore 등으로 주로 존재하나 pyrite, scheelite, arsenopyrite 등도 소량으로 존재하는 것으로 나타났다. 폐광미의 입도를 분석한 결과, 대부분이 200 µm이하의 입자로 구성되어 있고, 88 µm(170 mesh) 이하의 입도는 92.0%이상인 것으로 나타나 시멘트를 제조할 때 요구되는 조합원료의 입도(88 µm 잔사 10%)를 만족시키는 것으로 나타났다. 이는 부유선별을 높이기

Table 2. Leaching test result of the test sample.

Method	Leaching amount of heavy metals(ppm)				
	Cu	Pb	Cr	Cd	As
KSLT	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
TCLP	N.D	0.1	N.D	N.D	N.D

위해 불밀로 회중석 광석을 295 µm(48 mesh)이하로 분쇄하고, 또한 88~295 µm에 해당되는 정광이 부유선별공정에서 회수되었기 때문으로 생각된다. 그러므로 이들 폐광미를 시멘트 원료로 사용할 경우에는 조합원료에 사용되는 양에 해당되는 만큼 분쇄비를 다소 절감할 수 있을 것으로 보인다.

국내 폐기물 공정시험법과 EPA에서 규정하고 있는 TCLP법으로 폐광미의 중금속 용출량을 분석한 결과, Table 2에서 알 수 있는 바와 같이 국내 폐기물 공정 시험법으로는 중금속이 전혀 용출되지 않으나, TCLP법에 의해서는 Pb만 0.1 ppm 정도 용출되는 것으로 나타났다. 이는 폐광미속에 함유된 중금속이 용해도가 낮은 황화광물 및 조암광물로 주로 존재하기 때문으로 판단된다.

Table 3과 Fig. 6은 현재 국내 S 시멘트회사에서 보통포틀랜드시멘트 클링커를 제조하기 위해 CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃원으로 사용하고 있는 석회석, 세일, 전로슬래그, 플라이애쉬의 화학성분과 X-선회절분석한 결과이다.

Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 CaO원으로 사용되고 있는 석회석은 45.64%의 CaO와 10.50%의 SiO₂가 함유되어 있고 주로 calcite와 α-quartz로 존재한다. SiO₂원으로 주로 사용되고 있는 세일은 79.81%의 SiO₂와 11.22%의 Al₂O₃가 함유되어 있고 α-quartz와 muscovite로 존재한다. Fe₂O₃원으로 사용된 전로슬래그는 31.45%의 Fe₂O₃와 36.67%의 CaO 그리고 16.59%의 SiO₂가 함유되어 있고, 2CaO · SiO₂ 및 2CaO ·

Fe₂O₃와 같은 시멘트 화합물과 hematite(α-Fe₂O₃)로 존재하는 것으로 나타났다. 그리고 점토질 원료로 사용된 플라이 애쉬는 51.35%의 SiO₂와 27.43%의 Al₂O₃가 함유되어 있고, mullite와 α-quartz로 주로 존재하는 것으로 나타났다.

3.2 조합 원료의 조성성

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 폐광미에는 SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO의 순으로 시멘트 클링커의 주요성분들이 함유되어 있고, CaO와 Fe₂O₃ 성분만을 제외한다면 폐광미의 화학조성이 세일과 유사한 SiO₂와 Al₂O₃ 성분의 비율을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 폐광미를 보통포틀랜드시멘트 원료중 세일을 대체하여 사용하는 것으로 배합기준을 설정하였다. 그리고 폐광미

의 세일 치환율을 각각 0, 50, 100%로 결정한 후 현재 S 시멘트회사에서 원료배합으로 사용 중인 LSF 91.0, SM 2.60, IM 1.60으로 원료들을 혼합하였다. 각 조합원료들의 배합율을 Table 4에 나타내었다.

Table 4에서 알 수 있는 바와 같이 세일에 대한 폐광미의 대체율을 100%로 증가시키에 따라 플라이애쉬의 혼합량이 3.72%에서 4.33%로 약 0.61% 증가되었다. 그러나 전로슬래그의 양은 3.03%에서 1.98%로 1.05%정도 감소되었다. 이는 세일과 폐광미의 Fe₂O₃/Al₂O₃ 중량비가 각각 0.33 및 1.26이기 때문에 상대적으로 Fe₂O₃가 많이 함유되어 있는 전로슬래그의 사용량은 감소되고, Al₂O₃가 많이 함유되어 있는 플라이애쉬의 양은 증가된 것이다. 그러므로 조합원료 중 세일을 폐광미로 전량 대체하여 사용하게 되면 세일은

Table 3. Chemical composition of the raw materials.

Items	Chemical compositions(wt.%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig.loss
Limestone	10.50	1.93	0.92	45.64	2.20	0.06	1.05	37.93
Shale	79.81	11.22	3.70	0.34	0.41	0.02	1.89	2.55
Convertor slag	16.59	10.53	31.45	36.67	7.55	0.04	0.08	0.09
Fly ash	51.35	27.43	6.90	6.44	1.02	0.05	0.80	3.34

Table 4. Mixing ratio of the raw materials.

Items	Mixing ratio(wt.%)				
	Limestone	Shale	Mine tailing	Convertor slag	Fly ash
Plain	89.73	3.52	None	3.03	3.72
SD50	89.80	1.83	1.83	2.53	4.01
SD100	89.88	None	3.81	1.98	4.33

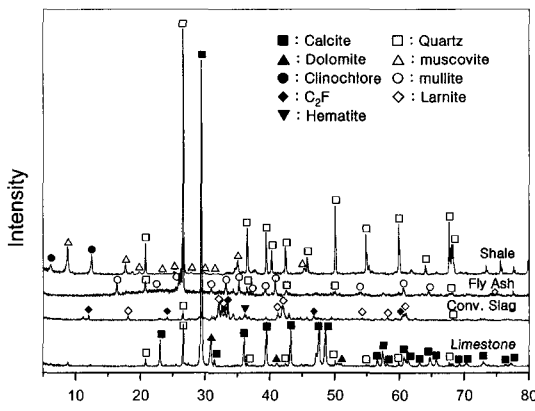


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of the raw materials.

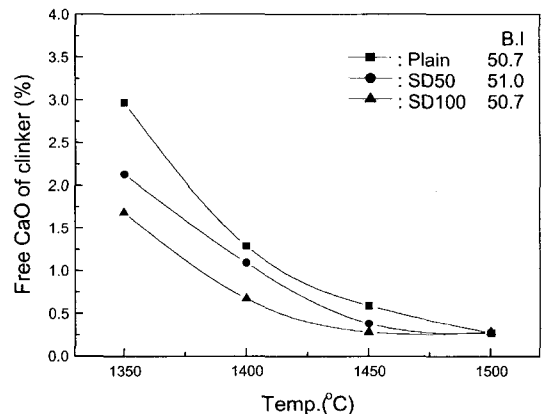


Fig. 7. Free-CaO content and burnability index of the clinker synthesized at various temperatures.

3.52%, 전로슬래그는 1.05% 정도 사용량이 감소되므로 이들의 사용에 따른 원료비와 분쇄비를 다소 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 7은 시멘트클링커의 고상-액상 반응온도^{6)인} 1,350°C, 1,400°C, 1,450°C, 1,500°C에서 LSF 91.0인 조합 원료를 15분 동안 소성하여 합성한 클링커의 Free CaO의 함유량과 LSF를 95.0로 환산하여 소성지수(Burnability index: B. I)를 계산한 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 7에서 알 수 있는 바와 같이 각 소성온도에서 세일에 대한 폐광미의 치환량이 증가되고 온도가 1,450°C까지 높아질수록 클링커에 함유된 Free CaO의 양은 폐광미를 사용하지 않았을 경우보다 2배 정도 감소되는 것으로 나타났다. 따라서 각 온도에서 제조된 클링커에 함유된 Free CaO의 양으로 각 배합조건에서의

소성지수(B.I)를 계산한 결과, Plain의 경우 50.7, 세일에 폐광미를 50% 치환한 경우에는 51.0, 전량 대체하여 사용한 경우에는 50.7인 것으로 계산되어 폐광미를 사용한 조합원료의 소성성은 Plain과 유사하게 좋은 것으로 나타났다.

3.3. 클링커의 합성

Fig. 8은 Table 4와 같이 혼합한 조합원료를 온도별로 소성하여 합성된 클링커를 X-선회절분석한 결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 세일에 대한 폐광미의 치환량에 큰 영향없이 1,000°C에서는 CaO와 SiO₂(α-quartz)성분이 반응하지 않은 상태로 주로 남아 있고, β-C₂S의 미세한 회절피크가 보인다. 그러나 소성 온도가 높아짐에 따라 CaO와 SiO₂의 반응이 활발하게

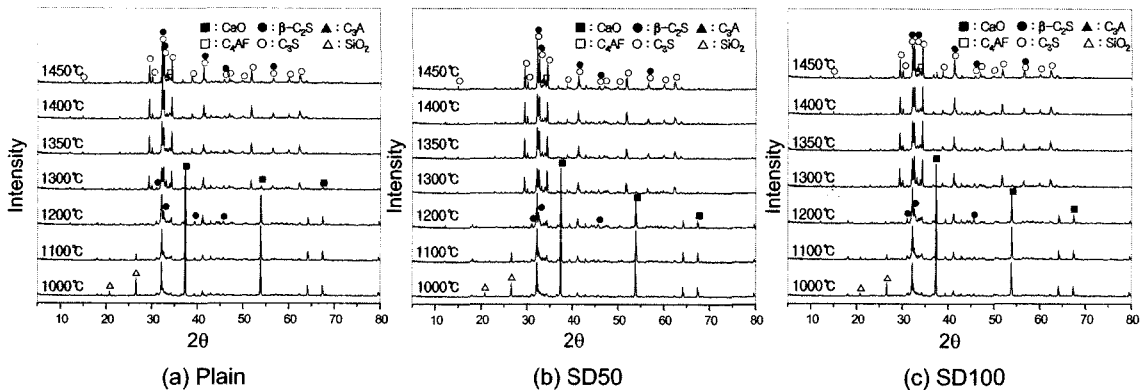


Fig. 8. X-ray diffraction patterns of the clinker synthesized at various temperature according to the substitution ratio of mine tailing for shale.

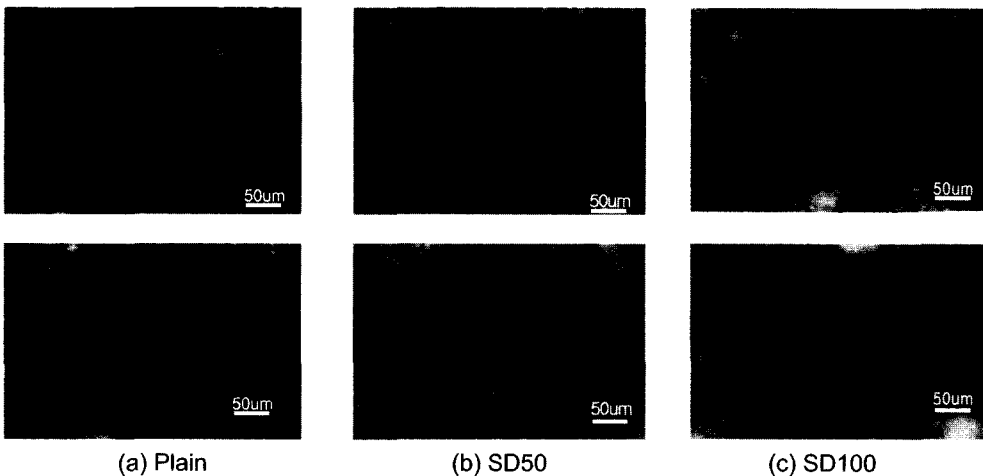


Fig. 9. Reflection microscope photographs of the clinker synthesized at 1,450°C according to the substitution ratio of mine tailing for shale.

Table 5. Chemical and mineral composition of the synthesized clinker by Bogue's equation.

Items	Chemical composition(wt.%)							Mineral composition(wt.%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Plain	22.20	5.25	3.28	64.16	3.42	0.10	1.58	52.4	24.2	8.4	10.0
SD50	22.21	5.28	3.28	64.17	3.40	0.11	1.58	52.4	24.2	8.4	10.0
SD100	22.21	5.26	3.29	64.18	3.37	0.11	1.58	52.4	24.2	8.4	10.0

이루어지면서 1,200°C에서부터는 C₃S가 합성되기 시작하여 1,450°C에서는 보통포틀랜드시멘트 클링커의 중요한 광물상인 C₃S, β-C₂S, C₃A, C₄AF만으로 존재한다. 한편 Fig. 8의 1,450°C에서 소성된 클링커를 연마하여 C₃S와 β-C₂S로 균분된 광물상을 반사현미경으로 촬영한 결과를 보인 Fig. 9의 사진에서 알 수 있는 바와 같이 클링커에 함유된 C₃S와 β-C₂S는 각각 육각형과 구형으로 존재하며, C₃S와 β-C₂S의 결정크기는 15~35 μm인 것으로 나타났다.

Table 5는 합성된 클링커의 화학성분 분석치를 Boque식에 대입하여 클링커의 주요광물의 함유량을 계산한 결과를 보인 것이다. 페광미의 혼합량에 관계없이 거의 유사하게 C₃S가 52.4%, C₂S가 24.2%, C₃A가 8.4%, C₄AF가 10.0% 정도로 함유되어 전형적인 보통포틀랜드시멘트 클링커의 광물조성을 갖는 것으로 나타났다.

한편, 그림으로 보이지는 않았지만 제조된 클링커에 화학석고(CaSO₄·2H₂O)를 5% 첨가하여 불밀에서 blaine 3,200±50 cm²/g의 수준으로 분쇄한 후 W/C비를 50%로 하여 시멘트 페이스트(cement paste)를 제조한 후 시멘트 페이스트의 재령(3, 7, 28일)에 따른 중금속의 용출량을 국내 폐기물 공정시험법 및 EPA에서 규정한 TCLP 법으로 중금속 용출량을 분석한 결과, 중금속은 거의 검출되지 않는 것으로 나타났다. 이는 Table 1과 같이 중금속 함유량이 낮은 페광미가 조합원료에 3.81% 정도로 사용되었기 때문에 클링커내 중금속의 함유량이 환경규제치 이하로 적어진 것과 중금속들이 클링커 광물상에 고용되고 시멘트의 수화물에 고정화되었기 때문으로 생각된다.

4. 결 론

회중석 광석의 부유선별공정에서 발생된 폐광미를 보통포틀랜드시멘트의 원료로 활용할 목적으로 실제 시멘트 공장의 조합원료, 배합조건, 소성조건으로 보통포틀랜드시멘트 클링커의 합성 특성을 연구한 결과, 다음과

같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 페광미에는 68.8%의 SiO₂, 8.6%의 Al₂O₃, 10.8%의 Fe₂O₃, 5.0%의 CaO가 함유되어 있어 페광미를 세일 대체 원료물질로 사용할 수 있다. 또한 페광미의 입도분석결과, 88 μm체 잔사가 8.0% 정도로 보통포틀랜드시멘트 원료의 입도기준인 88 μm체 잔사 10.0%이 하인 기준에 적합하기 때문에 페광미를 분쇄하지 않고도 시멘트의 원료로 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

2. 보통포틀랜드시멘트의 주요원료 중 세일을 페광미로 100% 대체하여 시멘트 제조공장의 배합조건(LSF; 91.0, SM; 2.60, IM; 1.60)으로 클링커를 합성한 결과, 조합원료의 소성지수(B.I)는 50.7정도로 소성성이 매우 양호하였으며, 제조된 클링커에는 C₃S가 52.4%, C₂S가 24.2%, C₃A가 8.4%, C₄AF가 10.0% 정도로 함유되어 있었다. 이때 alite(C₃S)와 belite(β-C₂S)은 전형적인 육각형 및 구형의 결정 모양을 보였고, 이들 광물의 결정크기는 plain과 유사한 15~35 μm이었으며, 이들 클링커로 제조한 시멘트 페이스트에서는 중금속이 용출되지 않는 것으로 나타났다.

3. 페광미를 시멘트 조합원료중 세일을 전량 대체하여 3.8% 사용하게 되면 해당 양만큼의 분쇄비가 절감되고, 값비싼 전로슬래그의 사용량을 35%까지 절감(전로슬래그 사용량이 3.03%에서 1.98%로 감소됨)할 수 있기 때문에 회중석 광석의 부유선별시 발생된 폐광미를 시멘트원료 중 규산알루미나질 원료로 사용되고 있는 세일을 전량 대체하여 고정적으로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

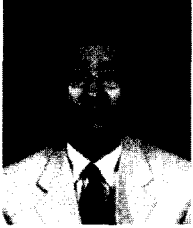
참고문헌

1. 민정식 등, 1997: 광산지역 광해조사 및 대책연구, 한국자원연구소, pp. 113-117.
2. 정영욱, 민정식, 2003: 폐금속광산 폐기물의 특성과 복구사업 사례, 한국지질자원연구원논문집, 7(2), pp. 3-9.
3. 정문영, 최연왕, 2002: 상동광산 광미의 특성과 재활용 방안, 제6회 폐기물 처리 및 재활용 워크샵, 한국지질자원연구원, pp. 112-127.

4. 오재현, 1967: 부유선광에 관하여, 화학공학, 5(2), p. 72.
 5. Helming, B., "Die Zement Herstellung", Polysius Review.
 6. Indach, J.A., 1976: "Non-Isothermal Investigation of the

Kinetics of Reactions Occurring During the Clinker Formation", Cem. Concr. Res., 6(6), pp.747-756.

金 亨 錫



- 1991년 인하대 자원공학과 학사
- 1993년 인하대 자원공학과 석사
- 1999년 인하대 자원공학과 박사
- 현재 한국지질자원연구원 자원활용 소재연구부

鄭 洙 福

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부
- 본 학회지 11권 제1호 참조

金 椀 泰



- 1994년 전남대 자원공학과 학사
- 1996년 전남대 자원공학과 석사
- 2000년 일본 동북대 자원공학과 박사
- 현재 한국지질자원연구원 자원활용 소재연구부

安 芝 煥

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부
- 본 학회지 11권 제3호 참조

蔡 泳 培

- 현재 한국지질자원연구원 자원활용소재연구부
- 본 학회지 11권 제3호 참조

학회지 광고게재 안내

격월 년간 6회로 발간되는 한국자원리사이클링 학회지에 광고를 게재하고 있습니다. 알찬 내용의 학회지가 될 수 있도록 특별회원사 및 관련기관에서는 많은 관심을 가지고 협조하여 주시기 바랍니다. 광고게재 비용은 아래와 같으며, 기타 자세한 내용 및 광고게재에 관해서는 학회로 문의하시기 바랍니다.

	칼라인쇄 (1회)	흑백인쇄 (1회)	1년 6회 게재 기준			
			칼라 인쇄		흑백 인쇄	
			일 반	특별회원사	일 반	특별회원사
앞표지 안 쪽	50 만원	30 만원	170 만원	120 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 안 쪽	50 만원	30 만원	170 만원	120 만원	130 만원	100 만원
뒷표지 바깥쪽	60 만원	40 만원	200 만원	150 만원	150 만원	120 만원
학회지 안(내지)	30 만원	20 만원	100 만원	80 만원	80 만원	50 만원

※Film을 주시는것을 기준으로 책정된 금액입니다.