

無煙炭과 페놀樹脂로부터 製造된 成形코크스의 氣孔率과 電氣抵抗率[†]

李桂承* · *宋泳俊**

*韓國地質資源研究院, **江原大學校

Porosity and Electrical Resistivity of Formed Cokes Made from Anthracite and Phenolic resin[†]

Gye Seung Lee* and *Young Jun Song**

*Korea Institute of Geoscience and mineral resources, **Kangwon National Univ.

요 약

국산무연탄과 페놀수지를 혼합 소성하여 성형코크스를 제조하고 점결제의 량, 탈수온도 및 시간, 경화온도 및 시간, 소결온도 및 시간, 무연탄의 입도 및 입도 분포, 무연탄의 품위, 플라스틱 혼합물 등을 변화시킬 경우에 있어서 제조되는 코크스의 기공율, 전기저항률 등의 물성 변화를 연구한 결과 제조된 대부분의 코크스는 $0.3 \sim 1.2 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 전기저항률과 10~30%의 기공율 범위에서 각 인자의 영향을 받아 변화함을 확인하였다.

주제어 : 무연탄, 페놀수지, 성형코크스, 전기저항율, 기공율

Abstract

In this study, the porosity and electrical resistivity of the formed coke produced by sintering the mixture of domestic anthracite and phenolic resin were mainly investigated, when the effect of the amount of binder, the hydration temperature and time, the hardening temperature and time, sintering temperature and time, the particle size of anthracite, the grade of anthracite, and the mixing ratio of phenolic resin on the physical properties of the coke were studied. As a result, It was found that the electrical resistivity and porosity of the formed coke are varied in the range of $0.3 \sim 1.2 \Omega \cdot \text{cm}$ of 10~30%, respectively, in accordance with the variation of factors.

Key words : anthracite, phenolic resin, formed coke, electrical resistivity, porosity

1. 서 론

Submerged Arc Furnace¹⁾를 이용하여 망간계 합금철인 페로망간과 실리콘 망간을 생산하는 공정에 있어서 합금철 생산량의 37 wt.%에 해당하는 코크스가 사용되고 있으며, 그 부피는 로내에 투입된 원료 부피의 50 v/v% 정도를 차지한다. 따라서 코크스의 물성은 합금철의 생산효율에 매우 많은 영향을 미치며, 강도, 반응성 외에 전기저항율을 중요한 품질요건으로 간주한다. 왜냐하면, 고로조업에 있어서 코크스의 주 역할이 연료,

환원제, 통기(또는 통액)성 확보²⁾ 인데 반하여 합금철 제조공정에 있어서 코크스의 역할은 환원제, 통기(또는 통액)성 확보, 전기저항열 발생을 위한 매체이기 때문이다. 반응성은 공기와의 반응성³⁾ 혹은 이산화탄소와의 반응성을 측정하여 결정하며 이산화탄소와의 반응성 측정법⁴⁾이 보다 널리 이용되고 있다. 반응성은 주로 기공율과 탄소의 결정화도에 의해 결정되며 기공율이 클수록 결정화도가 낮을수록 반응성이 높아진다. 반응성(CRI, Coke Reactivity Index)이 너무 높으면 열간강도에 해당하는 CSR(Coke Strength after Reaction)이 낮아져 생산성이 악화되므로 CSR값이 60% 이상이 되도록 CRI 값을 20~30% 사이에서 조절한다²⁾. 전기저항

[†] 2008년 4월 22일 접수, 2008년 10월 7일 수리

*E-mail: yjsong64@kangwon.ac.kr

을 역시 너무 높거나 낮으면 생산성을 악화시키기 때문에, 목적 온도와 기전 설비의 사양에 따라 0.1~4 $\Omega \cdot \text{cm}$ 의 범위의 것이 사용되고 있다.⁵⁾

지금까지 이러한 코크스들은 대부분 코크스화성이 우수한 점결탄을 주원료로 하여 제조되고 있으나 2005년 이후 점결탄의 가격이 급등함에 따라 그 사용량을 줄이기 위하여 점결탄의 일부 또는 전부를 성형코크스로 대체하는 방법이 고려되고 있다.⁶⁾

성형코크스의 제조에 관한 연구는 1970년경에 몇몇 국내 연구자들에 의해 연구^{7,8)}된 바 있으며, 외국의 경우는 연구가 보다 더 활발한 편이며 주로 점결탄, 타르, 피치, 아스팔트, 페놀수지 등의 결합제의 종류와 반응 조건에 따른 강도향상 연구^{9~11)}가 대부분이다.

본 연구자 등은 2005년부터 국산 무연탄과 페플라스틱을 사용한 합금철용 성형코크스의 제조 기술을 개발하기 위하여 노력하여 왔으며, 성형코크스의 제조를 위한 국산 무연탄의 물성과 선별특성, 페놀수지와 국산무연탄을 사용하여 합금철용 코크스를 제조하는 경우에 있어서 그 주요 품질요건인 강도, 기공율(반응성), 전기저항율에 미치는 여러 인자의 영향 등을 조사 보고^{12~14)}한 바 있다.

본 고에서는 점결제의 량, 탈수 온도 및 시간, 경화 온도 및 시간, 무연탄의 입도, 무연탄의 회분 함량, PVC혼합비, 성형 압력 등이 코크스의 전기저항율과 기공율에 미치는 영향을 중심으로 조사 검토하였다.

2. 실험 방법

2.1. 시료

본 연구를 위하여 경동탄광, 장성탄광, 태안산업의 저탄장에서 채취한 무연탄 정광들을 사용하여 시험 비교 하였으나 시료에 따른 영향이 크지 않았으므로 본 고에서는 태안무연탄에 대한 실험결과만을 다룬다. 사용된 태안 무연탄 정광은 발열량이 5205 cal/g이고 SiO_2 를 주성분으로 하는 shale류의 회분을 25.3% 함유한 것을 사용하였다. 페놀수지는 국내에서 생산중인 고정탄소 함량이 54%인 분말형의 것과 고정탄소 함량이 56%인 액상의 것을 사용하였다.

코크스 시료는 동부메탈에서 제공한 일본산 NKK 코크스와 Chiba 코크스를 비교용 시료로 사용하였다. 이들은 전기저항률이 0.1~0.4 $\Omega \cdot \text{cm}$ 이고, 기공율이 40~50%, 강도가 100~150 kgf/cm²이다. Fig. 1은 코크스 시료의 사진이다.

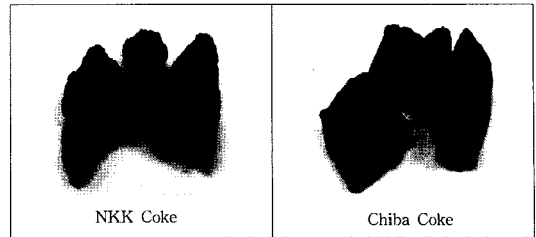


Fig. 1. Photographs of cokes sample.

2.2. 실험 방법

코크스의 제조: 코크스 제조를 위하여 점결제인 액상 페놀수지를 6%, 증류수를 12%, 100 mesh 이하의 무연탄 분말(주로 태안 정광을 사용)을 82% 첨가하여 혼합하고 2g씩을 직경이 1.128 cm(단면적 1cm²)인 성형 몰드에서 50 kgf의 압력으로 압축 성형하여 원주형 펠릿을 제조하였다. 제조된 펠릿은 50°C에서 6시간 동안 탈수한 다음 200°C에서 2시간 동안 경화하고 엘리베이터식 전기로에서 1200°C로 6시간 동안 소결하였다. 동일 조건에서 5개 이상을 제조 하였으며, 전기로의 승온 속도는 공히 10°C/min 으로 고정하였다. 이러한 조건들을 표준 조건으로 하여 각 인자별 실험에 있어서 해당 인자만을 변화시켜 그 영향을 조사하였다.

코크스의 진밀도, 겉보기 밀도 및 기공율 측정 등은 KS E ISO 1014¹⁵⁾에 준하였으며 전기저항의 측정은 KS M ISO 10143¹⁶⁾의 알루미늄 제조용 탄소재료-전극용 하소 코크스-입자의 전기 저항 측정 방법에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 점결제의 양 변화 분석

점결제의 첨가량을 0~18%까지 변화시키면서 점결제의 첨가량에 따른 기공율, 전기저항률의 변화를 관찰하였다. 기공율을 가능한 일정하게 유지하기 위하여 액체가 무연탄에 대하여 항상 18%가 되도록 조절하였다. 즉, 페놀 첨가량이 18%인 경우는 물을 전혀 사용하지 않았지만 15%인 경우는 3%의 물과 함께 사용하였다.

Fig. 2에서 나타난 기공율의 영향에서는 페놀의 첨가량이 증가할수록 기공율이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 페놀만을 사용할 경우는 페놀양의 약 44%에 해당하는 가스가 발생하여 기공을 생성하지만 물과 함께 혼합한 경우는 사용된 물의 전량이 가스화 되어 기공을 생성시키기 때문이다.

Fig. 3의 결과에서는 페놀은 전혀 사용하지 않고 물

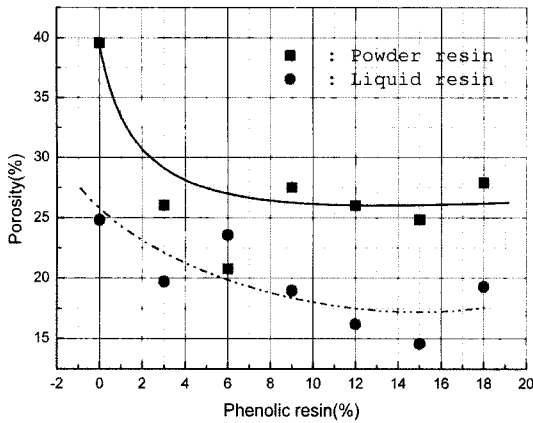


Fig. 2. Porosity of cokes made with various additional ratio of phenolic resin.

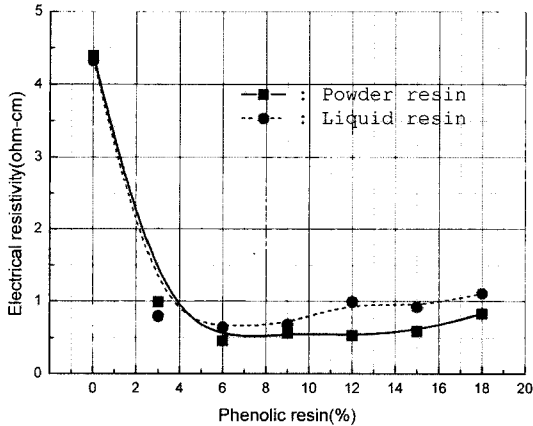


Fig. 3. Electrical resistivity of cokes made with various additional ratio of phenolic resin.

만으로 혼합 성형하여 제조된 코크스의 저항률은 $4.4 \Omega \cdot \text{cm}$ 정도이고, 페놀이 첨가된 코크스의 저항률은 $0.4 \sim 1 \Omega \cdot \text{cm}$ 정도의 저항률을 나타내었다. 페놀을 사용하지 않을 경우 저항률이 높게 나타난 것은 소결에 의한 입자간의 결합이 불량하여 코크스 내부에 균열들이 다소 발생하였기 때문으로 생각된다.

3.2. 탈수 온도 및 시간의 영향

코크스 제조를 위한 표준 실험 조건에서 탈수 온도를 50°C , 100°C , 150°C , 200°C 탈수 시간을 10~360분 범위에서 변화시켜 탈수 온도 및 시간이 코크스의 전기 저항률과 기공율에 미치는 영향을 조사하여 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 4에서 탈수 온도 150°C 에서는 탈수 시간에 관계없이 전기저항은 $0.40 \sim 0.44 \Omega \cdot \text{cm}$ 정

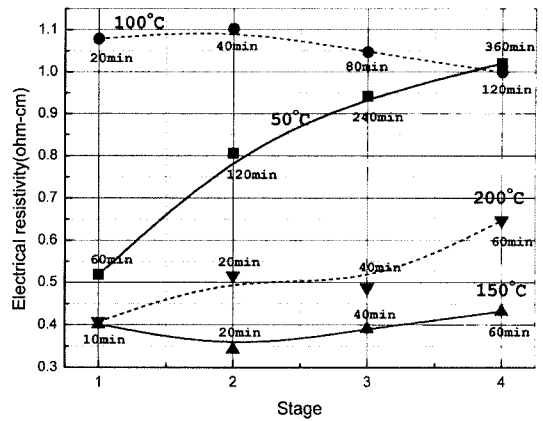


Fig. 4. Electrical resistivity of cokes made at various dehydration condition.

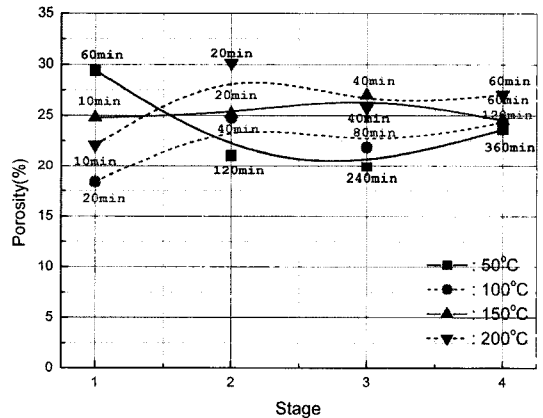


Fig. 5. Porosity of cokes made at various dehydration condition.

도로 낮게 나타나고, 100°C 에서도 탈수 시간에 관계없이 $1.08 \sim 1.10 \Omega \cdot \text{cm}$ 정도로 큰 변화가 없었으나, 50°C 에서는 탈수 시간의 증가에 따라 저항이 증가하여 6시간에서 $1.02 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 최대 저항값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 탈수 온도와 저항값과의 관계는 상관관계가 없으며, 동일 탈수 온도에서는 탈수 시간이 증가할수록 저항값이 증가함을 알 수 있다. Fig. 5의 기공율 변화 그래프에서는 100°C 이상의 온도에서는 탈수 시간의 증가에 따라 기공율이 다소 증가하지만 50°C 에서는 탈수 시간의 증가에 따라 기공율이 감소하는 경향을 나타내었다.

이러한 현상들은 저온에서 서서히 탈수 시킬 경우는 탈수율의 증가와 함께 코크스 내부에 균일하고 미세한 기공들이 생성하고 잔류하는 페놀 성분들은 석탄 입자

들 표면에서 균일하게 분포하며, 고온에서 급격히 탈수 시킬 경우는 수증기의 증기압이 과도하게 높아져 코크스 내부에 균열을 생성시키기 때문으로 생각된다. 따라서 액상 페놀을 점결제로 사용하는 경우는 탈수온도와 시간만을 조절하여 코크스의 저항률과 기공율을 합금철 용 코크스의 저항률값인 $0.3 \Omega \cdot \text{cm}$ 와 기공율값인 42%로 조절하는 것은 곤란할 것으로 생각된다. 다만 50°C 또는 그 이하의 온도에서 6시간 이상 탈수하는 것이 코크스의 강도를 향상시키기 위하여 유리하므로 이 조건에서 탈수하는 것이 적당할 것으로 생각된다.

3.3. 경화 온도 및 시간의 영향

코크스 제조를 위한 표준 실험 조건에서 경화 온도를 150°C , 200°C , 300°C , 400°C , 시간을 20~360분 범위에서 변화시켜 경화 온도 및 시간이 코크스의 전기저항률과 기공율에 미치는 영향을 조사하여 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 나타내었다. Fig. 6에서 400°C 의 경우 전체적으로 매우 높은 저항률을 나타내고 경화시간과의 상관관계는 나타나지 않으며, 300°C 이하의 온도에서는 경화시간의 증가와 함께 저항률이 약간씩 감소하는 경향을 나타낸다. 200°C 180분의 경우와 400°C 에서 저항률이 높게 나타나는 것은 주로 급격한 경화에 의한 코크스내의 균열의 생성에 기인하는 것으로 생각된다. 따라서 저항률을 낮추기 위해서는 코크스내의 균열의 생성을 방지하는 것이 무엇보다 중요하다고 판단된다.

Fig. 7은 경화시간에 따른 기공율의 변화를 나타낸 그래프로 기공율은 경화시간의 증가에 따라 증가하여 3단계에서 최대값을 보이고 과도한 경화시간인 4단계에서는 감소하는 경향을 나타낸다. 이는 적당한 경화시간

에서 기공율을 최대로 조절하는 것이 가능하며 과도한 경화시간에서는 페놀의 결정이 성장함에 따라 기공율이 저하함을 의미하는 것으로 판단된다.

3.4. 소결 온도 및 시간의 영향

코크스 제조를 위한 표준 실험 조건에서 소결 온도를 500°C , $1,000^\circ\text{C}$, $1,200^\circ\text{C}$, $1,400^\circ\text{C}$, 시간을 1~24시간 범위에서 변화시켜 소결 온도 및 시간이 코크스의 전기저항률과 기공율에 미치는 영향을 조사하여 Fig. 8과 Fig. 9에 각각 나타내었다. Fig. 8에서 나타난 바와 같이 전기저항률은 동일 온도 조건에서는 소결 시간에 관계없이 일정하며, $1,000^\circ\text{C}$ 이상의 소결온도에서는 $1,000^\circ\text{C}$ 에서 $0.75 \Omega \cdot \text{cm}$, $1,200^\circ\text{C}$ 에서 $0.4 \Omega \cdot \text{cm}$, $1,400^\circ\text{C}$ 에서 $0.35 \Omega \cdot \text{cm}$ 로 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보인다. 다만, 500°C 의 경우는 전체적으로 $15.5 \Omega \cdot \text{cm}$

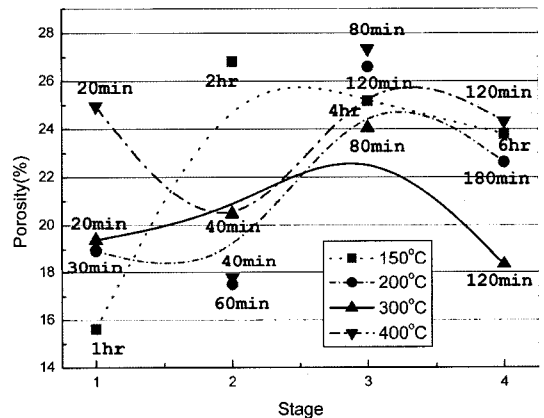


Fig. 7. Porosity of cokes made at various hardening condition.

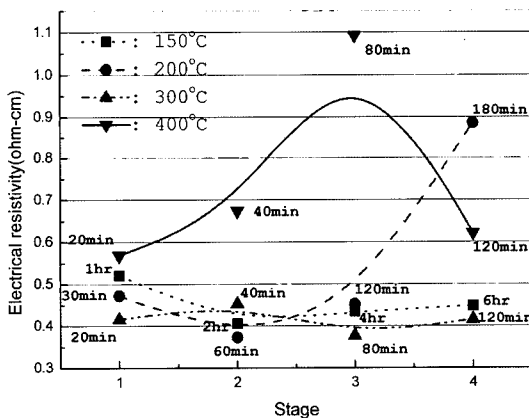


Fig. 6. Electrical resistivity of cokes made at various hardening condition.

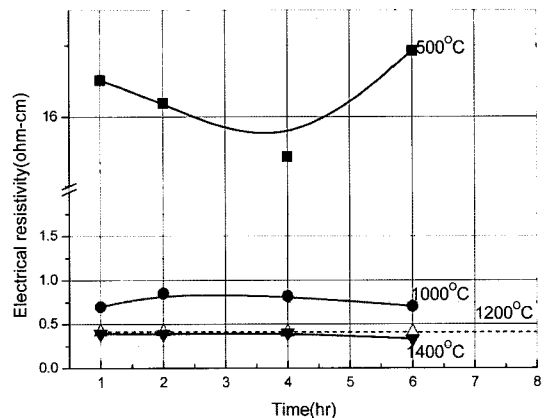


Fig. 8. Electrical resistivity of cokes made at various sintering condition.

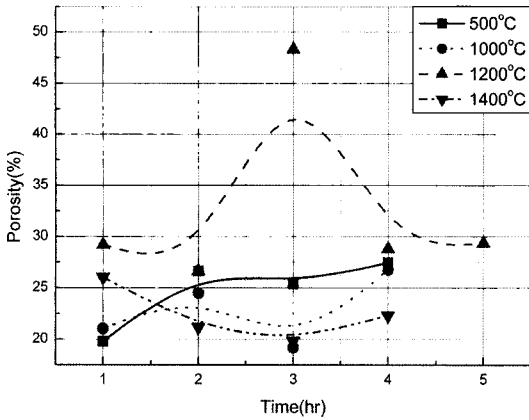


Fig. 9. Porosity of cokes made at various sintering condition.

이상의 높은 저항률을 나타내었다. 이와 같은 현상이 나타난 이유는 500°C에서는 아직 페놀수지의 분해가 완결되지 않았기 때문에 저항률이 높게 나타난 것이며 1,000°C 이상에서는 분해가 완전히 이루어졌을 뿐만 아니라 분해생성물인 극미립 탄소가 온도의 증가에 따라 고상반응에 의해 무연탄입자들 사이에서 결정성장하여 안정화하기 때문으로 생각된다.

Fig. 9에서는 소결온도에 따른 생성 코크스의 기공 형성 관계를 보여 주고 있다. 1,000°C 소결온도 조건에서 생성 코크스의 기공율은 소결시간이 증가함에 따라 27%를 정점으로 약간 상승곡선을 형성하고 있으며, 1,400°C에서는 소결시간의 증가에 따라 기공율이 감소하는 등 소결온도와 기공율과의 상관관계는 찾아보기 어렵다. 이는 기공이 탈수와 경화 단계에서 형성되어 안정화하고 소결단계에서는 큰 변화가 없음을 의미한다. 따라서 기공율의 조절은 탈수 또는 경화단계에서 발포제 등을 이용하여 행하는 것이 적절할 것으로 생각된다.

3.5. 입도 분포의 영향

코크스 제조를 위한 표준 실험 조건에서 입도를 8 mesh 이상, 8~35 mesh, 35~140 mesh, 140~325 mesh, 325 mesh 이하로 변화시켜 입도가 코크스의 저항률 및 기공율에 미치는 영향을 조사 하여 Fig. 10과 Fig. 11에 각각 나타내었다. 아울러 325 mesh 이하의 입자의 함량이 코크스의 저항률 및 기공율에 미치는 영향을 조사 하여 Fig. 12와 Fig. 13에 나타내었다. 그림의 결과들에서 코크스의 저항률은 입도가 굵을수록, 325 mesh 함량이 작을수록 커지는 경향을 보이며, 기공율의 경우도 이와 유사한 경향을 나타낸다. 이는 입도

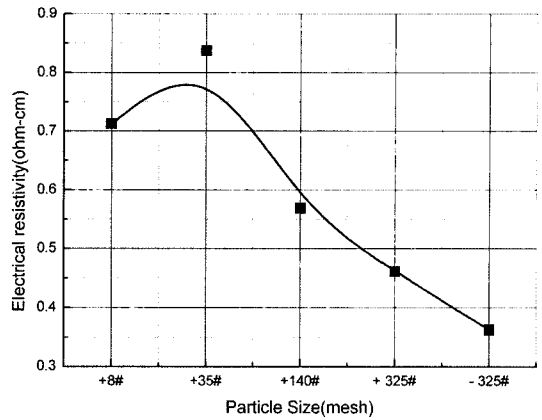


Fig. 10. Electrical resistivity of cokes made of anthracite with various particle size.

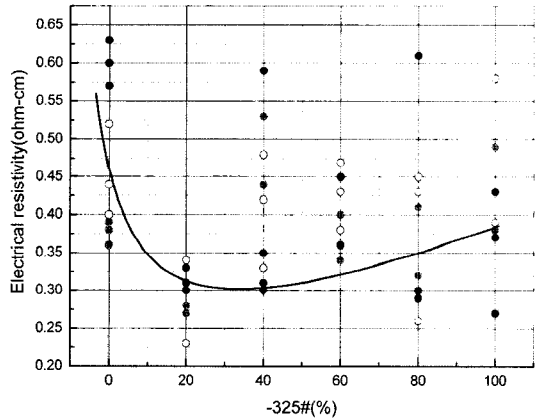


Fig. 11. Electrical resistivity of cokes made of anthracite with various particle size distribution (-325 mesh%).

가 굵을 경우 혼합 단계에서 무연탄 입자와 입자 사이에 존재하는 점결제층의 두께가 두꺼워지고 탈수와 경화과정에서 점결제층 내부에 다량의 기공 또는 결합이 발생하여 코크스내부에 불연속구조를 형성하기 때문에 생각된다, 325 mesh 이하의 함량이 80% 이상일 경우는 입자들의 비표면적이 매우 넓어져 액상 페놀수지를 과다하게 흡수하여 응집하는 부분이 발생하고, 액상 페놀수지가 균일하게 확산되어 점결제로서 작용하는 것을 방해하기 때문에 내부에 균열 등의 구조결함이 생기기 때문에 저항이 다소 증가하는 것으로 생각된다.

따라서 입도가 과다하게 굵거나 미세할 경우는 코크스 내부에 구조결함이 발생하여 강도를 저하시킬 우려가 있으므로 코크스 제조를 위한 무연탄의 최적 입도는 35~325 mesh일 것으로 생각된다.

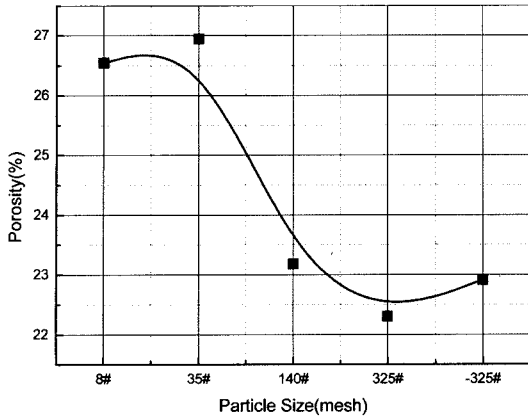


Fig. 12. Porosity of cokes made of anthracite with various particle size.

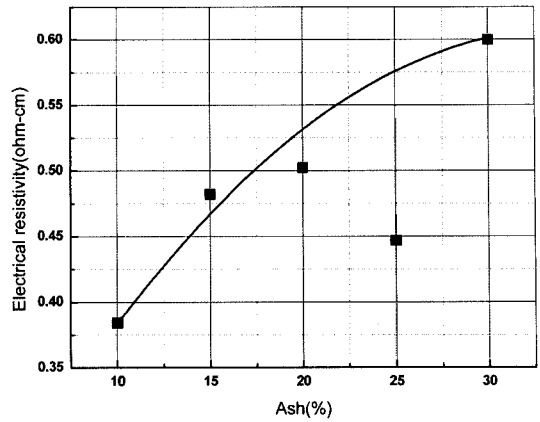


Fig. 14. Electrical resistivity of cokes made of anthracite with various grade.

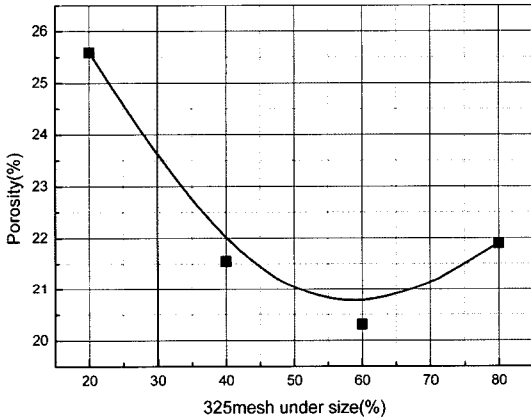


Fig. 13. Porosity of cokes made of anthracite with various particle size distribution.

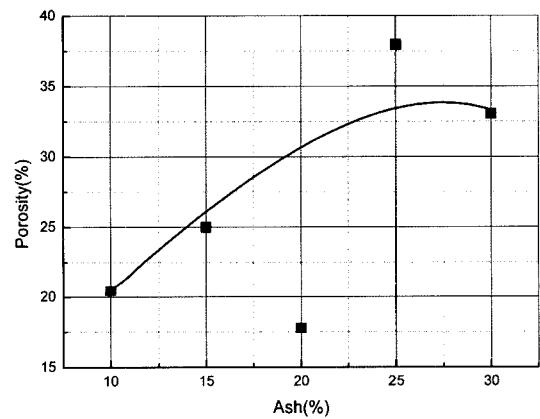


Fig. 15. Porosity of cokes made of anthracite with various grade.

3.6. 회분 함량의 영향

코크스 제조를 위한 표준 실험 조건에서 회분 함량을 10~30% 범위에서 변화시켜 회분 함량이 코크스의 저항률 및 기공율에 미치는 영향을 조사하여 Fig. 14와 Fig. 15에 나타내었다. 회분 함량의 조정은 회분 함량이 10%인 중액선별 정광과 회분 함량이 60%인 중액선별 광미를 적당한 비율로 혼합하여 조절하였다. 그림들로부터 회분 함량이 10%인 경우 저항률이 $0.38 \Omega \cdot \text{cm}$, 기공율이 21%에서부터 회분함량이 30%인 경우는 저항률이 $0.60 \Omega \cdot \text{cm}$, 기공율이 33%로 회분함량의 증가에 따라 저항률과 기공율이 증가하는 경향을 알 수 있다. 이는 무연탄내에 함유되어 있는 불순물들이 주로 전기 저항이 높은 Al_2O_3 와 SiO_2 이며 이들은 무연탄내에 불균일하게 분포하고 있을 뿐만 아니라, 소결과 냉각과정

에서 열충격을 받아 균열 등의 구조결함을 발생시키기 때문으로 생각한다. 따라서 코크스 제조를 위한 무연탄의 회분 함량은 낮을수록 유리함을 알 수 있다.

3.7. PVC 혼합물의 영향

코크스 제조를 위한 표준 실험 조건에서 PVC 혼합율을 0~50% 범위에서 변화시켜 PVC 혼합율이 코크스의 저항률과 기공율에 미치는 영향을 조사하여 Fig. 16과 Fig. 17에 나타내었다. 그림들로부터 코크스의 저항률과 기공율은 PVC 혼합율이 10%일 경우 저항률이 $0.47 \Omega \cdot \text{cm}$, 기공율이 30%에서부터 혼합율이 50%일 경우 저항률이 $0.85 \Omega \cdot \text{cm}$ 기공율이 61%로 PVC 혼합율의 증가와 함께 저항률과 기공율이 증가함을 알 수 있다. 이러한 현상들은 PVC 혼합율이 증가하면 200°C

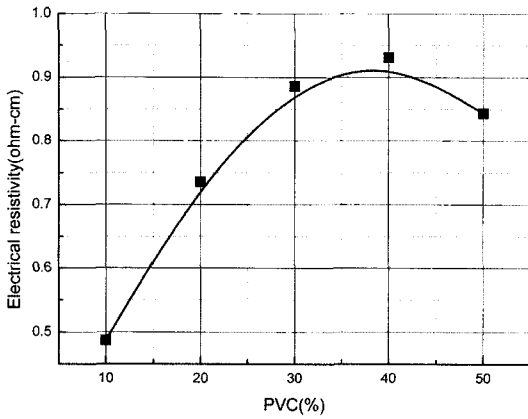


Fig. 16. Electrical resistivity of cokes made of anthracite and PVC with various mixing ratio.

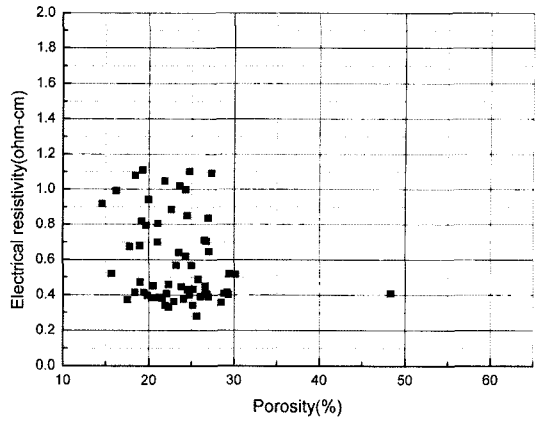


Fig. 18. Relationship between coke porosity and electrical resistivity.

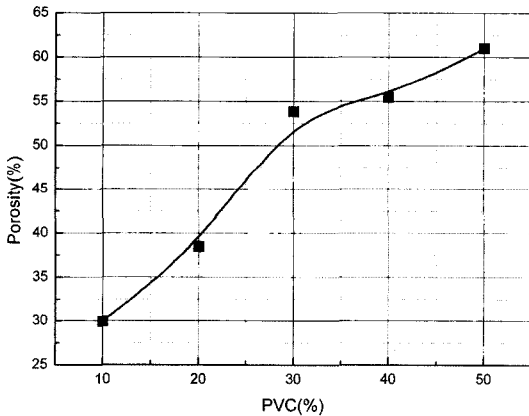


Fig. 17. Porosity of cokes made of anthracite and PVC with various mixing ratio.

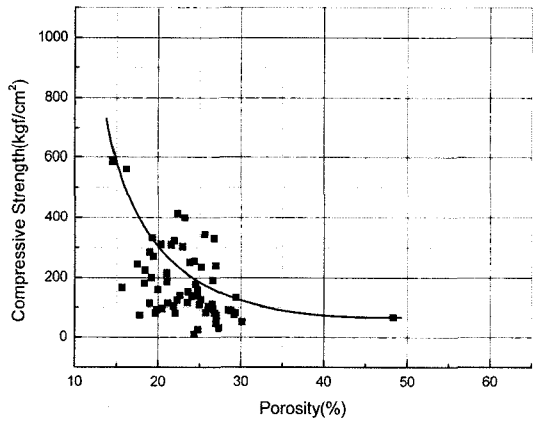


Fig. 19. Relationship between coke porosity and strength.

이상의 온도에서 PVC의 분해에 의해 발생하는 HCl 등의 가스의 증기압이 높아져 코크스 내부에 균열을 발생 시키기 때문으로 생각된다. 따라서 PVC등의 플라스틱을 발포제로 사용하고자 하는 경우는 그 사용량을 10% 이하로 제한하여야 할 것이다.

3.8. 코크스의 강도, 기공율 및 저항률의 상관관계

앞에서 논한 각 인자별 코크스의 저항률, 기공율, 강도의 변화 자료들로부터 저항률, 기공율, 강도의 상관관계를 도출하여 Fig. 18~Fig. 20에 나타내었다. Fig. 18에서 기공율과 저항률은 상관도가 매우 낮음을 알 수 있으며, Fig. 19의 기공율과 강도의 관계도에서는 기공율이 증가할수록 강도가 낮아지는 경향을 보인다. Fig. 20의 강도와 저항률 관계도에서는 제조조건의 변화에

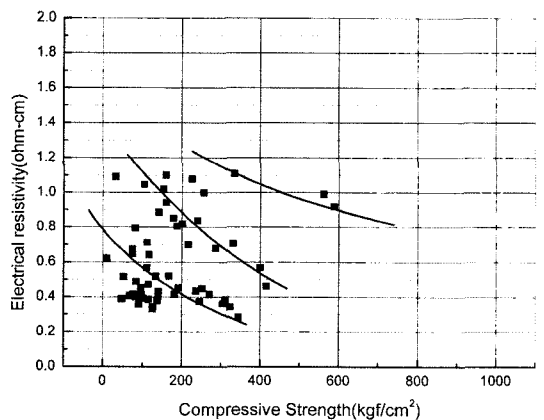


Fig. 20. Relationship between coke strength and electrical resistivity.

따라 고저항률-고강도 그룹, 중저항률-중강도 그룹, 저저항률-저강도 그룹으로 구분된 분포도를 나타내었으며 세 그룹 모두에서 전기저항률과 강도는 서로 반비례하는 부의 상관관계를 나타낸다. 이는 코크스 내부에 균열과 같은 불연속적 구조 결합이 증가할수록 강도가 저하하고 저항률은 증가하는 현상과 관계가 깊은 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 제조된 대부분의 코크스는 $0.3 \sim 1.2 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 전기저항률과 $10 \sim 30\%$ 의 기공율, 그리고 $40 \sim 600 \text{ kgf/cm}^2$ 의 강도를 나타내었다. 이는 합금철용 코크스의 전기저항률이 $0.1 \sim 0.4 \Omega \cdot \text{cm}$ 이고, 기공율이 $40 \sim 50\%$, 강도가 $100 \sim 150 \text{ kgf/cm}^2$ 인 점과 비교할 때 전기저항률은 다소 높고 기공율은 매우 부족하며 강도는 높음을 알 수 있다. 따라서 앞으로 기공율을 안전하게 증가시키기 위해서 전기저항률과 강도를 감소시키기 위한 연구가 필요하다.

4. 결 론

곡산무연탄과 폐슬수지를 혼합 소성하여 코크스를 제조하고 점결제의 량, 탈수 온도 및 시간, 경화 온도 및 시간, 소결온도 및 시간, 무연탄의 입도 및 입도 분포, 무연탄의 품위, 플라스틱 혼합물 등을 변화시킬 경우에 있어서 제조되는 코크스의 기공율, 저항률, 강도 등의 물성 변화를 연구한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 코크스 제조를 위한 무연탄은 입도가 $35 \sim 325 \text{ mesh}$ 이고 회분함량이 적은 것일수록 물성이 양호함을 알았다.
2. 탈수, 경화 및 소결 단계에서는 급격한 가열 등에 의하여 발생하는 코크스내의, 균열의 생성을 방지하는 것이 무엇보다 중요하다고 판단되었으며, 기공율의 조절은 탈수 또는 경화단계에서 발포제 등을 이용하여 행하는 것이 적절할 것으로 생각되었다. 이 경우 발포제로 사용되는 플라스틱의 첨가량은 10% 이하로 제한하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.
3. 기공율이 증가할수록 강도가 낮아지는 경향을 보였으며, 전기저항률과 강도는 서로 반비례하는 부의 상관관계를 나타내었다.
4. 본 연구에서 제조된 대부분의 코크스는 $0.3 \sim 1.2 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 전기저항률과 $10 \sim 30\%$ 의 기공율, 그리고 $40 \sim 600 \text{ kgf/cm}^2$ 의 강도를 나타내었다. 이는 합금철용 코크스의 전기저항률이 $0.1 \sim 0.4 \Omega \cdot \text{cm}$ 이고, 기공율이 $40 \sim 50\%$, 강도가 $100 \sim 150 \text{ kgf/cm}^2$ 인 점과 비교할 때 전기저항률은 다소 높고 기공율은 매우 부족하며 강도

는 높음을 알 수 있었다. 따라서 앞으로 기공율을 안전하게 증가시키고 전기저항률을 감소시키기 위한 연구가 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. A.G. Matyas, et al., 1992 : *Furnace Practices and Energy Efficiency*, Proceedings of the International Symposium on Non-Ferrous Pyrometallurgy: Trace Metals, 31st Conference of Metallurgists of the Metallurgical Society of CIM, , Edmonton, Alberta, Canada, 23-27 August 1992.
2. M.A. Diez, R. Alvarez, C. Barriocanal, 2002 : *Coal for metallurgical coke production: predictions of coke quality and future requirements for cokemaking*, International Journal of Coal Geology, **50**, pp. 389-412.
3. 산업표준심의회, 2004 : “알루미늄 제조용 탄소재료-하소 코크스-공기에 대한 반응도 측정 -제1부: 점화온도법”, 한국표준협회, 한국산업규격 KS M ISO 12982-1.
4. 산업표준심의회, 2004 : “알루미늄 제조용 탄소재료-하소 코크스 이산화탄소에 대한 반응도 측정 -제1부: 질량손실법”, 한국표준협회, 한국산업규격 KS M ISO 12981-1.
5. H. Krogerus, T. Lintumaa and P. Jokinen, 2006 : *Laboratory Investigations of the Electrical Resistivity of Cokes and Smelting Charge for Optimizing Operation in Large Ferrochrome Furnaces*, Proceedings of the Southern African Pyrometallurgy 2006, Edited by R.T. Jones, pp.309-328, South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, 5-8 March 2006.
6. 송남석, 2006 : “포스코, 조업기술 개발로 원가 절감 싹 싹”, EBN스틸뉴스 2006. 05. 11.
7. 송태윤, 안재휴, 김주환, 1968 : *무연탄을 주원료로한 제철용 코크스의 제조 방법에 관한 연구*, 광산학회지, **5**, pp. 34-38.
8. 송태윤, 안재휴, 박광원, 1971 : *무연탄 성형 코크스의 열간 마모강도에 관하여*, 광산학회지, **8**, pp. 20-26.
9. Ashok K. Sharma*, Bani P. Das, Prem S.M. Tripathi, 2002: *Influence of properties of bituminous binders on the strength of formed coke*, Fuel Processing Technology, **75**, pp. 201-214.
10. Steven A. Paul et al., 2002: *Use of asphalts for formcoke briquettes*, Fuel Processing Technology, **76**, pp. 211-230.
11. Ayse Benka, Muzaffer Talub, Abdullah Cobana, 2008: *Phenolic resin binder for the production of metallurgical quality briquettes from coke breeze*, Fuel Processing Technology, **89**, pp. 28-37.
12. 송영준, 신강호, 서봉원, 2007: *삼척지역 무연탄과 폐슬수지의 혼합소성에 의해 제조된 코크스의 강도 특성*, 한국자원리사이클링학회 2007년도 추계정기총회 및 제30회 학술발표대회 개요집, pp. 183-186.

13. 송영준, 신강호, 이대영, 2007 : 국내무연탄과 페플라스틱을 이용한 합금철용 코크스의 제조에 관한 연구, 한국자원리사이클링학회 2007년도 추계정기총회 및 제30회 학술발표대회 개요집, pp. 187-191.
14. 송영준, 신강호, 서봉원, 2007 : 국산무연탄과 페놀수지로 부터 제조된 코크스의 물성, 한국자원리사이클링학회 2007년도 추계정기총회 및 제30회 학술발표대회 개요집, pp. 192-196.
15. 산업표준심의회, 2002 : 코크스-진밀도, 겔보기 밀도 및 공극률 측정법, 한국표준협회, 한국산업규격 KS E ISO 1014.
16. 산업표준심의회, 2004 : 알루미늄 제조용 탄소재료-전극용 하소 코크스-입자의 전기 저항 측정 방법, 한국표준협회, 한국산업규격 KS M ISO 10143.

李 桂 承

- 현재 한국지질자원연구원 post doc.
- 당 학회지 제15권 6호 참조

宋 泳 俊

- 현재 강원대학교 삼척캠퍼스 재료금속공학과 부교수
- 당 학회지 제 15권 6호 참조

學會誌 投稿 安內

種 類	內 容
論 說	提案, 意見, 批判, 時評
展望, 解説	現況과 將來의 견해, 研究 技術의 綜合解説, Review
技 術 報 告	實際的인 試驗, 調査의 報告
技術, 行政情報	價値있는 技術, 行政情報를 간결히 解説하고, comment를 붙인다.
見 聞 記	國際會義의 報告, 國內外의 研究 幾關의 見學記 등
書 評	
談 話 室	會員相互의 情報交換, 會員 自由스러운 말, 隨霜 등
Group 紹介	企業, 研究幾關, 大學 등의 紹介
研究論文	Original 研究論文으로 本 學會의 會誌에 掲載하는 것이 適當하다고 보여지는 것

수시로 원고를 접수하오니 많은 투고를 바랍니다.