

친환경 건조시스템 개발을 위한 탄화로의 구조분석 및 제탄과정중의 탄화로 온도측정

권성민¹, 권구중¹, 장재혁¹, 황원중², 이동흡², 김남훈¹
(¹강원대학교 산림환경과학대학, ²국립산림과학원)

1. 서론

2003년 이후 국제 원유가격의 상승세가 가속화 되어, 우리나라가 주로 의존하고 있는 중동산 Dubai 원유의 가격이 2008년에는 110달러를 넘어서 사상 초유의 고유가 사태가 나타났다. 2009년 국제유가는 경기침체에 따른 석유수요 둔화, 달러화 강세 및 미 석유재고 증가 등으로 하락하고 있었으나, OECD 및 세계 각국의 경기부양 정책의 효과로 본격적으로 세계경제가 회복 추세로 전환되어 석유수요의 증가와 함께 국제유가는 다시 오르고 있는 추세이다.

이러한 원유가격의 폭등 및 큰 변동으로 에너지 절감이 대두되면서 공장의 폐열이나 각종 폐열에너지를 회수하여 온수나 난방에 이용하는 사례가 증가하고 있다(정 등 2010, 박 등 2008, 이 등 2004). 이상의 연구 외에도 폐열회수에 관한 연구는 여러 분야에 걸쳐 다양한 방법으로 진행되고 있으나, 전통식 탄화로에서 발생하는 폐열에너지를 효율적으로 집적하고 사용하는 방법에 대해서는 충분한 연구가 진행되지 않고 있다.

일반적으로 목탄제탄과정에서 발생하는 열은 대략 1000℃이상의 고온까지 상승하며, 탄화로내에서 장시간 유지될 뿐만 아니라 제탄 후에도 탄화로 내부에는 고온의 잠열이 장시간 유지되고 있다(권 등 2008). 이러한 전통식 탄화로는 단지 목탄을 제탄하기 위한 용도로만 사용될 뿐, 제탄시 발생하는 고온의 연소열이나 그 후 계속되는 잠열은 효과적으로 활용되지 못하고 그대로 버려지고 있다.

본 연구는 탄화로의 폐열을 효율적으로 회수할 수 있는 방안을 모색하여 기존 농·임산물 건조에 소요되는 연료비를 대폭 절감할 수 있는 친환경 건조시스템을 개발하고자 전통식 탄화로의 구조 분석 및 제탄전·후의 탄화로의 내, 외벽 및 벽체에 대한 온도분포를 분석하였다.

2. 실험방법

2.1 공시탄화로의 구조 분석

본 실험에 사용된 공시탄화로는 강원도 홍천군 화촌면 성산리에 위치하고 있는 (주)홍천참숯가마의 탄화로를 사용하였다.

2.2 고온측정용 센서를 이용한 제탄과정중의 전통식 탄화로 온도측정

제탄되는 과정 중에 전통식 탄화로의 온도변화를 측정하기 위하여 탄화로에 K형 열전자 센서(측정범위 : 1200℃)를 설치하였다. 탄화로의 상층부와 연통부에는 1cm정도의 구멍을 만들어 센서를 최소 4cm 이상이 내부에 들어가도록 하였다. 탄화로 벽체는 센서를 벽체내로 20cm정도 삽입하였다. 온도기록은 측정용 센서와 연결된 자동기록계에 각각의 온도변화를 실시간으로 그래프용지에 기록하였으며, 2시간마다 온도를 숫자로 기록하게 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 공시탄화로의 구조 분석 결과

본 연구에 이용된 개량형 전통식 탄화로는 고품질의 목탄을 대량 생산하며, 목탄의 수율향상을 위한 목적으로 기존 탄화로보다 내부공간을 두배 정도 크게 확장하였다. 탄화로내 바닥은 그림 1과 같이 진흙으로 약 20cm정도의 두께로 다졌고, 탄화로내의 가스를 잘 빨아내기 위해서 배연구쪽이 탄화로 입구보다 약 3cm정도 낮게 제작하였다. 배연구(그림 2)는 탄화로내의 연기가 나가는 구멍으로서 돌을 이용하여 바닥에 길이 27cm, 폭 6cm정도로 제작하였고, 기존의 탄화로 보다 내부 공간이

커졌기 때문에 2개를 설치하였다.

연통부는 기존의 탄화로와 같은 방법으로 벽돌과 진흙으로 쌓았고, 아래쪽을 넓게 하고 위로 올라갈수록 좁게 만들어 바깥바람이 탄화로 안으로 역류해 들어가지 못하게 한 구조로, 탄화로의 규모가 기존에 비해 크게 제작되었기 때문에 연통부를 2개 설치하였다.

탄화로 입구는 그림 11과 같이 높이 180cm, 폭 65cm 로 제작하였다. 탄화로입구 우측에는 가로 60cm, 세로 40cm, 길이 110cm정도의 아궁이(그림 3)가 위치하고 있다. 아궁이에서 불을 때면 탄화로내 우측 상층부에 있는 화구를 통해 탄화로내의 온도를 상승시켜 목재를 탄화시킨다. 이때 탄화로 입구는 내화벽돌과 흙으로 쌓아서 공기가 통하지 않게 막는다.

탄화로내의 천장은 둥근 형태를 이루고 있으며, 탄화로벽에 가까운 부분을 두껍게 하고 중심부로 향해 비교적 얇게 제작되었다. 천장은 탄화로 중에서 가장 열을 많이 받는 곳으로 두꺼운 철망을 대고 그 위에 진흙으로 덮고 철망을 굵은 빔으로 지탱하는 구조이다. 탄화로 내부는 중심부 높이 220cm (그림 1), 가로 640cm, 세로 290cm의 크기(그림 4)로 제작하였다.

탄화로의 상층부는 그림 5와 같이 가로 410cm, 세로 650cm 정도의 타원형이며, 약 40cm정도의 두께로 진흙을 덮었다. 또한 뒤쪽에 창술이라고 불리는 구멍을 5개를 만들었다. 이곳은 아궁이에 처음 불을 지피기 시작할 때와 탄화로내의 공기를 순환시킬 때 사용하며 점차 시간이 지나면서 구멍을 막는다. 창술(그림 5)은 폭 18cm, 두께 18cm의 크기로 제작하였다.

본 연구에서 이용되어진 탄화로는 내부규모가 기존의 탄화로에 비해 두배정도 크게 제작되었기 때문에 출탄작업구를 하나 더 설치하여 원활한 출탄작업을 수행할 수 있게 제작하였다.

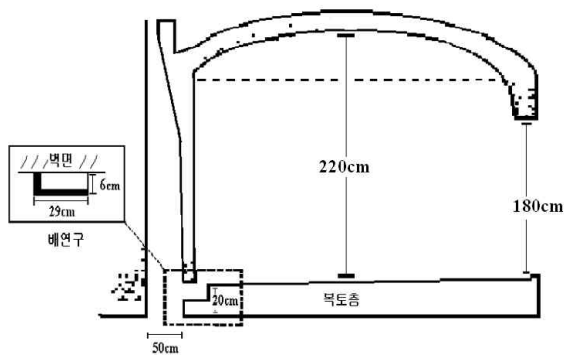


그림 1. 공시 탄화로의 모식도



그림 2. 탄화로내의 배연구 사진

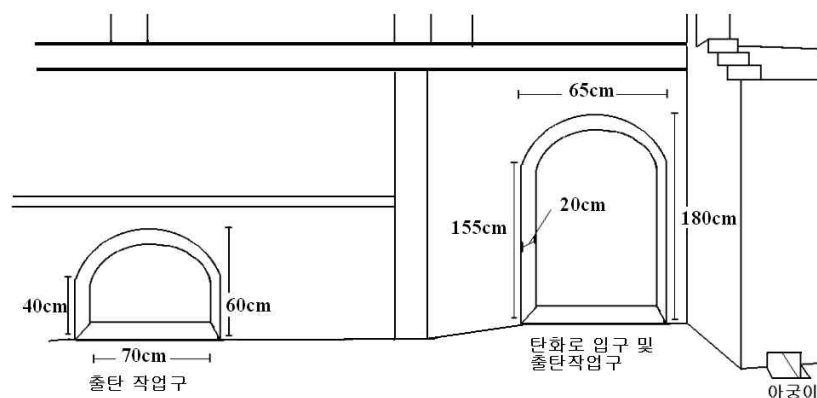


그림 3. 탄화로의 정면모식도

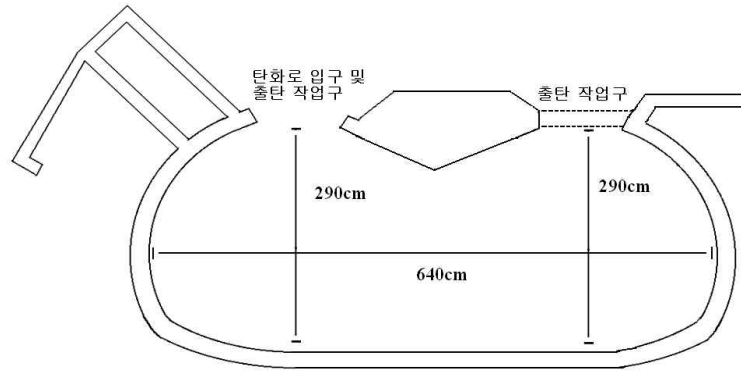


그림 4. 탄화로의 내부 모식도

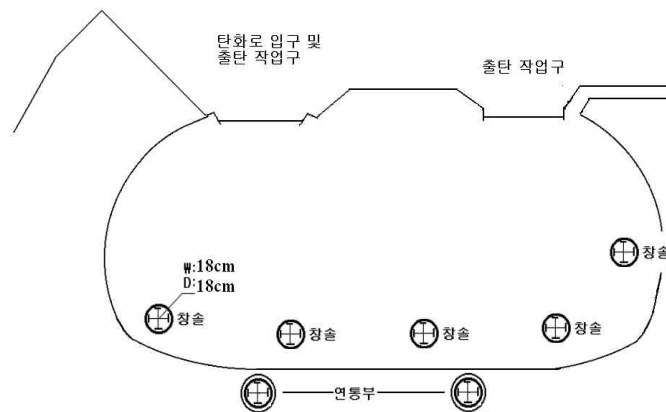


그림 5. 전통식 탄화로의 상층부 모식도

3.2. 탄화로의 제탄과정 중 온도변화

공시 탄화로의 연통부와 탄화로 상층부에 온도센서를 설치하여 제탄과정을 측정된 결과(그림. 1), 탄화조에 탄재를 적재하여 아궁이에 불을 지핀 후 탄화가 시작되어 가열을 멈출 때 온도는 탄화로 내 온도 720℃, 연통 온도 90℃ 이었다. 탄화종료시점의 온도는 탄화로내 온도 약 600℃, 연통 온도 450℃정도가 되었다. 이 후 연통에 나오는 연기가 무색을 띠는 시점에서 약 3시간 후 정련을 10~12 시간정도 실시하고 출탄작업을 하였다. 탄화로내 최고온도는 1000℃의 범위였고, 연통온도는 750℃정도까지 상승하였다.

고온측정용 센서를 이용하여 탄화로 벽체를 측정된 결과(그림. 2), 벽체의 온도변화는 제탄과정에서 탄화로내의 온도변화와 비슷한 경향을 보여주었다. 목탄제탄과정에서 나타난 탄화로 벽체의 온도는 500℃정도가 가장 높은 온도였다.

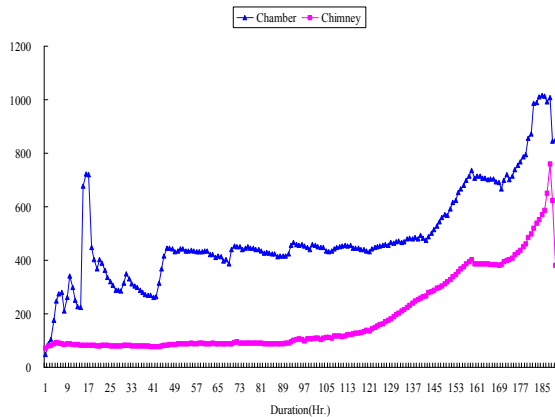


그림. 1. Temperature profile in the chimney and chamber of kiln during carbonization

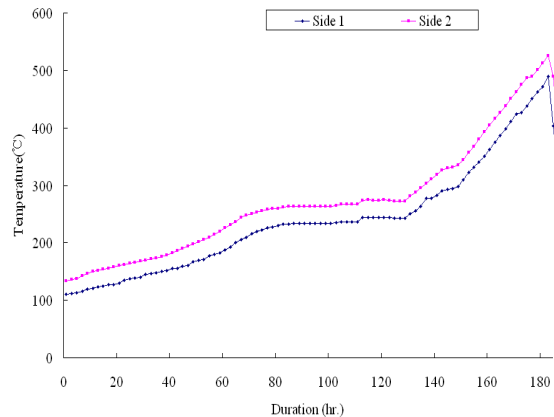


그림. 2. Temperature profile in the kiln wall during carbonization.

4. 결론

본 연구에 이용된 개량형 전통식 탄화로의 구조는 고품질의 목탄을 대량 생산하며, 목탄의 수율향상을 위한 목적으로 기존 탄화로보다 내부공간을 두배 정도 크게 확장되었다. 또한 내부규모가 기존의 탄화로에 비해 두배정도 크게 제작되었기 때문에 출탄작업구를 하나 더 설치하여 원활한 출탄작업을 수행할 수 있게 제작되었다.

고온측정용 센서를 이용하여 탄화로 벽체의 온도를 측정된 결과, 벽체의 온도변화는 제탄과정에서 탄화로내의 온도변화와 비슷한 경향을 보여주었다. 목탄제탄과정에서 나타난 탄화로 벽체의 온도는 500°C정도가 가장 높은 온도였다. 따라서 폐열 회수 집적장치를 설치하면 효율적으로 폐열에너지원으로 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

사사

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 : S120910L070110)’ 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- 권구중, 박형수, 이성재, 권성민, 이귀현, 김남훈. 2008. 숙련공에 의한 목탄제조과정 중 전통식 탄화 내의 온도변화(I). 산림바이오에너지 27(1). 30-35.
- 박용효, 이상범. 2008. 폐열회수환기를 위한 열교환장치의 경제성 평가. 한국건축시공학회 8(2): 241-244.
- 이충구, 이세균, 이계복, 이석호, 김정현. 2004. 폐 바이오매스를 이용한 폐열 회수 열교환기에 관한 연구. 대한설비공학회 16(6): 514-521.
- 정재훈, 김우철, 이진호, 유태우. 2010. 소규모 산업 폐열회수용 열전발전시스템의 출력 특성에 관한 실험적 연구. 대한기계학회 34(4): 383-390.