Journal of Bio-Environment Control, 14(II), (2005)

석탄온풍기 난방용량 확대에 따른 연소구조 보완설계
Complement Design of Combustion Structure of Coal Hot Air Heater According to Heating Capacity Increase

이시영* · 김학주 · 남윤일 · 전 희 · 염성현 · 강윤임

농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장

Lee, S.Y.* · Kim, H.J. · Nam, Y.I. · Chun, H. · Yum, S.H. · Kang, Y.I. · Yun, N.K.

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

서 론

우리나라의 시설원예는 1990년대 초 정부의 시설 현대화 지원사업으로 시설의 현대화가 빠르게 진행되었으며, 시설면적도 급속하게 확대되어 1990년 25,450ha에서 2004년에는 51,237ha로 2배 이상 증가하였다. 전체 시설면적 중 난방면적은 12,370ha로 24.1%를 차지하고 있으며, 최근 들어 국제유가가 최고치를 갱신하고 있고, 자재비와 인건비 등의 상승으로 시설원예 농가에 어려움을 가중시키고 있다.

시설원예 농가의 전체 경영비 중에서 난방비가 차지하는 비중은 25~35% 정도로 매우 높아 난방에 소요되는 연료비를 절감하는 것이 곧 농가소득과 직결된다고 할 수 있다. 난방 연료로 가장 많이 사용되고 있는 경유나 중유는 쉽게 구할 수 있고 발열량이 높으며 취급이 편리한 장점이 있으나 가격이 높아짐에 따라 점차 경쟁력이 약해지고 있다. 유류 대체에너지로 활용되고 있는 석탄은 난방용 연료로서 취급은 다소 불편하지만 발열량이 높은 편이고 경유에 비해 가격이 싸다는 장점이 있다. 농업용 난방연료로 사용되고 있는 석탄은 무연탄으로서 열량이 6,500~7,000kcal/kg 정도로 높은 편이지만 경유나 중유에 비해 취급 및 조작이 용이하지 않은 특성을 갖고 있다.

본 연구에서는 취급이 다소 불편한 석탄을 연료로 이용하면서도 경유 온풍기처럼 온도를 정밀하게 조절할 수 있고 연료 공급 및 교체 노력을 줄일 수 있는 컨베이어 이송박식의 무한궤도 연소실을 고안하였다. 또한 농업용 온풍난방기로서 적용 가능성을 판단하기 위해 50,000kcal/hr 용량의 시작기를 제작하였으며, 이를 기본 구조로 하여 실제 농가의 재배규모에 적합한 보급형 석탄온풍난방기를 개발하기 위해 난방용량을 20,000kcal/hr로 확대하고 그에 따른 보완점을 개선하고자 하였다.

재료 및 방법

석탄 온풍 난방기의 연소판은 합금강 재질의 주물을 1,000℃의 고온으로 열처리하여 석탄 연소시 높은 온도에 따른 연소판 재질의 변화가 생기지 않도록 하였으며, 격자 베드를 컨베이어 형태로 구성하여 구동모터(120W)를 이용해 회전운동할 수 있도록 구성하였다. 연소실은 일산화탄소 등 연소가스에 의한 부식을 최소화하기 위해 두께 7㎜의 스테인리스 재질로 구성하였다. 연소판과 연소실 온도를 측정하여 연소판, 송풍팬을 제어하기 위해 고온용 열전대(K-type, 0~1,800℃)를 사용하였다. 석탄온풍기 본체에 부착된 소용량(300kg) 연료 적재함에는 상하부에 연료 공급 시작 및 중지 레벨을 설정하여 정전용량 원주형 근접센서(CR18-8AC)를 부착하고 버킷엘리베이터의 작동을 제어하도록 구성하여 별도로 설치된 대용량 적재함(1ton)에서 항상 일정량을 적재함에 채워놓을 수 있도록 하였다.

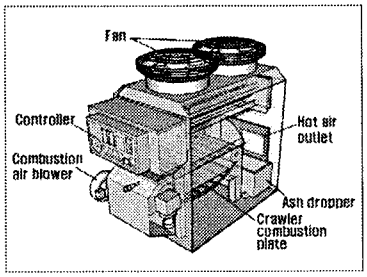

Fig. 1. Design of conveyer combustion type coal hot air heater

결과 및 고찰

컨베이어 방식의 궤도형 연소 구조인 50,000kca/hr 용량의 시작기를 개선하여 시설재배 농가 현장에서 실제로 활용할 수 있는 200,000 kcal/hr 용량의 보급형 석탄온풍기를 개발하기 위해 시작기의 구조를 보완 변경하였다. 시작기에 비해 난방용량을 대폭 확대시킴에 따라 한번에 연소되는 석탄량이 증가하게 되므로 연소실 내부가 과열되어 궤도와 고정틀 사이의 간극 이상으로 연소판이 신장되는 것을 방지하기 위해 그림 2와 같이 연소실 구조를 변경하였다. 시작기는 연소실 벽체가 연소판과 고정틀을 감싸고 있어 난방용량이 증가해 많은 양의 석탄이 연속적으로 연소되어야 할 경우에는 열교환실 내부가 과열되어 무한궤도 연소판뿐만 아니라 고정틀 전체가 불필요한 열손실 요인이 될 수 있다. 그러므로 회전운동을 하는 무한궤도 연소판을 연소구간과 냉각구간으로 분리할 수 있도록 상부의 연소판 부분만을 연소실로 이용할 수 있도록 개선하였다. 즉, 석탄이 적재되어 있는 무한궤도의 상부는 연소실 내에서 연소판의 역할을 하고 회전하여 하부로 내려온 궤도는 공기 중에 노출시켜 냉각되도록 하여 과열을 방지할 수 있는 구조로 보완설계 하였다.

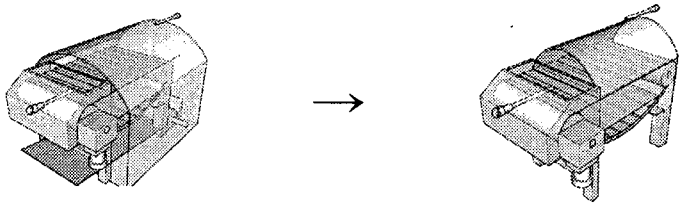

Fig. 2. Complement of combustion structure according to heating capacity increasing

석탄온풍기의 난방용량을 확대함에 따라 일시에 많은 양의 석탄을 투입하여 연소시켜야 하므로 본체에 부착되어 있는 기존의 100kg이던 석탄 적재함 용량을 300kg으로 증가시키고 외부에 별도로 1,000kg 용량의 대용량 적재함을 설치하여 버킷엘리베이터로 본체의 소용량 적재함에 연속적으로 석탄을 공급할 수 있도록 구성하였다.

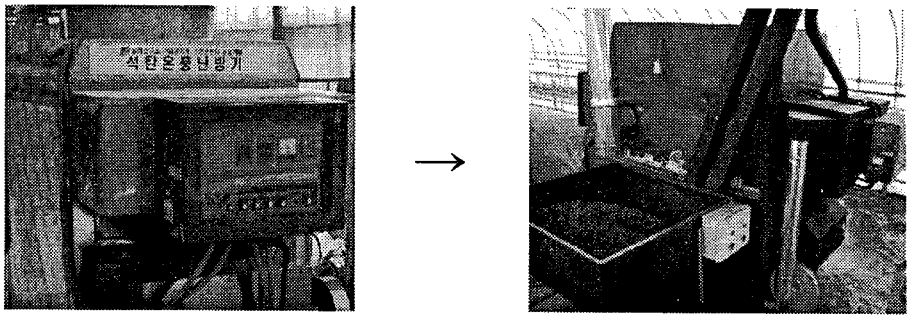

Fig. 3. Extension of coal loading bay capacity and connecting with bucket elevator

시작기는 적재함에 수동으로 석탄을 공급해야하는 불편함이 있었으나 이를 개선하여 대용량 적재함과 원심식 버킷 엘리베이터를 이용해 자동으로 석탄을 공급할 수 있도록 설계하였다. 버킷은 석탄을 이송해야 하므로 두께를 1.6㎜로 설정하여 축산용으로 사용되는 것에 비해 강도를 향상시켰다. 대용량 석탄 적재함 하부에 석탄 공급 가이드를 설치하고 버킷 벨트 구동축과 연결하여 회전운동을 하면서 석탄이 원활하게 적재함 하부의 공급구로 내려갈 수 있도록 하였다. 버킷 엘리베이터 상부에서 원심식으로 석탄을 투척하여 공급관을 통해 온풍기 본체에 부착된 적재함으로 석탄이 내려가게 되는데, 이때 공급관의 경사각은 콩과류를 공급할 때 적용되는 각도를 고려하여 37° 정도로 설정하여 석탄 가루에 의한 막힘현상을 줄이도록 설계하였다.

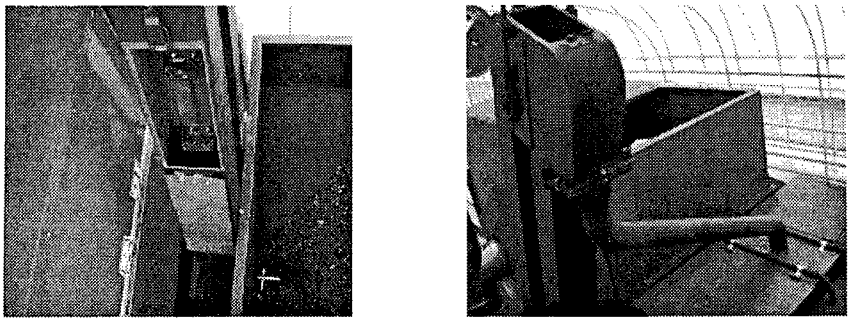

Fig. 4. Bucket elevator type coal supply system

난방용량을 200,000kcal/hr로 확대하기 위해 연소판의 폭을 기존의 570㎜에서 705㎜로 넓혀 연소판 상에서 연소되는 석탄량을 증가시켰다. 또한 석탄의 연소량이 증가됨에 따라 연소실 내부의 온도가 고온으로 상승하게 되고 무한궤도 연소판이 고열로 인해 연신되는 문제점을 해결하기 위해 일체형이었던 무한궤도 연소판의 형상을 두개로 분할하고 좌우 간극을 각각 10㎜로 재조정하였다. 무한궤도 연소판의 재질은 니켈, 크롬, 망간 등 합금내열소재의 주물로 하였으며 1,000℃이상으로 열처리하여 고온에 의한 재질변화를 최소화하도록 설계하였다.

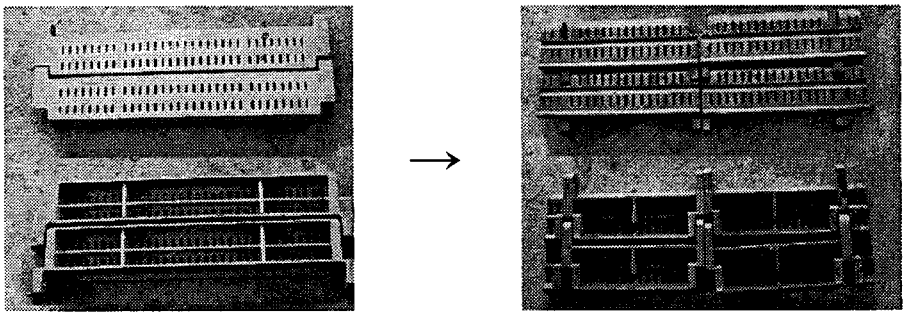

Fig. 5. Separated structure of crawler plate

또한, 연소실 내부에서 석탄이 연소될 때 발생하는 일산화탄소가 외부로 빠져 나가는 것을 줄이고 석탄 공급시 분진이 비산하는 현상을 최소화하기 위해 연소실 내부에 공급하는 연소공기의 흡입방식을 개선하였다. 외부 공기를 직접 흡입하여 연소실 내부로 공급하던 방식을 개선하여 블로어를 적재함과 연결하여 외부의 공기가 적재함을 통과해 연소실 내부로 공급되도록 변경하여 연소실에서 적재함을 통해 유출되는 연소가스와 석탄 공급시 비산되는 석탄 분진을 연소공기 공급 블로어로 한꺼번에 흡입하여 연소실 내부로 불어 넣음으로써 가스의 유출을 방지하고 석탄 분진의 비산을 방지하는 동시에 연소실 내에 분진을 공급함으로써 추가적인 연소가 가능하도록 하였다.

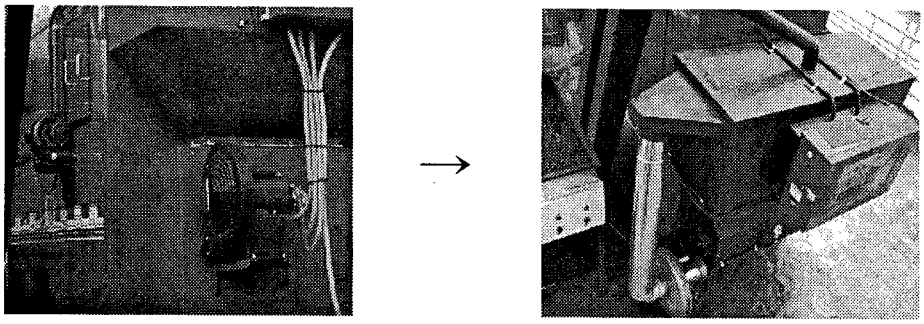

Fig. 6. Changed combustion air supplying structure using blower

요약 및 결론

무한궤도 연소식 석탄온풍기로 50,000kca/hr 용량의 시작기를 설계하여 난방기로서의 기능을 검토하였으며, 본 연구에서는 농가 현장에서 활용할 수 있는 200,000kcal/hr 용량의 보급형 석탄온풍기를 개발하기 위해 시작기의 연소구조, 석탄공급 및 연소공기공급 방식 등을 보완하였다. 난방용량 확대에 따라 석탄 연소량이 증가하게 되므로, 연소판과 고정틀 전체가 연소실 내부에 포함되어 있는 시작기의 구조를 개선하여 무한궤도 연소판을 연소구간과 냉각구간으로 분리하여 연소판 상부만을 연소실로 이용하여 과열을 방지할 수 있는 구조로 보완 설계하였다. 일시에 많은 양의 석탄을 연소시키기 위해 석탄 적재함 용량을 100kg에서 300kg으로 증가시키고 1,000kg의 대용량 적재함을 별도로 설치하여 버킷 엘리베이터로 연속적인 석탄 공급을 할 수 있도록 구성하였다. 연소판이 고열로 인해 연신되지 않도록 일체형 연소판을 두개로 분할하고 좌우 간극을 10㎜로 조정하였으며, 연소판의 재질은 합금 내열소재 주물을 1,000℃이상으로 열처리하였다. 연소공기 공급방식은 외부 공기를 직접 공급하던 방식에서 적재함을 통과한 공기를 공급하는 방식으로 개선하여 연소가스 유출과 분진의 비산을 줄이고 연소실 내에 분진을 공급하여 추가적인 연소를 유도하였다.

참 고 문 헌

1. 김종진외 6. 1999. 시설원예용 온풍난방기에 관한 실험적 연구. 한국농업기계학회. 1999vol.4(2) : 195-200.
2. 현명택. 2001. 시설재배용 석탄 자동 난방시스템 개발. 농림기술개발센터 첨단기술개발사업연구성과보고서2001 : 228.
3. Pian CCP. 2001. Development of a high-temperature air-blown gasification system. Bioresource Technology. 79(3) : 231-241.