

연속난방 및 불씨유지 작동상태에서 석탄온풍기의 내부온도 변화 Inner Temperature Changes of Coal Hot Air Heater during Continuous Heating and Kindling Maintenance Operating State

이시영^{1*} · 이기명² · 김학주¹ · 전 회¹ · 염성현¹

Lee, S.Y.^{1*} · Lee, K.M.² · Kim, H.J.¹ · Chun, H.¹ · Yum, S.H.¹

¹농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장, ²경북대학교 생물산업기계공학과

¹Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

²Kyungpook Nat. Univ., Bio-industrial Mach. Engin. Dep., Daegu 702-701, Korea

서 론

우리나라 시설재배 면적은 1990년 25,450ha에서 2004년에는 51,237ha로 2배 이상 증가하였으며, 전체 시설면적 중 난방면적은 12,370ha로 24.1%를 차지하고 있다(농림부, 2004). 시설재배에서 가온을 위한 난방연료로 95% 이상이 경유를 이용하는데 최근 유류 가격이 급격하게 상승하여 시설재배 농가의 연료비 부담이 가중되고 있다. 경유를 대체하기 위해 연탄, 석탄, 코크스, 페타이어, 도시폐기물 등을 이용한 난방기를 사용하는 농가가 증가하고 있으며, 그 중 석탄은 주로 무연탄과 유연탄을 사용하고 있다. 무연탄은 90% 이상이 연탄으로 가공되어 가정·산업 부문에서 연료로 이용되고 있고 유연탄의 경우 무연탄에 비해 발열량이 높아 화력발전 및 산업용 연료로 사용되고 있으나 국내 생산이 되지 않아 전량을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

농업용 난방연료로 사용되는 석탄은 열량이 6,500~7,000kcal/kg 정도인 무연탄이고 경유나 중유에 비해 취급 및 조작이 쉽지 않은 단점이 있다. 기존의 석탄 및 연탄난방기는 온수를 순환시켜 온실내부의 방열배관을 통해 공기 중으로 열을 공급하는 온수난방 방식이 주를 이루고 있으나 난방배관 설치비용이 많이 소요되고 열이용 효율이 다소 낮다. 온풍난방 방식은 연소실에서 발생된 더운 공기를 순환팬으로 불어내어 덕트를 통해 작물 근처까지 직접 공급하게 되므로 열이용 효율이 높고 설치비용이 낮은 장점이 있다. 본 연구에서는 난방 연료비의 부담이 적은 석탄을 연료로 사용할 수 있는 이상화격자 연소방식의 정밀 온도조절형 석탄온풍난방기를 개발하여 50,000kcal/hr 용량의 시험용 난방기를 제작하였고, 실농가 재배 규모에 사용할 수 있도록 200,000kcal/hr로 난방용량을 확대하기 위해 연소구조를 보완

하여 연속적인 난방작동 중 난방기 내부의 온도변화를 실시간으로 측정함으로써 각 구동부의 작동상태 및 온도변화를 분석하였다.

재료 및 방법

시설원에 농가의 사용 여건을 고려하여 50,000kcal/hr 용량의 시험용 석탄온풍기를 200,000kcal/hr 용량의 보급형 석탄온풍기로 보완 제작하였다. 이상 화격자로 구성된 무한 캐도식 연소판은 합금강 재질의 주물을 1,000℃ 이상 열처리하여 고열로 인한 연소판의 변형이 생기지 않도록 하였으며, 연소실은 일산화탄소 등 연소가스에 의한 부식을 최소화하기 위해 두께 7mm의 스테인리스 재질로 구성하였다. 석탄온풍기 본체에 부착된 소용량(300kg) 연료 적재함 중앙 상하부에 정전용량 원주형 근접센서(CR18-8AC)로 연료공급 시작 및 종료 레벨을 설정하여 버킷엘리베이터의 작동을 제어하도록 구성하여 대용량 적재함(1,000kg)에서 본체에 부착된 소용량 적재함(300kg)에 항상 일정량을 채우도록 설정하였다. 상온용 열전대(t-type)와 소형릴레이(miniature relay 3극)를 이용하여 이상화격자, 연소공기 공급기, 송풍팬의 작동시점 및 시간을 측정하였다. 연소실의 온도에 따라 이상화격자, 송풍팬 등의 구동부를 제어하기 위한 고온용 열전대(k-type, 0~1,800℃)를 이용하여 이상화격자 상부, 열교환실, 송풍구의 온도를 측정하였다.

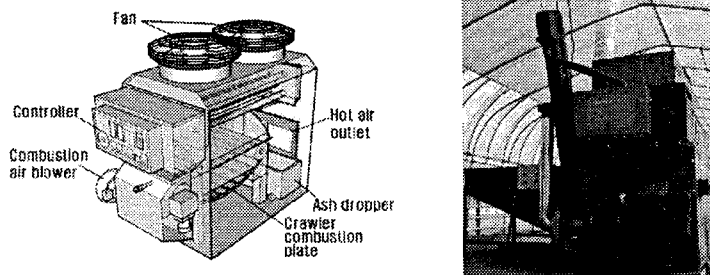


Fig. 1. Schematic and photograph of traveling grate combustion type coal hot air heater

결과 및 고찰

이상화격자 방식의 무한캐도형 연소구조인 50,000kcal/hr 용량의 시작기를 개선하여 시설 재배 농가 현장에서 실제로 활용할 수 있는 200,000 kcal/hr 용량의 보급형 석탄온풍기를 개발하기 위해 시작기의 구조를 보완하였다. 그림 2와 같이 이상화격자로 구성된 무한캐도 연소판을 상하부로 구분하여 상부의 석탄 연소구간과 하부의 화격자 냉각구간으로 분리하였다. 상부에서는 석탄이 적재되어 있는 화격자가 연소실 내부에서 서서히 이동하면서 연료를 최대한

연소시킨 후 회전하여 하부로 내려왔을 때는 공기에 의해 자연적으로 냉각되도록 하여 지속적인 연소에 따른 화격자 자체의 과열을 방지할 수 있는 구조로 개선하였다. 이상화격자의 구조는 일체형에서 분리형으로 변경하고 좌우 간극을 각각 10mm로 재조정하였다.

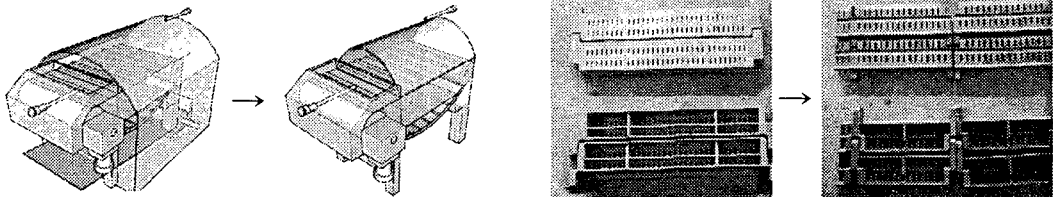


Fig. 2. Complement of combustion structure and traveling grate

연소구조를 보완한 20,000kcal/hr 용량 석탄온풍기의 난방성능을 시험하기 위해 연속적인 난방가동 및 주간의 불씨유지 성능시험을 수행하였다. 연속적인 난방가동 시험에서는 그림 3과 같이 인위적으로 연소공기 공급기를 지속적으로 가동시킨 결과 정상 연소 시간 동안에는 이상 화격자가 작동하여 연료를 공급하는 시점에 따라 석탄이 적재된 연소판은 110℃에서 140℃ 사이의 온도범위에서 변화하여 안정적인 수준의 온도변화를 보였고 송풍기가 주기적으로 작동하여 온풍을 배출함으로써 열교환실의 온도를 하강시키는 것으로 나타나 연속적인 난방기간 동안 고온용 열전대에 의해 이상화격자의 작동이 적정수준에서 제어되어 연소실의 과열현상을 방지하는 것으로 판단되었다.

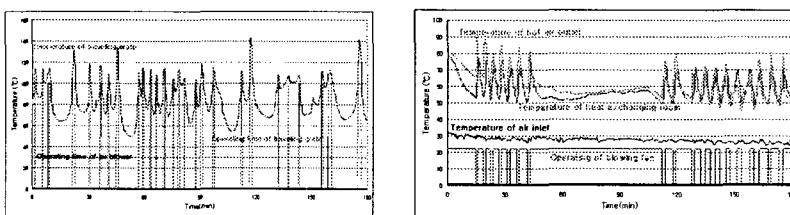


Fig 3. Temperature changes of heater during continuous heating operation

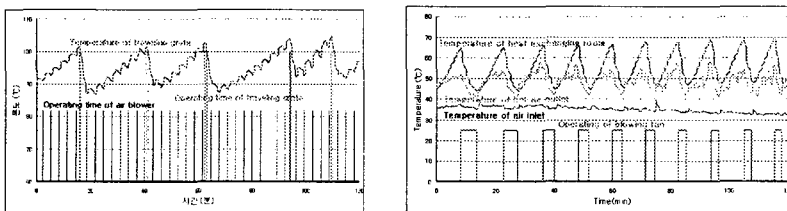


Fig 4. Temperature changes of heater during kindling maintenance operation

난방이 필요 없는 시간대의 불씨유지 성능시험에서는 그림 4와 같이 연소공기 공급기가 3분을 주기로 작동하고 연소가 진행되는 이상화격자 상부의 온도가 100~105℃ 정도 되었을 때 구동모터가 작동하여 이상화격자를 회전시킴으로써 미연소 석탄을 공급하여 연소부의 온도를 85~95℃ 정도로 유지하는 것으로 나타났다. 온실 내부로 온풍을 공급하는 송풍팬은 10분 정도의 주기로 3~5분 정도 작동함으로써 열교환실의 온도를 45~70℃ 범위에서 유지시키는 것으로 나타나 주간의 불씨유지 기능 작동 중에도 일정 수준의 안정적인 온도범위 내에서 석탄온풍기의 각 구동부가 제어되어 작동하는 것으로 판단되었다.

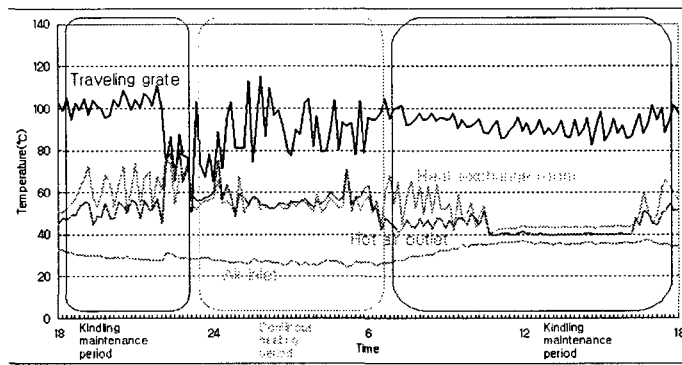


Fig 5. Temperature changes of heater during daily continuous heating and kindling maintenance period

연속적인 난방성능 테스트를 위해 그림 5와 같이 일일 중에 연속난방과 불씨유지 시간대를 설정하여 가동시험을 한 결과 이상화격자 및 열교환실의 과열현상이나 화격자의 연신현상 없이 원활하게 작동하였고 연료도 충분히 연소되어 용량확대에 따른 연소실 구조의 보완이 효과적으로 이루어진 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

이상화격자 방식의 무한궤도형 연소구조인 50,000kca/hr 용량의 시작기를 개선하여 시설 재배 농가 현장에서 실제로 활용할 수 있는 200,000 kcal/hr 용량의 보급형 석탄온풍기를 개발하기 위해 시작기의 구조를 보완하였다. 보급형 석탄온풍기의 난방성능을 시험하기 위해 연속적인 난방가동 및 주간의 불씨유지 기능에 의한 난방기 내부의 온도변화를 측정하였다. 연속적인 난방성능을 테스트하기 위해 일일 중에 연속난방과 불씨유지 시간대를 설정하여 가동시험을 한 결과 난방기의 과열현상이나 화격자의 연신현상 없이 내부에 설치된 고온용 온도센서로 원활한 제어가 가능한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 권순석. 1998. 보일러 및 증기터빈. 동명사. 78-81
2. 현명택. 2001. 시설재배용 석탄 자동 난방시스템 개발. 농림기술개발센터 첨단기술개발사업 연구성과보고서. 2001:228.
3. Georgios. K. 2001. Temperature control and energy conservation in a plastic greenhouse. J. agric. engin. res. 80(3):251-259