

유니베이크어 오븐의 유동해석

이종선* · 백두성**

CFD Analysis of Unibaker Oven

Jongsun Lee* and Doosung Baik**

요 약 본 논문은 열평형 기술을 활용하여 다단계 조절이 가능한 유니베이크어 오븐에 대하여 CFD(computational fluid dynamics) 해석을 수행하여 오븐내부의 열유동분포와 속도를 파악함으로써 오븐 내부의 열평형을 이룰 수 있는 최적 위치를 예상함으로써 유니베이크어 오븐의 설계 자료로 이용하고자 한다.

Abstract The objective of this study is search to the heat range and velocity of the unibaker oven having multi-level controller by CFD(computational fluid dynamics) analysis. CFD analysis result is expect to find the most suitable place of the heat pipe making thermal equilibrium so that it can be used design data.

Key Words : heat range, unibaker oven, thermal equilibrium, CFD

1. 서 론

제빵제과 기술이 국내에 도입된 이래 각종 제빵제과 관련 기계가 개발되었으나 엄격한 의미에서 열평형이론에 의한 고급 제빵제과용 오븐은 아직도 개발되지 못한 실정이다. 따라서 고급 제빵제과용 유니베이크어 오븐을 개발하기 위하여 열평형 기술을 응용하여 개발함으로써 제품의 기술을 한 단계 향상시킨다. 또한 다단계 조절방식의 유니베이크어 오븐을 개발하여 일본, 유럽에서 수입되는 많은 양의 유니베이크어 오븐에 대해 수입대체 효과가 발생하며, 유럽과 일본 등 고급 제빵제과시장에도 본격적으로 수출 할 수 있는 계기가 될 것이라 판단된다.

개발되는 조합형의 다단 유니베이크어 오븐의 형태는 자연대류 방식으로 최상단은 열 분산이 크므로 열 차단을 위한 특별 보호 유니트를 설치하며 그내에는 유효한 원적외선이 방출될 수 있도록 각섬석 세라믹 판이 설치되고 전기 전열선이 상하에 적절한 밀도로 설치되도록 개발한다.

본 논문에서는 상용 유한요소 해석코드인 ANSYS를 활용하여 오븐 내부의 열 파이프에서 열을 공급하며 빵의 개수에 따라 열유동해석을 수행한다.

2. 유니베이크어 오븐의 유동해석

2.1. 해석 조건

유니베이크어 오븐 내부의 온도분포와 속도를 평가하기 위하여 thermal, steady-state의 유동해석을 실시하였다. Fig. 1은 유니베이크어 오븐의 전체 형상을 나타내며 Fig. 2는 Fig. 1의 내부 단면을 단순화시킨 것이다. 유동해석 시 유니베이크어 오븐의 작동에 있어서 4개의 상단 히터에서 발생하는 열과 2개의 하단 히터에서 방출되는 열이 빵의 개수에 따라서 오븐 내부에서 온도분포와 흐름이 어떻게 변화하는지 알아보기 위하여 2단계로 나누어 해석하였으며 본 해석에 사용된 히터 온도와 오븐 내부 조건은 Table 1과 같다.

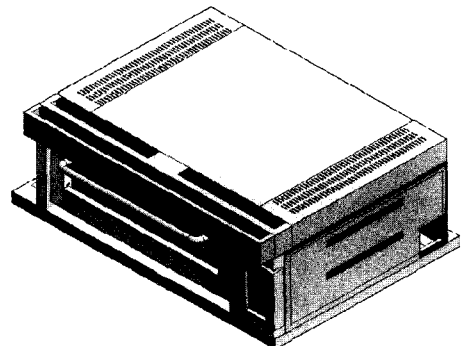


Fig. 1. Unibaker oven

*대전대학교 기계설계공학과
**국민대학교 자동차공학 전문대학원
Tel : 031-539-1975

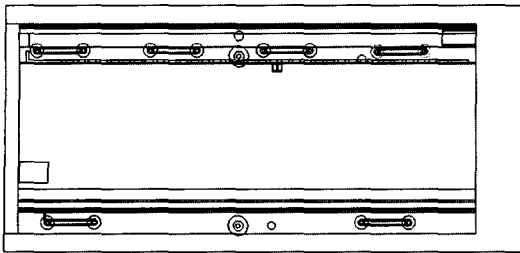


Fig. 2. Sectional view of Unibaker oven

Table 1. Analysis Condition of Unibaker Oven

Property	Value
Upper Heater (K)	500
Lower Heater (K)	450
gravity(m/s ²)	9.8

Table 2. Number of Nodes & Elements for analysis

	Nodes	Elements
Type I	13,793	13,566
Type II	11,611	11,259

Table 2는 해석을 위한 각 부분의 해석 조건 즉 절점 수와 요소수를 정의한 것으로서 유동해석 시 빵의 개수의 차이를 두어 0, 5개로 나누어 2가지 형태로 해석하였으며 각 조건에서 0~60분 동안 10분의 간격으로 200번의 iteration을 수행하여 유동해석을 시행하였다.

Table 3은 유니베이커 오븐의 유동해석 결과를 나타낸 것으로 시간의 변화에 따른 절점(node)의 온도변화를 나타낸 것이다.

Fig. 3~Fig. 4는 각각 Type I, II의 온도 분포에 있어서 오븐 내부에 경로를 설정하여 경로에 따른 온도 그래프를 나타낸 것으로 오븐 내부의 온도를 알 수 있으

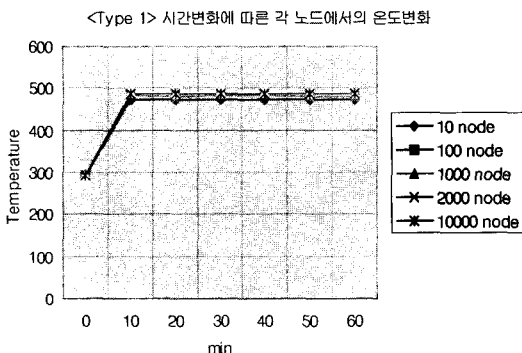


Fig. 3. Temperature result of Unibaker oven with Type I

Table 3. Temperature results

	Nodes No.	Temperature (K)
Type I	0 min	293.00, 293.00, 293.00, 293.00, 293.00
	10 min	474.39, 481.92, 489.60, 490.41, 487.46
	20 min	473.02, 480.58, 488.11, 491.66, 487.85
	30 min	472.54, 481.90, 489.61, 491.21, 487.37
	40 min	472.63, 481.94, 489.04, 492.50, 488.37
	50 min	472.64, 480.42, 487.95, 491.44, 487.96
60 min	472.72, 480.88, 488.25, 491.38, 488.21	

	Nodes No.	Temperature (K)
Type II	0 min	293.00, 293.00, 293.00, 293.00, 293.00
	10 min	468.81, 497.27, 486.76, 495.23, 490.39
	20 min	470.66, 496.70, 485.44, 494.91, 489.44
	30 min	470.79, 496.71, 485.97, 495.03, 489.70
	40 min	470.89, 496.79, 486.28, 495.17, 489.96
	50 min	471.00, 496.93, 486.63, 495.34, 490.26
60 min	471.12, 497.11, 487.00, 495.52, 490.57	

며 Table 2에서의 각 Type 마다 임의로 지정된 절점에서의 온도변화를 나타낸 것이다.

ANSYS를 이용한 유동해석의 결과인 오븐 내부의 온

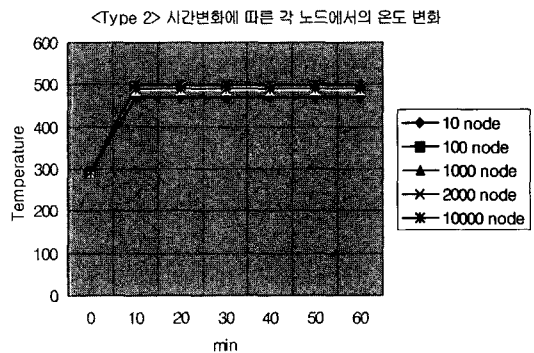


Fig. 4. Temperature result of Unibaker oven with Type II

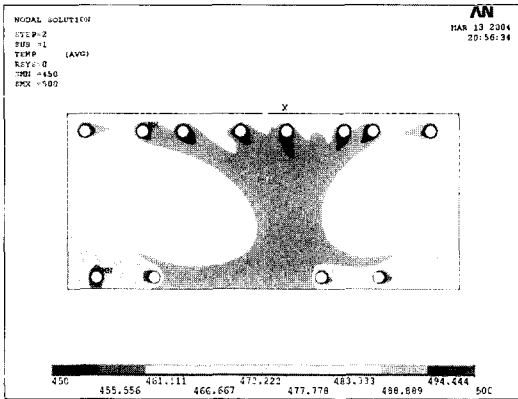


Fig. 5. Temperature of Unibaker oven at 20 minute

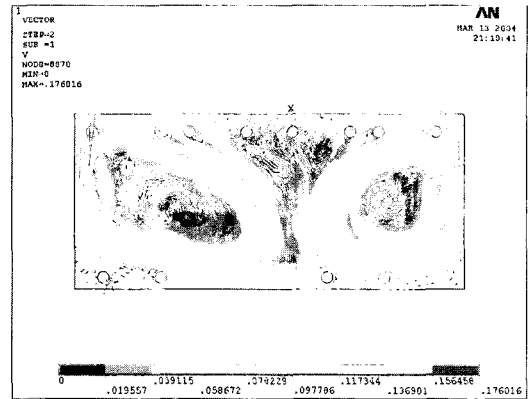


Fig. 8. Velocity of Unibaker oven at 20 minute

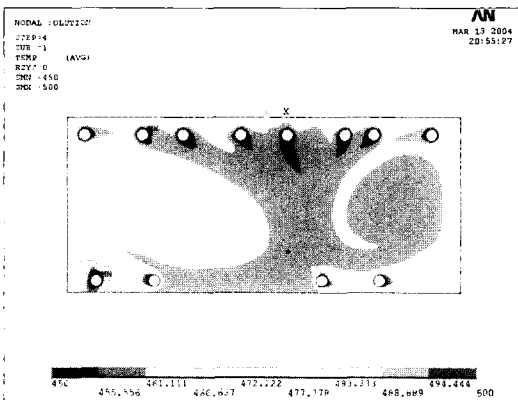


Fig. 6. Temperature of Unibaker oven at 40 minute

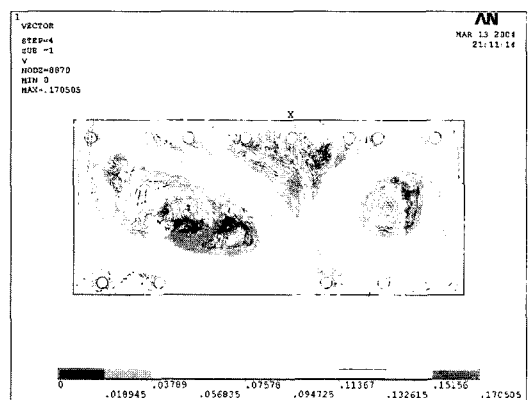


Fig. 9. Velocity of Unibaker oven at 40 minute

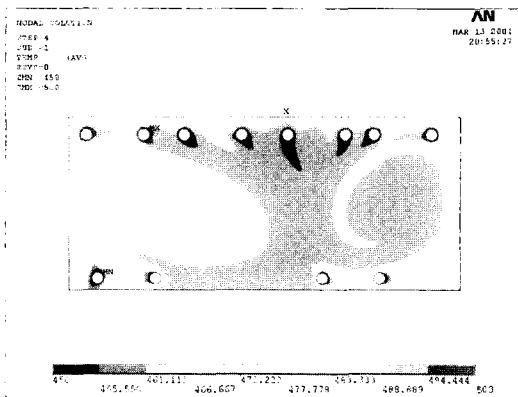


Fig. 7. Temperature of Unibaker oven at 60 minute

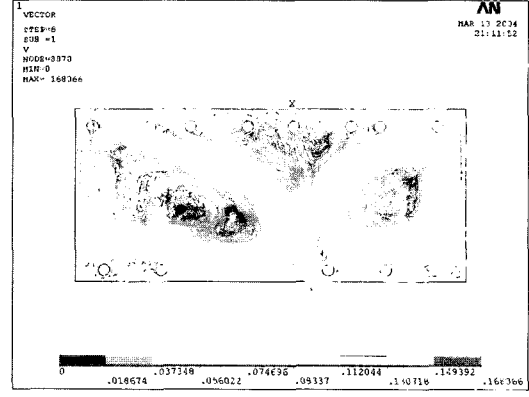


Fig. 10. Velocity of Unibaker oven at 60 minute

도분포와 속도를 vector로 나타낸 그림은 Fig. 5~Fig. 22와 같다.

Fig. 5~Fig. 13은 Type I의 해석 결과로 열의 방출에 있어서 상부 4개의 히터와 하부 2개의 히터에 온도를 적용하였으며 오븐 내부의 벽과 히터에는 속도를 0 m/s

로 설정함으로써 wall을 형성하였다. 그리고 오븐 내부의 중력 가속도를 외부와 동일하게 9.8 m/s²로 설정하였다.

Fig. 14~Fig. 22는 Type II의 해석 결과로 열의 방출에 있어서 상부 4개의 히터와 하부 2개의 히터에 온도

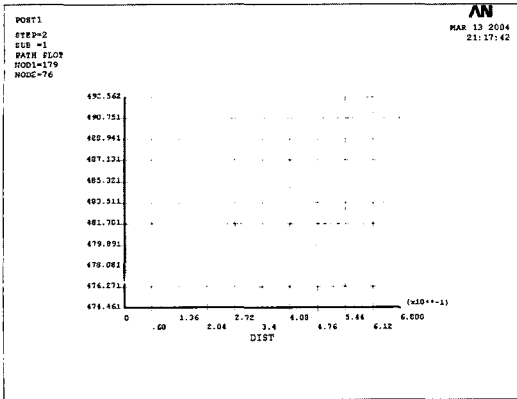


Fig. 11. Temperature graph at 20 minute

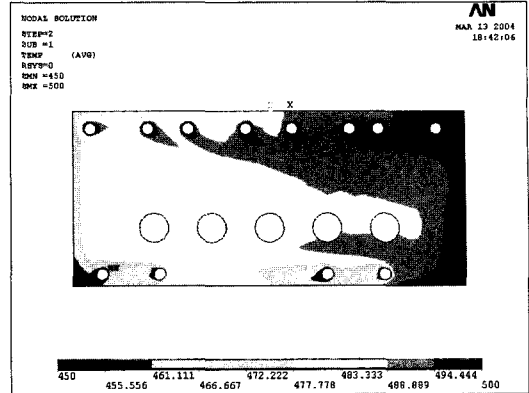


Fig. 14. Temperature of Unibaker oven at 20 minute

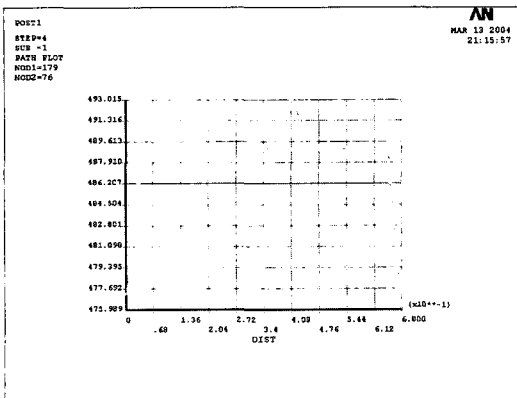


Fig. 12. Temperature graph at 40 minute

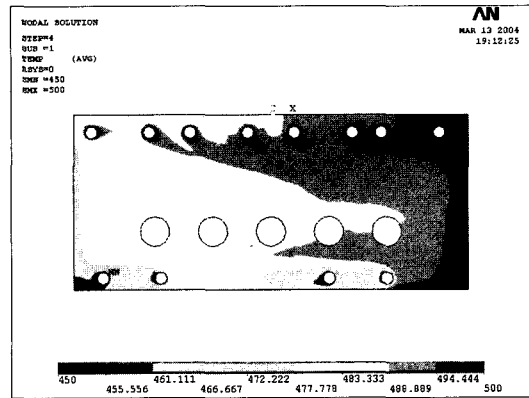


Fig. 15. Temperature of Unibaker oven at 40 minute

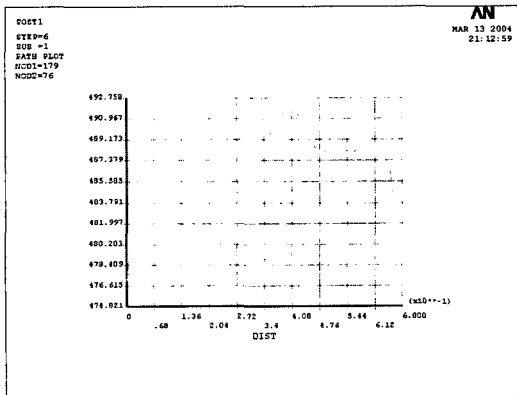


Fig. 13. Temperature graph at 60 minute

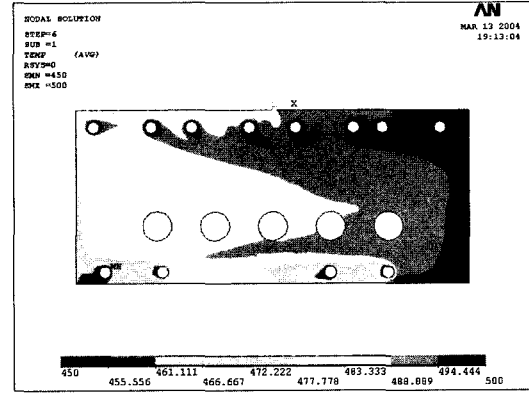


Fig. 16. Temperature of Unibaker oven at 60 minute

를 적용하였으며 오븐 내부의 벽과 히터에는 속도를 0 m/s로 설정함으로써 wall을 형성하였으며, 오븐 내부에 빵으로 설정하기 위하여 빵을 구의 형태로 형상화하여 벽과 히터와 같이 wall로 형성하여 해석을 수행하였다.

본 해석의 결과 Table 3에서 알 수 있듯이 각 Type 마다 시간에 따라서 지정된 절점에서의 온도를 구함으로서 오븐 내부의 온도가 어떻게 변화하는지 알 수 있었으며 각 Type 마다 일정시간의 예열 시간이 지난 후

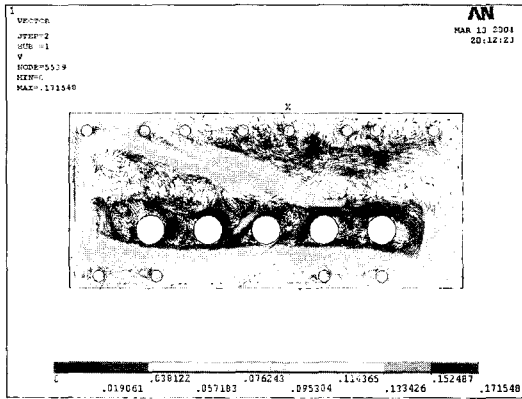


Fig. 17. Velocity of Unibaker oven at 20 minute

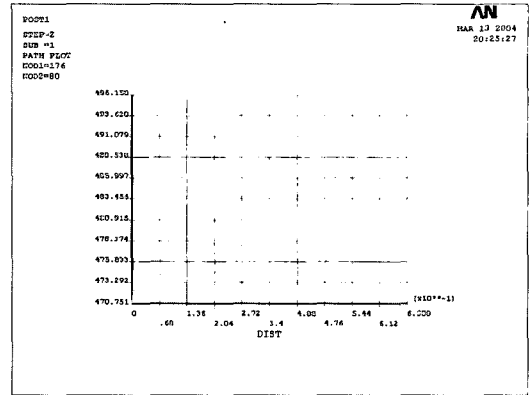


Fig. 20. Temperature graph at 20 minute

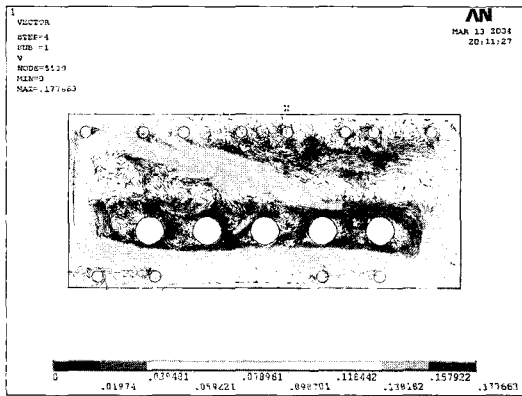


Fig. 18. Velocity of Unibaker oven at 40 minute

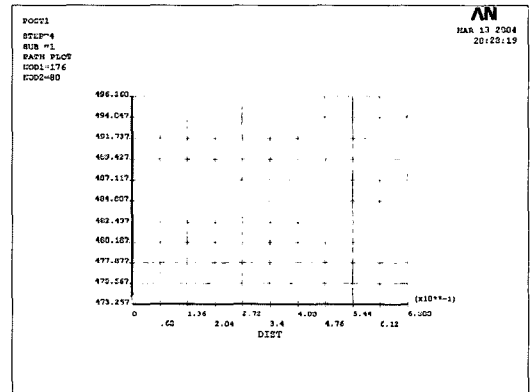


Fig. 21. Temperature graph at 40 minute

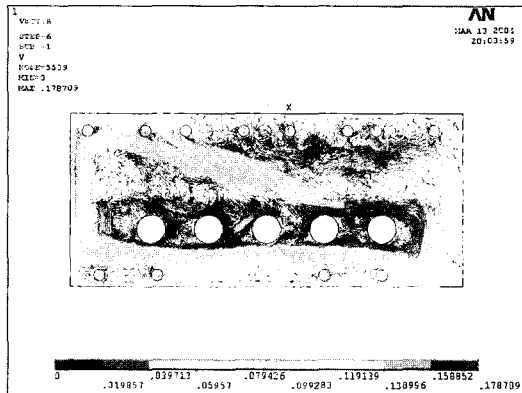


Fig. 19. Velocity of Unibaker oven at 60 minute

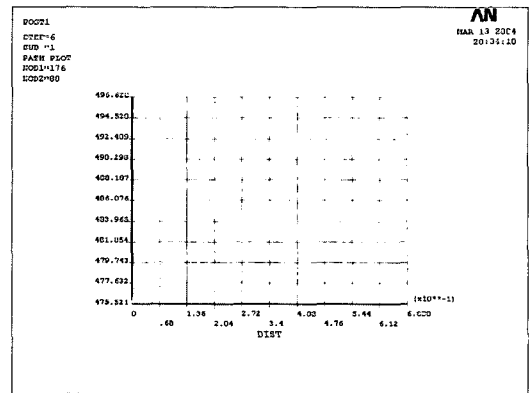


Fig. 22. Temperature graph at 60 minute

시간에 따라서 오븐 내부의 온도가 절점에서 거의 일치함을 알 수 있었다. 또한 오븐 내부의 속도벡터에서 온도분포의 변화형태는 위치에 따라서 오븐 내부의 온도 편차가 20도까지 존재함을 알 수 있었으며, 이에 따라 히터의 위치를 선정함에 있어 기초 자료로 활용하였다.

2.2. Type I의 유동해석

2.3. Type II의 유동해석

3. 결 론

제빵제과용 다단계 조절 방식의 유니베이커 오븐을 개발하기 위하여 3차원 유한요소 해석코드인 ANSYS 를 활용한 유동해석의 결과는 유니베이커 오븐의 기초 설계에 적용하였으며, 결과는 다음과 같다.

- 1) 유동해석의 결과를 이용하여 유니베이커 오븐을 설계하고 제작하였다.
- 2) 해석 결과에서 내부 조건 즉, 빵의 존재 여부에 따라 열유동의 형태와 속도 벡터의 이동이 달라짐을 알 수 있었다.
- 3) 일정시간의 예열 시간 경과 후에 열의 유동이 일정해지며 안정되어짐을 알 수 있었으며 오븐 내부의 조건 즉, 빵의 개수 변화에 따라 열유동의 형태는 변하지 만 시간에 따른 온도는 거의 일치함을 알 수 있다.
- 4) 오븐 내부의 속도벡터에서 온도분포의 변화형태는

위치에 따라서 오븐 내부의 온도편차가 20도까지 존재함을 알 수 있었으며, 이에 따라 히터위치를 선정하였다.

참고문헌

- [1] 캐드 넷 엔지니어링, 기계·금형·전기 분야 Auto CAD 2000, 크라운 출판사, 2000.
- [2] 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001.
- [3] 김낙수, 임용택, 진종태 공역, 공업재료 가공학, 반도출판사, 1994.
- [4] T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, Introduction to Finite Elements in engineering, Prentice Hall, 1991.
- [5] ANSYS User's Manual Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1996.
- [6] 대흥기업, "다단계 조절방식의 유니베이커 오븐 개발", 2003년도 중소기업 기술혁신 개발사업 최종보고서, 2004.