

응축 방식의 건조 일체형 드럼세탁기에서의 자동 건조 알고리즘에 관한 연구

정영석†

Investigation of Automatic Drying Algorithm to Combi-Drum Washer of the Condensing Type

Young Suk Chung

Key Words: Combi-drum washer(건조 일체용 드럼세탁기), Condensing(응축), Condensing duct
(응축 덕트), Drum(드럼), Tub(수조)

Abstract

The condensation water temperature (T_{CW}) distributions on the combi-drum washer of condensation type which the cloth washes, rinses, spins and dry cloth over a heater were measured using the thermocouples. During the drying process, in order to find out the relationship between the T_{CW} distribution and the cloth dryness level (C_{DI}), the experiment was made for the dehydration rate of the cloth (C_{D0}) is 63%, the weight of cloth (W_{C0}) from 1 to 6kg. In result, according to W_{C0} and C_{D0} , the distributions of T_{CW} are very different. Using this tendency, it was appropriate and it developed the automatic drying algorithm and it was gotten dryness level regardless of W_{C0} , C_{D0} and the other factor.

기호설명

- C_{D0} : 세탁물의 탈수도 [%]
 C_{DI} : 세탁물의 건조도 [%]
 T_a : 단위 건조 시간 [min]
 T_d : 세탁물의 건조 시간 [min]
 T_{CW} : 응축수의 온도 [°C]
 W_{C0} : 세탁물의 건포 무게 [kg]
 W_{D1} : 세탁물의 탈수 후 무게 [kg]
 W_{D2} : 세탁물의 건조 후 무게 [kg]

1. 서 론

최근 세탁기 국내시장의 소비자 수요가 일반세탁기에서 드럼 세탁기 중심으로 전환되고 있으

며, 세탁 전용 드럼세탁기보다 건조 일체형 드럼세탁기의 수요가 점점 증가하고 있는 추세이다. 건조 일체형 드럼세탁기는 건조용 히터에 의한 열기를 세탁물이 들어있는 드럼 내부로 송풍하여 세탁물을 건조 시키는 장치로써, 건조기능을 단독으로 수행하거나 또는 세탁기능과 연계하여 탈수 완료 후 건조기능을 수행하도록 되어 있다.

일반적인 건조 일체형 드럼세탁기는 건조행정이 시작되면, 팬이 작동하고 건조용 히터가 작동되어 히터로부터의 열기가 드럼 내부로 들어가게 된다. 드럼 내부의 세탁물은 일정한 속도로 회전을 하다가 바닥으로 떨어지는 과정을 되풀이하면서 세탁물이 건조되게 된다. 드럼 내부로 송풍된 고온의 공기는 세탁물이 함유하고 있는 수분을 흡수한 채로 드럼의 벽면을 타고 다시 팬 쪽으로 흡입되게 된다. 이때, 드럼 내부를 순환한 뒤 팬으로 다시 흡입되는 공기에 포함된 습기는 외부의 급수원과 연결된 응축 노즐로부터 응축덕트로 공급되는 소량의 냉수에 의해 응축이 된 후 하부로 흐르고, 그 바닥에 모여지는 소량의

† 삼성전자 리빙사업부 개발팀
 E-mail : ys3.chung@samsung.com
 TEL : (031)200-6932 FAX : (031)200-6985

응축수는 배수 호스를 따라 외부로 배출되게 된다. 이러한 응축방식의 건조 일체형 드럼세탁기에서 건조 행정을 진행하는데 있어서, 사용자는 세탁물에 대한 건조 시간을 세탁물의 무게 및 탈수도 등을 고려하여 수동으로 설정하도록 되어 있다. 그러나, 사용자가 선택하는 건조 시간은 직관 및 경험에 의해서 결정되므로 정확한 건조 시간을 선택하기는 힘들며, 더욱이 세탁물의 무게가 같다고 하더라도 세탁물이 함유하는 수분을 고려해야 되기 때문에 건조 시간을 정확하게 설정하기는 매우 어렵다.

이와 같이 세탁물의 무게, 세탁물에 함유된 수분, 그리고 응축을 하기 위해 외부의 급수원으로부터 공급되는 냉수의 온도 등에 따라 건조 시간이 달라지게 되어 정확하게 건조 시간을 예측하여 선택하는 것은 어렵다. 만약 사용자가 의해서 건조 시간이 짧게 선택되는 경우에는 세탁물이 완전하게 건조되지 않은 상태에서 건조 행정이 종료되므로 건조 성능이 저하될 뿐만 아니라, 사용자로 하여금 다시 한 번 건조 행정을 진행하게 하는 불편함이 따르며, 반대로 건조 시간이 길게 선택되는 경우에는 세탁물에 대한 과도한 건조가 이루어지게 됨으로 인하여 세탁물의 손상이 우려됨은 물론 에너지가 낭비되는 현상을 가져오게 된다. 이와 같이 최적의 건조도를 세탁물이 가질 때 건조 행정을 종료하는 것은 여러 가지 측면에서 매우 중요하다. 따라서, 본 연구의 목적은 응축 후 빠져나가는 물의 온도와 세탁물의 건조도 사이에 밀접한 관계가 있다는 것을 찾아내어, 응축수의 온도 변화를 이용하여 세탁물의 최적의 건조도를 찾고자 하는데 그 목적이 있으며, 그 관계를 알아내기 위하여 세탁물의 무게와 탈수도를 변화시키면서 건조 행정을 실행하였고, 이 때 응축수의 온도 분포를 측정하였다.

2. 실험 장치 및 방법

Fig. 1은 본 연구에 사용된 실험 장치의 개략도를 나타내고 있다. 건조 행정 중, 응축 후 빠져나가는 물의 온도 변화를 관찰하기 위하여 응축 덕트 하단에 열전대를 설치하였고, 이 열전대는 data acquisition system (DA 100)과 PC에 연결시켰다. 그리고, 세탁기의 하단에 전자저울을 설치하여 세탁물의 무게를 측정하였으며, 주위 온도를

20℃로 균일하게 유지할 하여 실험의 정확도를 높였다.

실험에 사용된 세탁기의 개략도가 Fig. 2에 나타나 있다. 본 장치는 세탁물의 저장을 위해 내부에 설치되는 원통형의 tub와 tub의 내부에 회전 가능하게 설치되며 벽면에 다수의 탈수공이 형성된 원통형의 드럼, 건조장치 등으로 구성된다. 그리고 tub의 뒤쪽에는 tub 내부의 드럼을 정 방향 또는 역 방향으로 회전 시키면서 세탁, 행굼, 탈수, 건조 동작을 수행할 수 있게 하는 구동모터가 설치되며, tub와 드럼의 앞쪽에는 사용자가 세탁물을 넣고 꺼 수 있도록 도어가 설치되어 있

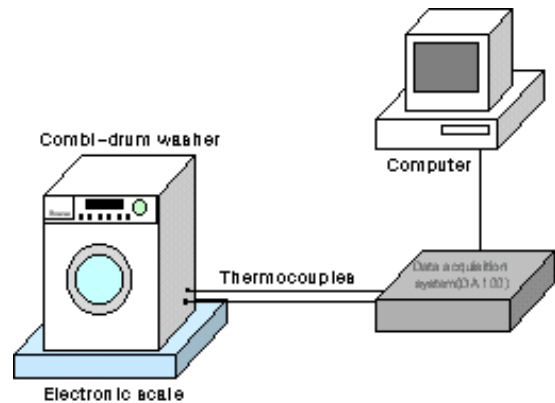


Fig. 1 Schematic diagram of the test apparatus

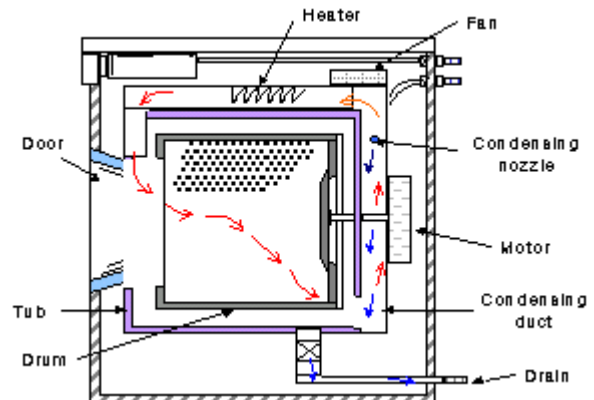


Fig. 2 Schematic diagram of combi-drum washer of the condensing type

Table 1 Experimental conditions

세탁물의 탈수도 ($C_{D0} = W_{C0}/W_{D1}$)	63%
세탁물의 건조도 ($C_{D1} = W_{C0}/W_{D2}$)	97% 이상
세탁물의 건조 무게 (W_{C0})	1,3,5,6kg

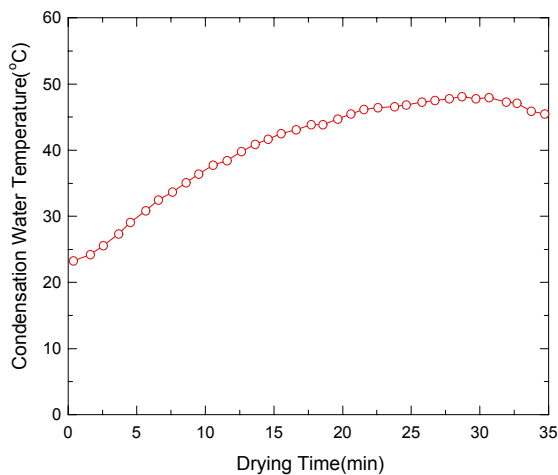
다. 또한, 세탁물을 건조시키기 위한 건조장치는 tub의 상부에 설치되는. 팬 장치와 세탁물의 건조를 통해 생기는 습한 공기를 응축시켜 제거 시키는 응축 덕트로 구성되어 있다. 응축 덕트는 그림과 같이, tub의 뒷면 하단에 형성되는 공기배출구와 tub의 상부에 설치된 팬의 흡입구 사이를 연결하는 유로를 형성하는 것으로, 냉수를 공급하는 노즐 장치가 부착되어 있다. 응축 덕트에서는 드림 내부를 순환한 뒤 팬으로 다시 흡입되는 다습한 공기와 외부의 급수원과 연결된 노즐 장치로부터 공급되는 소량의 냉수가 서로 부딪히면서 열 교환이 이루어지고, 그 결과 응축이 일어나면서 다습한 공기는 저습한 공기로 바뀌게 된다. 그 때, 발생하는 소량의 응축수는 배수 호스를 따라 외부로 배출되게 되는데 이 응축수의 온도를 측정하여 건조 행정의 종료 시점을 판단하게 된다. 실험은 Table 1과 같은 조건에서 각각 수행되었다.

3. 실험 결과 및 토의

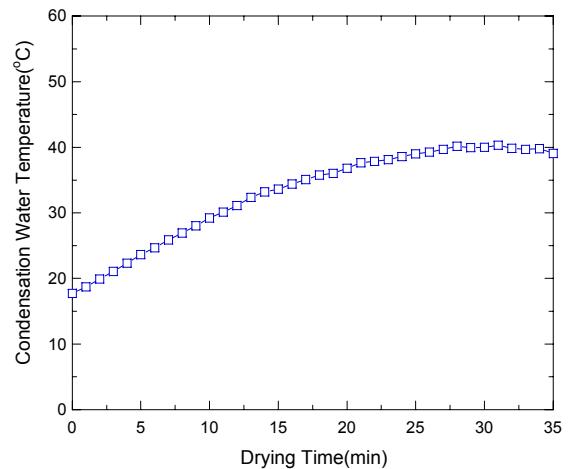
세탁물에 대한 건조 시간은 세탁물의 무게, 세탁물에 함유된 수분, 공급되는 냉수의 온도 등 다양한 요인에 의하여 영향을 받는다. 건조 과정에서 응축된 물의 온도 역시 다양한 요인에 의하여 영향을 받을 수 있다. Fig. 3 (a)는 응축을 위해 외부로부터 공급되는 냉수의 온도가 상대적으

로 높은 경우일 때 건조 행정이 종료될 때까지 변화하는 응축수의 온도를 나타낸 것이고, Fig. 3 (b)는 공급되는 냉수의 온도가 상대적으로 낮은 경우일 때 건조 행정이 종료될 때까지 응축수의 온도 변화를 나타낸 것이다. Fig. 3과 같이 건조 시간을 결정함에 있어서 응축수의 온도가 특정한 온도에 고정되지 않음을 알 수 있다.

Fig. 4는 세탁물의 무게가 각각 다른 경우에, 건조 행정이 종료될 때까지 응축수의 온도 변화를 나타내고 있다. Fig. 4 (a)는 세탁물의 무게가 소량인 경우(약 2kg 이상), Fig. 4 (b)는 세탁물의 무게가 중간 정도인 경우(약 2~4kg 정도), Fig. 4 (c)는 세탁물의 무게가 대량인 경우(약 4kg 이상)의 응축수의 온도 분포를 각각 보여 주고 있다. Fig. 4. (a)에서 응축수의 온도는 기준점(P1)을 기준으로 감소하기 시작하고 이후 감지온도가 일정 값 만큼 감소하는데 걸리는 제1건조 시간(Td2)에 도달하였을 때 건조 행정을 종료하며, 제1건조 시간(Td2) 보다 일찍 건조 행정을 마치면 건조 성능이 저하되는 한편 제1건조 시간(Td2) 보다 늦게 건조 행정을 마치면 과다 건조를 하게 되는 결과를 가져오게 된다. Fig. 4 (b)와 (c)인 경우에도 응축수의 온도는 기준점(P2, P3)으로부터 감소하기 시작하고 이후 감지온도가 일정 값 만큼 감소하는데 걸리는 제2 및 제 3건조 시간(Td3, Td4)에 도달하였을 때 건조 과정을 종료하며, 제2 및 제3건조 시간(Td3, Td4) 보다 일찍 건조 행정을



(a) Relatively high temperature



(b) Relatively low temperature

Fig. 3 Variations of the condensation water temperature corresponding to drying time variations at different cold water temperature : (a) Relatively high temperature, (b) Relatively low temperature

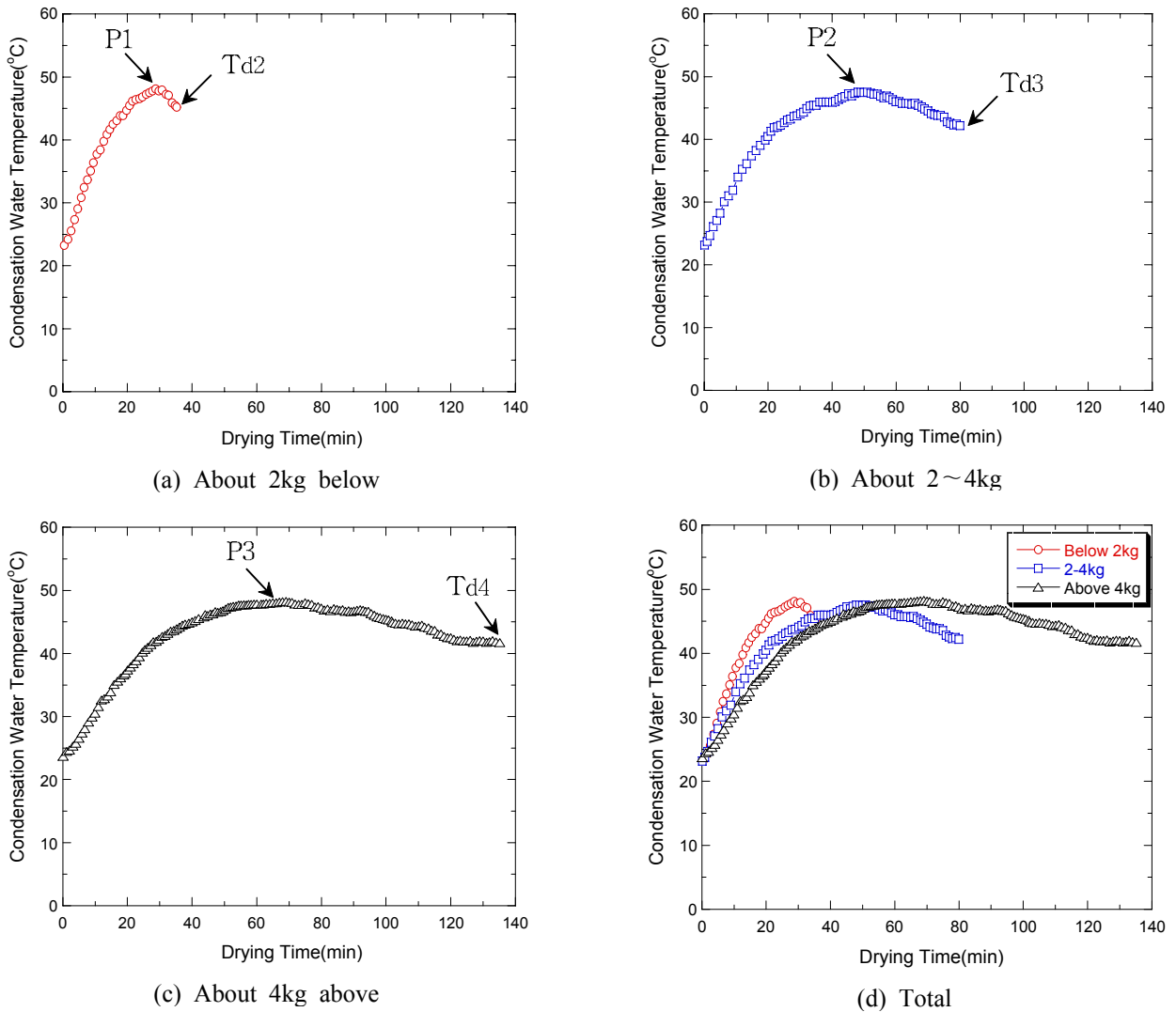


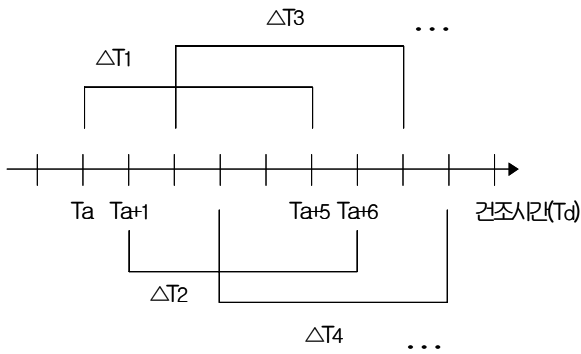
Fig. 4 Variations of the condensation water temperature corresponding to drying time variations at different cloth weight : (a) About 2kg below, (b) About 2-4kg, (c) About 4kg above, (d) Total

마치면 건조 성능이 저하되는 한편 제2 및 제 3 건조 시간(Td3, Td4) 보다 늦게 건조 행정을 마치면 과다 건조하게 되는 결과를 초래한다.

Figs. 3과 4와 같이 건조 시간에 대하여 응축수의 온도는 달라지지만, 그 감지 온도가 변화하는 패턴은 비슷한 것을 관찰할 수 있다. 초기에는 점차적으로 증가하다가 기준점(P1, P2, P3)을 기준으로 감소하고 그 감지온도의 변화율이 일정한 값에 이르게 되면 건조의 종료 시점에 도달함을 알 수 있다. 따라서, 이러한 응축수 온도의 변화 패턴을 파악하여 건조의 종료 시점을 자동으로 감지하는 알고리즘을 개발할 수 있다.

제어부의 마이콤은 응축수의 온도 변화에 기초하여 건조 행정의 종료를 판단한다. 즉 Fig. 5와

같이, 단위 건조시간($T_a, T_{a+1}, T_{a+2}, \dots$)마다 응축수 온도를 측정하고, 설정 구간에서의 온도차를 계산 한다. 여기서 설정 구간은 5개의 단위 건조시간으로 구성되어 있는데, 제1설정 구간($T_a \sim T_{a+5}$), 제2설정 구간($T_{a+1} \sim T_{a+6}$), 제3설정 구간($T_{a+2} \sim T_{a+7}$), ... 등으로 정의 되며, 해당 설정 구간에서의 온도차는 최종 온도와 처음 온도의 차(ΔT)를 계산하는 것을 뜻한다. 예를 들면, 제1 설정구간의 온도차(ΔT_1)는 최종 온도(T_{a+5})와 처음 온도(T_a)의 차이가 된다. 마이콤은 단위 건조 시간마다 설정 구간에서의 온도차를 계산하며, 계산된 온도차가 감소하는지를 판단한다. 여기서 온도차가 감소하는지를 판단하는 이유는 건조 행정의 후반부로 진입하는 상태인지를 감지하기 위



$$\sum \Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 + \Delta T_4 + \Delta T_5 + \Delta T_6 \dots$$

$$\Delta T_1 = T_{a+5} - T_a$$

$$\Delta T_2 = T_{a+6} - T_{a+1}$$

$$\Delta T_3 = T_{a+7} - T_{a+2}$$

$$\Delta T_4 = T_{a+8} - T_{a+3}$$

⋮
⋮
⋮

Fig. 5 Diagram of the drying algorithm

하여 인데, 건조 행정의 전반부에서는 수온 변화가 건조 종료를 판단함에 유용하지 않은 반면, 건조 행정의 후반부에서의 수온 변화는 건조 행정의 종료를 판단함에 결정적 요인으로 작용하기 때문이다. 마이콤에서는 이렇게 계산된 온도차와 미리 설정된 설정값들을 각각 비교하면서 건조 행정의 종료여부를 판단하게 된다. 이 설정값들은 세탁물의 무게, 세탁물에 함유된 수분, 응축덕트 내에 공급되는 냉수의 온도 등을 고려하여 다수의 실험을 통해 설정되어 진다. 만약, 건조 행정의 종료 시점으로 판단하면 건조용 히터를 오프함과 동시에 냉수의 급수를 정지하여 세탁물의 건조 행정을 마친다.

(2) Figliola, R. S. and Beasley, D. E., 1991, "Theory and design for mechanical measurements," John Wiley & Sons, Inc

4. 결론

본 연구를 통하여 응축 방식의 건조 겸용 드럼 세탁기에서 응축 후 빠져나가는 물의 온도와 세탁물의 건조도 사이의 관계를 알아내었으며, 이 응축수의 온도 변화를 이용하여 세탁물의 최적의 건조도를 찾아내는 자동 건조 알고리즘을 개발하였다. 따라서, 이 자동 건조 알고리즘을 이용함으로써 세탁물의 무게, 세탁물이 함유하는 수분 및 공급되는 냉수의 온도 등 다양한 요인의 변화에 상관없이 최적의 건조도를 얻을 수 있었으며, 이 알고리즘은 현재 판매 중인 건조 겸용 드럼세탁기에 적용되어 사용되고 있다.

참고문헌

(1) Holman, J. P., 1992, "Heat transfer," McGraw-Hill New York..