

스팀분사 방식을 사용한 스팀 드럼세탁의 세탁성능

정선영¹⁾ · 장정대¹⁾ · 박석규²⁾ · 정성해²⁾

- 1) 부산대학교 의류학과
2) LG전자 세탁기사업부연구소

Washing Efficiency of Drum Washing Machine Using Steam Jet System

Sun-Young Jung¹⁾, Jeong-Dae Jang¹⁾, Seok-Kyu Park²⁾ and Seong-Hae Jeong²⁾

1) Dept. of Textile & Clothing, Pusan National University, Busan, Korea

2) Engineering Design Department Washing Medicine Division, LG Electronics, Co., Ltd. Changwon, Korea

Abstract : The washing efficiency of two types of washing machine- drum(drum washing) and drum using steam jet system(steam drum washing) was studied. The purpose of this paper is to clarify the performance of new steam drum washing. The relationship between washing temperature and washing efficiency(reflectance(%)) by soil removal, and that between washing temperature and electric energy consumption, Fabric damage evaluated by Danish wear method, Fabric shrinkage(%) during laundering were investigated, and compared with those in drum washing machine. Washing efficiency of steam drum washing according to washing temperature is better than that of drum washing. Electric energy consumption and fabric damage in steam drum washing are lower than those of drum washing. Fabric damage increased as washing temperature increased. Shrinkage of fabrics in steam drum washing and drum washing are about same. Therefore, we assumed that in the case of steam drum washing using steam jet system, washing efficiency remarkably increased, and fabric damage decreased, even with a lot of saving in given electric energy and water used.

Key words : washing efficiency, steam drum washing, electric energy consumption, fabric damage, fabric shrinkage

1. 서 론

근래 국내외에서 여러 세탁기메이커에서 선보이고 있는 세탁기들은 세척효과 상승, 세탁물의 종류, 용량에 따른 수량 및 세제사용량의 자동화, 행굼성 향상, 세탁물 손상경감, 저소음, 살균효과, 직물손상을 줄이는 원심력에 의한 세정, 무세제 코스, 전해수 오염분해, 18각형 드럼으로 새로운 수류에 의한 세정, 대용량화, 환경을 고려한 절수형 샤워세탁, 저욕비 세정 등 다양한 기능을 발휘하는 새로운 기술이 세탁기 타입별로 계속 개발되고 있다(伊藤, 2001).

국내에서 사용되는 세탁기는 이불과 같은 부피가 큰 빨래를 할 수 있는 와류식 세탁기가 시장의 대부분을 차지하고 있었으나 가족수가 감소하고 세탁기가 실내의 장식적 의미도 가지게 됨으로서 소음이 작고 부피가 작은 드럼세탁기의 보급이 많아지게 되었다(유혜경 외, 1996). 최근에 와서 와류식 또는 교반식 세탁기에서 드럼세탁기로 더욱 빠르게 바뀌어 시장의 상당부분을 차지하고 있다. 드럼식은 원통의 회전으로 세액을 교반시키는데 기열장치가 있어 고온세탁이 가능하다. 섬유손상과 영

킵이 가장 적은 장점을 지나 동일한 세척효과를 위해서는 가열세탁이 필요하고, 세탁시간이 오래 걸리며 에너지가 많이 드는 것이 단점이다(오경화 · 유혜경, 1997).

한편, 우리 사회는 도시화가 많이 이루어져서 세탁기가 일반 가정에 많이 보급되고, 웰빙추세와 함께 건강과 환경에 대한 관심이 높아지면서 세탁에 있어서 오염정도가 심하여 세탁을 하는 것이 아니라 착용하고 나면 세탁한다라는 세탁개념 변화가 세탁을 보다 자주하게 되었다. 또 새로운 감성을 추구하는 다양한 소재의 개발로 의복은 더욱 고급화되고 기능화 되어가고 있기 때문에 이에 맞는 세탁물의 질을 보장하는 방법이 필요하다. 더 나아가서 고유가로 인한 에너지 비용 때문에 인한 저에너지 소비의 친환경적인 제품생산 공급이 이루어져야 한다. 환경적인 측면에서는 소비전력량, 사용수량, 세제량 등을 감소시킬 수 있는 세탁기 개발이 절실히 요구되고 있다.

이상에서와 같이 소비자들은 세탁으로 의류에 부착된 오염을 잘 제거하면서도 세탁물의 손상이 최소화되기를 바란다(小澤 · 角田, 2001). 따라서 본 연구에서는 드럼세탁기의 성능을 개선하는 일환으로 드럼세탁조의 온도를 스팀분사 시스템으로 조정하는 방법(스팀 드럼세탁)을 채용하고 의복의 수축이나 오염제거에도 영향을 줄 수 있을 것으로 가정하는 스팀의 역할과 의류에 미치는 영향을 검토하기 위하여 세정효과, 소비전력량,

Corresponding author; Jeong-Dae Jang
Tel. +82-51-510-2842, Fax. +82-51-510-2842
E-mail: jdjang@pusan.ac.kr

의류손상도, 직물수축률 등을 드럼세탁기의 성능과 비교함으로써 스팀 드럼세탁의 효율성을 모색하여 스팀 드럼세탁기 개발의 기초연구를 하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 세탁방법

세탁기는 L사의 드럼세탁기(T DD10kg)를 사용하였고 세제는 시판세제 Tech를 사용하여 실험하였다. 물은 수도수를 사용하였고, 수량은 유량계를 사용하여 측정하였다. 스팀 드럼세탁의 공정 개요는 Fig. 1과 같으며, Fig. 2에는 스팀분사와 세제액 순환 모식도를 나타낸 것이다. 이와같은 개념으로 장치를 개조하였고 일반세탁은 드럼세탁기 그대로 사용하였다.

스팀 드럼세탁은 최소량의 세탁수 순환을 통해 세탁물을 적시고 고온의 스팀분사로 온도를 올려서 세탁한다. 세탁조 속으로 소량(5l)급수를 행하고 스팀발생장치 장치에 1리터의 물을 공급한다. 다음 단계에서 세제의 용해, 순환으로 세탁물에 세액으로 적신다음 스팀분사로 세탁물의 온도 상승, 세제의 활성화를 도모하여 세탁한다. 일반 드럼세탁의 구조는 다량의 물을 급수하고 하부 히터를 사용하여 세탁액의 온도를 올리고 Tumbling을 통해 세탁을 실시하는 공정의 차이가 있다.

세탁시간은 Table 1과 같은 조건으로 실시하였고 행균 2회 후 탈수 800rpm이 되도록 조정하였다. 세척작용에서 열과 기계적인 힘은 주요한 요소이므로 이의 영향을 배제하기 위하여 조건의 차이가 적도록 하였다.

Table 1. Washing time and washing temperature

Washing temperature(°C)	40°C	60°C	82°C
Steam drum washing(min)	89	99	132
Drum washing(min)	88	98	140

2.2. 세탁성능

세탁성능을 평가하는데 있어서 오염포는 EMPA 105(Serial No. 210)을 사용하여 1회 세탁시 6매를 사용하였다. 세탁포는 IEC중량포를 세탁기 총용량의 60%인 6Kg을 사용하였다. 오염포를 세탁포의 중앙 부분에 상단 네 곳을 스테이플러로 고정하였으며 세탁후 오염포를 꺼내어 24시간 자연 건조 후 Spectrophotometer CM-508i(Minolta, co., Ltd., Japan)을 사용하여 반사율을 측정하여 평균하였다.

2.3. 소비전력량

소비전력은 Digital Power Hi Tester(3181-01)(Hioki E. E Co., Japan)사용하여 측정하였다.

2.4. 의류 손상도

의류 손상도는 Danish wear를 사용하여 세탁에 의한 풀린 울수의 함으로 나타내었으며 이 값이 클수록 세탁 기계력에 의한 의류 손상이 큼을 의미한다.

2.5. 세탁 수축률

세탁 수축률을 평가하기 위한 시료는 한국의류시험연구원에서 공급하는 표준 면, PET, T/C, Acrylic, Nylon백포를 사용하

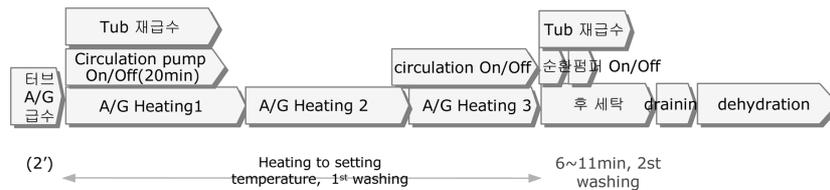


Fig. 1. Schematic diagram of process of washing machine with steam spray

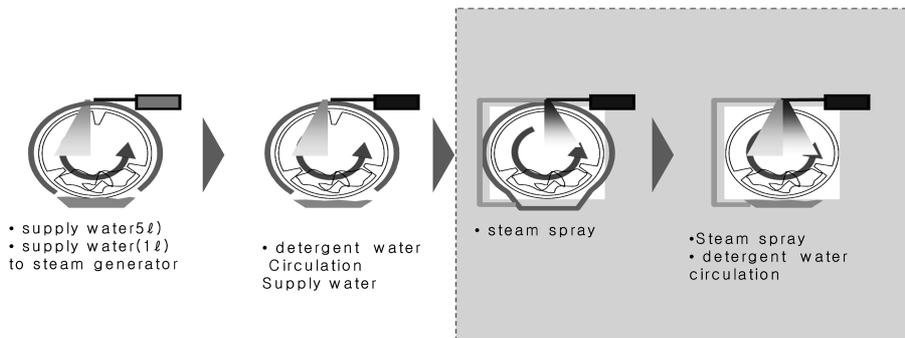


Fig. 2. Steam drum washing system.

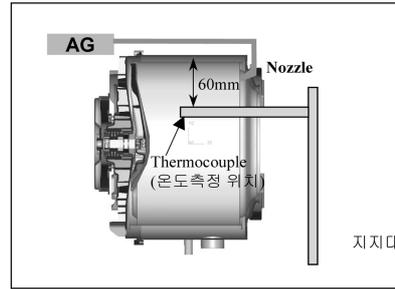
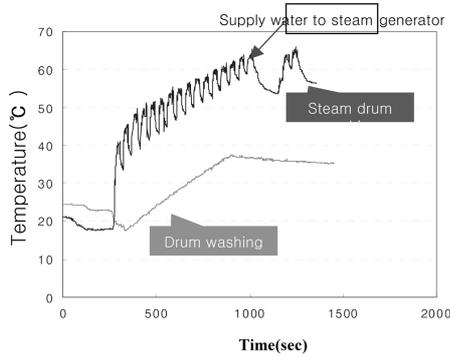


Fig. 3. Comparison of tube temperature in steam drum washing and drum washing. (washing course: 40°C course, non fabric load, supply water: 15°C, thermocouple position: higher on tube center).

었고, 시험포의 크기는 40 cm × 40 cm이고 경위사 각 방향으로 20 cm위치를 표시하고 세탁전후의 길이 변화를 측정하여 산출하였다.

$$\text{수축율(\%)} = \frac{\text{세탁 전 길이} - \text{세탁 후 길이}}{\text{세탁 전 길이}} \times 100$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 세탁온도와 세탁효과(반사율)

Fig 4에는 설정 세탁온도에 따른 스팀 드럼세탁과 드럼세탁의 세탁성능을 반사율로 나타내었다. 세탁온도에 따른 세탁효과는 스팀 드럼세탁이 드럼세탁보다 높게 나왔는데 저온에서는 스팀세탁의 효과가 상대적으로 크게 나타났고 고온으로 갈수록 차이가 적어져서 80°C 부근에서는 거의 같은 반사율을 보이고 있다. 일반적으로 동일조건일 때 세탁온도가 올라가면 섬유와 오구의 결합력이 약해지고 세척계에 열에너지를 공급하여 분자운동이 커지고 반응속도와 확산속도가 커져서 세탁효과가 좋아

지는 것에 비추어 보면 동일 세탁기의 경우 Fig 4에서와 같이 세탁효과가 커지는 것은 당연하다. 여기서 스팀 드럼세탁이 드럼세탁보다 세탁효과가 큰 것은 스팀 드럼의 듀얼분사 시스템 채택으로 세액의 순환과 스팀분사로 세제의 용해와 드럼통 내부온도의 높은 분포를 가지기 때문으로 생각된다. 드럼세탁은 드럼하부의 히터로 세액을 가열하여 설정온도까지 올려 세탁하는 방식을 가지는데 반하여 스팀 드럼세탁은 뜨거운 스팀을 세탁물에 골고루 분사하여 내부 전체를 데우는 방식이다. 보통 세탁기의 온도 설정 프로그램은 하부 세액의 온도 감지를 통하여 이루어진다. 드럼 내부의 온도를 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 Thermocouple을 설치하여 세탁 부하를 부여하지 않은 상태에서 측정된 결과를 검토해 보면 드럼세탁인 경우 25분이 경과한 하부의 온도는 40°C정도였으나 드럼 상부에서는 35°C 정도로 측정된 반면 스팀드럼세탁인 경우에는 상부온도가 초기부터 온도가 높게 나타나며 25분 경과시 60°C 전후로 나타났다. 따라서 스팀 드럼세탁에서 Tumbling되면서 세탁물이 받는 온도가 드럼세탁에서 보다 높을 것으로 생각되며 이의 효과가 더 높은 세탁성능으로 나타난 것으로 판단된다. 또한 세탁 설정온

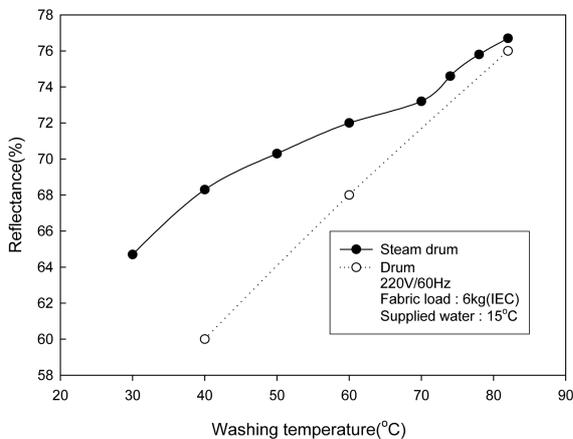


Fig. 4. Washing efficiency (Reflectance(%)) of two types of washing machine-steam and drum on washing temperature.

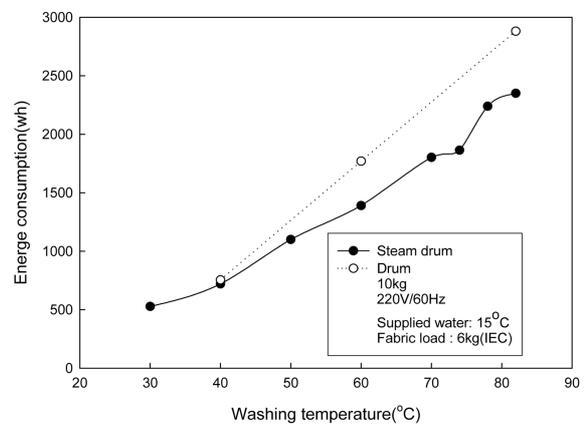


Fig. 5. Energy consumption of steam drum washing and drum washing according to washing temperature.

도가 높아짐에 따라 세탁성능의 차이가 적게 나는 것은 세탁 설정온도가 높아짐에 따라 드럼통 내부의 온도차가 점점 작아 지기 때문으로 생각된다. 일반 가정에서는 표준(40°C) 세탁을 주로 행하고 있는 사정을 감안하면 의미 있는 결과로 보인다.

3.2. 세탁온도와 소비전력

한편 세탁효과의 차이가 그것에 따른 에너지 공급의 증가에서 오는 것인가를 파악하기 위하여 세탁온도에 따른 스팀 드럼 세탁과 드럼세탁의 소비전력량을 조사하였다. Fig. 5에 나타낸 바와 같이 소비전력량 측면에서 보면 드럼세탁과 스팀 드럼세탁의 전력소비량이 저온인 40°C에서는 비슷하지만 고온 측으로 갈수록 스팀 드럼세탁의 소비전력이 드럼세탁에 비하여 적게 소비되고 82°C 부근에서는 큰 차이로 적게 보이고 있어 스팀드럼세탁의 조건이 세탁 성능면 뿐만 아니라 전력 소비량도 적게 소비하는 결과를 보이고 있다. 이는 최소량의 세탁수 순환을 통해 세탁물을 적시고 고온의 스팀분사만으로 드럼통 온도를 올려 세탁하는 시스템 때문으로 생각된다. 드럼세탁의 급수량이 20 l 전후인데 비하여 스팀 드럼세탁의 급수량은 13 l 전후로 매우 경제적인 수량으로 설정온도까지 스팀분사와 Tumbling에 의해 온도가 올라가고 드럼통 내부는 설정온도보다 높은 온도 분포를 보여 에너지는 적게 사용하고 세척성능은 상대적으로 높아지는 결과를 초래하였다고 생각된다.

3.3. 수량과 세탁성능(반사율)

적절한 수량은 세탁효과, 에너지 사용량과 밀접한 관계에 있다. 스팀 세탁온도 40°C에서 수량과 반사율을 측정 한 결과를 Fig. 6에 나타낸 것으로 13 l 사용 시의 반사율 69.00로서 가장 좋은 효과를 보이고 있다. 그러나 15 l에서 반사율 68.38, 17 l에서 반사율 68.31로서 이 범위까지는 크게 차이가 나는 것은 아니다. 한편, 다른 실험에서 세탁온도 60°C에서는 15 l 전 후의 경우가 가장 좋은 세탁효과를 발휘하였으나 수량과 소비전력의 관계는 직선적으로 비례하였고, 8 l의 수량에서는 세탁일

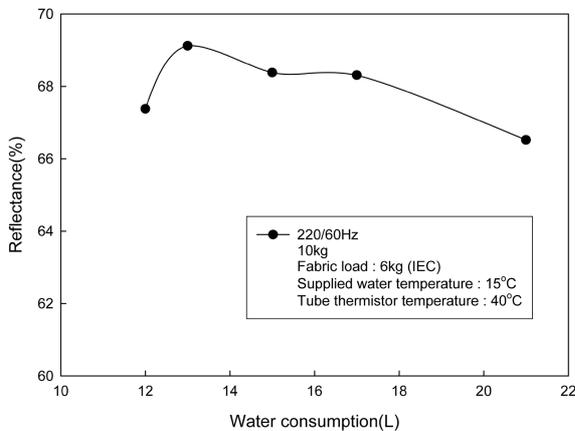


Fig. 6. Effects of water consumption on the reflectance.

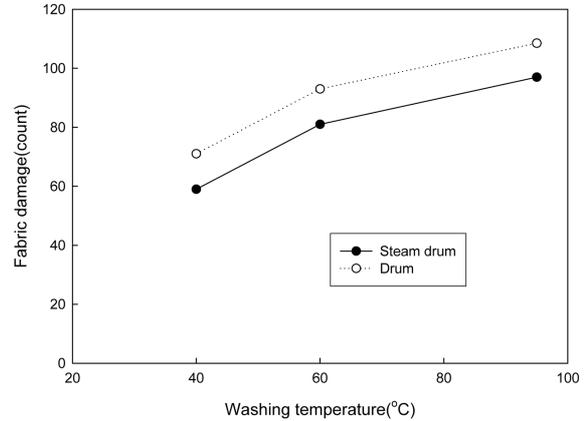


Fig. 7. Relationship between washing temperature and fabric damage evaluated by Danish wear method.

룩이 남는 등 불균일 세탁이 되었다. 따라서 특정온도에서의 수량과 성능효과를 판단할 때 소비전력과 성능을 경제 효율적인 측면에서 검토해야 함을 시사하고 있다. 앞의 3.1에서 검토한 스팀 드럼세탁과 드럼세탁효과는 스팀 드럼세탁에서 13 l의 수량과 드럼세탁에서 20 l의 수량을 사용한 결과이다. 즉 스팀드럼세탁은 수량을 적게 사용하더라도 더 좋은 세탁효과를 나타낸 것이다.

3.4. 의류손상도

세탁온도에 따른 스팀 드럼세탁과 드럼세탁의 의류손상도를 Fig. 7에 나타내었다. 세탁온도가 높아질수록 의류 손상도는 높아지는 경향을 나타내고, 드럼세탁보다 스팀 드럼세탁이 의류에 미치는 손상도는 40°C에서 17%, 60°C에서 13%, 95°C에서 11% 감소하였다. 동일 세탁기에서 세탁온도가 높을수록 의류 손상도가 큰 것은 세탁온도가 높아지게 되면 세탁시간이 자연스럽게 길어지게 되므로 세탁물이 받는 기계력은 더욱 많아지

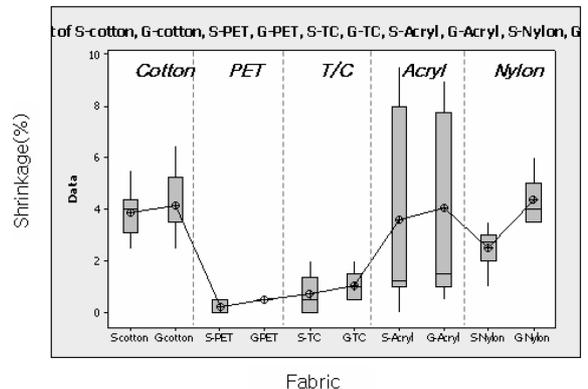


Fig. 8. The shrinkage ratio(%) of fabrics by steam drum washing and drum washing (S-fabric : steam drum washing, G-fabric: drum washing, washing temperature: 95°C).

기 때문으로 보인다. 오경화 외(2000)도 EMPA 116 인공오염 포를 이용하여 세탁시간별 섬유손상도를 측정한 결과 세탁시간과 섬유손상도 사이에 직선적인 상관관계가 있다는 결과를 밝힌 바 있다. 또 드럼세탁이 스팀 드럼세탁보다 의류손상도가 큰 것은 수량이 상대적으로 많아 물과의 마찰이 더욱 크기 때문으로 유추한다. 片山(1998)은 MA식 시험포를 사용하여 세탁시 수량이 많으면 기계적 작용이 크게 되고, 적으면 적게 되는 결과를 얻은 바 있다.

3.5. 직물수축률

세탁에 의한 섬유 및 직물 수축은 세탁방식이나 조건에 따라 다르게 나타난다(小澤·角田, 2001; Chung·Kim, 2005). 또한 박홍수 외(1999), 박홍수 외(2000)은 면/스판덱스 편성물을 건열과 스팀처리는 100-190°C, 열수처리는 60-95°C 조건에서 처리했을 때 열수처리와 건열처리보다 스팀처리 시에 스판덱스사의 길이 증가가 크다고 하였다. 그러나 처리온도 100°C 미만의 경우를 보면 건열에서 15%신장, 스팀처리에서 47.4%신장되었고 열수 95°C 처리에서 50% 신장되었다. 열수처리의 경우 60-95°C의 좁은 온도 범위에서 길이 변화가 크게 나타나는 결과를 얻었다. 이를 감안해 보면 열수와 스팀은 동일온도라 할지라도 열작용의 내용이 다를 수 있다고 생각해 볼 수 있다. 따라서 열수를 쓰는 드럼세탁과 스팀을 사용하는 스팀 드럼세탁의 직물에 대한 영향을 검토하였고, 높은 설정온도를 택하였다. Fig. 8에 나타난 시료 직물의 세탁 수축률은 설정온도 95°C조건에서 스팀 드럼세탁의 경우가 드럼세탁의 경우보다 각 직물의 수축률이 낮게 나타나고 있음을 나타내지만, 그리 차이가 많이 나지 않는 수준이다. 모든 직물은 경사 방향 수축이 위사방향보다 더 크게 나타났으며, 경사방향 4-7%, 위사방향 3.5%이내였다. 아크릴 직물의 경우 변동 폭이 크게 나타나 열에 민감함을 보여준다.

4. 결 론

스팀 드럼세탁기의 개발을 위한 기초연구의 일환으로 스팀 분사 방식을 사용한 스팀 드럼세탁의 성능을 검토하기 위하여 드럼세탁기에 스팀발생장치를 제작하여 부착하고 직물 수축률, 의류손상도를 평가하였으며, 세탁성능의 평가는 오염포의 세탁 후 반사율을 측정하여 수량, 세탁온도와와의 관계 및 소비전력량을 측정하여 드럼세탁과 대조한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 온도에 따른 스팀 드럼세탁 효과는 드럼세탁보다 높게 나왔으며 저온에서 큰 차이로 높았으나 고온으로 갈수록 차이 폭이 좁아져서 82°C 조건에서는 비슷한 효과로 수렴하였다.

2. 전력소모량은 저온(40°C까지)에서는 비슷하게 소모되지만 고온 측으로 갈수록 스팀 드럼세탁의 소비전력이 드럼세탁 보다 적게 소비되고 있어 스팀 드럼세탁이 세탁 효과면 뿐만 아니라 전력의 소비량도 적게 나타나는 결과를 얻었다.

3. 스팀 드럼세탁의 경우 수량에 따른 세탁효과는 설정온도에 따라 13 l-15 l의 범위가 좋은 효과를 발휘하였다.

4. 의류손상도는 세탁온도가 높아질수록 높아지는 경향을 나타내고 드럼세탁보다 스팀 드럼세탁이 의류에 미치는 손상도는 적게 나타났다.

5. 직물수축률은 드럼세탁과 별 차이가 없으나 고온에서는 스팀 드럼세탁이 조금 낮았으며 아크릴 직물은 두 가지 세탁방법 모두 수축률 변동이 상당히 크게 나타났다.

이상에서 스팀드럼세탁은 드럼세탁과 비교해서 적은 수량, 적은 에너지, 적은 의류손상, 동등한 직물수축률을 가지면서도 세탁성능은 더 우수함이 밝혀졌다. 즉 스팀 드럼세탁방식은 세척효과는 크면서도 세탁물의 손상이 적고, 에너지와 수량을 절감하는 효과를 가진다.

감사의 글: 본 연구는 LG전자 세탁기 사업부의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다

참고문헌

박홍수·이명학·김영호 (1999) 면/스판덱스 편성물의 구김방지기공 (I) -열처리에 따른 스판덱스사의 세팅거동. *한국섬유공학학회지*, **36**(10), 784-790.

박홍수·이명학·김영호 (2000) 면/스판덱스 편성물의 구김방지기공 (II) -열처리에 따른 스판덱스사의 세팅거동. *한국섬유공학학회지*, **37**(12), 744-750.

오경화·홍경화·이현정 (2001) 세탁에 의한 섬유손상도 평가방법의 표준화를 위한 연구. *한국섬유공학학회지*, **38**(3), 144-153.

오경화·유혜경 (1997) 국산 세탁기의 경쟁력 강화를 위한 세탁 실태조사 및 실험연구(II). *한국의류학회지*, **21**(2), 251-261.

유혜경·오경화·조용진 (1996) 국산 세탁기의 경쟁력 강화를 위한 세탁 실태조사 및 실험연구(I). *한국의류학회지*, **20**(5), 893-904.

小澤節子·角田光雄 (2001) 最近の高性能洗濯機の洗浄効果. *日本繊維製品消費科學會誌*, **42**(3), 59-64.

伊藤眞純 (2001) 最近の洗濯機の動向. *日本繊維製品消費科學會誌*, **42**(12), 832-836.

片山倫子 (1998) MA試験布による洗濯機の機械力評價. *洗濯の科學*, **43**(2), 8-10.

Chung, H.W. and Kim, M.K. (2005) The effect of washing conditions on the dimension and mechanical properties of spandex yarns. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, **29**(12), 1619-1626.

(2006년 1월 25일 접수)