

DMF를 이용한 PVC 필름의 압축성형

윤경훈 · 강영아 · 이양현

동아대학교 의상섬유학부

Compression-molding of PVC Film Using DMF

Kyoung-Hoon Yoon, Young-Ah Kang, and Yang-Hun Lee

Division of Fashion and Textiles, Dong-a University, Busan, Korea

1. 서 론

Polyvinylchloride(PVC)는 1838년 Regnault에 의해 처음으로 합성된 고분자로 1920년대 후반부터 섬유로 이용하기 위한 많은 연구가 시도되었으나, 상업적 규모로 제조되기 시작한 것은 1942년경부터였다[1]. 현재, PVC는 건축자재용 파이프, 필름 등의 포장재, 가구 및 수송자재, 자동차 내장재 등의 다양한 용도로 사용되어지고 있으나, 다른 폴리머에 비해 열안정성이 낮아 분해시 HCl 외에도 benzene, naphthalene, toluene과 다른 alkylated benzene이 방출되어 유독성과 금형 및 기기의 부식에 있어서 문제가 되고 있다[2]. 그러나, 우수한 난연성, 전기절연성, 낮은 열전도성, 내약품성 등의 성질을 가지고 있어 중요한 합성수지 중 하나로써 현재까지 일정 분야에서 활용되어져 왔다[3].

PVC는 용융점과 열분해점이 비슷하고 용융점도가 크기 때문에 용융가공을 하기 위해서는 일정량의 가스제나 열안정제를 첨가해야하는데, 이것은 섬유물성을 저하시키는 원인이 되므로 상업적 규모의 PVC 섬유 제조 공정에서는 주로 용매를 이용한 건식방사와 습식방사가 도입되고 있다. 이러한 용액방사에 사용되는 용매로는, 벤젠-아세톤 및 이황화탄소-아세톤 혼합용매, cyclohexanone, tetrahydrofuran(THF), dimethylformamide(DMF) 등이 있으며, 용매의 종류에 따라 섬유의 내부구조나 물성이 결정되므로 용매의 선정이 매우 중요하다[4, 5].

본 연구는 PVC의 용융가공에 있어서 다량의 가스제와 열안정제를 첨가함으로써 초래되는 물성 저하와 습식가공에 있어서 다량의 용매 사용으로 인한 내부구조의 치밀성 저하를 개선하고자 하였으며, 소량의 DMF를 이용하여 PVC 분말을 팽윤시키고 이를 압축성형하여 PVC의 새로운 가공방법으로써의 가능성을 검토해보고자 하였다.

2. 실험

2.1. 재료 및 시약

PVC 수지는 한화종합화학주식회사에서 제공된 중합도 989인 분말을 사용하였으

며, DMF는 Mallinckrodt사의 1급 시약을 그대로 사용하였다.

2.2. 필름 제조

먼저 PVC 분말을 DMF 수용액에 5분간 침지시킨 후 glass filter로 5분간 여과하여 팽윤된 PVC 분말을 얻었으며, 이 때 DMF 수용액의 농도는 90, 94, 98 wt%로 하였다. 이렇게 얻은 팽윤된 PVC 분말은 CARVER사의 유압식 프레스를 이용하여, 온도를 달리해가며 압축성형(compression-molding)하였다. 이 때 성형온도의 설정은 외관상 필름이 형성되었다고 판단되는 최저온도 85°C에서 변색이 발생하지 않는 125°C까지 10°C 간격으로 하였다. 성형된 필름은 30분간 수세하여 60°C 열풍건조기 내에서 24시간 동안 건조시켰다. 여기서 DMF에 의한 PVC 분말의 팽윤 정도를 간접적으로 측정하기 위하여, 건조 후의 필름의 무게(w_m)와 팽윤된 상태의 분말의 무게(w_s)를 이용하여 분말의 겉보기용매흡수율(apparent mass uptake)을 식(1)에 의하여 구하였으며, 전반적으로 0.95~1.15의 값을 나타내었다.

$$\text{Apparent Mass Uptake} = \frac{w_s - w_m}{w_m} \quad (1)$$

한편, 용액가공 결과와의 비교를 위하여 PVC 분말을 DMF에 용해시킨 용액을 유리판 위에 casting하여 필름을 제조하였는데, 이 때 응고액으로 물을 사용하였다[6].

2.3. 측정

압축성형 및 casting에 의해 제조된 PVC 필름의 단면 morphology를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(JSM-35CF, 일본 JEOL사)을 이용하였다. 성형된 필름의 기계적 성질은 인장시험기(Tiniu Solsen 1000, U.K.)를 사용하여 강도 및 신도를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 압축성형의 가능성 및 조건 확인

Table 1은 각 농도의 DMF 수용액으로 팽윤된 PVC 분말로부터 압축성형이 가능한 온도를 나타낸 것이다. 전반적으로 DMF 수용액의 농도가 증가할수록 성형 가능한 최저온도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 농도가 증가할수록 더 많은 DMF 분자가 가소제로 작용하여 PVC분자 운동성을 증가시켜 성형온도를 낮춘 것으로 판단된다.

Table 1. Compression-moldable temperatures with concentrations of DMF

Molding Temp.(°C) Conc. of DMF(%)	98	94	90
125	possible	possible	possible
115	possible	possible	possible
105	possible	possible	impossible
95	possible	impossible	impossible
85	possible	impossible	impossible

3.2. 필름의 단면형태 관찰

Figure 1은 용액가공 및 압축성형에 의해 제조된 필름의 단면형태를 관찰하기 위하여 300배 확대 촬영한 SEM 사진을 나타낸 것이다. 용액가공법으로 제조한 필름은 응고과정에서 발생하는 내부 void를 많이 가지고 있으나(Figure 1(b)), 압축성형된 필름에서는 내부의 구조가 매우 치밀해져 void는 거의 발생하지 않았다(Figure 1(a)). 한편, 성형가능 최저온도보다 낮은 온도에서 가공한 경우에는 불투명하고 잘 부스러지는 필름이 제조되었는데, 이러한 필름은 분말 입자들 사이의 계면이 확연히 살아있음을 확인할 수 있었다(Figure 1(c)).

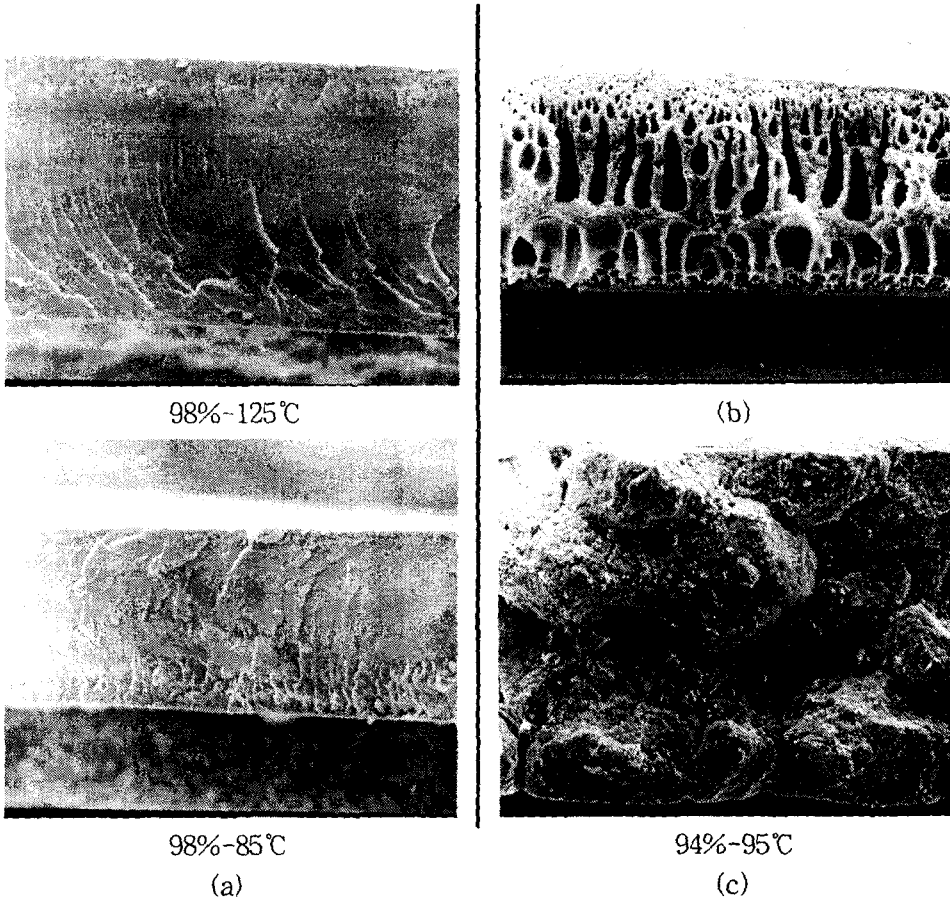


Figure 1 Cross-sectional morphology of compression-molded and solution-casted PVC films.

3.3. 기계적 성질

Figure 2는 압축성형된 PVC 필름의 진행적인 하중-신장 곡선을 나타낸 것이다. 항복점을 지난 후에 신장에 따른 하중의 변화가 거의 없는 상태로 파단이 발생함으로써, 최대하중이 항복점에서 나타났다. 이와 같이 항복점을 지나면서 necking이 발생하는 거동을 보이면서도 최종적으로 strain-hardening 영역을 나타내지 못하고 파단되는

현상은, PVC의 유리전이온도로 알려져 있는 80°C 정도의 온도보다 훨씬 낮은 실온(20°C)에서 인장시험이 실시되었으므로 necking 발생의 불안정성 때문이 아닌가 생각된다.

따라서 압축성형된 PVC 필름의 항복강도 및 파단신도를 Table 3에 나타내었다. 압축성형된 필름의 항복강도는 대체로 비슷한 값을 나타내었으며, 상대적으로 낮은 성형온도의 경우에는 외관상으로는 필름을 형성하였으나 항복강도와 파단신도가 낮은 값을 나타내는 것으로 보아 내부구조의 형성이 치밀하지 못한 것으로 생각된다.

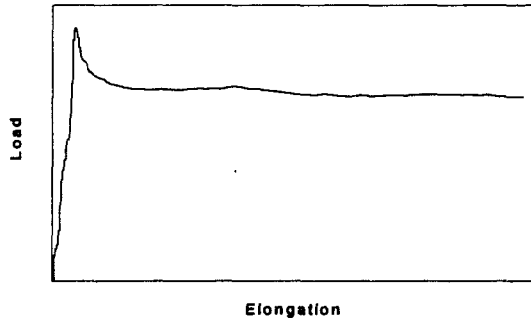


Figure 2 Typical load-elongation curve of compression-molded PVC film.

Table 3. Yield stress and strain to fail of compression-molded films

Conc. of DMF(%)	Molding temp.(°C)	Yield stress (Kgf/mm ²)	Strain to fail
90	125	4.6318	0.1096
	115	0.7845	0.0426
94	125	4.3925	0.3950
	115	4.3230	1.0620
	105	1.9113	0.0189
98	125	4.7318	0.8131
	115	4.1536	0.8442
	95	2.1708	0.0107
	85	4.0782	0.0487

5. Reference

- [1] W. V. Titow, "PVC Technology", 4th ed., Elsevier Applied Science, pp. 4-10 (1986).
- [2] G. Matuschek, N. Milanov and A. Kettrup, *Thermochimica Acta*, **361**(1-2), 77 (2000).
- [3] 韓國纖維工學會, "人造纖維", pp.530-535.
- [4] H. C. Kim, S. M. Oh, J. C. Lim, J. K. Park, B. K. Park, and H. Y. Hwang *J. Korean Fiber Soc.*, **34**, 215 (1997).
- [5] J. C. Lim, S. M. Oh, and H. C. Kim, *J. Korean Fiber Soc.*, **35**, 79 (1998).
- [6] S. Lee, S. S. Park, and Y. S. Oh, *J. Korean Fiber Soc.*, **36**, 215 (1999).