

흡습제 투입량에 따른 포장용기의 투습도 시험 방법 고찰

(Study on the Testing Method for Moisture Permeability
of Packaging Containers according to the Amount of
Desiccant)

김도영^{1)*}, 노예은²⁾, 김경민³⁾, 장지민⁴⁾
(Doyoung Kim, Yeeun Noh, Kyoungmin Kim, and Jimin Jang)

요약 저장성능이 중요하게 인식되는 탄약분야에 있어서 포장용기의 방습성능은 크게 강조되어 왔다. 탄약분야에서는 주로 다중 적층구조를 갖는 지환통이 포장용기로 사용되고 있는데, 이는 다양한 역할을 하는 재료를 적층하여 만들어진다. 이러한 포장용기는 주로 한국산업규격 KS T 1314에 따라 방습성능을 평가하게 되며, 내부에 투입된 흡습제의 무게 변화에 대하여 선형 회귀분석을 통하여 투습도가 결정된다. 본 연구에서는 흡습제 투입량이 포장용기의 투습도 시험 결과에 미치는 영향을 확인하였다. 탄약 포장용기로 사용되는 지환통의 평가 시, 사용되는 흡습제의 양은 내부용적의 약 70 % 이상이 타당한 것으로 판단된다.

핵심주제어: 포장, 투습도, 흡습제, 탄약, KS T 1314

Abstract In the field of ammunition, storage performance is recognized as important, and the moisture-proof performance of packaging containers is very important. In the ammunition field, paper cans with a multi-layered structure are mainly used as packaging containers. It is made by layering materials that play various roles. These packaging containers are mainly evaluated for moisture-proof performance according to the Korean Industrial Standard KS T 1314. The moisture permeability is determined through linear regression analysis of the change in weight of the moisture absorbent added inside. In this study, the effect of the amount of desiccant added on the moisture permeability test results of packaging containers was confirmed. It is considered appropriate that the amount of desiccant used in testing ammunition packaging containers be approximately 70% or more of the internal volume.

Keywords: Packaging, Moisture Permeability, Desiccant, Ammunition, KS T 1314

* Corresponding Author: kimdy@dtaq.re.kr
Manuscript received September 09, 2023 / revised November
01, 2023 / accepted November 06, 2023

1) 국방기술품질원 품질연구본부, 제1저자, 교신저자

2) 국방기술품질원 품질연구본부, 제2저자

3) 국방기술품질원 품질연구본부, 제3저자

4) 육군 탄약지원사령부, 제4저자

1. 서론

현대 사회에서 포장용기는 제품의 보존 및 안전한 유통을 보장하기 위하여 핵심적인 역할을 하고 있다. 포장용기의 기능은 단순한 제품의 보호 역할을 넘어서 제품의 품질 및 성능을 보장하기 위해 디자인되고 있는 실정이다. 특히, 외부 환경과 관련하여 제품의 품질 및 성능을 유지하는데 있어서 포장용기의 방수, 방습 성능이 큰 영향을 미치게 된다.

포장용기의 방습성능은 주변 환경의 습기와 수분을 내부로 침투시키지 않는 능력을 나타낸다. 습기와 수분은 다양한 제품에 대한 노화, 손상 및 기능 이상을 야기하게 된다. 예를 들어, 식품 및 제약 분야에서는 습기와 수분으로 인한 제품의 변질 및 성분의 화학적 변화(분해)가 발생할 수 있으며, 이로 인하여 사용자의 건강 등에 영향을 미치게 된다. 또한, 전자 분야에서는 전기적 문제가, 기타 금속 재료 분야에서는 제품의 부식 등으로 인한 문제가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 포장용기의 방습성능은 제품의 품질 및 성능 등을 유지하기 위해 무시할 수 없는 중요한 요소가 되어왔다(Wilkinson, 2006).

특히, 탄약 분야에 있어서 포장용기의 방습성능은 크게 강조되어 왔다. 해당 분야에서 포장용기는 탄약의 안전한 보관, 운반 및 저장성능 보장 등 중요한 역할을 하고 있는데, 장기 저장이 필요한 비축물자의 일종인 탄약의 특성 상, 포장용기가 외부 환경에 대응한 저장성능에 큰 영향을 주고 있는 실정이다(Carapic et al., 2018). 또한, 탄약에는 폭발성, 인화성 물질 등 여러 가지 화공품이 사용됨에 따라 주변 환경 요소, 전자파 및 물리적 충격 등으로부터 보호되어야 한다(Kim et al., 2009).

탄약분야에서는 주로 다중 적층구조를 갖는 지환통(Fiber Tube Container)이 포장용기로 사용되고 있는데, 이는 방수, 방습 및 물성 확보 등 다양한 역할을 하는 각각의 재료를 적층하여 만든 복합재료라고 할 수 있다.

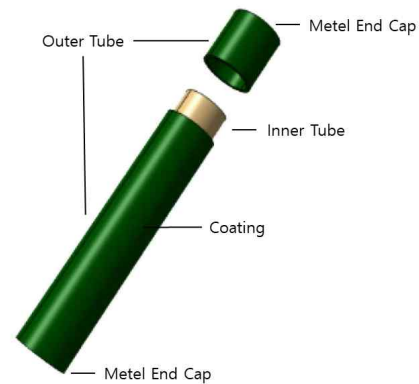


Fig. 1 Structure of Fiber Container for Ammunition

탄약분야 특성 상 운반, 저장 및 운용 환경 등 다방면에 걸쳐 운용 요구조건을 만족시켜야 하므로 다양한 재료를 적층한 다중 적층구조 지환통을 사용하고 있는 실정이다.

주요 구성품으로는, 상/하부 금속덮개, 내부튜브, 외부튜브 등이 있으며(Draper et al., 1993), 그 구조는 Fig. 1과 같다.

사용되는 재료로는 주로 판지, 크라프트지, 은박지, 코팅지 등이 사용되고 있는데, 탄약 포장용 지환통에 사용되는 주요 재료 및 그 재료의 특성은 Table 1과 같다(Sumimoto, 2012).

Table 1 Materials and Functions of Containers

Category	Structural Characteristics
Paperboard	Physical Properties
Aluminum Foil	Moistureproof, Anti-static
Kraft Paper	Physical Properties, Thermal insulation, Moistureproof
Outer Coating	Anti-wetting

이러한 관점에서 탄약 포장용기로 사용되는 재료의 투습성능 확인을 위한 시험평가 기법 등이 중요하게 인식되고 있다. 국내에서 사용되는 탄약 포장용기는 주로 한국산업규격 KS T 1314 방습 포장 용기의 투습도 시험방법을 준용하여 평가되고 있다. KS T 1314 규격에 따르면 방습용기의 투습량 평가는, 용기 내부에 투입되

는 흡습제의 무게 변화에 대한 선형 회귀방정식을 얻어 계산하게 된다. 이 때, 투입되는 흡습제의 양은 100 g 이상 투입하게 되어 있으며, 만약 100 g 이상 투입하지 못할 경우 내부 용적의 50 % 이상 투입하게 되어 있다. 주요 평가 스키마는 아래 Fig. 2과 같다.

본 연구에서는 대한민국 국방규격 KDS 8140-4005에 따라 파라핀 왁스가 코팅된 다중 적층구조 지환통에 대하여 투습도 시험 방법, 특히 흡습제의 사용량에 따른 시험 결과에 대하여 고찰하였다.

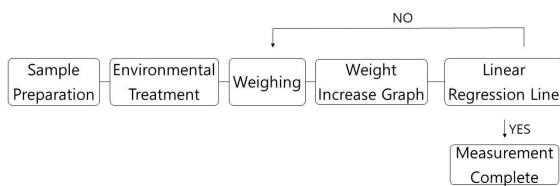


Fig. 2 Scheme of Testing Method

2. 실험

대한민국 국방규격 KDS 8140-4005에 따른 다중 적층구조 탄약 포장용 지환통에 대하여 KS T 1314에 따른 시험평가 방법에 따른 시험을 수행하였다. 해당 규격에 따른 시험 범위 내에서 적절히 운용할 수 있는 항온·항습장치를 사용하였으며, 각 시료가 항온·항습장치에 내에서 흡습되는 정도를 확인하였다. 흡습되는 정도는 0.0001 g 까지 측정할 수 있는 정밀 저울을 사용하여 계측하였으며, 각각의 시료 3 개에 대한 시험값의 평균을 사용하여 결과를 비교하였다.

크기(표면적)가 상이한 지환통에 대하여 내부에 투입되는 흡습제(실리카겔)의 양을 조절하였으며, 사용된 흡습제는 KS T 1084 포장용 실리카겔 건조제의 기준을 만족하는 제품을 사용하였다. 시험 결과에 따라 내부 투입 흡습제의 양이 시험 결과에 미치는 영향을 회귀분석하여 비교하였다.

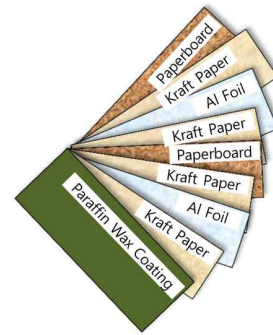


Fig. 3 Internal Structure of Container Fiber

시험에 사용된 탄약 포장용 지환통의 튜브 구조는 Fig. 3과 같다.

크기(표면적)이 각각 0.0619 m², 0.122 m², 0.176 m² 인 탄약 포장용 지환통 3 그룹에 대하여 흡습성능을 평가하였으며, 내부에 투입되는 흡습제(실리카겔)은 특별한 도구 없이 사람이 포장하였을 때 내부 용적의 약 10 % 내지 100 %가 투입되는 양을 4 단계(약 10 %, 약 30 %, 약 70 %, 약 100 %)로 적절히 구성하여 사용하였다.

Table 2 Samples and Main Factors

Sample	Surface Area (m ²)	Amount of Desiccant (g)
PC-1	0.0619	100
PC-2		200
PC-3		300
PC-4		400
AS-1	0.122	100
AS-2		200
AS-4		400
AS-5		500
HE-1		100
HE-3	0.176	300
HE-7		700
HE-10		1000

시료의 세부 구성은 Table 2와 같이 PC-n, AS-n, HE-n 의 형태로 표현하였다. 시료명의 번호 “n”은 각 시료 내부에 투입된 흡습제의 100 g 당 단위 수이다.

3. 결 과

3.1 방습성능 비교

각각의 시료에 대한 시험 결과, Fig. 4와 같은 결과를 확인하였다. 각각의 시료에 대하여 KS T 1314 기준에 따라 약 10 일 간격으로 무게의 변화를 측정하였으며, 총 49일 까지 시험을 수

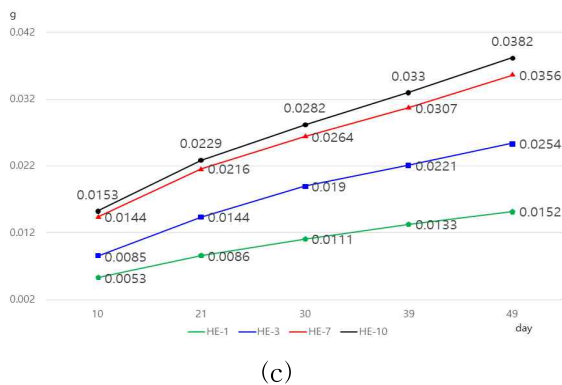
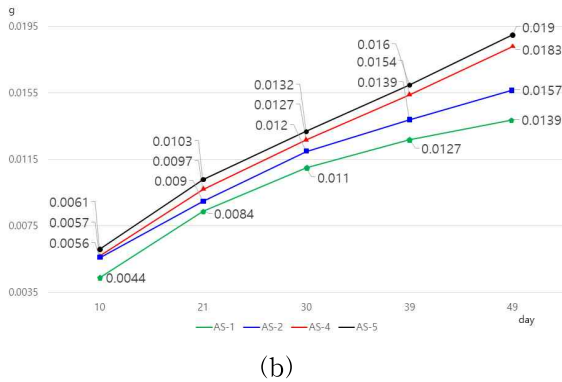
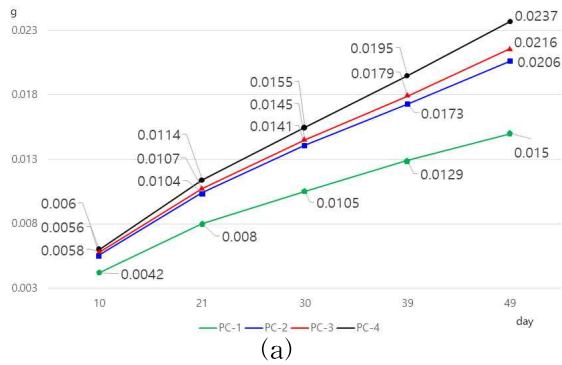


Fig. 4 Moisture Permeability of each samples
 (a) Moisture Permeability of sample PC-n
 (b) Moisture Permeability of sample AS-n
 (c) Moisture Permeability of sample HE-n

행하였다. Fig 4.의 x축 및 y축은 각각 기간 (day)와 투습량(g)이다.

KS T 1314 규격에 따르면 무게의 변화가 선형으로 수렴할 때 3 포인트 이상의 선형 회귀방정식을 이용하여 투습도를 계산하게 된다. 따라서 선형으로 수렴된다고 판단되는 기간(30일-39일) 3 포인트를 활용하여 선형 회귀방정식을 도출하였으며, 그 기울기를 사용하여 투습도를 나타내었다. 각각의 시료에 대한 투습도는 Table 3와 같다.

Table 3 Hygroscopic Degrees of Each Samples

Sample	Amount of Desiccant (g)	Hygroscopic Degree (g/day)
PC-1	100	0.237
PC-2	200	0.342
PC-3	300	0.374
PC-4	400	0.432
AS-1	100	0.153
AS-2	200	0.195
AS-4	400	0.295
AS-5	500	0.305
HE-1	100	0.216
HE-3	300	0.337
HE-7	700	0.484
HE-10	1000	0.526

3.2 방습성능 수렴성 확인

Fig. 4 및 Table 3에 따라서 각 시료의 투습도가 투입된 흡습제의 양에 따라서 증가하며, 증가 폭이 점점 줄어드는 모습을 관찰할 수 있었다. 이를 도식화한 그래프는 Fig. 5와 같다.

각각의 시료(x축)에 따라 투습도(y1축) 및 차이(y2)축을 도식화 하였는데, 각 시료군에 대하여 일부 결과의 요동(Fluctuation)은 있었지만, 내부 용적의 약 30 % 이상 투입되는 시점에서 투습도 시험 결과가 급격히 증가하였으며, 용기의 표면적이 큰 경우에는 내부 용적의 약 100 %가 투입될 때 까지 투습도 시험 결과가 대체적으로 증가하는 경향을 확인할 수 있었다.

이는 내부에 투입된 흡습제의 양이 재료를 투습하여 투과하는 수분의 양에 대하여 추진력

(Driving Force)로 작용하였다고 해석할 수 있다. 실험에서 투입된 흡습제의 양은 사람의 손으로 특별한 도구 없이 일반적인 일습씨로 투입할 수 있는 양을 각각 4 레벨로 구분하였는데, 용기 내부에 투입된 흡습제의 양이 증가할수록 투습도 시험 결과 변화의 폭이 감소함을 볼 수 있었으며, 이에 따라 흡습제 투입량에 따라 투습도 시험 결과가 수렴(Convergence) 구간이 달라진다고 말할 수 있다.

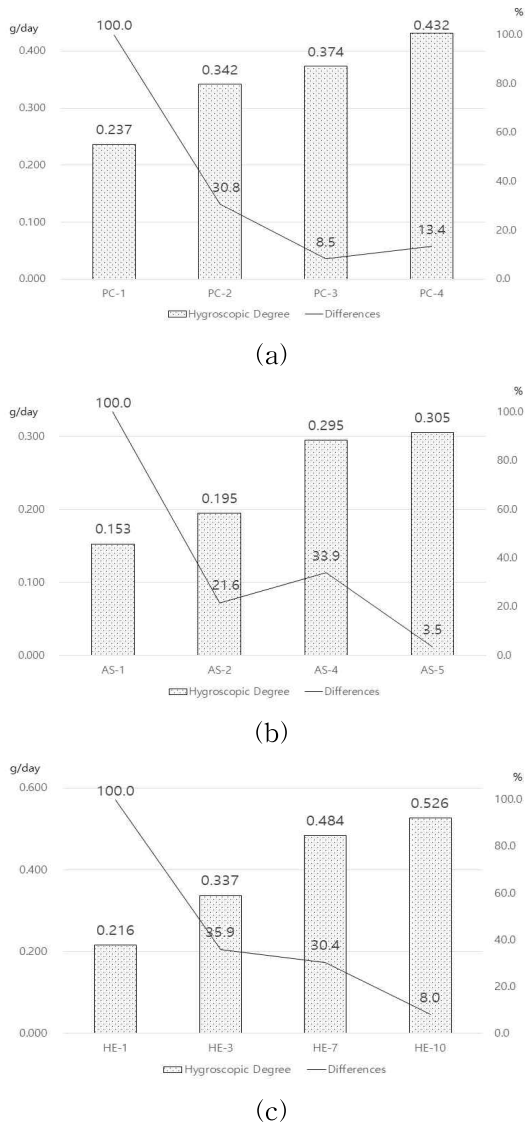


Fig. 5 Convergence of each samples
 (a) Convergence of sample PC-n
 (b) Convergence of sample AS-n
 (c) Convergence of sample HE-n

3.3 회귀분석 결과

흡습제 투입량에 따른 투습도 시험 결과의 신뢰성을 확인하기 위하여 투습도 및 수렴성에 대한 회귀분석을 수행하였다. 투습도에 대한 회귀분석은 용적 대비 흡습제 투입량의 한계가 있다는 점에 착안하여 로그함수를 사용한 회귀 방정식을 계산하였으며, 수렴성에 대한 회귀분석은 흡습제 투입량이 증가함에 따라 비례적으로 증가하는 투습도 차이에 대하여 지수함수를 사용한 회귀방정식을 계산하였다. 각각의 투습도 및 수렴성에 대한 회귀분석 결과는 Fig. 6과 같다.

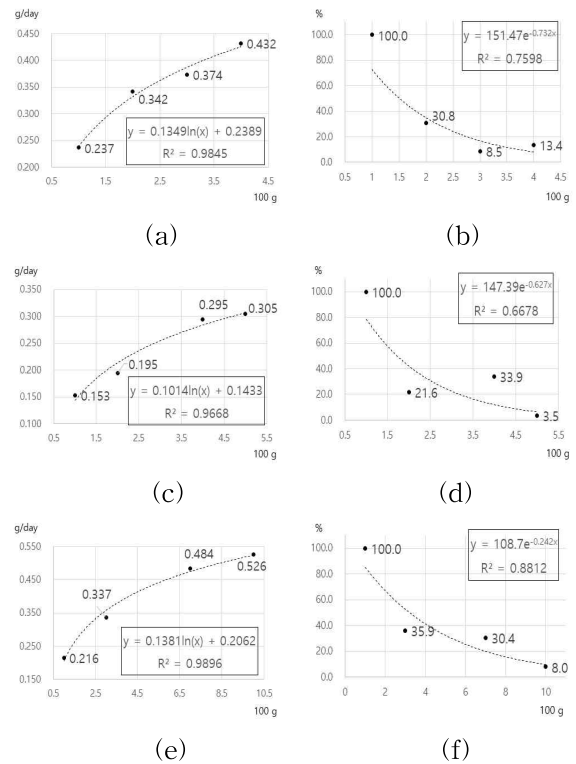


Fig. 6 Logarithmic and Exponential Regression Curve for Moisture Permeability and Convergence

- (a) Moisture Permeability of PC-n
- (b) Convergence of PC-n
- (c) Moisture Permeability of AS-n
- (d) Convergence of AS-n
- (e) Moisture Permeability of HE-n
- (f) Convergence of HE-n

각각의 시료에 대하여 흡습제 투입량에 따른 투습도 변화 Fig. 6의 (a), (c), (e)는 R^2 가 각각 0.9845, 0.9668, 0.9896의 매우 높은 신뢰도로 로그함수적 수렴하는 형태를 볼 수 있었으며 (Baskerville, 1972), 그 차이가 지수함수적으로 감소하여 상대적으로 높은 신뢰도인 R^2 가 각각 0.7598, 0.6678, 0.8812로 Fig. 6의 (b), (d), (f)와 같이 수렴하는 형태를 볼 수 있다(Beirlant et al., 1999).

이 결과를 통하여 흡습제 투입량이 시험평가 결과에 큰 영향을 미친다고 말할 수 있으며, 로그함수적 수렴이 이루어지며, 일반적으로 사람의 손으로 투입하였을 때 내부 용적의 70 % 수준에서 그 기울기가 감소하는 모습을 볼 수 있었다. 따라서 KS T 1314 기준(흡습제 100 g 이상 투입)을 엄격히 해석하여 “흡습제 100 g 이상 투입함과 동시에 내부 용적의 약 70 % 이상을 투입할 것”으로 투습도 시험을 평가하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 한국 산업규격 KS T 1314 방습 포장 용기의 투습도 시험 방법에 따라 다중 적층 구조 탄약 포장용 지환통에 대하여 시험 평가 방법 및 그 결과를 고찰하였다. 일반적으로 특별한 도구 없이 사람의 손으로 흡습제를 투입하였을 때, 내부 용적의 약 30 % ~ 70 % 를 투입하였을 때부터, 바람직하게는 내부 용적의 약 70 % 이상 투입하였을 때부터 시험 결과가 수렴하는 결과를 확인할 수 있었다. 이에 따라 KS T 1314에 따라 용기당 100 g 이상 투입하여야 하는 시험 기준의 적용에 있어서(100 g 을 투입하지 못할 경우, 내부 용적의 반 이상을 투입) 탄약 포장용 지환통의 경우, 투습도 시험 결과의 충분한 수렴을 위하여 용기당 100 g 이상이 아닌, 내부 용적의 70 % 이상을 투입하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 또한, 본 연구 결과를 토대로 다른 포장 용기의 투습도 변화 및 수렴성을 확인하여 한국 산업규격의 개선을 검토할 여지가 있다.

References

- Baskerville, G. L. (1972). Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 2(1), 49-53.
- Beirlant, J., Dierckx, G., Goegebeur, Y., & Matthys, G. (1999). Tail index estimation and an exponential regression model. *Extremes*, 2, 177-200.
- Carapic, J., Deschambault, E. J., Holtom, P., & King, B. (2018). *A Practical Guide to Life-cycle Management of Ammunition*. Geneva: Small Arms Survey.
- Draper, J. V., Lam, Y. H., Khanna, V., & OAK RIDGE NATIONAL LAB TN. (1993). Comparisons of Fiber Tube Ammunition Container Variants for Moisture Permeability and Absorption.
- Kim. M. S., Park. J. S., and Ahn. B. C., (2009). A Method for the Analysis of the Radiowave Receiving Characteristics of the Electric Detonator. *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 14(1), 9-16.
- Sumimoto, M. (2012). Paper and paperboard containers. *Academic Press*. 53-83
- Wilkinson, A. (2006). *Stockpile Management of Ammunition. Targeting Ammunition: A Primer*. Geneva: Small Arms Survey, 228-59.



김 도 영 (Doyoung Kim)

- 정회원
- UNIST 신소재공학과 공학 석사
- (현재) 국방기술품질원 품질 연구본부 선임연구원
- 관심분야: 탄약, 인공지능



노 예 은 (Yeeun Noh)

- 정회원
- 경상국립대학교 생명화학공학과 공학사
- (현재) 국방기술품질원 품질 연구본부 연구원
- 관심분야: 화학공학



김 경 민 (Kyoungmin Kim)

- 정회원
- 경북대학교 화학과 이학석사
- (현재) 국방기술품질원 품질 연구본부 선임연구원
- 관심분야: 분석화학



장 지 민 (Jimin Jang)

- 정회원
- 전북대학교 유기소재파이버 공학과 공학사
- (현재) 육군 탄약지원사령부 탄약관리처 주무관
- 관심분야: 탄약, 수명관리