



## Termoplastik Film Mühürleme Aparatının Deneysel Yöntemle İncelenmesi

### Investigation of the Thermoplastic Film Sealing Apparatus by Experimental Method

Cem SARI<sup>1\*</sup> , Muhammet BAYRAM<sup>2</sup> , Bayram KESMEN<sup>3</sup> , Çınar ULUSOY<sup>4</sup> , Hasan KARABAY<sup>5</sup> 

<sup>1</sup> ICM Makine ve Mühendislik, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0001-7277-1021

<sup>2</sup> ICM Makine ve Mühendislik, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0001-6697-8747

<sup>3</sup> ICM Makine ve Mühendislik, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-1636-9676

<sup>4</sup> ICM Makine ve Mühendislik, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-1049-748X

<sup>5</sup> Makine Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0002-4556-6636

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 20/09/2022

Kabul Tarihi : 29/11/2022

#### Anahtar Kelimeler

Film Mühürleme  
Isı Tabancası  
Mühürleme Aparatı  
Sıcak Hava Nozulu  
Termoplastik Film Mühürleme

#### Research Paper

Received Date : 20/09/2022

Accepted Date : 29/11/2022

#### Keywords

Film sealLing  
Heat Gun  
Sealing Device  
Hot Air Nozzle  
Sealing of Thermoplastic Film

#### Özet

Bu çalışmada, düşük yoğunluklu polietilen malzemeden yapılan termoplastik filmin sıcak hava ile mühürleme şartları deneysel olarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, üfleme havası sıcaklığı, debisi, film ilerleme hızı ve üfleme havasının değiştirilebildiği bir deney düzeyi ve ayrıca kaynak kalitesi değerlendirme amaçlı 75 cm ağız genişliği olan bir çekme deney düzeneği kurulmuştur. Bu makalede sabit debi (600 litre/dak) ve üfleme mesafesi (5 mm) ve 40-50 µm düşük yoğunluklu polietilen malzemeden termoplastik film kalınlığı için elde edilen sonuçlar sunulmuştur. 50 metre/dk üretim hızında, 200 Newton'a kadar çekme kuvvetine dayanıklı mühürleme işlemi için üfleme havası sıcaklığının 260°C olması gerektiği tespit edilmiştir.

#### Abstract

In this study, an experimental study was carried out to determine the working conditions of the thermoplastic film sealing apparatus, which performs the sealing of low density polyethylene material thermoplastic film by hot air spraying method. For this purpose, a test rig was designed and constructed to measure the effect of blowing air temperature, air flow rate, film rolling speed, and hot air blowing distance. Also, a tensile test setup with specimen grips having 75 cm width was established for the purpose of evaluating the welding quality. In this article, the results obtained for constant flow rate (600 liters/min) and blowing distance (5 mm), and 40-50 µm low density polyethylene material thermoplastic film thickness are presented and discussed. It has been the main finding of the study that the blowing air temperature should be 260 oC to be resistant to tensile force up to 200 Newton at a production speed of 50 meters/min.

## 1. Giriş

Endüstriyel alanda imal edilen ürünlerin paketlenmesi/ambalajlanması için kullanılan birçok malzeme ve yöntem bulunmaktadır. Tüm yöntemlerin ortak özelliği paketin kolay şekillendirilmesi, doldurulması ve kapatılmasıdır [1]. Dayanım/ağırlık oranının yüksek olması ve maliyetinin diğer malzeme türlerine göre (kâğıt, kumaş vb) düşük olması plastiklerin paketlemede

hakimiyetine sebep olmuştur [2]. İşlenebilirlik kolaylığı, ergime sıcaklıklarının düşük olması, ısıtma ve basınçlandırma yöntemiyle kolaylıkla şekillendirilmesi gibi avantajlar termoplastik malzemelerin paketlenme işlemlerinde tercih edilmesinin başlıca sebepleridir. Bu tercih dünyada en fazla plastik tüketiminin (%30'luk pay ile) ambalaj sektöründe olmasıyla sonuçlanmıştır[3]. Termoplastikler malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak 54°C ile 120 °C arasında, bazen de yapılarına bağlı olarak 260 °C ile 270°C'ye varan sıcaklıklarda erirler. Bu nedenle termoplastiği işleme sırasında sıcaklık iyi kontrol

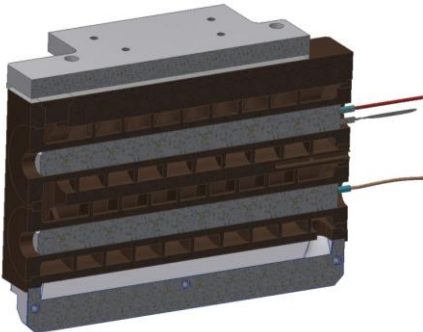
\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): sariugurcem@gmail.com





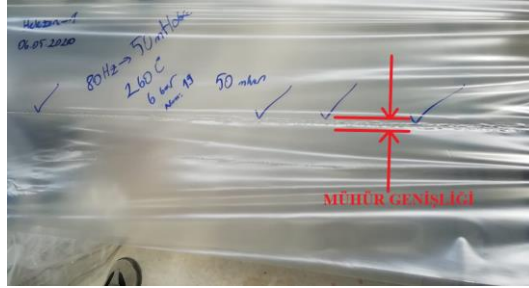
Düzenek, şekilde görüldüğü gibi esas olarak 14 ana elemandan oluşmaktadır. Düzenekte iki adet genişliği 700 mm olan, 40-50  $\mu$ m LDPE termoplastik film malzemeden sarılmış bobin bulunmaktadır(1 numara). Bobinlerin her ikisinin de aynı hızda açılması asenkron motordan(8) tahrik alan çelik çekme valsleri(6) ve kauçuk kaplama çekme valsleri(7) ile gerçekleştirilmektedir. Bobinler kauçuk kaplı avare rulo silindirleri(13) üzerinde açılmaktadır. Açılan bobinlerin film akışı avare rulolar vasıtasıyla aynı eksene getirilmektedir. Aynı eksen hizasında üst üste gelen termoplastik film akışı çekme valsleri arasından geçirilmektedir. Mühürleme işlemi filmlerin çekme valslerine ulaşmalarından önce destek sacı(3) üzerinde gerçekleştirilmektedir. Mühürleme aparatının(5) termoplastik film yüzeyine olan mesafesi ayar mekanizmasında(4) yer alan volan vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu mekanizma üzerinde hassas numaratorle ölçüm yapılarak mesafe ayarlanmaktadır. Mühürleme aparatına giren hava şartlandırıcı vasıtasıyla düzenlenerek, basıncı bir regülatör sayesinde 0-6 bar arasında ayarlanarak hava debisi kontrol edilmektedir. Sistem kapatıldığında deney düzeneğinde yer alan kauçuk kaplama avare ruloları, elektrovalf(10) ile kumanda edilen pnömatik silindir(12) vasıtasıyla kayışların (14) gerdirilmesi sağlanarak durdurulmaktadır. Kumanda ünitesi içerisinde yer alan sürücü kontrolüyle 8 nolu motorun hız kontrolü ile deney düzeneğinin çalışma hızı yani mühürleme hızı değiştirilebilmektedir.

Düzenekte kullanılan mühürleme aparatı detay resmi Şekil 2 de gösterilmiştir. Aparatta 2x1.5 KW lık iki adet ısıtıcı rezistant bulunmakta ve üfleme havası sıcaklık ayarı ısıtıcıların besleme gerilimi değiştirilerek sağlanmaktadır. Sıcaklık ölçümleri 12 kanallı PCE-T 1200 marka sıcaklık ölçüm cihazı ve Cu-Constantan termo eleman çifti kullanılarak yapılmıştır. Isıtıcı girişi, çıkış (üfleme sıcaklığı) ve atmosfer sıcaklığı sürekli olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir.



Şekil 2. Mühürleme aparatı modelinin kesit görünümü

Bu çalışmada sunulan sonuçlar, sabit hava debisi (600 litre/dakika) ve üfleme mesafesinde (5 mm), farklı üfleme sıcaklığı ve ilerleme hızında gerçekleştirilen deneylere aittir. Mühürleme deneyleri esnasında alınan bir görüntü Şekil-3'te, mühürlemeden sonraki numunenin dikiş bölgesi görüntüsü ise Şekil-4'te sunulmuştur. Tablo 1'de bu şartlarda yürütülen deneylerden bir kısmı için elde edilen deney sonuçları sunulmuştur. Literatürde benzer bir çalışma olmadığından, sektördeki mühürleme aparatlarının çalışma koşulları referans olarak deney esnasındaki şartlar belirlenmiştir. Üfleme sıcaklığının 125°C'nin altında olduğu testlerde filmler arasında bir kaynama sağlanmamış ve burada sunulmamıştır. Kaynak işlemi 125 °C ve üstü üfleme sıcaklığında gerçekleşmiştir.



Şekil 4'te görüldüğü gibi, başarılı kaynak için mühür genişliğinin 3-4 mm mertebelerinde ve kesintisiz olması gerektiği tespit edilmiştir. Yani, 3 mm-4 mm arası kaynak genişliğinin 200 Newton kuvvet için yeterli bir dayanım sağladığı görülmüştür.

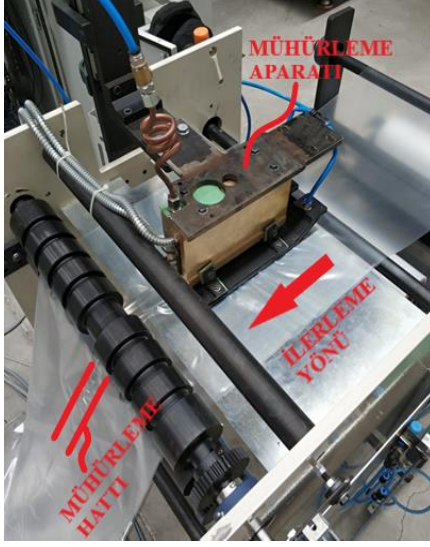
Bu genişlik sıcak havanın bölgede etki süresi ve sıcaklığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Etki süresi ve sıcaklığın gereğinden fazla olması kaynak genişliğinde artışın yanında, delinmelere sebep olarak kaliteyi bozmaktadır.

125 °C sıcaklıkta, 20 m/d ve 30 m/d hızlarda yapılan mühürlemeler çekme deneylerinde başarısız olmuştur. Başarılı bir kaynama 125 °C sıcaklık için 10 m/d hızında gerçekleşmiştir. Aynı sıcaklıkta ve 10 m/d den düşük hızlarda yapılan mühürlemelerde, mühür genişliğinin büyüdüğü ve mühür boyunca yer yer delinmelerin olduğu ve mühürlemedeki sürekliliğin bozulduğu gözlenmiştir. Çalışma hızının yükseltilmesiyle, üfleme sıcaklığının da artırılmasını gerektirdiği görülmüştür. Tablodan görüldüğü gibi 50 m/d çalışma hızında başarılı bir mühürleme için üfleme sıcaklığının 260 °C olacağı tespit edilmiştir.

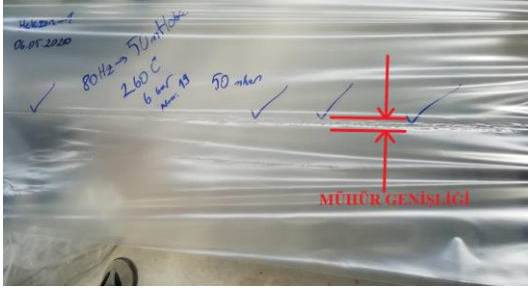
Tablo 1. Deney sonuçları

Çalışma Hızı	Mühür Genişliği	Üfleme Sıcaklığı	Mühürleme Durumu
10 m/d	1-2 mm	125 °	Gerçekleşti
20 m/d	-	125 °	Gerçekleşmedi
30 m/d	-	125 °	Gerçekleşmedi
10 m/d	3 mm	135 °	Gerçekleşti
20 m/d	3-4 mm	160 °	Gerçekleşti

30 m/d	3 mm	190 °	Gerçekleşti
40 m/d	2-3 mm	230 °	Gerçekleşti
50 m/d	3 mm	260 °	Gerçekleşti



Şekil 3. Mühürleme işlemi



Şekil 4. Mühürlenmiş ürün

600 litre/dakika hava debisi ve 5 mm üfleme mesafesinde yapılan parametrik deneyler sonucunda 50 m/dakika çalışma hızında, 200 Newton çekme kuvvetine dayanıklı mühürleme işleminin yapılabilmesi için hava üfleme sıcaklığının 260°C olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

### 3.Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada endüstriyel rulo tip temizlik kâğıdı üretimi makinasının paketleme sisteminde kullanılacak mühürleme aparatı tasarım şartları deneysel olarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, üfleme havası sıcaklığı, debisi, film ilerleme hızı ve üfleme havasının değiştirilebildiği bir deney düzeyi ve ayrıca kaynak kalitesi değerlendirme amaçlı 75 cm ağız genişliği olan bir çekme deney düzeneği kurulmuştur.

Bu makalede sabit debi (600 litre/dak) ve üfleme mesafesi (5 mm) ve 40-50 µm LDPE termoplastik film kalınlığı için elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Deney sonuçlarından hareketle:

- 200 Newton çekme dayanımı için mühürleme genişliğinin 3-4 mm aralığında olmasının yeterli olduğu görülmüştür.
- Üfleme havası etki süresinin veya sıcaklığının artması mühürleme genişliğini artırmaktadır.
- Mühürleme genişliğinin artmasıyla kaynak bölgesinde yer yer delinmeler oluşmakta ve kaynak dayanımı bozmaktadır.
- 40-50 µm kalınlıkta LDPE termoplastik film için gerekli en düşük kaynak sıcaklığı 125 °C ve en yüksek çekme hızı 10 m/d olarak tespit edilmiştir. Bu hızda sıcaklığın artırılması, ya da bu sıcaklıkta hızın azaltılması kaynak dikişinde delinmelere sebep olarak kaynak kalitesini bozmaktadır.
- Yüksek hızlarda paketleme yapabilmek için üfleme sıcaklığının da artırılması gerekmektedir.
- Çalışma konusu makinanın üretim hızı 50 m/dak hızda 200 Newton çekme dayanımına sahip mühürleme işlemi için, 260 °C üfleme sıcaklığı gerekmektedir.

Elde edilen bu sonuçlardan hareketle, proje konusu temizlik kâğıdı makinası için bir ısı tabancası tasarlanarak imal edilmiş ve saha testlerinde başarılı olduğu görülmüştür. Farklı debi, üfleme mesafesi, malzeme ve film kalınlığındaki deneyler sonraki çalışmaların konusu olacaktır.

### Etik Standartlar Beyanı

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu makalede bildirilen çalışmayı etkilemiş gibi görünebilecek, bilinen rakip mali çıkarları veya kişisel ilişkileri olmadığını beyan ederler.

### Teşekkür

TEYDEB 1501 Sanayi Ar-Ge destek programı kapsamında 3190514 numaralı proje verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi bir borç biliriz. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında destekleri için ICM Makine ve Mühendislik limited şirketine ve Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümüne teşekkürlerimizi sunarız.

### Kaynaklar

- [1] Başarir, D. (2000). Paketleme malzemeleri, ilkeleri ve paketleme makinelerinin, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi



- [2] Hüner, Ü. (2008). Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi. Trakya Üniversitesi
- [3] Geyer, R. J., Jenna R; Law, Kara Lavender. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made, Science advances, 3: e1700782.
- [4] Aydın, H. (2004). PVC üretimi ve katkı maddeleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- [5] Rubin, I. I. (1990). Handbook of Plastic Materials and Technology Wiley New York
- [6] Sikora, R. (1993) Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Warszawa: Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej.
- [7] Karger-Kocsis, J. & Siengchin, S. (2014) Single-Polymer Composites: Concepts, Realization and Outlook: Review. KMUTNB: IJAST, 7, 1, pp. 1–9.
- [8] Hishinuma, K., Heat Sealing Technology and Engineering for Packaging: Principles and Applications., DEStech Publications. 2009.
- [9] Józefczyk, J. (2018) Łączenie jednopolimerowych materia-łów kompozytowych za pomocą strumienia gorącego powietrza. Praca dyplomowa inżynierska, Wydział Mechaniczny, Akademia Morska w Szczecinie.
- [10] Klimpel, A. (2000) Spawanie i zgrzewanie tworzyw termoplastycznych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- [11] TOSS R., (2020) US10583610B2.USA PATENTS