T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SÜREKLİ DİKEY PAKETLEME MAKİNA TASARIMI, İMALATI VE ÇENE SICAKLIĞININ BİRLEŞTİRME KALİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Feyzullah KARAKAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin UZUN

Ağustos 2021

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SÜREKLİ DİKEY PAKETLEME MAKİNA TASARIMI, İMALATI VE ÇENE SICAKLIĞININ BİRLEŞTİRME KALİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Feyzullah KARAKAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 02/08/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Ramazan YILMAZ	BAŞARILI
Üye: Prof. Dr. Hüseyin UZUN	BAŞARILI
Üye: Dr. Öğr Üyesi Hüseyin DAL	BAŞARILI

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim

Feyzullah Karakaş

02/08/2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin UZUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın maddi ve manevi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan MAKNART firması sahibi Sayın Safa ÇOKCAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca beni destekleyen ve hep yanımda olan annem Züleyha KARAKAŞ, babam Mustafa KARAKAŞ, tez çalışmalarım sırasında kendileriyle yeterince ilgilenemediğim ve beni anlayışla karşılayan eşim Rüveyda KARAKAŞ ve oğlum Mustafa'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN ..... **i**
TEŞEKKÜR ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiii**

BÖLÜM 1.
GİRİŞ **1**

BÖLÜM 2.
LİTERATÜR ÇALIŞMASI **4**
2.1. Paketleme Makinası Türleri 4
2.1.1. Toz paketleme makinası 4
2.1.2. Granül Paketleme Makinası 5
2.1.3. Sıvı paketleme makinası 6
2.1.4. Tablet paketleme makinası 7
2.1.5. Otomatik toz gıda ürünü paketleme makinası 8
2.1.6. Terazili paketleme makinası 8
2.1.7. Ultrasonik paketleme makinası 10
2.1.8. Titreşimli paketleme makinası 10
2.1.9. Vakum paketleme 11
2.1.10. Sürekli paketleme makinası 11
2.2. Türkiye'de Paketleme ve Ambalajlama Sektörü 13
2.3. Dünyada ve Türkiye'de Paketleme Makinalarındaki Gelişmeler 14

BÖLÜM 3.
SÜREKLİ PAKETLEME MAKİNASI TASARIMI VE İMALATI 16
3.1. Kademeli Paketleme Makinasının Çalışma Prensibi 16
3.2. Sürekli Paketleme Makinasının Çalışma Prensibi 19
3.2.1 Kademeli dikey paketleme makinası ve sürekli dikey paketleme makinasın tasarım değişiklikleri 25
3.3. Sürekli Dikey Paketleme Makinası İmalatı 29
3.3.1. Makina tasarım süreçleri 30
3.3.2. Dikey paketleme makinasının çalışma prensibi 31
3.3.3.1. Makina saclarının lazerle kesilmesi 33
3.3.3.2. Makina gövde profillerinin kesilmesi 33
3.3.3.3. Makina sacları büküm işlemi 34
3.3.3.4. Makina şasesinin kaynaklı imalatı 34
3.3.3.5. Makina montajı 35
3.3.3.5.1. Ön panel ve taban saclarının şase üzerine montajı ve makina ayaklarının takılması 36
3.3.3.5.2. Titreşim trafo sacı, alt sıcak eleman motor sacı ve pano taban sacı montajı 36
3.3.3.5.3. Dolum kısımı taban sacı, bağlantı borusu ve kapakların montajı 36
3.3.3.5.4. Dişli mekanizması montajı 37
3.3.3.5.5. Ambalaj grubu yan sacları ve makaraların montajı 38
3.3.3.5.6. Makara montajı 38
3.3.3.5.7. Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı montajı 39
3.3.3.5.8. Sıcak elemanların dış bağlantı sacları montajı 40
3.3.3.5.9. Hareketli sıcak eleman ısıtıcıları ve bıçak montajı 40
3.3.3.5.10. Sırt birleştirme ve kauçuk servoları montajı 41
3.3.3.5.11. Yaka ve ürün geçiş borusunun montajı 42
3.3.3.5.12. Kauçuklar ve sırt birleştirme sıcak eleman montajı 43
3.3.3.5.13. Eksantrik ve titreşim trafosu montajı 44
3.3.3.5.14. Fotosel parçası montajı 44
3.3.3.5.15. Dolum terazi kısmı montajı 45
3.3.3.5.16. Valf grubu montajı 45
3.3.3.5.17. Şartlandırıcı montajı 46
3.3.3.5.18. Pano montajı 46
3.3.4. Sürekli dikey paketleme makinasının kontrol paneli ve özellikleri 47
3.3.4.1. Dil seçim ekranı 47
3.3.4.2. Isı ayarları ekranı 48
3.3.4.3 Manuel sayfası ekranı 48
3.3.4.4. Ana sayfa ekranı 49
3.3.4.5. Ayarlar ekranı 50
3.3.4.6. Loadcell kalibrasyon işlemi 51
3.3.4.7. Operatör işlem talimatları 52
3.3.4.8. Ambalaj takma/değiştirme 52
3.3.4.9. Kauçukların temizlenmesi 53
3.3.4.10. Makina dolum haznesi/kefe temizliği 54
3.3.4.11. Makina mil ve aksanları bakımı 54
3.3.4.12. Ambalajın yakadan kayması durumunda yapılması gerekenler 54
3.3.4.13. Ambalaj freninin kontrolü ve ayarı 55

3.4. Kademeli paketleme makinası maliyet analizi 56
3.4.1. Şase profil hesaplaması 56
3.4.2. Sac plaka boyutları hesaplama 57
3.4.3. Kademeli makina elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti 58
3.4.4. Kademeli makina genel maliyet toplamı 60
3.5. Sürekli Paketleme Makinası Maliyet Analizi 61
3.5.1. Sürekli paketleme makinası şase profil hesaplaması 61
3.5.2. Sürekli paketleme makinası sac plaka boyutları hesaplama 62
3.5.3. Sürekli paketleme makinası elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti 63
3.5.4. Sürekli paketleme makinası genel maliyet toplamı 65

BÖLÜM 4.
DENEYSEL ÇALIŞMALAR 66
4.1. Ambalaj Malzemeleri ve Özellikleri 66
4.1.1. Polietilen (PE) ve polietilen teraftalat (PET) ambalaj malzemeleri 66
4.1.2. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalaj malzemesi 67
4.1.3. Polipropilen (PP) ambalaj malzemesi 69
4.2. Karşılıklı Sıcak Eleman Temaslı Birleştirme İşlemi 70
4.2.1. Birleştirme parametreleri 71
4.3. T-Sıyırma Testi ve Numune Boyutları 73
4.4. Gözle Muayene 74

BÖLÜM 5.
DENEYSEL SONUÇLAR VE İRDELEME 75
5.1.1. Elaman (çene) sıcaklığının etkisi 75
5.1.2. Bekleme süresi 76
5.1.3. Basma kuvvetinin etkisi 76
5.2. Gözle Muayene Sonuçları 77
5.2.1. Çift katlı PE/PET ambalaj film birleştirme sonuçları 77
5.2.2. LDPE ambalaj film birleştirme sonuçları 79
5.2.3. PP ambalaj film birleştirme sonuçları 82
5.3. T- Sıyırma Test Sonuçları 85
5.3.1. PP ambalaj filmi yan ve alt kenar birleştirme sonuçları 85
5.3.1.1. Eleman (çene) sıcaklığı 90°C 85
5.3.1.2. Eleman (çene) sıcaklığı 125°C 87
5.3.1.3. Eleman (çene) sıcaklığı 135°C 89
5.3.2. Çift katlı PE/PET ambalaj filmi yan ve alt kenar birleştirme sonuçları 90
5.3.2.1. Eleman (çene) sıcaklığı 120°C 91
5.3.2.2. Eleman (çene) sıcaklığı 150°C 92
5.3.2.3. Eleman (çene) sıcaklığı 180°C 94
5.3.3. LDPE ambalaj filmi yan ve alt kenar birleştirme sonuçları 96
5.3.3.1. Eleman (çene) sıcaklığı 110°C 96
5.3.3.2. Eleman (çene) sıcaklığı 120°C 97
5.3.3.3. Eleman (çene) sıcaklığı 130°C 99

5.3.4. T-Sıyırma Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması 101

BÖLÜM 6.
SONUÇLAR ve ÖNERİLER 103
6.1. Genel Sonuçlar 103
6.2. Öneriler 105

KAYNAKLAR 107

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CNC : Bilgisayarlı Nümerik Kontrol
CPP : Cast (gerdirilmemiş) Polipropilen
Dk : Dakika
DXF : Çizim Formatı
Gr : Gram
Kg : Kilogram
Kwh : Kilowatt saat
LDPE : Düşük yoğunluklu polietilen
LMEK25UU : Lineer rulman türü ve iç çapı
MM : Milimetre
OPP : Orientepolipropilen
PE : Polietilen
PET : Polietilen tetraftalat
PE/PET : Polietilen /Polietilen tereftalat film
Pk : Paket
PP : Polipropilen
PS : Polistren
PVAL : Polivinül Alkol
PVC : Polivinilklorür
PVDC : Polivinilden klorür
SCE25UU : Lineer rulman hareketli kısımlar ve iç çapı
SK25 : Mil tutucu ve iç çapı
St37 : En az 37 kgf/mm^2 çekme dayanımına sahip genel yapı çeliği

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Paketleme makina türleri ve paket ürün çeşitleri. 5
Tablo 2.2: Makina imalat sektörünün Türkiye'ye sağladığı ekonomik katma değer verileri [12] 14
Tablo 3.1: Sürekli paketleme makinası imalat süreçleri. 32
Tablo 3.2: Tasarlanan sürekli paketleme makinasının genel özellikleri. 47
Tablo 3.3: Kademeli sistemli makina profil maliyeti [29]. 57
Tablo 3.4: Kademeli sistemli makina sac plaka maliyeti [29]. 58
Tablo 3.5: Kademeli sistemli makina elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti. 59
Tablo 3. 6: Kademeli sistemli makine otomasyon genel maliyeti. 60
Tablo 3. 7: Kademeli paketleme makina genel maliyet 60
Tablo 3. 8: Sürekli paketleme makinası profil maliyeti [29] 61
Tablo 3. 9: Sürekli paketleme makinası sac plaka maliyeti [29]. 62
Tablo 3. 10: Sürekli paketleme makinası alüminyum sac plaka maliyeti [29]. 62
Tablo 3. 11: Sürekli paketleme sac levha toplam maliyeti. 63
Tablo 3. 12: Sürekli paketleme makinası elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti 63
Tablo 3. 13: Sürekli paketleme makinası otomasyon genel maliyeti 64
Tablo 3. 14: Sürekli paketleme makinası toplam genel maliyet 65
Tablo 4.1: Polietilen (PE) ambalaj malzeme film özellikleri. 68
Tablo 4.2: Polietilen tereflat (PET) ambalaj malzeme film özellikleri. 68
Tablo 4.3: Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalaj malzeme film özellikleri. 69
Tablo 4.4: Polipropilen (PP) ambalaj film özellikleri. 70
Tablo 4.5: Karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğiyle plastik ambalaj alt ve yan kenarlarının birleştirme işleminde kullanılan parametreler ve numune kodları. 73
Tablo 5.1: T-sıyırma test sonuçlarında elde edilen maksimum sıyırma kuvvet değerleri 102

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Dikey toz paketleme makinası 6
Şekil 2.2: Granül paketleme makinası 6
Şekil 2.3: Sıvı paketleme makinası 7
Şekil 2.4: Tablet paketleme makinası 8
Şekil 2.5: Oralet paketleme makinası 9
Şekil 2.6: Terazili paketleme makinası 9
Şekil 2.7: Ultrasonik paketleme makinası 10
Şekil 2.8: Titreşimli paketleme makinası 11
Şekil 2.9: Vakum paketleme makinası 12
Şekil 2.10: Sürekli paketleme makinası 12
Şekil 3.1: Kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli dikey paketleme makinasının sol yan görünüşü 17
Şekil 3.2: Ambalajın üst, alt ve yan birleştirme kenarları [22] 18
Şekil 3.3: Kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli dikey paketleme makinasının ön görünüşü 19
Şekil 3.4: Kademeli sistemli paketleme makinasında ambalaj fren mekanizması 19
Şekil 3.5: Tasarlanan sürekli paketleme makinasının sol yan görünüşü 20
Şekil 3.6: Tasarlanan sürekli paketleme makinasının hareketli alt sıcak eleman hareket kanalları 22
Şekil 3.7: Tasarlanan sürekli paketleme makinasında alt sıcak eleman eksantirik, alt sıcak eleman hareket pistonları ve ambalaj çekme kauçuk servoları 23
Şekil 3.8: Sürekli paketleme makinası hareketli üst sıcak eleman yeni hali 24
Şekil 3.9: Tasarlanan sürekli paketleme makinası manyetik ambalaj fren tertibatı 25
Şekil 3. 10: Kademeli ve sürekli dikey paketleme makinaları ambalaj rulosu fren mekanizmaları 26
Şekil 3. 11: Kademeli ve sürekli paketleme makinası üst çene mekanizması 27
Şekil 3. 12: Karşılıklı sıcak eleman birleştirme yüzeyleri 28
Şekil 3. 13: Kademeli ve sürekli dikey paketleme makinası karşılıklı sıcak elemanlar 29
Şekil 3.14: Lazer kesimi ve şerit testereyle kesim işlemi 34
Şekil 3.15: Abkant tezgahında büküm işlemi ve makina şase kaynak işlemi 35
Şekil 3.16: Montaja hazır parçalar 35
Şekil 3.17: Şase ve ayak montaj işlemi -titreşim trafo sacı, alt sıcak eleman motor sacı 37
Şekil 3.18: Dolum kısmı montajı - dişli mekanizması montajı 38
Şekil 3.19: Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı - Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı montajı 40
Şekil 3. 20: Sıcak elemanların dış bağlantı montajı ve hareketli sıcak eleman ısıtıcıları bıçak montajı 41
Şekil 3.21: Sırt birleştirme ve kauçuk servoları montajı ve LMEK igus rulman 42

Şekil 3.22: Yaka ve ürün geçiş borusu montajı - Kauçuklar ve sırt birleştirme sıcak eleman montajı 43
Şekil 3.23: Ambalajın Geçişi 44
Şekil 3.24: Eksantrik ve titreşim trafosu - Fotosel parçası montajı 45
Şekil 3.25: Dolum terazi kısmı - Valf grubu montajı 46
Şekil 3.26: Şartlandırıcı montajı - Pano montajı 47
Şekil 3.27: Isı ayarları ekranı 48
Şekil 3.28: Manuel sayfası ekranı 49
Şekil 3.29: Ana sayfa ekranı 50
Şekil 3.30: Ayarlar ekranı 51
Şekil 3.31: Loadcell kalibrasyon işlem sayfası 52
Şekil 3.32: Ambalaj montaj kısmı - Ambalajın muska biçiminde kesilmesi 53
Şekil 3.33: Ambalajın yakadan geçirilmesi- Ambalajın yakadan geçirilmesi işleminin tamamlanmış hali 53
Şekil 3.34: Kauçuklar 54
Şekil 3.35: Makina mil ve aksamları iç kısım - Makina mil ve aksamlar ön panel 55
Şekil 3. 36: Ambalaj grubu kaydırma kolu 55
Şekil 3.37: Fren kontrol ekranı 56
Şekil 3.38: Kademeli sistemli dikey paketleme makinası şase 57
Şekil 3.39: Sürekli sistemli dikey paketleme makinası şase 61
Şekil 4.1: Sürekli dikey makinesiyle kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" aparatı vasıtasıyla ambalaj film kenarlarının birleştirilme mekanizması 71
Şekil 4.2: T-sıyırma testinde kullanılan deney numunesi ve boyutları 74
Şekil 4.3: Testlerin yapıldığı Shimadzu 50kN çekme cihazı [20] 74
Şekil 5.1: PE/PET ambalaj, 120°C sıcaklık uygulaması 78
Şekil 5.2: PE/PET ambalajın, 150°C sıcaklık uygulaması- PE/PET ambalaj olması gereken birleşme kalitesi 78
Şekil 5.3: PE/PET ambalajın, 180°C sıcaklık uygulaması- PE/PET ambalaj olmaması gereken birleşme kalitesi 79
Şekil 5. 4: LDPE ambalaj, 110°C sıcaklık uygulaması 80
Şekil 5. 5: LDPE ambalaj, 120°C sıcaklık uygulaması 81
Şekil 5. 6: LDPE ambalaj, 130°C sıcaklık uygulaması 81
Şekil 5.7: LDPE ambalaj birleşme kırışıklıkları - LDPE ambalaj olması gereken birleşme bölgeleri noktası 82
Şekil 5.8: PP ambalaj, 110°C sıcaklık uygulaması 83
Şekil 5.9: PP ambalaj, 110°C sıcaklık uygulaması 84
Şekil 5.10: PP ambalaj, 110°C sıcaklık uygulaması 84
Şekil 5.11: PP ambalaj birleştirme noktası kırışıklıkları PP ambalaj olması gereken birleştirme noktaları 85
Şekil 5.12: (a) PP-1-Alt-90 ve (b) PP-2-Yan-90 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi 86
Şekil 5.13: PP-1-Alt-90 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi 86
Şekil 5.14: PP-2-Yan-90 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi 87
Şekil 5.15: (a) PP-3-Alt-125 ve (b) PP-4-Yan-125 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi 87

Şekil 5.16: PP-3-Alt-125 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....88
Şekil 5.17: PP-4-Yan-125 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....88
Şekil 5.18: (a) PP-5-Alt-135 ve (b) PP-6-Yan-135 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi....89
Şekil 5.19: PP-5-Alt-135 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....90
Şekil 5.20: PP-6-Yan-135 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....90
Şekil 5.21: (a) PE/PET-1-Alt-120 ve (b) PE/PET-2-Yan-120 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi....91
Şekil 5.22: PE/PET-1-Alt-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....92
Şekil 5.23: PE/PET-2-Yan-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....92
Şekil 5.24: (a) PE/PET-3-Alt-150 ve (b) PE/PET-4-Yan-150 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi....93
Şekil 5.25: PE/PET-3-Alt-150 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....93
Şekil 5.26: PE/PET-4-Yan-150 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....94
Şekil 5.27: (a) PE/PET-5-Alt-180 ve (b) PE/PET-6-Yan-180 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi....94
Şekil 5.28: PE/PET-5-Alt-180 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....95
Şekil 5.29: PE/PET-6-Yan-180 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....95
Şekil 5.30: (a) LDPE-1-Alt-110 ve (b) LDPE-2-Yan-110 kodlu numunelerin T-sıyırma deneyi esnasındaki sıyırma bölgesi....96
Şekil 5.31: LDPE-1-Alt-110 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....97
Şekil 5.32: LDPE-2-Yan-110 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....97
Şekil 5.33: (a) LDPE-3-Alt-120 ve (b) LDPE-4-Yan-120 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi....98
Şekil 5.34: LDPE-3-Alt-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....98
Şekil 5.35: LDPE-4-Yan-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....99
Şekil 5.36: (a) LDPE-5-Alt-130 ve (b) LDPE-6-Yan-130 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi....99
Şekil 5.37: LDPE-5-Alt-130 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....100
Şekil 5.38: LDPE-6-Yan-130 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi....100

SÜREKLİ DİKEY PAKETLEME MAKİNA TASARIMI, İMALATI VE ÇENE SICAKLIĞININ BİRLEŞTİRME KALİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Çeşitli endüstriyel paketleme sektörlerinde gıda, kimyasal madde, ilaç veya kozmetik gibi ürünlerin ağırlıklarını tartmak, dozajlamak ve küçük torbalarda ambalajlamak amacıyla çeşitli paketleme makinaları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, katı gıda paketleme sektöründe kullanılan kademeli çalışan dikey paketleme makinası üzerinde çeşitli tasarım değişiklikleri yapılarak, paketleme kapasitesinin arttırılması ve paketleme maliyetlerinin azaltılması hedeflenmiştir. Kademeli dikey paketlemede makinasında yapılan yeniliklerin hangi nedenlerden dolayı yapıldığı izah edilmiştir. Kademeli dikey paketleme makinasının revizyonu yapılarak imal edilecek sürekli dikey paketleme makinasının üretim kapasiteleri karşılaştırılıp paketleme maliyet analizleri yapılacaktır. İmal edilen sürekli dikey paketleme makinasıyla kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme yöntemiyle" çift katlı Polietilen/Polietilen teraftalat (PE/PET), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve Polipropilen (PP) polimer ambalaj filmleri, farklı sıcaklık değerlerinde yan ve alt kenar birleştirmeleri yapılmıştır. Birleştirme kalitesini değerlendirmek amacıyla önce gözle muayene sonra T-sıyırma deneyi uygulanmıştır.

Sonuç olarak, kademeli dikey paketleme makinası üzerinde çeşitli yenilikler yapılarak, sürekli ambalajlama yapabilen ve sürekli dikey paketleme makinası olarak adlandırılan makina tasarlanmış ve imal edilerek başarıyla çalıştırılmıştır. Kademeli dikey paketleme makinasının ortalama ambalajlama kapasitesi 12-20 adet/dakika olmasına rağmen, geliştirilmiş sürekli dikey paketleme makinasıyla 90-100 adet/dakika çift katlı PE/PET torbaya ambalajlama, 70-80 adet/dakika LDPE torbaya ambalajlama ve 80-90 adet/dakika PP torbaya ambalajlama kapasitesine ulaşılmıştır. Tasarlanıp imal edilen sürekli dikey paketleme makinasıyla yapılan ambalaj paketleme kapasitesi, 4-5 kat oranında artmıştır. Böylece kademeli dikey paketleme makinasında yapılan yenilikler sayesinde, dakikadaki paketleme sayısı artmış ve paketleme maliyeti de azaltılmıştır.

Ayrıca sürekli dikey paketleme makinasıyla kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" düzeneğinin kullanılmasıyla birleştirilen PP, LDPE, çift katlı PE/PET polimer ambalajların birleştirme kalitesine eleman (çene) sıcaklığının etki ettiği tespit edilmiştir. Ambalajların birleşme bölgelerindeki görsel muayene ve T-sıyırma deneyi dikkate alındığında ve bekleme süresi (0.6 saniye) ve basma kuvveti (235 kgf) sabit tutulduğunda, PP ambalaj filmi için en uygun eleman (çene) sıcaklığının 135°C ve çift katlı PE/PET ambalaj filmi için ise 150°C olduğu belirlenmiştir. LDPE ambalaj filmi için bekleme süresi (0.75 saniye) ve basma kuvveti (471 kgf) sabit tutulduğunda, en uygun eleman sıcaklığının 120°C olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürekli dikey paketleme makine tasarımı, PP, LDPE, çift katlı PE/PET polimer ambalaj filmleri, Karşılıklı sıcak eleman (çene) temaslı birleştirme tekniği, T-sıyırma deneyi, Eleman (çene) sıcaklığı

DESIGN AND MANUFACTURING OF CONTINUOUS VERTICAL PACKAGING MACHINE AND INVESTIGATION OF HEAT SEALING TEMPERATURE EFFECT ON JOINT QUALITY

SUMMARY

Various packaging machines designed for weighing, dosing and packaging in small bags of products such as food, chemicals, pharmaceuticals or cosmetics are used in various industrial packaging sectors. In this study, in order to increase the packaging capacity and reduce packaging costs, the various design revisions were made on the low-capacity and gradually vertical packaging machine used in the solid food packaging industry. For this purpose, a design change has been made on the selected vertical packaging machine and a continuous vertical packaging machine has been developed. The reasons for the innovations made in the gradually vertical packaging machine will be explained. The packaging cost analyses were carried out by comparing the production capacities of the continuous vertical packaging machine with the gradually vertical packaging machine. In this study, the effect of heat sealing temperature on the joining quality of the bottom and side edges of Polyethylene/Polyethylene terephthalate (PE/PET) two ply, low-density polyethylene (LDPE) and Polypropylene (PP) polymer packages joint by "heat sealing joining technique" combined with the continuous vertical packaging machine was investigated. In order to evaluate the joint quality, first visual inspection followed by T-peel test was carried out. As a result, some various innovations were made on the progressive vertical packaging machine, and the machine, which is capable of continuous packaging and called the continuous vertical packaging machine, was designed and successfully produced and operated. The average packaging capacity of the gradually vertical packaging machine is 12-20 pcs/min. The two ply PE/PET, LDPE and PP packaging capacities of 90-100 pcs/min, 70-80 pcs/min and 80-90 pcs/min, respectively were produced by the continuous vertical packaging machine. Thus, the packaging capacity of the continuous vertical packaging machine has increased by 4-5 times as compare to the gradually vertical packaging machine. In addition, the number of packaging per minute has increased and the packaging cost has been reduced.

In additions, the experimental results show that the heat sealing temperature on the joint quality of PP, LDPE, two ply PE/PET polymer packages joint by "heat sealing joining technique" combined with the continuous vertical packaging machine was determined to be affected. For PP and PE/PET packaging, when the dwell time (0.6 seconds) and the compression force (235 kgf) were kept constant, the optimum heat sealing temperature was determined to be 135°C and 150°C, respectively. On the other hand, for LDPE packaging, when the dwell time (0.75 seconds) and the compression force (471 kgf) were kept constant, the optimum heat sealing temperature was determined to be 120°C.

Keywords: Design of Continuous Vertical Packaging Machine, two ply PE/PET, LDPE and PP polymers, Heat sealing temperature, T-peel test

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gıda, kimyasal madde, ilaç veya kozmetik gibi ürünlerin paketlenerek tüketiciye sağlıklı bir şekilde ulaştırılması, paketleme firmalarının en önemli sorumluluklarından birisidir. Bu amacın yerine getirilmesinde dikkate alınması gereken faaliyetlerin başında hijyenik ve hava almayan niteliklere sahip paketleme veya ambalajlama işlemi gelir. Ürünlerin tartılması, küçük paketlere doldurularak kilitlenmesi veya birleştirilmesi amacıyla endüstriyel sektörde çeşitli paketleme makinaları kullanılmaktadır [1].

Ambalajlama kapasitesinin yüksek olması, seri imalata uygun olması, ürünleri hijyenik özelliklere sahip ambalajlanması, ambalaj raf ömrünün uzun olabileceği kalitede birleştirme işlemine müsait olması, ambalaj maliyetlerini azaltacak kapasitede çalışmaya imkân sağlaması, paketleme makinalarından beklenen genel özelliklerdir [2].

Çeşitli endüstriyel sektörler, ürünlerini paketlemek amacıyla farklı paketleme makina tasarımları talep etmektedirler. Bu nedenle paketleme makinaları, farklı gruplara ayrılmakta ve birbirinden farklı endüstriyel ihtiyaçlara cevap vermektedirler. Dolayısıyla paketleme makinaları, birçok farklı özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanır ve talep edilen kullanım alanına hitap edecek tarzda imal edilirler. O nedenle çeşitli paketleme sektörleri, kendi ürün çeşitlerine hitap eden paketleme makinaları talebinde bulunurlar. Dolayısıyla sektörlerin talebinin karşılandığı farklı teknik ve yapısal özelliklere sahip çeşitli paketleme makina modellerinin geliştirilmesi büyük bir önem arz etmektedir [3].

Paketleme sektöründe düşük kapasiteli, yüksek kapasiteli, seri üretime veya robotik üretime uygun çeşitli paketleme makinaları kullanılmaktadır. Bazı firmalar, mevcut kendi paketleme makinalarında tasarım değişikliği yaptırarak, paketleme kapasitesinin arttırılmasını ve paketleme maliyetlerinin azaltılmasını hedeflerler.

Bu amaç doğrultusunda, ülkemizde ve dünyada revizyon yaparak paketleme makinasının iyileştirilmesi amacıyla çeşitli firmalar faaliyet gösterirler [4].

Bu çalışmada, katı gıda paketleme sektöründe kullanılan düşük kapasiteli ve kademeli dikey paketleme makinası üzerinde çeşitli tasarım değişiklikleri ve yenilikler yapılarak, yüksek kapasiteli ve seri imalata uygun bir paketleme makinasına dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Yani kademeli dikey paketleme makinasının, seri üretim yapabilen sürekli dikey paketleme makinasına dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kademeli dikey paketleme makinasının her bir bölümünün hangi işlemi nasıl gerçekleştirdiği ile ilgili analizler yapılmıştır. Makina üzerinde nasıl bir iyileştirme yapıldığında, paketleme işleminin seri üretime uygun hale getirilebileceği ile ilgili incelemeler gerçekleştirilmiştir. Tasarlanıp imal edilmesi planlanan ve seri üretim yapmaya müsait hale getirilen "sürekli dikey paketleme makinası" ile katı gıda ambalajlaması yapılarak, üretim kapasitesinin ne kadar arttığı ve maliyete nasıl yansıdığı ile ilgili maliyet analizleri yapılmıştır.

Kademeli dikey paketleme makinasında ambalajların birleştirme işlemi yapılırken polimer ambalaj malzemesi bekletilir. Birleştirme işlemi tamamlandıktan sonra polimer ambalaj malzemesi ilerlemeye devam eder. Polimer ambalajın bu hareketi kapasitenin düşük olmasına neden olur. Geliştirilen sürekli paketleme makinası ile polimer ambalajın birleştirme esnasında hareketini durdurmadan birleştirilmesi sağlanmıştır. Çenelerin, ambalajın sürekli hareketine uyumu sayesinde, polimer ambalaj filminin hareket halinde birleşmesi sonucu paketleme kapasitesi artmıştır.

Kademeli dikey paketleme makinasına, polimer ambalaj malzemesi rulo halde iken takılır. Rulo halden açılarak polimer ambalaja yaka bölümünde şekli verilerek birleştirmeye hazırlanır. Bu işlemler esnasında polimer ambalaj rulosu gergin halde olmalıdır. Bu gerginlik kademeli dikey paketleme makinasında yaylar ile sağlanmaktadır. Ambalaj rulosu çapı azaldıkça veya yeni ambalaj rulosu makinaya takılınca operatör yayın gerginliğini arttırmak veya azaltmak zorunda kalmaktadır. Bu durum operatör için zaman ve enerji kaybına sebep olmaktadır. Bununla birlikte ambalaj rulosunun gerginliği ayarlanamadığı taktirde birleşme yüzeylerinde kusurlar meydana gelmektedir.

Geliştirilen sürekli dikey paketleme makinasında ise polimer ambalaj rulosunun gerginliği, makina üzerine monte edilen manyetik fren sayesinde otomatik olarak ayarlanmaktadır. Bu sayede operatörün üzerindeki iş yükü hafifletilmiştir ve ambalaj rulosunun gergin olmamasından dolayı meydana gelen kusurlar önlenmiştir.

Kademeli dikey paketleme makinasının geliştirilmesi ile imal edilen sürekli dikey paketleme makinasında ambalaj birleştirme esnasında bir hata veya beklenmeyen bir durum meydana geldiği zaman operatör acil stop butonuna basar ve hatalı birleşen ürünü diğer ürünler içerisinden ayırarak makineyi tekrar çalıştırır. Eğer sorun yine devam eder ise operatör makinanın elektrik akımını keser ve sürücülerdeki enerji kapandıktan sonra tekrar makinaya enerji verir. Böylece makina kendini resetler ve sorun ortadan kalkmış olur.

Paketleme işleminde katı gıda ürün cinsi dikkate alınarak çeşitli polimer ambalaj film türleri kullanılmaktadır. Darbelere karşı dayanıklı olması, maliyetinin düşük olması gibi birçok avantajlara sahip olmaları sebebi ile yaygın olarak polimer ambalajlar tercih edilmektedir. Gıda paketleme sektöründe genellikle polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), poliamitler (naylon), polivinilklorür (PVC), polivinildenklorür (PVDC), polivinilalkol (PVAL) ve Polietilen tereftalat (PET) gibi polimer türleri kullanılmaktadır [5]. Son yıllarda, doğada çözünebilen ve çevre kirliliğine sebep olmayan polimer ambalaj türlerinin geliştirildiğini ve kullanıma hazırlandığını görmekteyiz. Ambalajlama sektöründe, biyobozunur niteliklere sahip aktif polimer ambalajların veya akıllı polimer ambalajların kullanımının yaygınlaşacağı günlerin yakın olduğu görülmektedir [6].

Bu çalışma kapsamında kademeli değişken paketleme makinasının revizyonu yapılarak imal edilen sürekli dikey paketleme makinasıyla kombine çalışan “karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme” düzeneği vasıtasıyla birleştirilen ve katı gıda paketlemesinde yaygın olarak tercih edilen PP, LDPE ve çift katlı PE/PET polimer ambalaj filmlerinin birleştirme kalitesine eleman (çene) sıcaklığının etkisi incelenmiştir. En uygun eleman (çene) sıcaklık değerleri tespit edilmiştir. Bu amaçla gözle muayene ve T-sıyırma deneyi yapılmıştır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu bölümde genel paketleme makina modelleri tanıtılacak ve özellikleri hakkında kısaca bilgi verilmiştir. Türkiye'deki paketleme sektörünün durumu, ihracat-ithalat kalemleri, Türkiye ekonomisine katkısı, paketleme makinalarının Türkiye'deki gelişimi üzerinde durulacak ve bazı veri paylaşımları yapılmıştır.

2.1. Paketleme Makinası Türleri

Paketleme makinalarıyla paketleme işlemi yapabileceğiniz ürünler arasında çay, kahve, baharat, kuruyemiş, şekerleme, yüz maskesi, losyon, krem, hayvan maması, sporcu besinleri, elektrik malzemeleri ve benzeri onlarca ürün çeşidi yer almaktadır. Bu ürün çeşitliliğinin sonucu doğrultusunda talebe karşılık verebilmek için birçok paketleme makinası türü geliştirilmiştir. Paketleme makinasi türleri kullanım alanına göre farklılıklar gösterir paketleme makinası modelleri, paketleme sırasında da istenilen paket çeşidine, paket boyutuna ve içerisine koyulacak ürünün dolum oranına göre ayarlanıp, paketleme yapılabilmesine imkân verecek şekilde tasarlanmalıdır [7]. Paketleme sektöründe yaygın olarak kullanılan paketleme makinaları ve kullanıldığı paket türü Tablo 2.1'de verilmiştir.

2.1.1. Toz paketleme makinası

Toz şeklindeki gıda maddelerinin istenilen ağırlık ve boyutta paketlenmesi amacıyla kullanılan paketleme makinalarına, toz paketleme makinaları denir. Toz paketleme makinaları süt tozu, kahve, krema, hazır içecekler, toz içecekler, baharatlar, mono sodyum glutamat gibi toz şeklindeki ürünlerin paketlenmesi amacıyla tasarlanmış makinalardır. Seri üretime uygun bir tarzda imal edilmişlerdir. Hızlı ve kolay paketleme imkânı sağlarlar.

Endüstriyel toz paketleme makinaları yatay ve dikey toz paketleme makinası olmak üzere iki faklı türü mevcuttur. Şekil 2.1'de dikey toz paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir [8].

Tablo 2.1: Paketleme makina türleri ve paket ürün çeşitleri.

PAKETLEME MAKİNASI TÜRÜ	PAKETLENEN ÜRÜN ADI
1- Toz paketleme makinası	Kahve, krema, süt tozu, baharat, toz içecekler, monosodium glutamate vb.
2- Granül paketleme makinası	Çay, kahve, hayvan maması, sporcu besinleri, mısır, bezelye, baharat vb.
3- Sıvı paketleme makinası	Krem, cilt maskesi, şampuan, sabun, ketçap, mayonez, losyon vb.
4- Tablet Paketleme makinası	Kapsül, draje, kol düğmesi vb.
5- Tam otomatik çay paketleme makinası	Çay, türk kahvesi, nescafe, monosodium, glumat, baharatlar, oralet vb.
6- Terazili paketleme makinası	Kuru bakliyat, kuru yemiş, şekerleme, cips, vb.
7- Ultrasonik paketleme makinası	Karbon tozu, ev kimyasalları, ilaç, nem önleyici, kimyasal plastic ürünler vb.
8- Vibrasyonlu paketleme makinası	Çivi, vida vb.
9- Vakum paketleme makinası	Et ve et ürünleri, kuruyemiş çeşitleri, şarküteri ürünleri vb.
10- Sürekli paketleme makinası	Kahve, kuruyemiş, bakliyat, falafel, demir tozu, vb.

2.1.2. Granül Paketleme Makinası

Granül veya toz halindeki ürünlerin paketlenmesi amacıyla kullanılan paketleme makinalarına granül paketleme makinası denir. Granül paketleme makinaları ile tarım ilaçları, hayvan mamaları, sporcu besinleri, mısır, çay, kahve, bezelye, toz içecekler ve baharatlar gibi tanecikli yapıya sahip birçok farklı türdeki gıda ürünlerinin çeşitli oran ve ağırlıkta paketlenir. Granül paketleme makinaları, genel olarak gıda sektörünün taleplerine cevap verecek şekilde tasarlanırlar. Şekil 2.2'de granül paketleme makinası gösterilmektedir [9].



Şekil 2.1: Dikey toz paketleme makinası.



Şekil 2.2: Granül paketleme makinası.

2.1.3. Sıvı paketleme makinası

Akışkan özelliği olan sıvı haldeki ürünlerin paketlenmesi amacıyla geliştirilen paketleme makinalarına sıvı paketleme makinası denir. Sıvı paketleme makinaları ile krem, losyon, şampuan, sıvı sabun, ketçap mayonez, meyve suyu gibi yoğun sıvı ürünlerinin paketlenmesi mümkündür.

Sıvı paketleme makinalarında diğer paketleme makinalarından farklı olarak dolum kısmında karıştırıcı vardır. Böylece sıvı ürün karıştırılarak paket içerisine homojen bir şekilde doldurulması sağlanır [10]. Sıvı paketleme makinasının avantajlarından bir tanesi de hassas dolum sistemlerinin bulunmasıdır, bu sayede sıvı hammadde kaybı en düşük düzeyde gerçekleşir. Şekil 2.3'de sıvı paketleme makinasına ait bir model gösterilmektedir.

2.1.4. Tablet paketleme makinası

Tablet paketleme makinaları, istenilen adette tablet, kapsül, draje, kol düğmesi gibi ürünlerin paketlendiği makinalardır. Tablet paketleme makinasında, ince veya kalın polimer ambalaj türleriyle paketleme yapılabilir. Gıda sektörüne hitap eden tablet paketleme makinalarının imalatında hijyen özelliği olan ve kolay temizlenebilen malzemeler kullanılarak imalatın yapılması gerekir. Şekil 2.4'de tablet paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir [11].



Şekil 2.3: Sıvı paketleme makinası.



Şekil 2.4: Tablet paketleme makinası.

2.1.5. Otomatik toz gıda ürünü paketleme makinası

Otomatik çay paketleme makinaları, çay, kahve, neskafe, oralet gibi toz halindeki gıda ürünlerinin paketlenmesi amacıyla kullanılan makinalardır. Özellikle çay paketleme işleminde kullanılacak makinalar, çay türüne göre farklı tasarımlarda imal edilirler. Örneğin; poşet, sallama, demlik, piramit ve ipli poşet çay gibi farklı türlere bağlı olarak paketleme makinası tasarımı yapılır [12]. Şekil 2.5'de toz halindeki gıda ürünü paketlemesinin yapıldığı, otomatik paketleme makinası gösterilmektedir.

2.1.6. Terazili paketleme makinası

Terazili paketleme makinaları, kuruyemiş, kahve çekirdeği, cips gibi kolay kırılabilen, hassas ve metal tozu gibi taneli ürünlerin makina üzerinde bulunan teraziler yardımıyla istenilen ağırlıkta tartılıp paketlendiği makinalardır. Terazili paketleme makinaları, kullanıcı firmanın ürün kapasitesine göre tekli, çiftli, dörtlü, sekizli, onlu veya yirmili gibi istenilen sayıda terazi ile imal edilir. Terazili paketleme makinası modelleri, hassas tartım işlerinde kullanılmak amacıyla tasarlanır.

Terazili paketleme makinalarıyla 10-1000 gr veya 200-5000 gr gibi farklı ağırlıklar arasında paketleme yapılabilir [13]. Şekil 2.6'da terazili paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Oralet paketleme makinası.



Şekil 2.6: Terazili paketleme makinası.

2.1.7. Ultrasonik paketleme makinası

Ultrasonik paketleme makinaları, ısıyla temas etmemesi gereken, nem veya toza karşı hassas ürünlerin paketlenmesinde ultrasonik birleştirme sıcak eleman sisteminin kullanıldığı paketleme makinası modelidir. Bu paketleme modelleri, karbon tozu, ev kimyasalları, ilaç ve kimyasal plastik ürünlerinin paketlenmesi amacıyla kullanılır. Şekil 2.7'de ultrasonik paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir [14].

2.1.8. Titreşimli paketleme makinası

Titreşimli paketleme makinaları, fiziksel boyutları benzer ve dağınık olan çivi, vida gibi ürünlerin paketlenmesi amacıyla tasarlanan paketleme makinalarıdır. Titreşimli paketleme makinaların en önemli özelliği, titreşimli çalışma mekanizmasına yani ürünün titreşim yardımı ile polimer ambalaj içerisine aktarımının sağlanmasıdır. Şekil 2.8'de titreşimli paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir [15].



Şekil 2.7: Ultrasonik paketleme makinası.



Şekil 2.8: Titreşimli paketleme makinası.

2.1.9. Vakum paketleme

Vakum paketleme makinaları, içerisinde ürün bulunan birleştirmeleri yapılmış paketin içerisindeki hava tamamen alınarak vakumlama işleminin yapıldığı paketleme makinalarıdır. Vakumlama paketleme makinaları ile kuruyemiş, şarküteri ürünleri, raf ömrü uzun olması arzulanan taze ürünlerin paketlenmesi ve ayrıca da et ürünlerinin muhafazasında kullanılırlar. Şekil 2.9'da vakum paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir [16].

2.1.10. Sürekli paketleme makinası

Sürekli paketleme makinaları, kahve, kuruyemiş, bakliyat gibi ürünlerin paketlenmesi amacıyla tasarlanan makinalardır. Sürekli paketleme makinası ile, polimer ambalajın alt, üst ve sırt kısımları aynı anda birleştirilerek seri bir şekilde paketleme işlemi gerçekleştirir. Birleştirme işlemini sıcak levhaların sürekli olarak polimer ambalaj ile aynı eksende hareket ederek polimer ambalaja baskı uygulaması ile olur. Seri paketleme üretim hızını arttırır ve maliyetin azalmasına sebep olur. Bu nedenle sürekli paketleme makinalarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Sürekli paketleme makinaları, kapasitesi yüksek firmalar tarafından tercih edilen paketleme makinalarıdır. Şekil 2.10'da sürekli paketleme makinasının bir modeli gösterilmektedir [17].



Şekil 2.9: Vakum paketleme makinası.



Şekil 2.10: Sürekli paketleme makinası.

2.2. Türkiye'de Paketleme ve Ambalajlama Sektörü

Türkiye'de paketleme ve ambalajlama sanayi hızla gelişmekte olan bir sektördür. Kentleşme, yaşam koşullarının iyileşmesi, tüketim alışkanlıklarının değişmesi, online sipariş sektörünün gelişmesi gibi nedenler paketli ürünlerin kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır [18]. İnsanlar artık tükettikleri besinlerin içeriği kadar, paketleme ve ambalaj özelliklerine de dikkat eder hale gelmişlerdir. Paketleme ve ambalajın önem kazanması sonucunda paketleme ve ambalaj sektörü de gelişmiştir. Çeşitli ürünlerin paketlenmesi amacıyla çeşitli paketleme makinaları talebi hem yurt için hem de yurt dışında artmıştır. Rekabet ortamı nedeniyle, paketleme makinaları modernize edilerek piyasaya arz edilmiştir.

Türkiye'de paketleme ve ambalajlama sektörü ile ilgili yaklaşık 3000 kadar firma mevcuttur. Bu firmaların çoğunluğu orta ve küçük ölçekli firmalardır. Paketleme ve ambalajlama sektörü imalatçıları, Marmara bölgesinde özellikle İstanbul, Bursa, Kocaeli başta olmak üzere Konya, Ankara, İzmir gibi şehirlerde yoğun olarak faaliyetlerini sürdürmektedirler [19].

Türkiye paketleme sektöründe kullanılan makinalar, ürün çeşidine göre değişik tasarımlarda üretilmektedirler. Paketleme yapan firmaların talepleri dikkate alınarak paketleme makinaları tasarlanmakta ve imal edilmektedir. O nedenle paketleme makina imalatçıları, genelde seri imalat şeklinde değil, talepler doğrultusu üzerine çalışmaktadırlar. Bu durum, makina imalatçıları için bir dezavantajdır.

Ülkemizde çiftli dolum yapabilen paketleme makinaları daha fazla tercih edilmektedir. Çünkü çiftli dolum özelliğine sahip paketleme makinalarında hem toz hem de tanecikli ürünlerin paketlenmesi mümkün olmaktadır. Çift dolum sisteminde tüketici toz ürün paketlenecek ise toz dolum kısmını aktif edilerek paketleme yapılır. Tanecikli ürün paketlenecek ise tanecik dolum kısmını aktif edilerek paketleme işlemi yapılır. Çiftli dolum sisteminin bu avantajı sayesinde, paketleme makinası imalatçıları da çift dolum sistemine sahip paketleme makinalarını seri olarak üretebilmektedirler.

Tablo 2.2'de makina imalat sektörünün Türkiye'ye sağladığı ekonomik katma değer verileri gösterilmektedir. MAİB (Makina İhracatçılar Birliği) tarafından yapılan araştırmaya göre, makina imalat sektörü 2017 yılında, 172 milyon dolarlık bir ihracat gerçekleşmiştir. Bu ihracatın 14.847 milyon doları, paketleme ve ambalaj makinalarının ihracatından elde edilen gelirdir. Bu da paketleme ve ambalajlama sektörü olarak 2017 yılında, Türkiye'ye %1,16'lık bir katma değer sağladığı anlamına gelmektedir. Makina imalat sektörü 2018 yılında ise 193 milyon dolarlık bir ihracat gerçekleşmiştir. Bu ihracatın 17.141 milyon doları, paketleme ve ambalaj makinalarının ihracatından elde edilen gelirdir. Bu da paketleme ve ambalajlama sektörü olarak 2017 yılında, Türkiye'ye %1,13'lük bir katma değer sağladığı anlamına gelmektedir [20].

Tablo 2.2: Makina imalat sektörünün Türkiye'ye sağladığı ekonomik katma değer verileri [20].

YILLAR	TÜRKİYE MAKİNA İHRACATI (MİLYON DOLAR)	TÜRKİYEDE PAKETLEME VE AMBALAJLAMA MAKİNASI İHRACATI (MİLYON DOLAR)	PAKETLEME VE AMBALAJ MAKİNASI İHRACAT PAYI (%)
2017	172	14.847	1.16
2018	193	17.141	1.13

2.3. Dünyada ve Türkiye'de Paketleme Makinalarındaki Gelişmeler

Paketleme makinaları geçmişte ağırlıklı olarak elektrik tahrikli olarak tasarlanıp imal edilmekteydiler. Elektrik tahrikle çalışan paketleme makinalarında yüksek oranda arıza meydana geldiği için pnomatik tahrikli paketleme makinalarının tasarım ve imalatına geçilmiştir. Paketleme makinalarındaki ilk gelişme bu şekilde olmuştur. Paketleme makinalarının ilk tasarımlarında tek polimer ambalaj dolum sistemi esas alınırdır. Operatör, çalışma esnasında tek ambalajla çalışır, ambalajlama bittiği zaman makinayı durdurur ve biten polimer ambalajı yenisi ile değiştirirdi.

Böyle bir çalışma sistemi, çalışma zamanı, dolum kapasitesi ve maliyet açısından kayıplara yol açmaktaydı. Bu sebepten dolayı makina imalatçıları, kullanıcıların istek ve taleplerine göre makina üzerlerine yedek ambalaj ilave ederek bu problemi ortadan kaldırmış oldu. Bu sayede makinada çift polimer ambalaj kullanılır hale gelmiş oldu. Paketleme makinaları, kullanıcıların talepleri doğrultusunda geliştirilerek gelişen teknolojiye ayak uydurularak tasarlanmaktadırlar. Paketleme makinalarında yağlamalı rulmanlar yerine kendinden yağlamalı ve bakım gerektirmeyen, zor çalışma koşullarında çalışabilen ve aşınmaya karşı dayanıklı rulmanlar kullanılmaya başlanmıştır [21]. Günümüzde paketleme makinaları seri üretime uygun, otomasyon ve robotik uygulamaların ağır bastığı teknolojik ürünler olarak tasarlanıp üretilmektedirler.

BÖLÜM 3. SÜREKLİ PAKETLEME MAKİNASI TASARIMI ve İMALATI

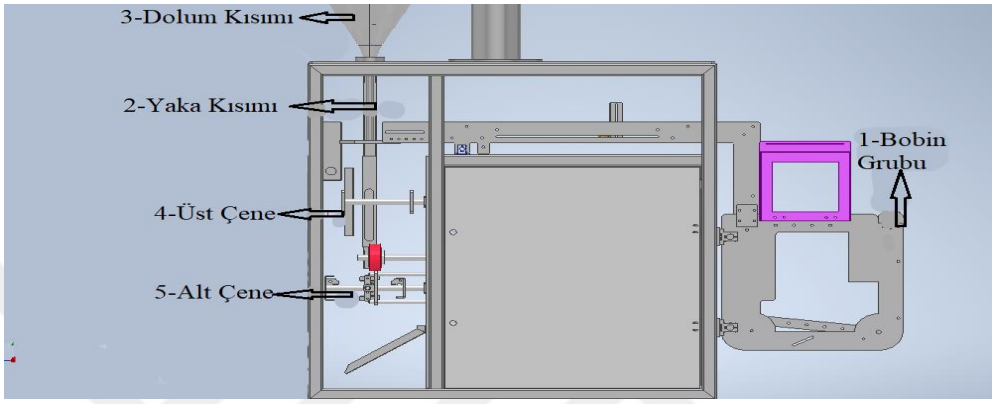
Bu bölümde, kademeli mekanizma sistemiyle çalışan kademeli paketleme makinasının çalışma sistemi ve her bir makina grubunun görevi açıklanmıştır. Daha sonra kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli paketleme makinasının iyileştirilmesi sonucu yeni tasarlanan ve seri paketlemeye imkân tanıyan sürekli paketleme makinasının tasarımı ve her bir grubun görevleri izah edilmiştir. Tasarlanan sürekli paketleme makinasının imalat aşamaları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Kademeli Paketleme Makinasının Çalışma Prensibi

Kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli paketleme makinası, pnömatik tahrikli çalışan bir paketleme makinasi modelidir. Katı tanecikli veya toz ürünlerin paketlenmesi amacıyla geliştirilen dikey konumlu bir paketleme makinasıdır. Bu makinanın paketlenecek ürünü tartmak için geliştirilen bir terazi grubu mevcuttur. Bu kısımdaki terazi, istenilen gramaj ayarına ayarlanır ve paket içerisine istenilen miktarda ürün doldurur. Dakikada 12-18 arasında paketlemenin yapılabildiği ve kademeli sistem üzerine çalışan bir mekanizmaya sahiptir. Yani her bir paket dolumundan sonra polimer ambalaj filminin alt, üst ve yan kenarlarının birleştirilmesi için "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" düzeneğindeki sıcak elemanlar (çeneler) arasında belirli bir baskı kuvveti altında belirli bir süre bekletilir. Sıcak elemanların bekleme süresi, polimer ambalaj filmin türüne ve özelliğine bağlı olarak değişiklik gösterir. Birleştirme işlemi sonrası, kademeli sistemle ambalajlama tamamlanır. Kademeli ambalaj dolumu ve birleştirilmesi, üretimde zaman kaybına sebep olur. Bu da kademeli paketleme makinası kapasitesinin düşük olmasına ve enerji kaybına neden olur. Sonuç olarak, maliyet artışı ile karşı karşıya kalınır.

Kademeli mekanizmasının bu sayılan dezavantajlarından dolayı, kademeli paketleme makinasının iyileştirilerek sürekli paketleme makinasına dönüştürülmesi, paketleme sektörü tarafından her zaman talep edilen güncel bir konu olmuştur.

Şekil 3.1'de kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli dikey paketleme makinasının sol yandan görünüşü gösterilmektedir. Bu resim üzerinde, kademeli paketleme makinasının paketlemede önem arz eden grupları veya kısımları tanımlanmıştır.

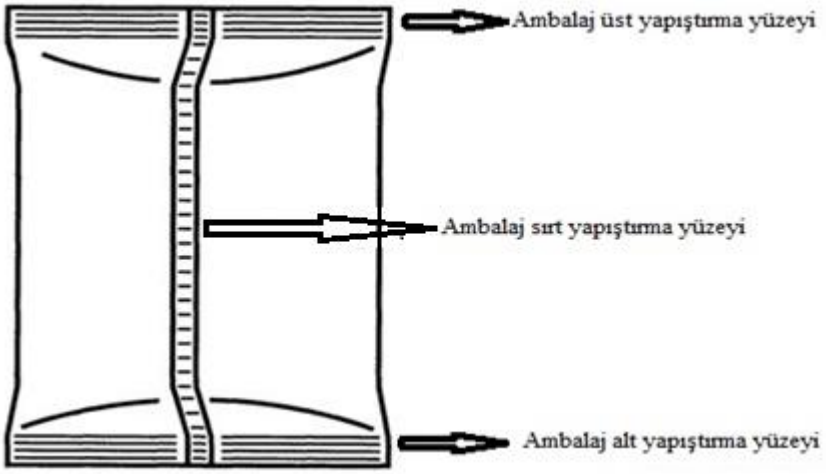


Şekil 3.1: Kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli dikey paketleme makinasının sol yan görünüşü.

Şekil 3.1'de gösterilen kademeli dikey paketleme makinasının bir numaralı ambalaj grubu kısmında, "ambalaj rulo makara sistemi" bulunmaktadır. Bu makara sistemi hareketli makaralardan meydana gelir. Makara sistemine, rulo halde veya ambalaj şeklinde sarılmış polimer ambalaj malzemesi yerleştirilir. Makara siteminin en önemli özelliği, makaralar hareket halindeyken polimer ambalaj malzemesi rulosunun yaka ekseninden kaymamasını sağlamaktır. Bu amaçla rulo veya ambalaj hareketli makaralardan geçirilerek ambalajın ekseninden kayma riski minimuma indirilir. Ambalaj rulosu veya ambalajı eksenden kayması halinde, ambalaj poşetinin ağız kısmı düzgün kapatılamaz ve birleştirme yerlerinde kusurlar meydana gelir. Şekil 3.2'de düzgün bir ambalaj üzerinde gerçekleştirilen alt, üst ve yan birleştirme kenarları gösterilmektedir.

Şekil 3.1'de gösterilen kademeli dikey paketleme makinasının iki numaralı yaka kısmıdır. Ambalajın fiziksel olarak şekillendirildiği ve birleştirme işlemine hazırlandığı bölüm yaka kısmıdır. Yaka kısmına düz halde gelen polimer ambalaj, yakanın şekline göre katlanır ve yaka borusu doğrultusunda aşağı doğru çekilir. Yaka borusunun iç kısmından ürün dış kısmından polimer ambalaj geçmektedir ve yaka borusunun bittiği yerde ürün polimer ambalajın içine düşerek dolumu sağlamış olur.

Şekil 3.1'de gösterilen kademeli dikey paketleme makinasının üç numaralı kısmı, dolumun yapıldığı kazandır. Kazan içerisine paketlenecek ürün dökülür. Eğer ürünün karışması gerekiyorsa, kazan içerisine monte edilen bir karıştırıcı yardımıyla ürün karıştırması yapılır ve ürün paketlemeye hazır hale getirilir. Kazanın içerisine monte edilmiş boru, helezon veya konveyör bant yardımıyla, ürün teraziye aktarılır. Tartılan ürün miktarı kadar ürün, polimer ambalaj içerisine dökülür.

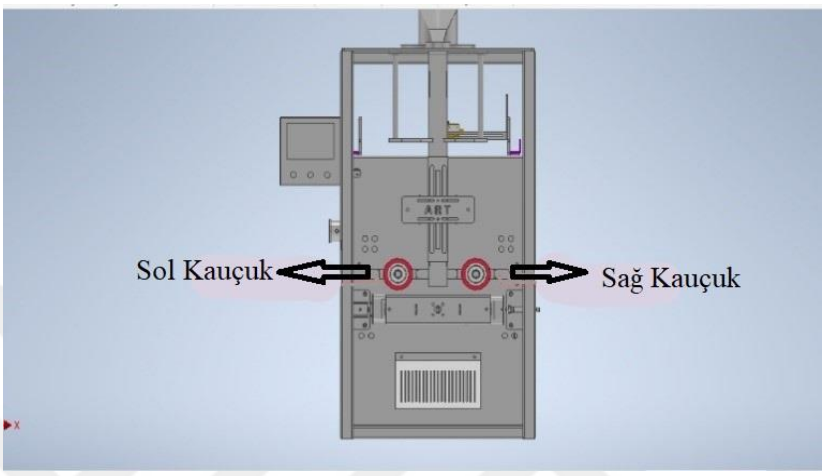


Şekil 3.2: Ambalajın üst, alt ve yan birleştirme kenarları [22].

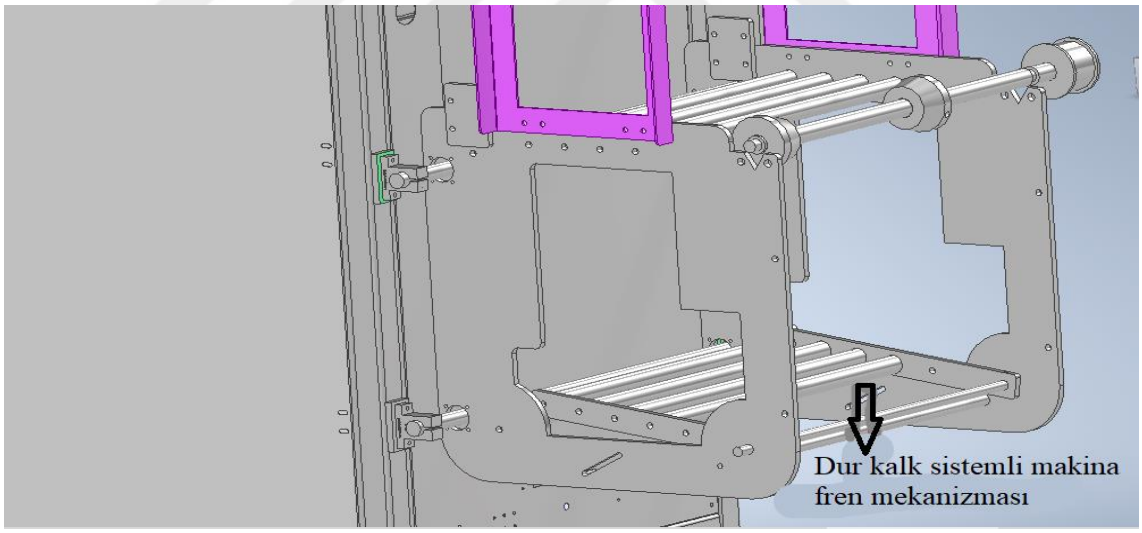
Şekil 3.1'de gösterilen kademeli dikey paketleme makinasının dört ve beş numaralı kısımları, sırasıyla üst ve alt sıcak elemanlar göstermektedir. Bu sıcak elemanlar, kolay işlenebilir olduklarından dolayı alüminyum malzemeden yapılmışlardır. Alt ve üst sıcak elemanlar polimer ambalaj ağızlarının birleştirilmesi işlemini gerçekleştirirler. Polimer ambalajın içine ürün doldurulduktan sonra, polimer ambalajın türüne göre belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılmış üst ve alt sıcak elemanlar, pistonlar yardımıyla polimer ambalaja baskı yapar ve birleştirme işlemi gerçekleşinceye kadar belirli bir süre ısıtılmış sıcak elemanlar bekletilir. Birleştirme işlemi gerçekleşince pistonlar vasıtasıyla uygulanan baskı sonlandırılır ve sıcak elemanlar geri çekilir. Bu işlem, her bir polimer ambalaj için sürekli tekrarlanır. Şekil 3.2'de gösterilen ambalajın üst, alt ve yan birleştirme kenarları, ısıtılmış sıcak elemanlar (çene) yardımıyla birleştirilirler.

Şekil 3.3'de dur-kalk mekanizmasıyla çalışan kademeli dikey paketleme makinasının ön görünüşü gösterilmektedir. Şekil 3.3'de, ambalaj malzemesine baskı uygulayan sol ve sağ olmak üzere iki adet kauçuk silindir görülmektedir.

Bu kauçuk silindirler, servo motorlardan aldığı enerji sayesinde dönerek polimer ambalajı aşağı yönde çekme işlemini gerçekleştirirler. Kauçuk silindirler, alüminyum malzeme üzerine özel olarak kaplatılarak imal edilmişlerdir. Kauçuk silindirler ayrıca alt ve üst sıcak eleman birleştirme işlemini gerçekleştirirken ambalajın geriye doğru kaçmasını da engeller.



Şekil 3.3: Kademeli mekanizmasıyla çalışan kademeli dikey paketleme makinasının ön görünüşü.



Şekil 3.4: Kademeli sistemli paketleme makinasında ambalaj fren mekanizması.

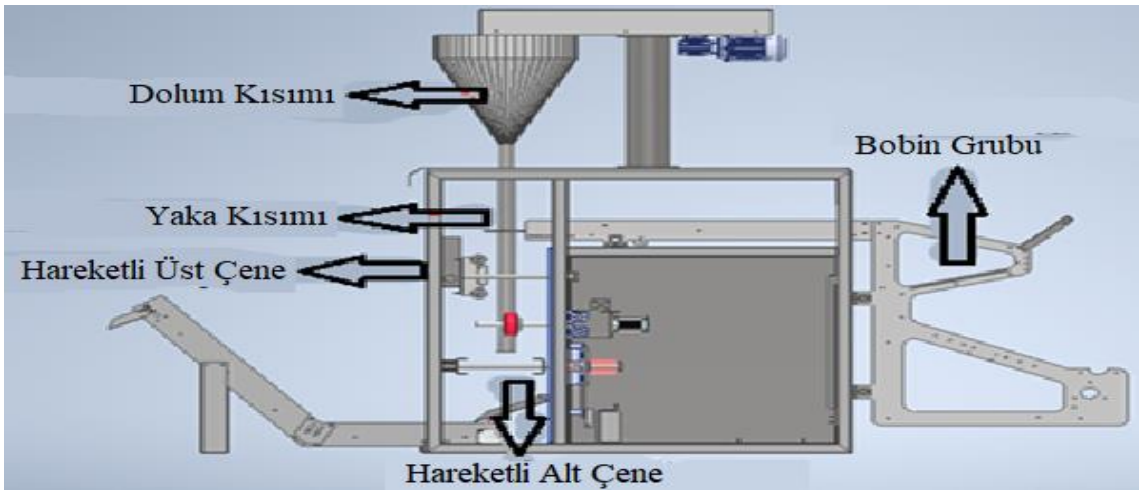
3.2. Sürekli Paketleme Makinasının Çalışma Prensibi

Kademeli paketleme makinalarının hızını arttırmak, ambalaj kapasitesini çoğaltmak ve üretim maliyetini düşürmek amacıyla birtakım yenilikler yapılarak seri paketlemeye uygun sürekli paketleme makinası imalatı tasarlanmıştır.

Tasarlanan ve imalatı yapılan sürekli paketleme makinasının çalışma mekanizması hakkında bilgi, bu bölümde verilmiştir. Sürekli paketleme sistemli makina, kademeli sistemli makina gibi pnömatik tahrikli çalışan paketleme makinası modelidir. Katı tanecikli veya toz ürünlerin yüksek kapasiteli paketlenmesi amacıyla kullanılmak için tasarlanmış ve üretilmiştir.

Sürekli paketleme makinası, dakikada 70-100 adet polimer ambalaj üretilebilecek kapasitede tasarlanmıştır. Sürekli paketleme sisteminin, kademeli paketleme makinasına göre yüksek kapasiteli olmasının sebebi, sürekli paketleme makinasının ısıtılmış alt ve üst sıcak çenelerin, ambalajla birlikte aynı eksende hareket ederken birleştirme işleminin gerçekleştirmesidir. Sürekli paketleme makinasında, kademeli paketleme makinasından farklı olarak polimer ambalajı birleştirme işlemi yapan ısıtılmış sıcak elemanlarda (çenelerde) hareket kazandırılarak birleştirilmenin hızlandırılması sağlanmıştır. Yani her bir paket dolumunda makinadaki ısıtılmış sıcak elemanlar, polimer ambalajın birleşmesi için hem ambalaja baskı uygular hem de ambalajı aşağı yönde çekerler. Bu durum kademeli sistemli makinada meydana gelen birleştirmedeki zaman kaybını önlemiş olur ve kapasiteyi kolaylıkla artırır. Şekil 3.5'de tasarlanan sürekli paketleme makinasının sol yan görünüşü gösterilmektedir.

Şekil 3.5'de gösterilen sürekli paketleme makinasının ambalaj grubu kademeli sistemli makinadaki halinden, makinanın görünümüne estetiklik kazandırmak amacı ile geliştirilerek yeniden tasarlanmıştır.



Şekil 3.5: Tasarlanan sürekli paketleme makinasının sol yan görünüşü.

Ayrıca ambalaj grubunda polimer ambalajı aktaran makara elamanlarının arttırılması sayesinde ambalajın hareket ekseninden kaymasının önüne geçilmiştir. Böylece ambalaj kayması sonucu oluşan birleştirme hatalarının da önüne geçilmiş olundu.

Kademeli paketleme makinalarında olduğu gibi, sürekli paketleme makinasının kazan kısmı ürün türüne göre karıştırıcılı veya karıştırıcı olmaksızın imal edilebilmektedir. Sürekli paketleme makinasında kademeli paketleme makinasında olduğu gibi toz ürünler kazanın içerisinde bulunan boru ve helezon yardımıyla polimer ambalaj içerisine istenilen ağırlıkta aktarılır. Tanecikli ürün paketlenmesi istenilen durumlarda ise, kazan içerisinde bulunan tanecikli ürün titreşim veya konveyör bant aracılığıyla tartılarak polimer ambalaj içerisine aktarılır. Yeni tasarlanan sürekli paketleme makinasında paketleme hızı yüksek olduğu için makinanın dolum kısmının paketleme hızına yetişebilmesi için toz ürünü polimer ambalaja aktaran helezon büyültülerek daha kısa sürede daha çok ürünün paket içerisine aktarılması sağlanmıştır.

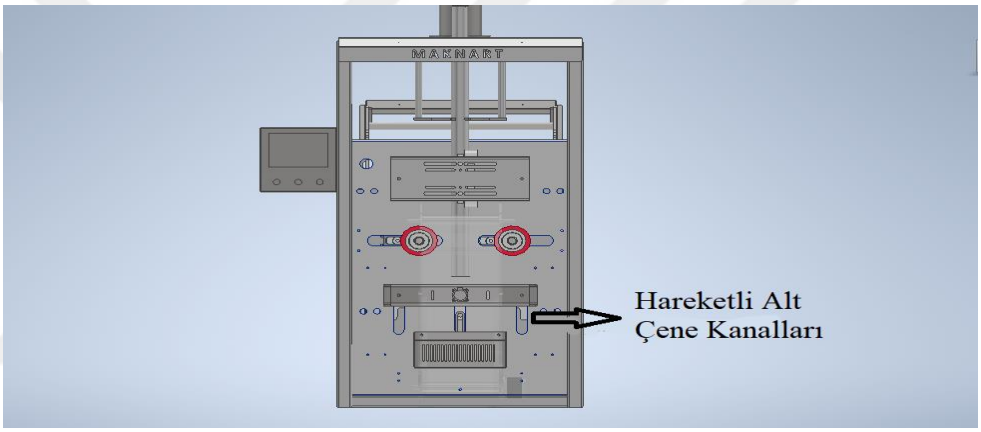
Şekil 3.5'de gösterilen tasarlanan sürekli paketleme makinasının yaka kısmı, polimer ambalajın fiziksel olarak şekillendirildiği yerdir. Kademeli paketleme makinalarında olduğu gibi, sürekli paketleme makinasının yaka kısmına da düz halde gelen polimer ambalaj, yakanın şekline göre ürünü içene alacak şekilde katlanır.

Yakanın içerisinden geçen borunun iç kısmından ürün ve dış kısmından da polimer ambalaj geçer ve borunun boyunun bittiği yerde ürünün polimer ambalajın içine düşmesi sağlanır. Yaka kısmında herhangi bir tasarım değişikliği yapılmamıştır.

Sürekli paketleme makinasında, kademeli paketleme makinasından farklı bir hareketli ısıtılmış birleştirme sıcak eleman mekanizması tasarlanmıştır. Kademeli sistemli paketleme makinalarında ısıtılmış sıcak elemanlar birleştirme işlemini gerçekleştirirken polimer ambalaj durur ve ısıtılmış sıcak eleman polimer ambalaja sadece yatay eksende baskı uygulayarak birleştirme işlemini gerçekleştirir. Sürekli paketleme makinasında ise ısıtılmış sıcak eleman birleştirme işlemini gerçekleştirirken kademeli paketleme makinasından farklı olarak yatay eksendeki hareketinin yanında farklı olarak dikey eksende de hareket eder.

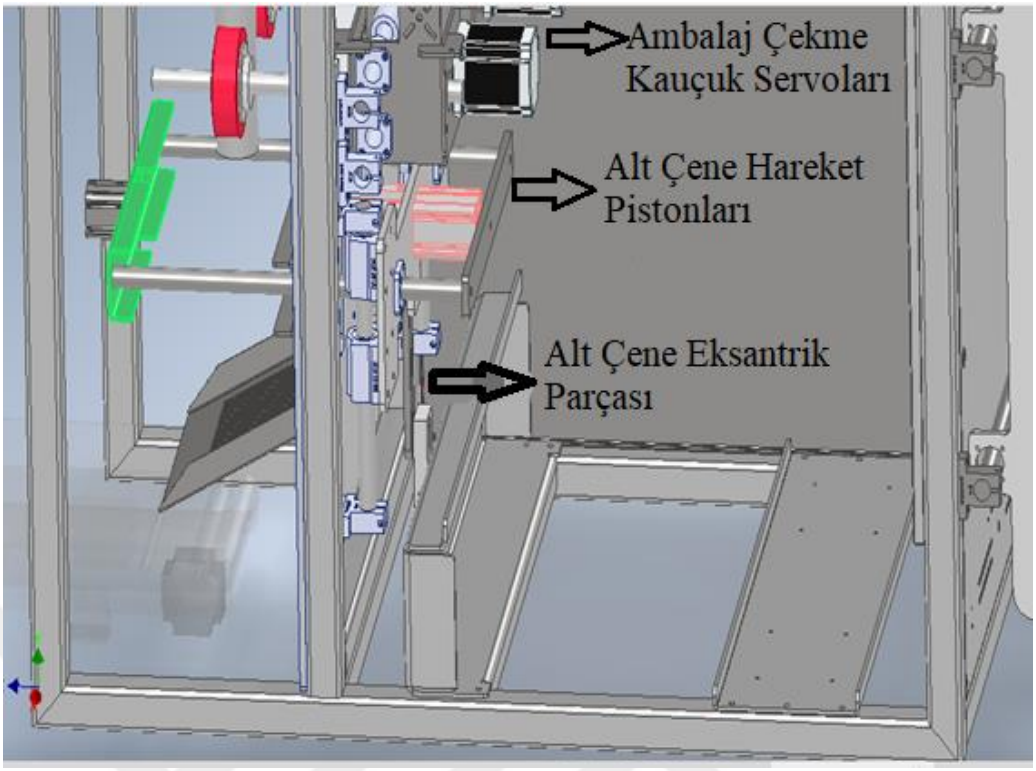
Yani birleştirme işlemi polimer ambalaj aşağıya doğru hareket ederken ısıtılmış sıcak eleman polimer ambalaja yatay eksende baskı uygular ve bu baskı ile birlikte aynı zamanda dikey eksende de ambalajla beraber hareket ederek birleştirme işlemini gerçekleştirir ve tekrardan hızlıca başlangıç konumuna gelir.

Yeni tasarlanan hareketli alt ısıtılmış sıcak elemanın hareketi için taban sacına bir yarık (slot) açılmıştır. Isıtılmış alt sıcak elemanın slot içerisinde dikey eksende hareket etmesi sağlanmıştır. Hareketli alt sıcak eleman sayesinde polimer ambalaj durdurulmadan birleştirilmesi sağlanmıştır. Polimer ambalajı çekme işleminde, kauçuklarla birlikte ısıtılmış alt sıcak elemanda görev almaktadır. Şekil 3.6'da tasarlanan sürekli paketleme makinasının hareketli alt sıcak eleman hareket kanalları gösterilmektedir.



Şekil 3.6: Tasarlanan sürekli paketleme makinasının hareketli alt sıcak eleman hareket kanalları.

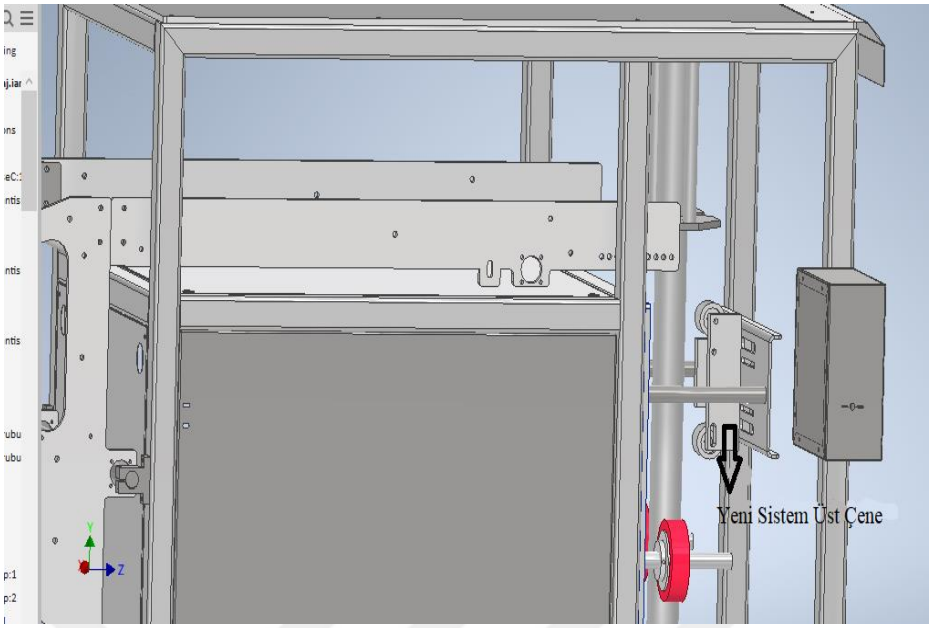
Şekil 3.7'de tasarlanan sürekli paketleme makinasında alt sıcak eleman eksantirik, alt sıcak eleman hareket pistonları ve polimer ambalaj çekme kauçuk servoları gösterilmektedir. Kademeli sistemden farklı olarak sürekli paketleme makinasında ısıtılmış alt sıcak elemana dikey eksende hareket kazandırılmıştır. Tasarlanan alt sıcak eleman mekanizmasında, ısıtılmış alt sıcak eleman eksantrik ile eksantiriğin motordan aldığı güçle aşağı ve yukarı yönde hareket ettirilir. Yani ısıtılmış alt sıcak eleman dikeydeki hareketini eksantirik parçasından yataydaki hareketini ise pistonlardan almaktadır. Bu hareket sayesinde, alt sıcak eleman ön panelde açılan kanalda aşağı ve yukarı gidip gelir. Ambalaj çekme kauçuk servoları ise kauçukların ambalaja baskı uyguladığı anda dönerek ambalajı aşağı çekme işlemini sağlamaktadır. Sağ ve sol kauçuk için iki adet servo vardır. İkisi de paralel olarak çalışmaktadır.



Şekil 3.7: Tasarlanan sürekli paketleme makinasında alt sıcak eleman eksantirik, alt sıcak eleman hareket pistonları ve ambalaj çekme kauçuk servoları.

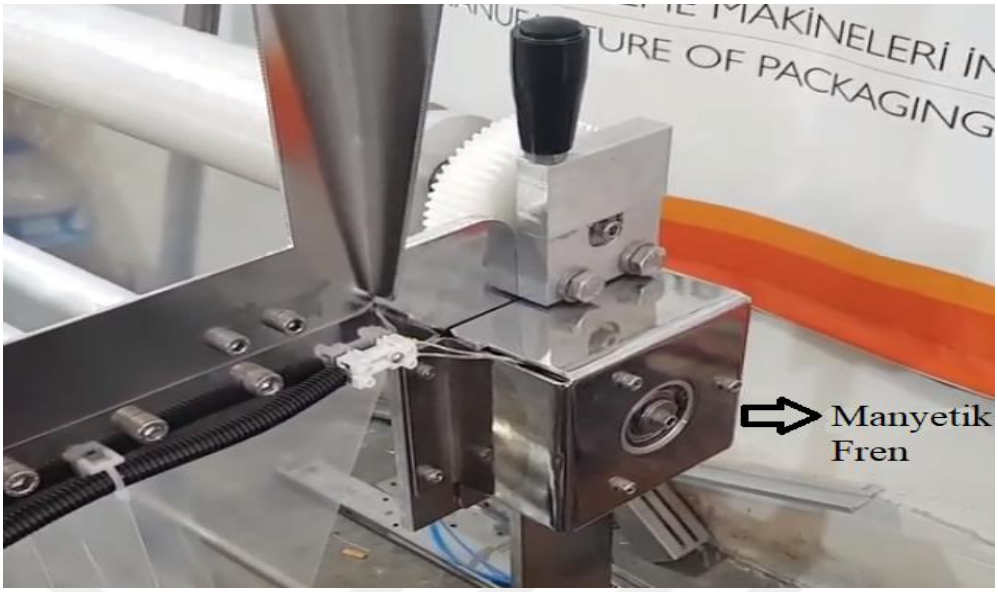
Kademeli sistemli makinalarda ise ısıtılmış üst sıcak eleman birleştirme işlemi sırasında ambalajın hareketinin alt sıcak elemanda olduğu gibi durması gereklidir. Ambalajın hareketi durur ve ısıtılmış üst sıcak eleman pistonlardan aldığı kuvvet ile yatay eksende hareket ederek polimer ambalaja baskı uygular ve polimer ambalajın birleşme işlemini gerçekleştirir. Daha sonra ısıtılmış üst sıcak eleman polimer ambalaja yaptığı baskıyı sonlandırır ve polimer ambalaj dikey eksende hareket eder.

Şekil 3.8'de tasarlanan sürekli paketleme makinasının hareketli üst sıcak eleman kısmı gösterilmektedir. Yeni tasarlanan sistemde ısıtılmış üst sıcak elemanda dikdörtgen alüminyum lamanın üzerinde makaralar yerleştirilmiştir. Bu makaralar, içerilerine yerleştirilen rezistans sayesinde ısıtılacak şekilde tasarlanmıştır. Makaralar ile hareket kazanan üst sıcak elemanın pistonlar vasıtasıyla ambalaja baskı yapması sağlanır. Polimer ambalaj hareket halinde iken ısıtılan sıcak eleman polimer ambalajın hareketi doğrultusunda hareket ederek birleştirme işlemi gerçekleştirilir. Böylece yeni tasarlanan hareketli üst sıcak eleman sayesinde, polimer ambalajın sürekli aşağı çekilmesine üst sıcak elemanın uyumu sağlanmıştır.



Şekil 3.8: Sürekli paketleme makinası hareketli üst sıcak eleman yeni hali.

Şekil 3.9'da tasarlanan sürekli paketleme makinasının ambalaj fren sistemi gösterilmektedir. Kademeli sistemli paketleme makinasından farklı olarak, sürekli paketleme sisteminde ambalajın kaymaması için gerekli olan frenleme tertibatı da yeniden tasarlandı. Kademeli sistemde fren tertibatı olarak ambalaja baskı yapması ve açıldığı zaman bolluk olmaması için ambalaja ağırlık takılırdı. Sürekli paketleme sisteminde ise ambalaj frenlemede manyetik fren tertibatı tasarlandı. Böylece ambalajın çapına göre kumanda ekranında fren ayarı yapılarak ambalajın bollaşması önlendi ve ambalaj gergin halde tutuldu. Bu sayede ambalaj frenleme işlemi otomatik hale dönüştürüldü. Bu sayede operatörün iş yükü de hafifletilmiş oldu.



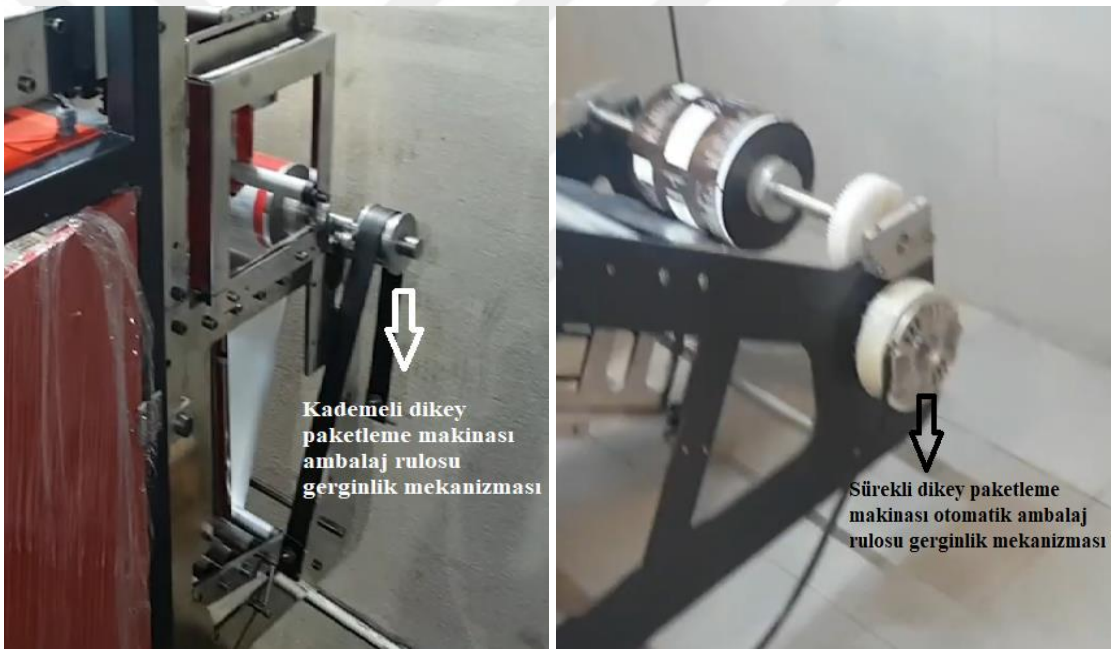
Şekil 3.9: Tasarlanan sürekli paketleme makinası manyetik ambalaj fren tertibatı.

Sonuç olarak kademeli sistemli paketleme makinasının alt ve üst sıcak elemanları yeniden tasarlanarak sürekli paketleme makinasında polimer ambalajın hareketinin durdurulmadan birleştirilmesi sağlandı ve bu sayede paketleme kapasitesinin attırılmasına doğrudan etki edildi. Kademeli sistemli makinada ambalaj frenleme mekanizmasına operatörün sürekli müdahale ederek polimer ambalaja frenleme yapması nedeniyle, fren kısmında düzenleme yapılarak sürekli paketleme makinasında manyetik fren mekanizması eklenerek otomatik frenleme yapıldı. Böylelikle operatör frenleme işlemini ekran üzerinden kontrol edebilir hale geldi. Bu sayede operatörün iş yoğunluğu hafifletilmiştir. Kademeli sistemli paketleme makinasından farklı olarak görünüm konusunda tasarımsal değişiklikler yapılarak sürekli paketleme makinasına estetik bir görünüm kazandırıldı. Yapılan bu değişikliklerle biraz düşük maliyetle daha yüksek verim alabilecek bir paketleme makinası imal edilmiştir.

3.2.1 Kademeli dikey paketleme makinası ve sürekli dikey paketleme makinasın tasarım değişiklikleri

Düşük kapasite ile çalışan kademeli dikey paketleme makinasının alt çene, üst çene ve ambalaj rulosu gerdirme kısımlarında değişiklik yapılmıştır. Yapılan bu değişiklikler ile paketleme makinasının kapasitesi arttırılmış ve sürekli paketleme makinası olarak adlandırdığımız paketleme makinası imal edilmiştir.

Şekil 3.10’da kademeli dikey paketleme makinasında kullanılan ambalaj rulosu mekanizması gösterilmiştir. Bu mekanizmada ambalaj rulosunun bağlı bulunduğu mile takılan bir yay aracılığı ile ambalaj rulosunun gerginliği ayarlanmaktadır. Makina operatörü ambalaj rulosunun çapına göre yayın gerginliğini ayarlamak zorundadır. Aksi taktirde ambalajın birleşme yüzeylerinde bozukluklar meydana gelmektedir. Operatörün yay ayarı yapması makine kullanımı açısından zorluk teşkil etmekte idi. Şekil 10’da ise yeni tasarlanan sürekli dikey paketleme makinasındaki ambalaj rulosu gerginlik ayar mekanizması görülmektedir. Sürekli paketleme makinasındaki bu mekanizma operatöre ihtiyaç duymadan ambalaj rulosunun üzerindeki milde oluşan gerilme kuvvetine göre otomatik olarak gerginiği ayarlamaktadır. Bu işlem operatörün iş yükünü hafifletmekte ve ambalaj yüzeylerindeki hata oranını düşürmektedir.



Şekil 3.10: Kademeli ve sürekli dikey paketleme makinaları ambalaj rulosu fren mekanizmaları.

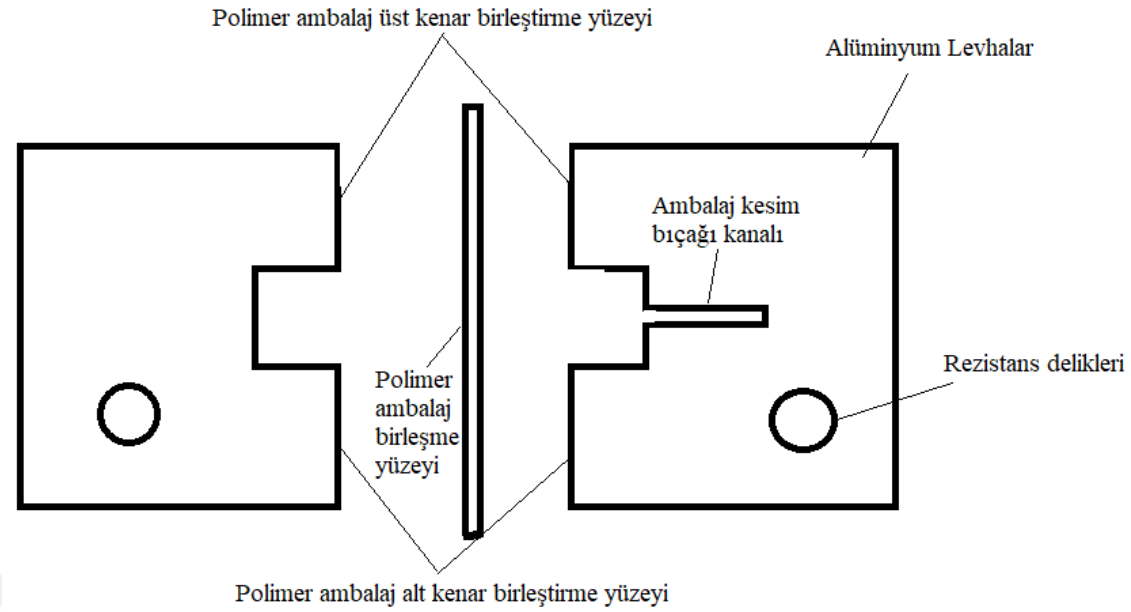
Üst çene olarak adlandırılan bölüm polimer ambalajın yan yüzeylerinin birleştirilmesinde kullanılan sıcak elemanlardır. Şekil 3.11’de kademeli dikey paketleme makinası üst çenesi gösterilmiştir. Üst çene alüminyum lama içerisine yerleştirilen rezistans yardımı ile istenilen sıcaklıkta ayarlanır. Kademeli dikey paketleme makinasında üst çenesi polimer ambalaj hareketsiz halde iken polimer ambalaja baskı uygulayarak birleşme işlemini gerçekleştirir.

Üst çene birleştirme işlemini gerçekleştirdikten sonra baskıyı sonlandırır ve ambalaj hareketine devam eder. Bu işlemler tekrarlanarak ambalajlama devam eder. Şekil 11'de ise sürekli paketleme makinasında kullanılan hareketli üst çene mekanizması gösterilmiştir. Bu hareketli üst çene alüminyum lamanın alt ve üst yüzeylerine yerleştirilen iki adet makaradan oluşmaktadır. Alüminyum lama içerisinde bulunan rezistans yardımı ile ısıtılır. Isıtılan hareketli üst çene polimer ambalaj üzerine polimer ambalaj hareket halinde iken baskı yaptırılır. Hareketli üst çeneye yerleştirilen makara sayesinde polimer ambalaj çenenin altından birleştirilerek hareketine devam eder. Bu sayede ambalajın hareketine üst çene uyum sağlamış olup makinanın paketleme kapasitesini arttırmıştır.



Şekil 3.11: Kademeli ve sürekli paketleme makinası üst çene mekanizması.

Alt çene olarak adlandırılan bölüm polimer ambalajın yan yüzeylerinin birleştirilmesinde kullanılan karşılıklı sıcak elemanlardır. Şekil 3.12'de dikey paketleme makinası alt çenesi gösterilmiştir. Alt çene karşılıklı olarak birbirine bakan iki adet alüminyum lamadan oluşmaktadır. Alüminyum lamalar içerlerindeki rezistans yardımıyla istenilen sıcaklıkta ısıtılır. Karşılıklı sıcak elemanların sıcaklıklarının ayarlanması sonucu polimer ambalajı ara yüzeylerinde sıkıştırarak belirli bir baskı kuvveti ve bekleme süresi parametreleri etkisinde birleştirme işlemini gerçekleştirirler.



Şekil 3.12: Karşılıklı sıcak eleman birleştirme yüzeyleri.

Şekil 13'te kademeli dikey paketleme makinasının alt çenesi görülmektedir. Kademeli dikey paketleme makinasında alt çene birleştirme işlemi sırasında ambalajı durdurmaktadır. Polimer ambalaj durduktan sonra polimer ambalaja baskı uygular ve birleştirme işlemini gerçekleştirir. Alt çene baskıyı sonlandırdıktan sonra polimer ambalaj malzemesi hareketine devam eder. Bu işlem üst çenede olduğu gibi kapasitenin düşük olmasına neden olmaktadır. Sürekli paketleme makinasında ise karşılıklı sıcak eleman alt çenelere ambalajın hareket yönüne göre hareket kazandırılmıştır. Karşılıklı sıcak elemanlar ambalajla birlikte hareket ederek birleştirme işlemini gerçekleştirir. Böylece ambalaj durdurulmadan birleştirme sağlandığı için paketleme kapasitesi de arttırılmıştır. Sürekli paketleme makinasında karşılıklı sıcak elemanlar hareketini makinanın iç kısımında bulunan motordan almaktadır.



Şekil 3.13: Kademeli ve sürekli dikey paketleme makinası karşılıklı sıcak elemanlar.

3.3. Sürekli Dikey Paketleme Makinası İmalatı

Bu bölümde, tasarlanan sürekli dikey paketleme makinasının imalat aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. İmalat esnasında dikkate alınması gerekeken hususlardan bahsedilmiştir. Kullanılan malzeme grupları hakkında bilgi verilmiştir. Çünkü sürekli dikey paketleme makinası imalatında kullanılan malzemeler, makinanın kullanılacağı sektöre göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, sürekli paketleme makinası gıda sektörü için kullanılacaksa paslanmaz çelik ve alüminyum ağırlıklı malzemeler seçilerek imal edilmelidriler.

Tekstil, elektronik gibi sektörlerde kullanılacaksa düşük karbonlu yapı çelikleri tercih edilir. Bu çalışma kapsamında tasarlanan sürekli paketleme makinası gıdasektörüne hitap edeceği için ağırlıklı olarak paslanmaz çelik ve alüminyum malzeme kullanılmıştır.

Sürekli paketleme makinası Maknart firması bünyesinde üretilen makinadır. Sürekli paketleme makinası tasarım aşamasında gerekli hesaplamalar ve ölçülendirilmeler yaparak çizim işlemine katkı sağladım. Tasarım işlemi tamamlandıktan sonra gerekli iş planlamasını yaparak düzenli ve dikkatli çalışılmasını sağladım. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra sac, mil ve profil siparişleri verilerek malzeme tedariğini sağladım.

Tedariği sağlanan malzemelerin lazer, büküm, kaynak ve montaj işlemlerinde kontrollerini yaparak iş takibini sağladım. Montaj işlemleri tamamlandıktan sonra gerekli denemeler ve incelemeler yapılarak makinanın sevkiyat işlemlerini gerçekleştirdim.

3.3.1. Makina tasarım süreçleri

Paketleme sektöründe üretilen makinalar kullanıcıların isteklerine göre tasarları yapılabilmektedir. Çoğu işletmede sabit bir şekilde standart üretim bulunmamaktadır. Öncelikli olarak gelen sipariş doğrultusunda müşterilerden paketlenecek ürünün bilgisi, firmanın günlük paketleme kapasite değerleri öğrenilir. Bu edinilen bilgiler doğrultusunda müşterinin talebine yönelik uygun paketleme makinası modeli belirlenir.

Paketleme makinasının kurulacağı yerin ölçüleri en, boy ve yükseklik belirlenir. Yapılan ölçümler doğrultusunda makinanın en, boy ve yükseklik değerlerinde kurulum yerine göre düzenlemeler yapılır.

Makina tasarım işleminde kullanılacak rulman, motor, piston gibi bağlantı elemanlarının bağlantı ölçüleri tespit edilerek tasarım işlemi yapılmalıdır. Aksi takdirde montaj işlemi sırasında hata meydana gelebilir. Bu durum zaman ve maliyet kaybına sebep olur. Bu yüzden dikkatli ve kontrollü bir şekilde tasarım işlemi gerçekleştirilmelidir.

Makina parçaları tasarlanırken lazer kesim, CNN torna ve CNN freze, büküm parçalarının teknik resimleri dikkatli bir şekilde oluşturulmalı ve hassas bölümler teknik resim üzerine notlar oluşturularak belirtilmelidir.

Yukarıdaki belirtilen bilgiler doğrultusunda makinanın tasarım düzenlemesi yapılarak müşteriye fiyat teklifi hazırlanır ve gönderilir. Teklifin onaylanması doğrultusunda ilk olarak temin süresi uzun olan malzemelerin siparişleri verilir. Bu malzemeler pistonlar, otomasyon malzemeleri, motor, rulman gibi malzemelerdir.

Daha sonra makinanın mekanik kısım parçaları paslanmaz ve alüminyum sac levhalar, alüminyum mil, borular ve şase profil siparişleri verilir. Siparişi verilen malzemeler tedarik edildikten sonra profiller kesilerek şase kaynatılır.

Sac levhalar kesim ve büküm işlemleri için önce lazere sonrada abkant büküme gönderilerek işlemleri tamamlanır. Eğer CNC torna ve CNC frezelik malzemeler varsa gerekli işlemeleri yapılır ve tüm mekaniğin montajı gerçekleştirilir. Mekanik montaj bittikten sonra elektrik tesisatı çekilir ve yazılım işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra makina denenerek teslimata uygun hale getirilir.

3.3.2. Dikey paketleme makinasının çalışma prensibi

Dikey paketleme makinasının dolum kazanına paketlenecek ürün doldurulur. Ürünün karıştırılması gerekir ise karıştırma işlemi motordan aldığı hareketle kazan içerisindeki ürünü karıştıran karıştırıcı yardımıyla yapılır. Daha sonra dolum kısmındaki ürün istenilen gramajlarda terazilerle tartılarak polimer ambalaj içerisine aktarılır. Bu sırada polimer ambalaj ise makina üzerinde rulo halde takılıdır. Polimer ambalaj rulo halden servo motorlar sayesinde çekilir. Polimer ambalaj açılarak makinanın yaka adı verilen polimer ambalaja şeklini veren kısımdan geçirilerek şeklini alır. Polimer ambalajın şekli müşterilerin taleplerine göre değişmektedir. Örnek quadro, doypack, yastık ambalaj gibi ambalaj türleri vardır ve bu ambalaj türlerine göre makinanın yaka kısmı tasarlanarak polimer ambalaja istenilen şekil verilir. İçerisine ürün doldurulan polimer ambalaj ısıtılmış sıcak elemanların yardımıyla birleştirilir. Sıcak elemanlar alüminyum malzemeden tasarlanır ve rezistans ile ısıtılır, pistondan aldığı kuvvet ile polimer ambalaja baskı kuvveti uygulayarak polimer ambalajı içerisine ürün dolduktan sonra birleştirirler. İçerisine ürün doldurulup birleştirilen polimer ambalaj yine pistondan aldığı kuvvetle kesme işlemini gerçekleştiren bıçak ile istenilen boyutta kesilir ve paketleme işlemi gerçekleştirilir.

3.3.3. Sürekli dikey paketleme makinası imalat süreçleri

Sürekli dikey paketleme makinası imalat süreçleri, beş ana bölüme ayrılmıştır. Bu ana bölümün makina montajı ise on yedi montaj işleminden oluşmaktadır. Her bir ana bölüm ve montaj işlemleri hakkında teker teker bilgi verilmiş ve montaj resimleri gösterilmiştir. Tablo 3.1'de sürekli paketleme makinasının imalat süreçlerinin ana adları verilmiştir.

Tasarlanan ve teknik resim detayları çizilen sürekli dikey paketleme makinasının montajına başlamadan önce ve montaj işlemi esnasında bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. İlk dikkate alınması gereken konu, lazerle kesilen parçaların çapaklarının temizlenmesidir. Çünkü çapaklar, montaj personeli ve kullanıcılar için tehlike arz eder.

Tablo 3.1: Sürekli paketleme makinası imalat süreçleri.

Ana İmalat Süreçleri	
1- Makina saclarının lazerle kesilmesi	
2- Makina gövde profillerinin kesilmesi	
3- Makina sacları büküm işlemi	
4- Makina şasesinin kaynaklı imalatı	
5- Makina montajı	**Ara İmalat Süreçleri**
	5.1. Ön panel ve taban saclarının şase üzerine montajı ve makina ayaklarının takılması
	5.2. Titreşim trafo sacı, alt sıcak eleman motor sacı ve pano taban sacı montajı
	5.3. Dolum kısmı taban sacı, bağlantı borusu ve kapakların montajı
	5.4. Dişli mekanizması, kazan ve motor montajı
	5.5. Ambalaj grubu yan sacları ve makaraların montajı
	5.6. Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı makina montajı
	5.7. Sıcak elemanların dış bağlantı sacları montajı
	5.8. Hareketli sıcak eleman ısıtıcılar ve bıçak montajı
	5.9. Sırt birleştirme ve Kauçuk servoların montajı
	5.10. Yaka ve ürün geçiş borusunun montajı
	5.11. Kauçuklar ve sırt birleştirme sıcak elemanı montajı
	5.12. Eksantrik ve titreşim trafosu montajı
	5.13. Fotosel parçası montajı
	5.14. Dolum terazi kısmı montajı
	5.15. Valf grubu montajı
	5.16. Şartlandırıcı montajı
	5.17. Pano montajı

İkinci dikkat edilmesi gereken konu ise lazerle kesilen bağlantı parçalarının teknik resim çizimlerinde gösterilen yerlerine M5, M6, M8 ve M10 ebatlarında klavuz açılmasıdır. Cıvatanın düzgün bir şekilde vidalanabilmesine imkân verebilmek için klavuzun deliğe tam dik gelecek şekilde açılmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde cıvata dişlerinin sıyrılmasına sebep olunur [23].

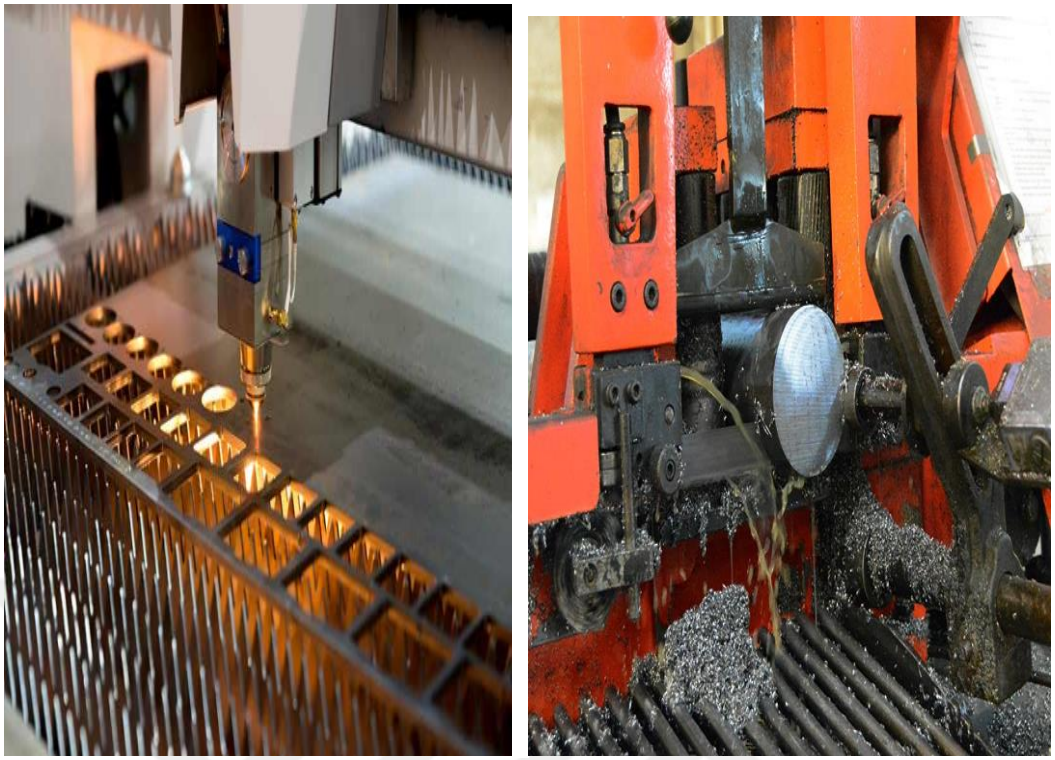
Üçüncü dikkat edilmesi gereken konu ise makina imalatı sırasında montaj işlemleri birbirini takip eder ve eklemeli bir şekilde iler bundan dolayı montaj işlemi ilk baştan itibaren sonuna kadar dikkatlice ve özenlice yapılmasıdır. Çünkü montajın başlarında yapılan bir hata montajın sonlarına doğru telafi edilemeyecek bir boyuta gelebilir. Ayrıca montaj işlemi yapılırken, hareketli kısımlar yağlanarak hareketliliği kolaylaştırmak gereklidir. Bu yağlama işlemi, belirli periyotlarla devam ettirilmelidir [24].

3.3.3.1. Makina saclarının lazerle kesilmesi

Makina imalat işleminde önce lazerle kesilecek sacların kesim işlemi yapılır. Kesilecek malzemelerin çizimlerinin DXF dosyaları, lazer kesme makinasına yüklenir ve kesim işi gerçekleştirilir. Lazerle kesimde, sacların istenilen geometride ve deforme olmadan kesim işlemi yapılabilmektedir. Çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum malzemelerini lazerle kesmek mümkündür. Şekil 3.14'de lazer makinasıyla sacların kesim işlemi görülmektedir [25].

3.3.3.2. Makina gövde profillerinin kesilmesi

Makina şasesine ve bağlantı parçalarına monte edilecek profiller ve miller, şerit testere yardımıyla kesilir. Profiller kesildikten sonra oluşan kesim çapakları temizlenir. Temizlenen profiller, gazaltı kaynak yöntemiyle birleştirilerek, makinanın şase kısmı oluşturulur. Kaynak bölgelerinin gerekli temizlik ve taşlama işleminden sonra boyama işlemi yapılır. Şekil 3.14'da şerit testerede profil ve millerin kesimi gösterilmektedir.



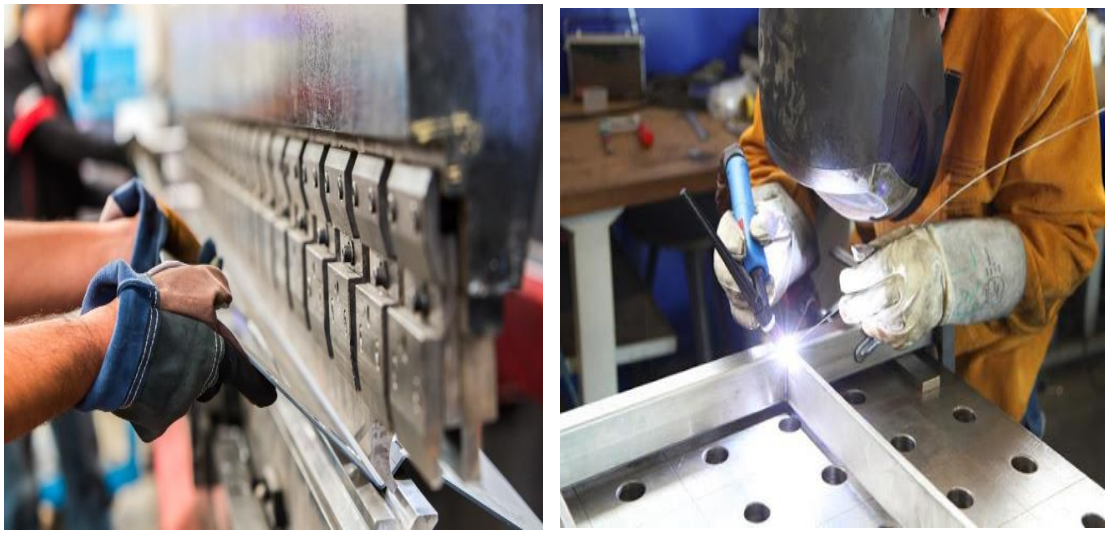
Şekil 3.14: Lazer kesimi ve şerit testereyle kesim işlemi.

3.3.3.3. Makina sacları büküm işlemi

Lazerle kesilen sacların bir kısmına çeşitli açılarda büküm yapılması gerekmektedir. Abkant tezgâhı yardımıyla teknik resimde öngörülen büküm işlemleri gerçekleştirilir. Bükülen saclar boyanarak montaja hazır hale getirilir. Şekil 3.15'de abkant tezgâhında sacların büküm işlemi gösterilmektedir [26].

3.3.3.4. Makina şasesinin kaynaklı imalatı

Şerit testereyle kesilen profiller TIG gazaltı kaynak tekniğiyle birleştirilir ve makina şasesi oluşturulur. Kaynak yapılmadan önce, kesim çapakları taşlanmış ve kir, yağ gibi kaynak işlemini olumsuz etkileyecek maddelerden profiller iyice temizlenmiştir. Kaynak sonrasında da kaynak dikiş bölgesi taşlanarak temizlenir. Şekil 3.15'de makina şesesinin kaynak işlemi gösterilmektedir [27].



Şekil 3.15: Abkant tezgahında büküm işlemi ve makina şase kaynak işlemi.

3.3.3.5. Makina montajı

Makina montajı on yedi işlem basamağı sonucunda gerçekleştirilmiştir. Bu işlem basamaklarını teker teker anlatarak, montajın nasıl yapıldığı ile ilgili bilgiler açıklanmıştır. Montaja başlamadan önce lazerle kesilen ve bükülmeyen parçalar boyanarak hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.16'da boyanarak hazır hale getirilen lazer kesimi sac parçaları gözükmektedir.



Şekil 3.16: Montaja hazır parçalar.

3.3.3.5.1. Ön panel ve taban saclarının şase üzerine montajı ve makina ayaklarının takılması

Montaj işleminde ilk olarak ön panel sacı ve taban sacları, şase üzerine kaynaklanarak montaj işlemi yapılır. Şase, makina yüklerini taşıyan ana eleman olduğu için birleştirme hatalarının olmamasına dikkat edilir. Taban sacları ise makina üzerindeki montaj parçalarını taşıyan elemanlar olduğu için 10 mm kalınlığındaki St37 çelikten lazerle kesilerek montajı yapılır. Şasenin alt kısımlarına dört adet M16 somun kaynatılarak sabit plastik ayaklar takılır. Plastik ayaklar, makinanın yükseklik ayarının yapılmasında ve makinanın terazisinin sağlanmasında katkı sağlayan elemanlardır. Ayrıca makinanın çalışma esnasında oluşan titreşimi keserek, zemin ile makina arasında yalıtım malzemesi görevi yapmaktadır.

3.3.3.5.2. Titreşim trafo sacı, alt sıcak eleman motor sacı ve pano taban sacı montajı

Sürekli dikey paketleme makinasının şasesi üzerine üç adet sac levha montajı gerçekleştirilir. Birinci sac levha, titreşim trafosunun bağlanacağı sac levhadır. Montajı yapılan sac levha üzerine titreşim trafosu bağlanmıştır.

İkinci sac levha, sürekli paketleme makinasının elektrik panosunun bağlandığı sac levhasıdır. Bu levha üzerine de elektrik panosu bağlanmıştır.

Üçüncü sac levha ise alt sıcak elemanın aşağı-yukarı hareketini sağlayan motorun bağlandığı sac levhadır. Bu sac levha üzerine de alt sıcak elemanın hareket mekanizmasını kontrol eden motor bağlantısı yapılmıştır. Şekil 3.17'de şase üzerine montajı yapılan titreşim trafosu bağlantı sacı, alt sıcak elemanın aşağı ve yukarı hareketini sağlayan motor bağlantı sacı ve pano taban sacı gösterilmektedir.

3.3.3.5.3. Dolum kısımı taban sacı, bağlantı borusu ve kapakların montajı

Sürekli dikey paketleme makinasının şasesi üzerine titreşim trafosu bağlantı sacı, alt sıcak eleman motor ve pano taban saclarının montajı yapıldıktan sonra makinanın yan ve arka kapakları takılır. Daha sonra sürekli paketleme makinasının dolum kısmının bağlantı borusu ve borunun üst kısmına da taban sacı bağlantısı yapılır. Bu taban sacı üzerine de makina kazanı bağlantısı yapılmıştır.

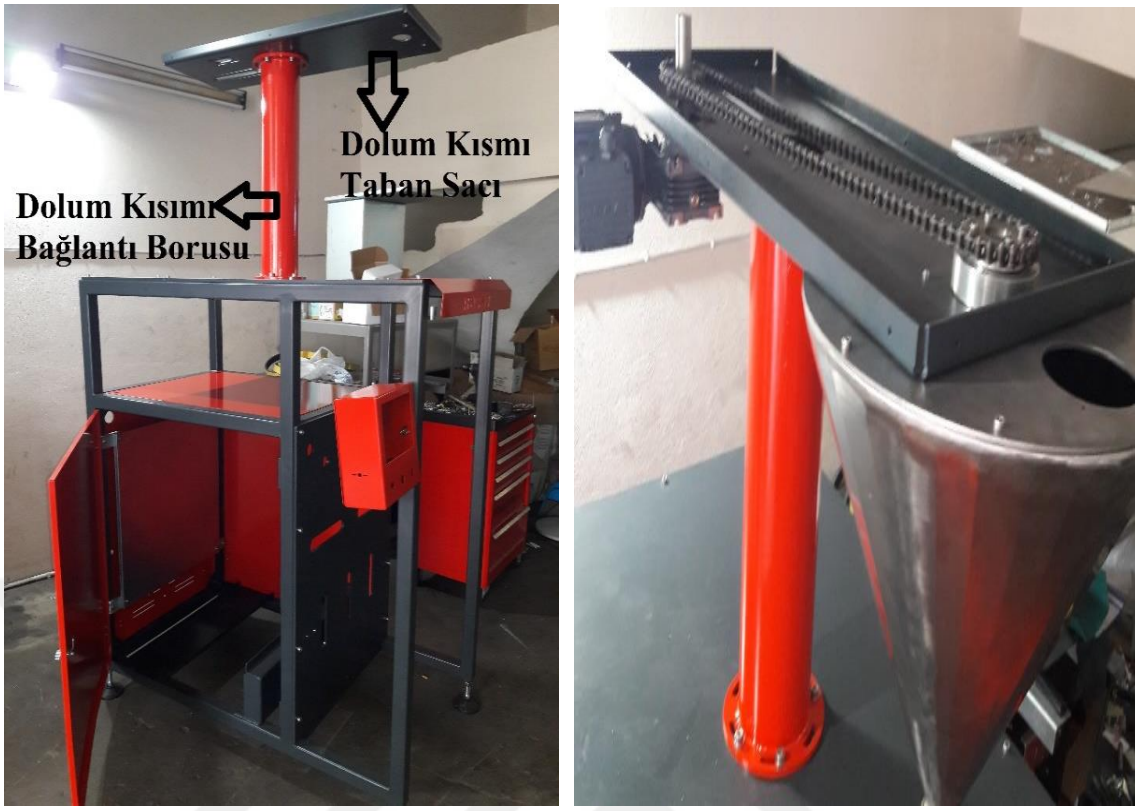


Şekil 3.17: Şase ve ayak montaj işlemi -titreşim trafo sacı, alt sıcak eleman motor sacı.

Daha sonra kazan içerisine, ürünü ambalaja aktaran helezona hareket veren motorun montajı ve motordan aldığı hareketi helezona iletmek için gerekli dişli ve dişliye uygun zincir montaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.18'de makina dolum kısmı taban sacı, bağlantı borusu ve kapakların montajı gösterilmektedir.

3.3.3.5.4. Dişli mekanizması montajı

Dişli mekanizması, kazan içerisinde bulunan ürünü polimer ambalaj içine aktaran helezona hareket vermek ve bu hareket ile kazan içirisindeki ürünü karıştırmak için kullanılan elemanlardır. Şekil 3.18'de dişli mekanizması montajı gösterilmektedir.



Şekil 3.18: Dolum kısmı montajı - dişli mekanizması montajı.

3.3.3.5.5. Ambalaj grubu yan sacları ve makaraların montajı

Bu aşamada sürekli dikey paketleme makinasının ambalaj yan sacları ve makaraların montajı yapılmıştır. Önce ambalaj grubu yan sacları makina şasesine monte edilmiştir. Daha sonra ambalajın geçirildiği hareketli makaralarının montajı yapılır.

3.3.3.5.6. Makara montajı

Makaralar, çapı Ø30 mm olan alüminyum borulardır. Borular, her iki başına takılan plastik başlıklar ve içerisine yerleştirilen iki adet rulmandan oluşmaktadır. Sürekli paketleme makinasında yaklaşık on beş adet hareketli makara bulunmaktadır. Polimer ambalajın hareketine ve makina boyutuna göre bu sayı arttırılabilecek tarzda bir tasarım yapılmıştır.

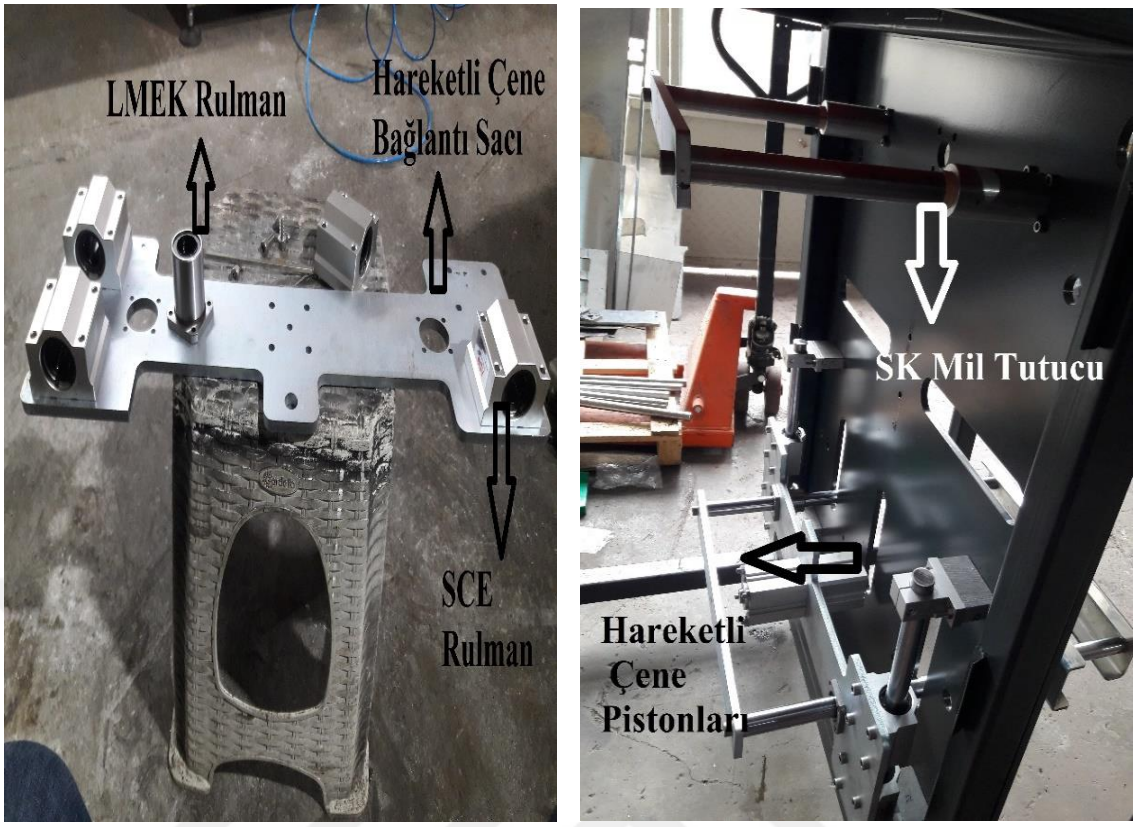
3.3.3.5.7. Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı montajı

Bu şamada sürekli dikey paketleme makinasının hareketli sıcak eleman bağlantı sacının montajı yapılmıştır. Şekil 3.19'da hareketli sıcak eleman bağlantı sacı ve hareketli sıcak eleman bağlantı sacının montajı gösterilmektedir.

Bağlantı sacı üzerinde dört adet SCE rulman vardır ve bu rulmanlar sıcak elemanın aşağı yukarı hareketinde kullanılan millerin sabitlenmesinde kullanılır. Bu miller sayesinde hareketli sıcak elemanın aşağı ve yukarı hareketinde kolaylık sağlanır. Bu rulmanlar hareketli kısımlarda tercih edilirler. Bağlantı sacı üzerinde iki adet de LMEK rulman vardır. Bu rulmanlar ise sıcak elemanın yataydaki hareketinde kullanılan milleri yataklama amacıyla kullanılırlar.

Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı SK mil tutucular ile makina üzerine montajlanmıştır. SK mil tutucular, indüksiyonlu millerin sabitlenmesi için kullanılır. İndüksiyonlu millerin özellikle dış yüzeyi sertleştirilmiş olduğu için tornası zordur. Bu sebeple dıştan sıkmalı tutucular kullanılmaktadır. Bu tür hareketin olduğu kısımlarda indüksiyonlu miller kullanılır. Taşlanmış mil olarak da adlandırılan indüksiyonlu mil, rulmanların temiz bir yüzeyde çalışmasına zemin hazırlayan parçalardır. Bu parçalar aynı zamanda rulmanların ömrünün uzaması adına oldukça önemli ürünlerden birisidir.

Daha sonra hareketli sıcak eleman bağlantı sacına, iki adet piston sırt sırta montaj edilmiştir. Bu pistonlar açıldıkları zaman hareketli sıcak eleman yatayda kapanarak polimer ambalaja baskı uygulayarak birleştirir. Pistonlar kapandıkları zaman sıcak elemanlar birbirinden ayrılır polimer ambalajdaki baskı sonlandırılır. Sürekli paketleme makinasında alt sıcak elemana hareket verilerek sürekli paketleme makinasının hem kademe olmadan çalışmasını hem de sıcak elemanın aşağı doğru inişinde polimer ambalajı aşağı doğru çekmesini sağlar.



Şekil 3.19: Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı - Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı montajı.

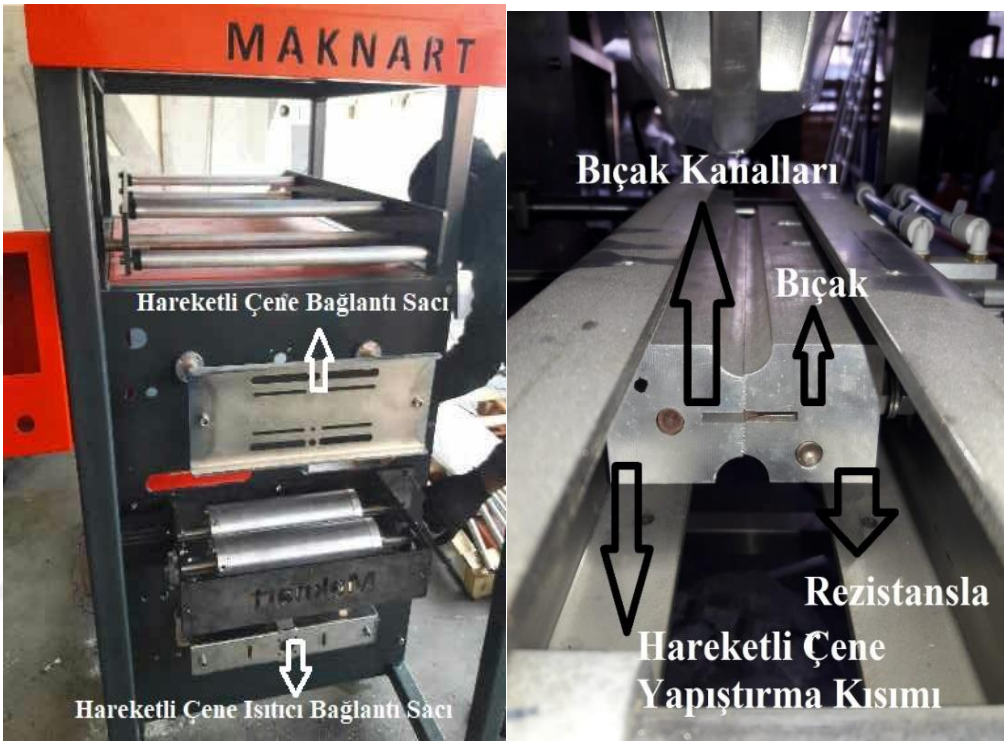
3.3.3.5.8. Sıcak elemanların dış bağlantı sacları montajı

Bu aşamada polimer ambalajın sırt kısmını birleştirme bağlantı sacı montaj edilmiştir. Ayrıca hareketli sıcak elemanların dış bağlantı saclarının montajı da gerçekleştirilmiştir. Hareketli sıcak eleman bağlantı sacı üzerine, LMEK serisi lineer rulmanlar ve içerisinden geçen iki adet indüksiyon millerin bağlantıları yapılmıştır. Şekil 3.20'da hareketli sıcak elemanların dış bağlantı sacının montajı gösterilmektedir.

3.3.3.5.9. Hareketli sıcak eleman ısıtıcıları ve bıçak montajı

Polimer ambalajın ağızlarını kapatmak amacıyla rezistans ile ısıtılan alüminyum levhalar kullanılır. Bu aşamada bu alüminyum levhalar, hareketli sıcak eleman bağlantı sacına cıvatalarla tutturulur. Karşılıklı iki alüminyum levhanın yüzeylerine CNC tezgâhında karşılıklı tırtıklar oluşturulmuştur. Hatveli bu tırtıklar, sıcak eleman kapandığında birbirini karşılayacak şekilde gelmiştir.

Sıcak elemanlar kapandıktan sonra polimer ambalajın türüne göre belirlenen sürede bıçak pistonu açılarak bıçağı ileri doğru ittirir. Bıçak karşı tarafında bulunan sıcak eleman içerisinde Şekil 3.20'deki kanala girer ve polimer ambalajı kesme işlemini gerçekleştirir. Polimer ambalaj kesildikten sonra alt sıcak elemanlar birbirinden ayrılmadan bıçağın pistonu kapanarak bıçağı tekrardan başlangıç konumuna getirir. Şekil 3.20'de hareketli sıcak eleman ısıtıcıları ve bıçağının montajı gösterilmektedir.

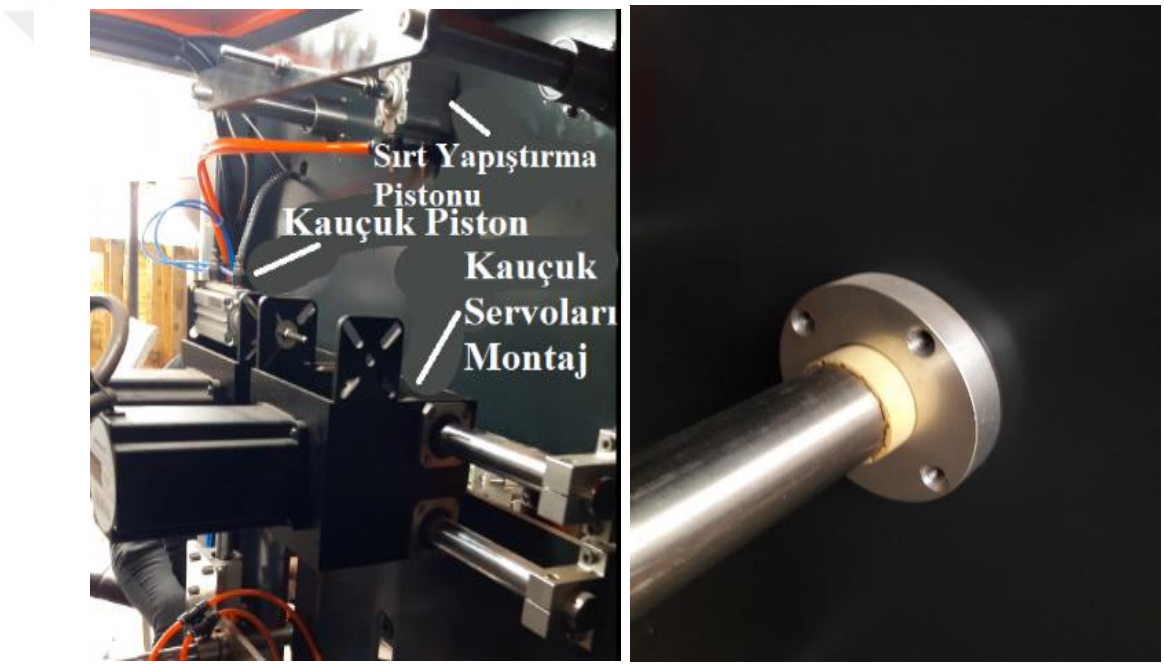


Şekil 3. 20: Sıcak elemanların dış bağlantı montajı ve hareketli sıcak eleman ısıtıcıları bıçak montajı.

3.3.3.5.10. Sırt birleştirme ve kauçuk servoları montajı

Bu aşamada ilk olarak sağ ve sol tarafta sabitlenmiş dört adet SK mil tutuculardan geçirilen millerin üzerine Şekil 3.21'deki gibi servo mekanizması yerleştirilmiştir. Bu servoların çıkış millerine de kauçuklar bağlanmıştır. Kauçuk pistonu, kauçuk mekanizmasına bağlanır. Piston açıldığı zaman kauçuklar kapanır ve polimer ambalajı sıkıştırarak servolardan aldığı dönme hareketi ile polimer ambalajı aşağı doğru çekme işlemini gerçekleştirirler. Şekil 3.21'de sırt birleştirme ve kauçuk servolarının montajı gösterilmektedir.

Bu aşamadaki ikinci montaj işlemi sırt birleştirme pistonunun bağlantısıdır. Sırt birleştirme pistonu, ön panel sacına tutturulmuştur. Piston açıldığı zaman üst sıcak eleman kapanarak polimer ambalajla temas eder ve ısınan sıcak eleman polimer ambalajı yapıştırır. Sürekli dikey paketleme makinasında bir yenilik olarak İgus marka LMEK serisi lineer rulman (Şekil 3.21), üst sıcak elemanın mil bağlantısında kullanılmıştır. Bu rulmanın diğer rulmanlardan farkı, alüminyum flanşın iç kısmında bulunan plastik malzemenin kendinden yağlı olması ve diğer rulmanlar gibi belirli aralıklarla yağlama ihtiyacı olmadan çok zor koşullarda bile çalışabilmesidir. Böylece mil ve rulmanların daha uzun kullanımı sağlanmıştır. Ayrıca millerin hareketi esnasında deformasyona uğramasının da önüne geçilmiştir.



Şekil 3.21: Sırt birleştirme ve kauçuk servoları montajı ve LMEK igus rulman.

3.3.3.5.11. Yaka ve ürün geçiş borusunun montajı

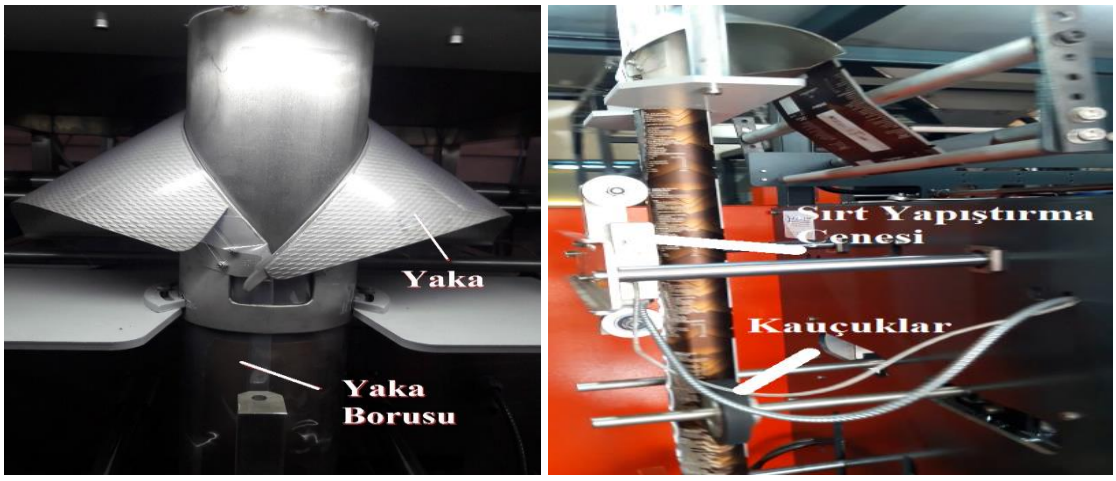
Tasarlanan sürekli dikey paketleme makinasının yaka olarak adlandırılan kısmı polimer ambalaja şekil veren elemandır. Bu aşamada yaka kısmı, dikkatlice ve mümkün olduğunca hassas bir şekilde montajı yapılmıştır. Sürekli paketleme makinasının yaka kısmında meydana gelen bir sorun polimer ambalajın yapışma işlemini olumsuz etkileyeceği için montaj işleminin hassas yapılması önemlidir.

Yaka kısmının polimer ambalajlamadaki katkısını özetleyecek olursak. Rulo haldeki polimer ambalaj, hareketli makaralardan geçerek yaka kısmına kadar gelir ve yaka içinden geçirilir. Yakanın içinden geçen polimer ambalaj yaka borusunun dış kısmından yoluna devam eder. Aynı zamanda yaka borusunun iç kısmından kazan içerisindeki ürün, sıcak elemanlarda yapışan polimer ambalajın içerisine düşer. Şekil 3.22'de yaka kısmı ve ürün geçiş borusunun montajı gösterilmektedir.

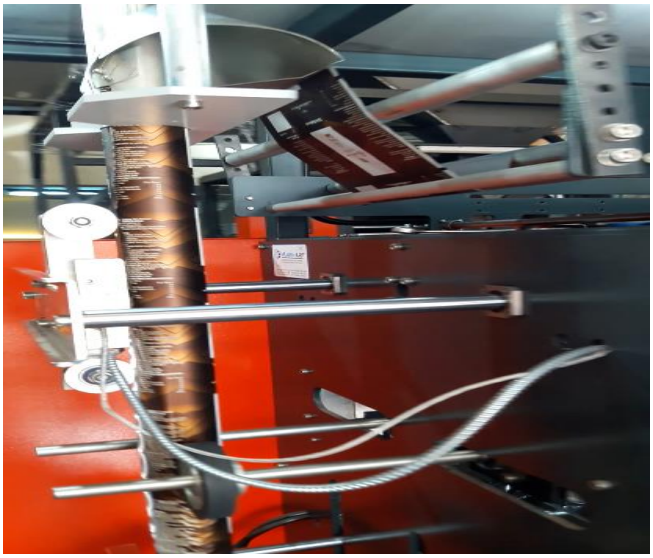
3.3.3.5.12. Kauçuklar ve sırt birleştirme sıcak eleman montajı

Bu aşamada, kauçuklar polimer ambalajın geçtiği borunun iki yanına denk gelecek şekilde konumlandırılmış ve üzerinde bulunduğu indüksiyonlu millere setskur vida ile sıkılmıştır. İç kısımdaki kauçuk pistonu açılınca polimer ambalajı sıkıştırır ve servolardan aldığı hareket ile polimer ambalajı aşağı doğru çeker. Şekil 3.22'de kauçuklar ve sırt birleştirme sıcak elemanı montajı gösterilmektedir.

Daha sonra sırt birleştirme sıcak elemanı montajı yapılır. Alüminyum lamanın uç kısımlarına merkezinde rulman bulunan iki adet makara tutturulmuştur. Makaralar ise rezistans yardımı ile ısıtılmıştır. Isıtılan makaraların ve lamanın etrafına teflon sarılmıştır. Bu sayede polimer ambalaj hareket eder iken sırt birleştirme sıcak elemanının polimer ambalajı birleştirmesi sağlanmış olundu. Şekil 3.23'de polimer ambalajın yaka, sırt birleştirme sıcak elemanı ve kauçukların bulunduğu kısımlardan geçişi gösterilmiştir.



Şekil 3.22: Yaka ve ürün geçiş borusu montajı - Kauçuklar ve sırt birleştirme sıcak eleman montajı.



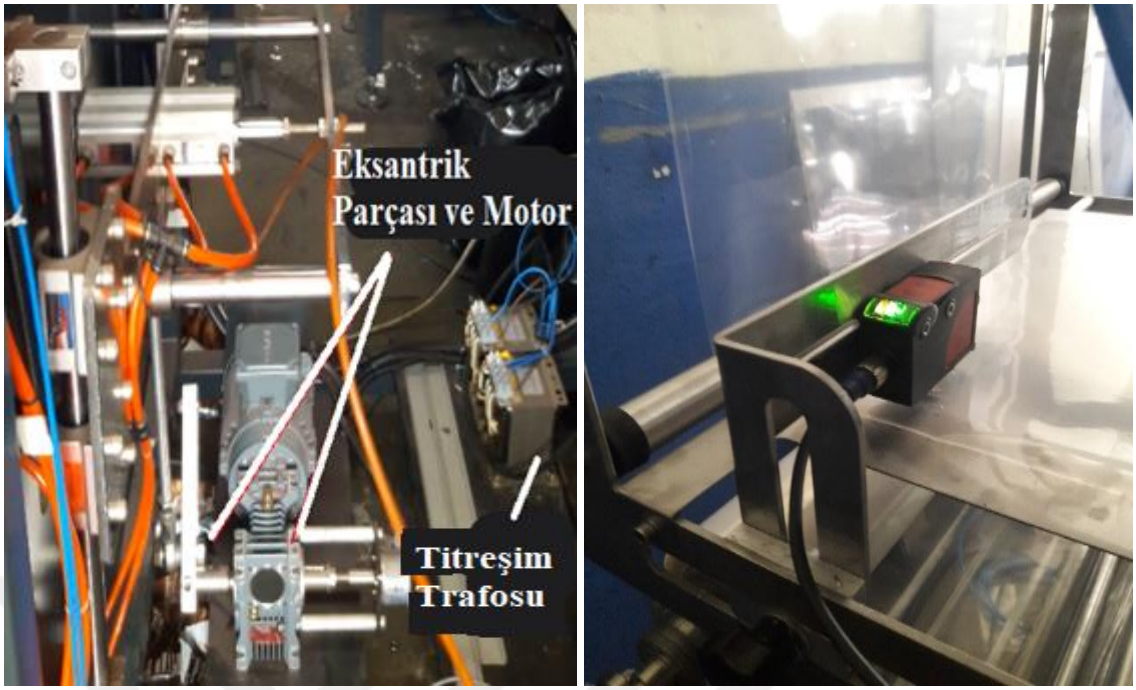
Şekil 3.23: Ambalajın Geçişi.

3.3.3.5.13. Eksantrik ve titreşim trafosu montajı

Bu aşamada, titreşim trafosu bağlantı sacının üzerine montajlanmıştır. Eksantrik parçası ise bağlı bulunduğu motor ile alt sıcak eleman motor sacına montajlanmıştır. Hareketli alt sıcak eleman dikey eksendeki hareketini bu motordan almaktadır. Daha sonra eksantrik parçasının slotu boyunca hareket mesafesi ayarlanmıştır. Şekil 3.24'de eksantrik ve titreşim trafosu montajı gösterilmektedir.

3.3.3.5.14. Fotosel parçası montajı

Bu aşamada fotosel parçasının montajı yapılmıştır. Baskılı polimer ambalajların üzerinde belirli mesafelerle siyah kare şeklinde benekler vardır. Fotosel parçası bu siyah benekleri okuyarak makinanın hareketli sıcak eleman kısmına komut gönderir. Sıcak eleman polimer ambalajı kesme işlemini bu fotoselden aldığı komutla gerçekleştirir. Paketin boyu bu sayede benekler arasındaki mesafe yardımıyla belirlenmiş olur. Şekil 3.24'de fotosel parçasının montajı gösterilmektedir.



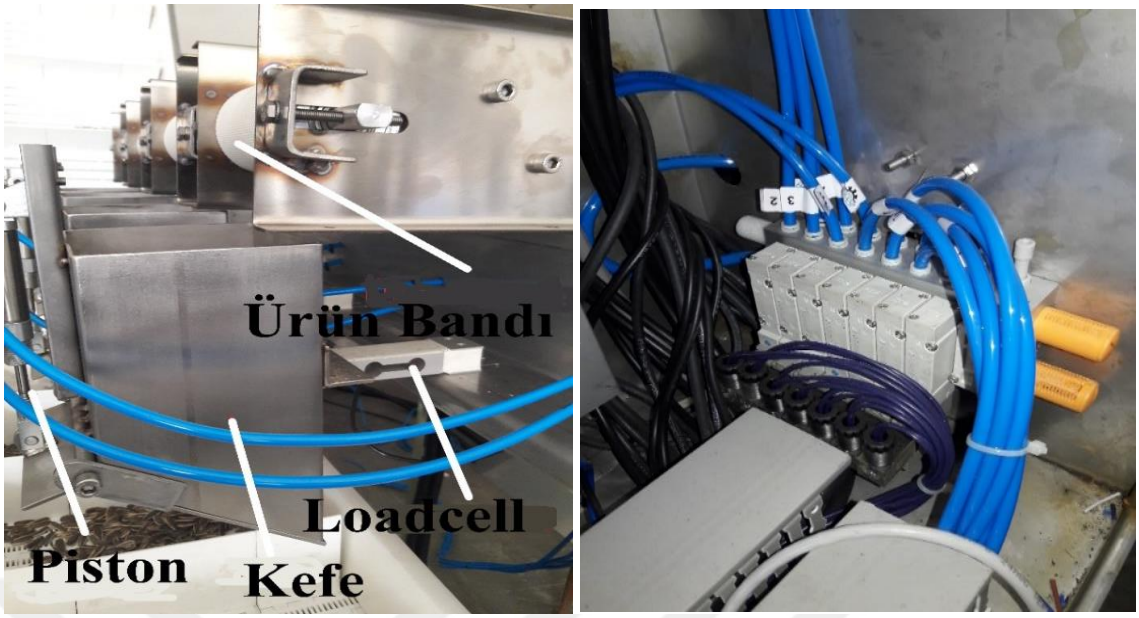
Şekil 3.24: Eksantrik ve titreşim trafosu - Fotosel parçası montajı.

3.3.3.5.15. Dolum terazi kısmı montajı

Bu aşamada dolum terazi kısmının montajı yapılmıştır. Taşıma bandından gelen ürün, yük hücresi (loadcell) ile doğrudan bağlantılı olan kefe içerisine dökülür. Yük hücresi (Loadcell) parçası, kefenin ağırlığını ölçmek için kullanılır. Ekran üzerinden istenilen ağırlık değeri girilir ve kefe kısımı o ağırlığa geldiği zaman valfe komut gönderir. Böylece kefenin ağzı açılır, ürün polimer ambalaja boşaltılır. Şekil 3.25'te dolum terazi kısmının montajı gösterilmektedir.

3.3.3.5.16. Valf grubu montajı

Bu aşamada valf grubunun montajı yapılmıştır. Valf grubu makina üzerindeki pistonları açıp kapama işleminde kullanılır. Valf grubu monte edildikten sonra pistonlarda hava hortumu bağlantıları yapılmıştır. Daha sonra valflerin elektrik tesisatı çekilmiştir. Bu aşamadan sonra pistonların açılıp kapanma işlemi, valf üzerinden yapılır. Şekil 3.25'de valf grubu montajı gösterilmektedir.



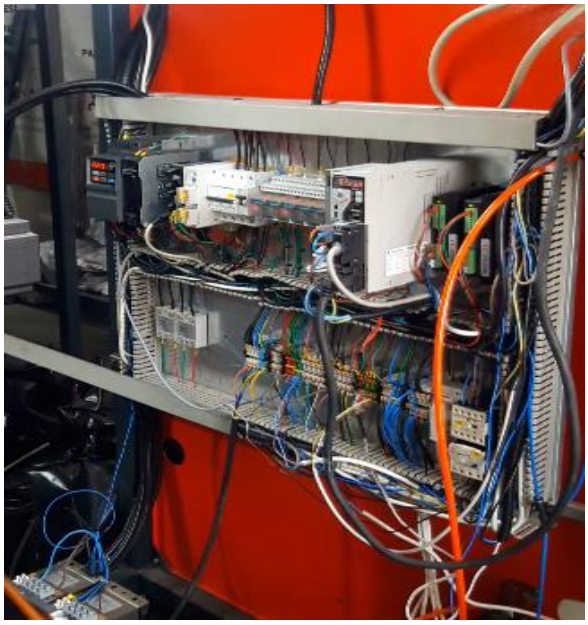
Şekil 3.25: Dolum terazi kısmı. - Valf grubu montajı.

3.3.3.5.17. Şartlandırıcı montajı

Bu aşamada makina üzerine şartlandırıcının montajı yapılmıştır. Makina üzerine monte edilen şartlandırıcı, makina içerisindeki havanın istenilen basınç düzeyinde kalması için kullanılır. Üzerinde bulunan vana yardımıyla da hava basınç ayarlaması yapılır. Şekil 3.26'de şartlandırıcı montajı gösterilmektedir.

3.3.3.5.18. Pano montajı

Son aşamada sürekli dikey paketleme makinasının panosunun, pano taban sacının üzerine montajı yapılmıştır. Daha sonra elektrik kablo tesisat montajları yapılmıştır. Sürekli paketleme makinasının çalışmasının kontrolü ve parametre ayarlarının yapıldığı yazılım programı hazırlanarak, sürekli paketleme makinasına yüklenir. Artık sürekli paketleme makinası çalışır hale gelmiştir. Şekil 3.26'de pano montajı gösterilmektedir. Tablo 3.2'de sürekli dikey paketleme makinasının genel özellikleri verilmiştir.

.  

Şekil 3.26: Şartlandırıcı montajı. - Pano montajı.

Tablo 3.2: Tasarlanan sürekli paketleme makinasının genel özellikleri.

PAKETLEME KAPASİTESİ (Pk/dk)	**MAKİNA AĞIRLIĞI (kg)**	**ÇALIŞMA SİSTEMİ**	**ELEKTRONİK SİSTEM**	**EKRAN TÜRÜ**	**ENERJİ (V) / GÜÇ (Kwh)**	**HAVA GEREKSİNİMİ (Bar / lt/dk)**
70-100	950	Pnömatik	Panasonic Plc	Dokunmatik ekran	380 / 3.55	6-8 / 400

Ambalaj Malzemesi: OPP, CPP, PET, Alüminyum folye, Polietilen

3.3.4. Sürekli dikey paketleme makinasının kontrol paneli ve özellikleri

3.3.4.1. Dil seçim ekranı

Sürekli paketleme makinasının yazılım programında, Türkçe ve İngilizce olmak üzere iki farklı dil seçimi sunulmuştur. İlk olarak, makinayı kullanacak operatör makinanın LCD operatör ekranını kullanılarak, dil seçimi yapar.

3.3.4.2. Isı ayarları ekranı

Isı ayarları ekranında alt sıcak eleman ve üst sıcak elemanın sıcaklık ayarları yapılmaktadır. Set yazan kısımdaki değere makinada kullanılan polimer ambalajın özelliğine göre polimer ambalajın birleşme sıcaklık değeri yazılır. Reel sekmesindeki değer, alt sıcak eleman ve üst sıcak elemanın anlık sıcaklık değerini gösterir. Şekil 3.27'da alt ve üst sıcak eleman ısı ayarlarının yapıldığı ekran gösterilmektedir.



Şekil 3.27: Isı ayarları ekranı.

3.3.4.3 Manuel sayfası ekranı

Tasarlanan sürekli paketleme makinasının "Manuel Sayfası" ekranında çeşitli makina ayar seçenekleri mevcuttur. Şekil 3.28'de manuel sayfası ekranı gösterilmektedir. Bu seçenekler, teker teker aşağıda açıklanmıştır.

Manuel Off/On: Manuel ekranındaki seçeneklerin kullanılabilmesi için "manuel off/on" seçeneği "On" konumuna getirilir.

Kefe valf: Kefe valf seçeneğini aktif ettiğimiz zaman kefelerin içerisine dolup tartılan ürünlerin bulunduğu kapakları açar. Eğer içerisinde ürün varsa boşaltılır. Şekil 3.28'da dört adet kefe seçeneği vardır bunlar makinanın üzerinde bulunan kefeleri belirtir. Makinadaki kefe sayısı arttıkça kefe seçeneği de doğru orantılı olarak artar.

Titreşim: Titreşim seçeneğinde titreşim aktif ettirilir ve dolum kazanında ürün var ise kefe içerisine tartılmak üzere doldurulması sağlanır. Titreşim seçeneği de kefe sayısına göre doğru orantılı olarak değişebilmektedir.

Üst sıcak eleman: Üst sıcak eleman seçeneği aktif edildiğinde üst birleştirme sıcak elemanının açılıp kapanması sağlanır.

Alt sıcak eleman: Alt sıcak eleman seçeneği aktif edildiğinde alt alt birleştirme sıcak elemanın açılıp kapanması sağlanır.

Bıçak: Bıçak seçeneği aktif edildiğinde alt sıcak eleman içerisinde bulunan bıçağın ileri ve geri hareketi sağlanır.

Kauçuk: Kauçuk seçeneği aktif edildiğinde makina üzerindeki kauçuk pistonları çalıştırılarak kauçukların polimer ambalaja doğru baskı yaptırılması sağlanır.

Step: Step seçeneği aktif edildiğinde kauçukların bağlı olduğu step motorlar döndürülerek polimer ambalajın aşağı doğru çekilmesi sağlanır.



Şekil 3.28: Manuel sayfası ekranı.

3.3.4.4. Ana sayfa ekranı

Tasarlanan sürekli paketleme makinasının "Ana Sayfa" ekranında, makina mekanizmasına ait parametre ayarları sekmeleri mevcuttur. Şekil 3.29'de ana sayfa ekranı gösterilmektedir. Ana sayfa ekranındaki parametreler şunlardır:

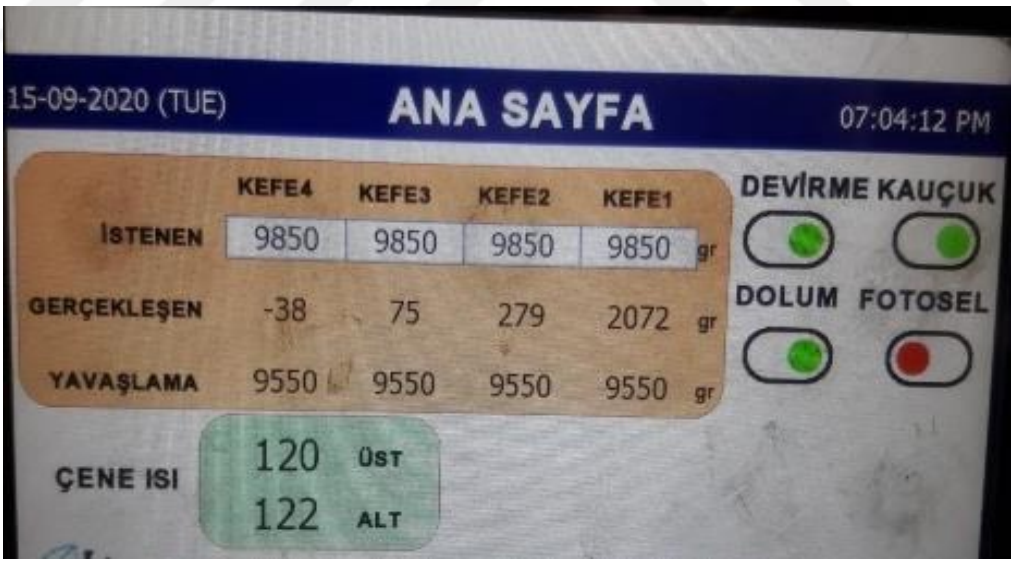
Sıcak eleman Isı: Makina üzerindeki alt ve üst sıcak elemanın sıcaklık değerlerini gösteren bölümdür.

Dolum: Dolum kısmı aktif edildiğinde makina otomatik çalıştığı zaman dolum yapar. Dolum kısmı aktif değil ise makina boş paket yapar.

Kauçuk: Kauçuk seçeneği aktif edildiğinde makina üzerindeki kauçuk pistonları çalıştırılarak kauçukların polimer ambalaja doğru baskı yaptırılması sağlanır.

Fotosel: Fotosel seçeneği aktif edildiğinde fotosel sensörü polimer ambalaj üzerindeki fotosel beneklerini görerek paket boyunu belirler.

Gramaj Kontrolü Tablosu: Gramaj kontrolü tablosunda kefe seçeneklerinin alt kısmında bulunan istenen değere kaç gramlık paketler yapılacak ise o değeri yazmalıyız. Gerçekleşen kısımda ise kefelerde bulunan şu an ki gramaj miktarı ifade edilmektedir. Yavaşlama seçeneğine girilen değer daima istenen değerden bir miktar küçük olmalıdır. Çünkü ürün kefelere belli bir titreşim hızı ile dolmaktadır. Kefe içerisindeki ürün yavaşlama değerine geldiği zaman titreşimin hızı bir miktar azalarak ürünün daha kararlı akması sağlanır böylece gramajın istenilen değerde gelmesi sağlanır.



Şekil 3.29: Ana sayfa ekranı.

3.3.4.5. Ayarlar ekranı

Tasarlanan sürekli paketleme makinasının “Ayarlar” ekranında, makina mekanizmasına ait parametre ayarlarına ait sekmeler mevcuttur. Şekil 3.30’de ayarlar ekranı gösterilmektedir. Ayarlar ekranındaki parametreler şunlardır:

Üst sıcak eleman: Üst sıcak elemanın açılma ve kapanma aralığını ifade eder.

Bıçak: Bıçağın açılma ve kapanma aralığını ifade eder.

Alt sıcak eleman: Alt sıcak elemanın açılma ve kapanma aralığını ifade eder.

Kauçuk Hız: Kauçukların hızını arttırmak ya da azaltmak için kullanılır.

Paket Boyu: Makina polimer ambalajında fotosel beneği bulunmadığı durumlarda paketin boyunu ayarlamak için kullanılır ve paket içerisine girecek ürün gramajına göre uygun değer girilir.



Şekil 3.30: Ayarlar ekranı.

3.3.4.6. Loadcell kalibrasyon işlemi

Tasarlanan sürekli paketleme makinasının "Kalibrasyon Sayfası" ekranında, makina terazi ayarları mevcuttur. Şekil 3.31'de kalibrasyon sayfası ekranı gösterilmektedir.

Loadcell kalibrasyonu, gram hassasiyeti açısından son derece önemli bir işlemdir. Gram hassasiyeti, tüm kefeler için ayrı ayrı yapılmalıdır. İlk olarak kefelerin boş olduğundan emin olunmalıdır. Eğer herhangi bir ürün varsa, kefe içerisinden alınmalıdır.

Kefe boşaltıldıktan sonra sıfırlama butonuna basılmalıdır. Kefe üzerindeki ağırlık sıfırlandıktan sonra ağırlığını bildiğimiz herhangi bir ürünü, kalibrasyon yapılacak kefenin içerisine bırakılır. Kefe içerisine konulan ürünün ağırlığını 2. adımdaki kısma yazıp, kaydet butonuna basarak işlem tamamlanır.



Şekil 3.31: Loadcell kalibrasyon işlem sayfası.

3.3.4.7. Operatör işlem talimatları

Bu bölümde tasarlanan sürekli paketleme makinasının düzgün ve sorunsuz çalışabilmesi için makinayı kullanacak olan operatörün yapması gereken işlemler anlatılmıştır.

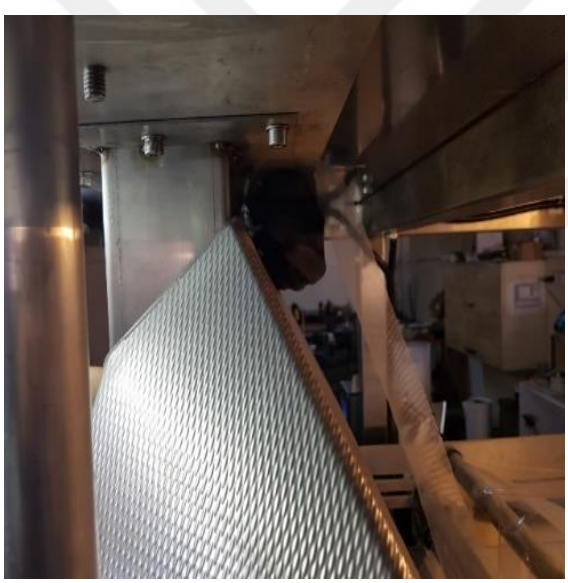
3.3.4.8. Ambalaj takma/değiştirme

Sürekli paketleme makinası ayarları yapıldıktan sonra ve makina çalıştırılmadan önce, operatörün yapması gereken bazı işler mevcuttur. Operatör, Şekil 3.32'da gösterildiği gibi polimer ambalaj ambalajını takar ve hareketli makaralardan geçirir, yaka kısmına kadar getirir.

Yaka kısmında polimer ambalajın uç kısmı yaka içerisinden kolayca geçebilmesi için muska biçiminde keser (Şekil 3.32). Yakanın içerisinden geçirilerek işlem tamamlanır (Şekil 3.33). Şekil 3.33'de polimer ambalajın yakadan geçirilme işleminin tamamlanmış hali gösterilmektedir.



Şekil 3.32: Ambalaj montaj kısmı. - Ambalajın muska biçiminde kesilmesi.





Şekil 3.33: Ambalajın yakadan geçirilmesi.- Ambalajın yakadan geçirilmesi işleminin tamamlanmış hali.

3.3.4.9. Kauçukların temizlenmesi

Operatör, sürekli paketleme makinasını çalıştırmadan önce selülozik tinere dökülmüş bir bez yardımıyla kauçukları temizler. Temizlenen kauçuklar polimer ambalaj malzemesini daha düzenli bir şekilde aşağı doğru çekmiştir.



Şekil 3.34: Kauçuklar .

3.3.4.10. Makina dolum haznesi/kefe temizliği

Operatör, ambalajlama işlemi bittikten sonra ve yeniden ambalajlamaya başlamadan önce kefeler ve dolum kısmında kalan ürünleri temizler. Böylece makina bir sonraki ambalajlamaya hazır hale getirir.

3.3.4.11. Makina mil ve aksanları bakımı

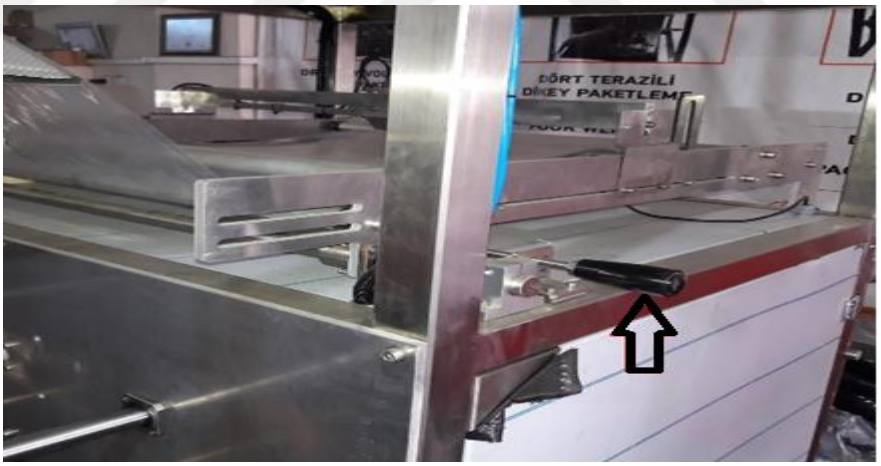
Operatör, makina üzerindeki pistonlar yardımıyla gerçekleşen hareketlerin düzenli ve kolay olabilmesi için makina üzerindeki milleri ve rulmanları, makina yağı ile düzenli olarak yağlayıp, bakımlarını yapması gerekir. Şekil 3.35'de yağlanacak mil, rulmanlar ve mil ve aksamlarının ön paneli gösterilmektedir.

3.3.4.12. Ambalajın yakadan kayması durumunda yapılması gerekenler

Operatör, polimer ambalaj malzemesini yaka kısmına ortalı bir şekilde takması gerekir. Eğer polimer ambalaj yaka kısmından kayıyor ise ambalaj grubunu makinanın sağ tarafında bulunan hareket ettirme kolundan (Şekil 3.36) ambalajın kaydığı yönün tersi yönde kaydırarak polimer ambalajın yakaya ortalı bir şekilde gelmesi sağlanır.




Şekil 3.35: Makina mil ve aksamları iç kısım. - Makina mil ve aksamlar ön panel.



Şekil 3. 36: Ambalaj grubu kaydırma kolu.

3.3.4.13. Ambalaj freninin kontrolü ve ayarı

Polimer ambalajın stepler tarafından aşağı çekildiği süre zarfında makaralar üzerinde gergin bir vaziyette olması gereklidir. Aksi takdir de gerginlik sağlanamazsa ambalaj yaka kısmında kayma yapacaktır.

Bu gerginlik ise manyetik toz fren sayesinde sağlanmaktadır. Makina her açıldığı zaman operatör fren kontrol ekranındaki start düğmesine basarak freni aktif etmelidir. Fren seviyesini ise ambalajın kalınlığına göre fren kontrol ekranı üzerindeki düğmelerden arttırıp azaltmalıdır. Kontrolünü ise makaralar üzerindeki polimer ambalaj gerginliğini gözlemleyerek yapabilir. Şekil 3.37'te makina fren kontrol ekranı gösterilmektedir [28].



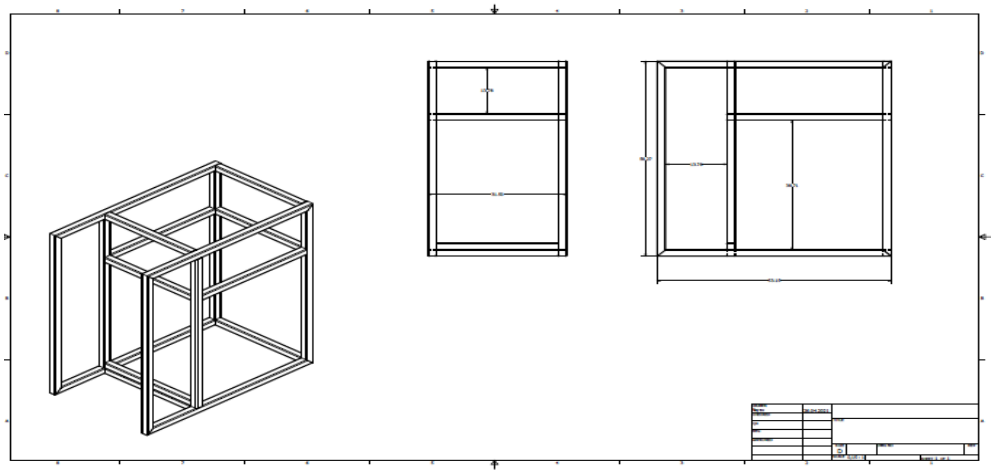
Şekil 3.37: Fren kontrol ekranı.

3.4. Kademeli paketleme makinası maliyet analizi

Önce dur-kalk sistemiyle çalışan sürekli paketleme makinasının maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet hesabı, şase profil hesabı, sac plaka hesabı, elektrik tesisatı ve yazılım hesabı şeklinde yapılmıştır. Hesaplamalarda Türk lirası ve 2021 Nisan ayı döviz kurları kullanılmıştır.

3.4.1. Şase profil hesaplaması

İlk olarak çizilen şasenin ölçüleri alınarak kaç profil gerektiği belirlenmiştir ve yapılan hesaplamalar sonucu 6 boy profile ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Kademeli sistemli paketleme makinasının profil maliyeti hesabı Tablo 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.38: Kademeli sistemli dikey paketleme makinası şase.

3.4.2. Sac plaka boyutları hesaplama

Şase profil hesaplamasından sonra gerekli sac plaka boyutları aşağıdaki gibidir (Ölçüler mm cinsindendir.) Kademeli sistemli paketleme makinasının profil maliyeti Tablo 3.3'de ve sac plaka maliyet hesabı Tablo 3.4'te ve verilmiştir.

Tablo 3.3: Kademeli sistemli makina profil maliyeti [29].

PROFİL TÜRÜ (GENİŞLİK*YÜKSEKLİK*KALINLIK) (mm)	**ADEDİ**	**BİRİM METRE FİYATI (TL)**
50 x 50 x 2	6 Boy (36 metre)	105
GENEL TOPLAM		**3.780**

Tablo 3.4: Kademeli sistemli makina sac plaka maliyeti [29].

GENİŞLİK (mm)	YÜKSEKLİK (mm)	KALINLIK (mm)	ADET	AĞIRLIK (kg)	BİRİM FİYAT (TL)
1000	2000	0,8	1	12,8	358,4
1500	3000	0,8	1	28,8	806,4
1500	3000	1,5	2	108	3.024
1500	3000	2	1	72	2.016
1000	2000	5	1	80	2.240
1250	2400	10	1	230	6.440
1500	3000	10	1	360	10,080
	GENEL TOPLAM			891	24.948

3.4.3. Kademeli makina elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti

Kademeli sistemli dikey paketleme makinasının elektrik tesisatında kullanılan malzemeler ve maliyetleri Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5: Kademeli sistemli makina elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti.

MALZEME NUMARASI	MALZEME ADI	MALZEME ADEDİ
1.	36 amper pako şalter	1
2.	24 VDC pover supply	1
3.	Step Motor	2
4.	Aıtonics TM2 sıcaklık modülü	1
5.	10 amper sigorta	2
6.	DVP 202LC loadcell modulü	2
7.	Loadcell	1
8.	Panasonic FPX PLC modulü	1
9.	Kinco HMİ 7”	1
10.	Fotosel Sensörü	1
12.	Tozlu Fren	1
13.	24 volt role	18
14.	Kontaktör	8
15.	Dimer	4
16.	Titreşim trafosu	1
17.	220 V 48 V trafo	1
18.	20 Amper sigorta	1

Tablo 3. 6: Kademeli sistemli makine otomasyon genel maliyeti.

OTOMASYON FİYATI	MALZEME	OTOMASYON FİYATI	MONTAJ	TOPLAM FİYATI	OTOMASYON
25 000 TL		4 000 TL		29.000 TL	

3.4.4. Kademeli makina genel maliyet toplamı

Kademeli sistemli paketleme makinası genel maliyet toplamı Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3. 7: Kademeli paketleme makina genel maliyet.

YAPILAN İŞ	YAPILAN İŞ FİYATI (TL)
Profil maliyeti	3.780
Sac levhaların maliyeti.	24.948
Otomasyon maliyeti.	29.000
Lazer kesim maliyeti.	3.000
Abkant büküm maliyeti.	1.500
Kaynak işçiliği maliyeti.	2.000
Enerji maliyeti (Aylık)	2.065
İşçilik maliyeti	12.120
GENEL TOPLAM	**78.413**

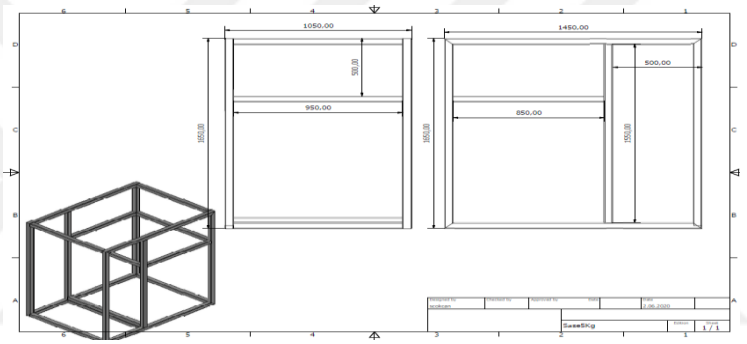
Tablo 3.7'de görüldüğü gibi kademeli sistemli makinanın maliyeti 78.413 TL olarak hesaplanmıştır. Kademeli sistemli makinasından yaklaşık %40 oranda kar edilmiştir.

3.5. Sürekli Paketleme Makinası Maliyet Analizi

Sürekli paketleme sistemiyle çalışan paketleme makinasının maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet hesabı, şase profil hesabı, sac plaka hesabı, elektrik tesisatı ve yazılım hesabı şeklinde yapılmıştır. Hesaplamalarda Türk lirası ve 2021 Nisan ayı döviz kurları kullanılmıştır.

3.5.1. Sürekli paketleme makinası şase profil hesaplaması

İlk olarak çizilen şasenin ölçüleri alınarak kaç profil gerektiği belirlenmiştir ve yapılan hesaplamalar sonucu 5 boy profile ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Sürekli paketleme makinasının profil maliyeti aşağıdaki Tablo 3.8'deki gibidir.



Şekil 3.39: Sürekli sistemli dikey paketleme makinası şase.

Tablo 3. 8: Sürekli paketleme makinası profil maliyeti [29].

PROFİL TÜRÜ (GENİŞLİK*YÜKSEKLİK*KALINLIK (mm)	**ADEDİ**	**BİRİM METRE FİYATI (TL)**
50 x 50 x 2	5 Boy (30 metre)	105
GENEL TOPLAM		**3.150**

3.5.2. Sürekli paketleme makinası sac plaka boyutları hesaplama

Şase profil hesaplamasından sonra gerekli sac plaka boyutları aşağıdaki gibidir.(Ölçüler mm cinsindendir.) Paslanmaz çeliğin kg fiyatı ortalama 28 TL alüminyumun ise 45 TL'dir. (https://metalavm.com/) Sürekli sistemli paketleme makinasının paslanmaz sac plaka maliyet hesabı Tablo 3.9'da verilmiştir. Sürekli paketleme makinasında 10 mm plakalarda alüminyum tercih ettik. Alüminyumun tercih edilmesinin sebebi ağırlık olarak hafif ve kolay işlenebilir ve paslanmaz çeliğe göre daha uygun maliyetli olmasıdır. Sürekli paketleme makinası alüminyum plaka maliyet hesabı, Tablo 3.10'de verilmiştir. Paslanmaz ve alüminyum levhaların genel toplamı Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3. 9: Sürekli paketleme makinası sac plaka maliyeti [29].

GENİŞLİK (mm)	YÜKSEKLİK (mm)	KALINLIK (mm)	ADET	AĞIRLIK (kg)	FİYAT (TL)
1500	3000	1,5	2	108	3.024
1500	3000	2	1	72	2.016
1000	3000	5	1	180	5.040
GENEL TOPLAM				360	10.080

Tablo 3. 10: Sürekli paketleme makinası alüminyum sac plaka maliyeti [29].

GENİŞLİK (mm)	YÜKSEKLİK (mm)	KALINLIK (mm)	ADET	AĞIRLIK (kg)	FİYAT (TL)
1000	2000	10	1	86	3.870
1500	3000	10	1	129	5.805
GENEL TOPLAM				215	9.675

Tablo 3. 11: Sürekli paketleme sac levha toplam maliyeti.

Paslanmaz Sac Levha Fiyatı	10 080 TL
Alüminyum Sac Levha Fiyatı	9 675 TL
GENEL TOPLAM	2.755 TL

3.5.3. Sürekli paketleme makinası elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti

Sürekli sistemli dikey paketleme makinasının elektrik tesisatında kullanılan malzemeler ve maliyetler, Tablo 3.12'de verilmiştir. Tablo 3.13'de ise otomasyon maliyetleri verilmiştir.

Tablo 3. 12: Sürekli paketleme makinası elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti.

MALZEME NR.	MALZEME ADI	MALZEME ADEDİ
1.	36 amper pako şalter	1
2.	24 VDC pover supply	1
3.	Step Motor	2
4.	Aıtonics TM2 sıcaklık modülü	1
5.	10 amper sigorta	2
6.	DVP 202LC loadcell modülü	1
7.	Loadcell	1
8.	Panasonic FPX PLC modülü	1
9.	Kinco HMİ 7"	1
10.	Fotosel Sensörü	1

Tablo 3.12: (devam) Sürekli paketleme makinası elektrik tesisatı ve yazılım maliyeti.

11.	Fren modülü	1
12.	Tozlu Fren	1
13.	24 volt role	18
14.	kontaktör	8
15.	Dimer	1
16.	Titreşim trafosu	1
17.	220 V 48 V trafo	1
18.	20 Amper sigorta	1

Tablo 3. 13: Sürekli paketleme makinası otomasyon genel maliyeti.

OTOMASYON MALZEME FİYATI	**OTOMASYON MONTAJ FİYATI**	**TOPLAM OTOMASYON FİYATI**
33000 TL	4000 TL	27.000 TL

3.5.4. Sürekli paketleme makinası genel maliyet toplamı

Sürekli sistemli paketleme makinasının genel maliyeti Tablo 3.14'da verilmiştir.

Tablo 3. 14: Sürekli paketleme makinası toplam genel maliyet

YAPILAN İŞ	YAPILAN İŞ FİYATI (TL)
Profil maliyeti	3.150
Sac levhaların maliyeti.	19.755
Otamasyon maliyeti.	37.000
Lazer kesim maliyeti.	3.000
Abkant büküm maliyeti.	1.500
Kaynak işçiliği maliyeti.	2.000
Enerji maliyeti (Aylık)	1.500
İşçilik maliyeti	12.120
GENEL TOPLAM	**80.025**

Tablo 3.14'de görüldüğü gibi sürekli sistemli makinanın maliyeti 80.025 TL olarak hesaplanmıştır. Sürekli paketleme sistemli makinadan elde edilen kar oranı %90 olarak belirlenmiştir.

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde geliştirilerek imal edilen sürekli dikey paketleme makina sistemine montaj edilmiş ve "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" aparatı kullanılarak alt, üst ve yan kenarlarının birleştirildiği farklı özelliklere sahip çift katlı PE/PET, LDPE ve PP olmak üzere üç faklı polimer ambalaj film malzemesi ve özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. "Karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğinin uygulanış aşamaları açıklanmıştır. Birleştirme işleminde kullanılan sabit ve değişken birleştirme parametreleri verilmiştir. Birleştirme işlemi sonrasında gerçekleştirilen T-sıyırma deneyi ve numune boyutları ile ilgili detaylar verilmiştir.

4.1. Ambalaj Malzemeleri ve Özellikleri

Deneysel çalışmalarda, çift katlı Polietilen/Polietilen teraftalat (PE/PET), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve Polipropilen (PP) olmak üzere üç faklı polimer ambalaj film malzemesi kullanılmıştır. Bu kısımda bu polimer ambalaj film malzemelerinin özellikleri verilmiştir.

4.1.1. Polietilen (PE) ve polietilen teraftalat (PET) ambalaj malzemeleri

PE ve PET polimer ambalaj malzemeleri genellikle süttozu, peynir suyu tozu, yayık altı tozu, süt kökenli bebek mamaları gibi kurutulmuş süt mamulleri, kurutulmuş meyveler, çeşitli kuru sebzeler, ıslak havlu gibi ürünlerin paketlenmesinde kullanılırlar. Bu polimer malzemeler, çeşitli şekiller verilebilecek esnekliğe sahiptirler, kimyasallara karşı dirençlidirler, nispeten ucuz ve oldukça hafif polimer ambalaj malzemeleridir. Sıcak plaka yöntemiyle birleştirilmeye elverişlidirler. Polimer ambalaj yüzeyine renkli baskı yapılmaya da elverişlidir. Çekme gerilmesi ve kopma direnci çok yüksek polimer ambalaj malzemeleridir.

Kolay kolay aşınmazlar. Saydamdırlar, su buharı, oksijen, aroma ve yağ geçirmezlik özellikleri oldukça iyidir. Polietilen, polietilen teraflat ambalaj çift katlıda kullanılabilir.

Polimer ambalaja ikinci katın atılması ile kolay şekillenme, yapışma, baskı tutma, iç kısımdaki ürünü koruma ve ürüne bariyer olma özellikleri geliştirilmiş polimer ambalaj malzemesi haline dönüştürülür [30].

PE/PET polimer ambalaj gıda ürünü paketlemesinde kullanılacağı için iki katmanlı olarak imal edilmiştir. İç katmanda PET polimer ambalaj vardır. Bunun sebebi ise PET polimer ambalajın pişirilen gıdalar için yüksek sıcaklığa dayanıklı olmasıdır. Dış katmanda ise PE polimer ambalaj bulunur. Bunun sebebi ise PE polimer ambalajın sıcak eleman yöntemi ile düşük sıcaklıkta birleşmeye imkan sağlamasından dolayıdır [31].

4.1.2. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalaj malzemesi

Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) polimer ambalaj malzemesi, genellikle ekmek, tavuk, dondurulmuş gıdalar, süt tozu, sosis, patates cipsi, metal tozu ve çeşitli et mamulleri gibi ürünlerin paketlenmesinde kullanılır. LDPE polimer malzemelere kolaylıkla şekil verilebilir. Renksiz ve yarı saydam olmasının yanı sıra üzerine renkli baskı yapılması mümkündür. Sıcak plaka yöntemiyle birleştirilmesine elverişlidir. Hem ucuz hem de düşük sıcaklık derecelerine dayanıklıdır. Çekme gerilmesi ve kopma direnci çok yüksek polimer ambalaj malzemesidir [32].

Tablo 4.1: Polietilen (PE) ambalaj malzeme film özellikleri.

ÖZELLİK	POLİETİLEN (PE)
Özgül Ağırlığı	0,92- 0.96 kg/cm3
Gerilme Kuvveti	15-30 MPa
Elastik Modülü	1000-1500MPa
Darbe Dayanımı	4-10 kj/m²
Deformasyon Sıcaklığı	100-110 ºC
Vicat Yumuşama Sıcaklığı	120-130 ºC
Erime Sıcaklığı	130-140 ºC

Tablo 4.2: Polietilen tereflat (PET) ambalaj malzeme film özellikleri.

ÖZELLİK	POLİETİLEN TERAFLAT (PET)
Yoğunluk (gr/ml)	1,33-1,38 gr/ml
Kullanılabilir Max. Sıcaklık (ºC)	60 ºC
Sertlik Derecesi	Orta
Renk	Açık Renkli
Erime Sıcaklığı (ºC)	250 ºC

Tablo 4.3: Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalaj malzeme film özellikleri.

ÖZELLİK	DÜŞÜK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (LDPE)
Özgül Ağırlığı	0,92 kg/cm3
Gerilme Kuvveti	10-20 MPa
Elastik Modülü	300-500 MPa
Darbe Dayanımı	500 kj/m²
Deformasyon Sıcaklığı	110 ºC
Vicat Yumuşama Sıcaklığı	94 ºC

4.1.3. Polipropilen (PP) ambalaj malzemesi

Polipropilen (PP) polimer ambalaj malzemesi genellikle şekerlemeler, kurutulmuş meyveler, kuru yemişler, unlu mamuller, atıştırmalık gıdalar, kahve, kakao gibi ürünlerin ambalajlanmasında kullanılır. Polipropilen malzemeler, esnek olduğundan dolayı kolaylıkla şekillendirilmeye elverişlidir. Kimyasal maddelere dayanıklıdır.

Polipropilen polimer ambalaj çift katlıda kullanılabilir. Ambalaja ikinci katın atılması ile kolay şekillenme, yapışma, baskı tutma, iç kısımdaki ürünü koruma ve ürüne bariyer olma özellikleri geliştirilmiş polimer ambalaj malzemesi haline dönüştürülür.

Sıcak plaka yöntemiyle birleştirilmesine elverişlidir. Ambalaj yüzeylerine renkli baskı yapmak mümkündür [33].

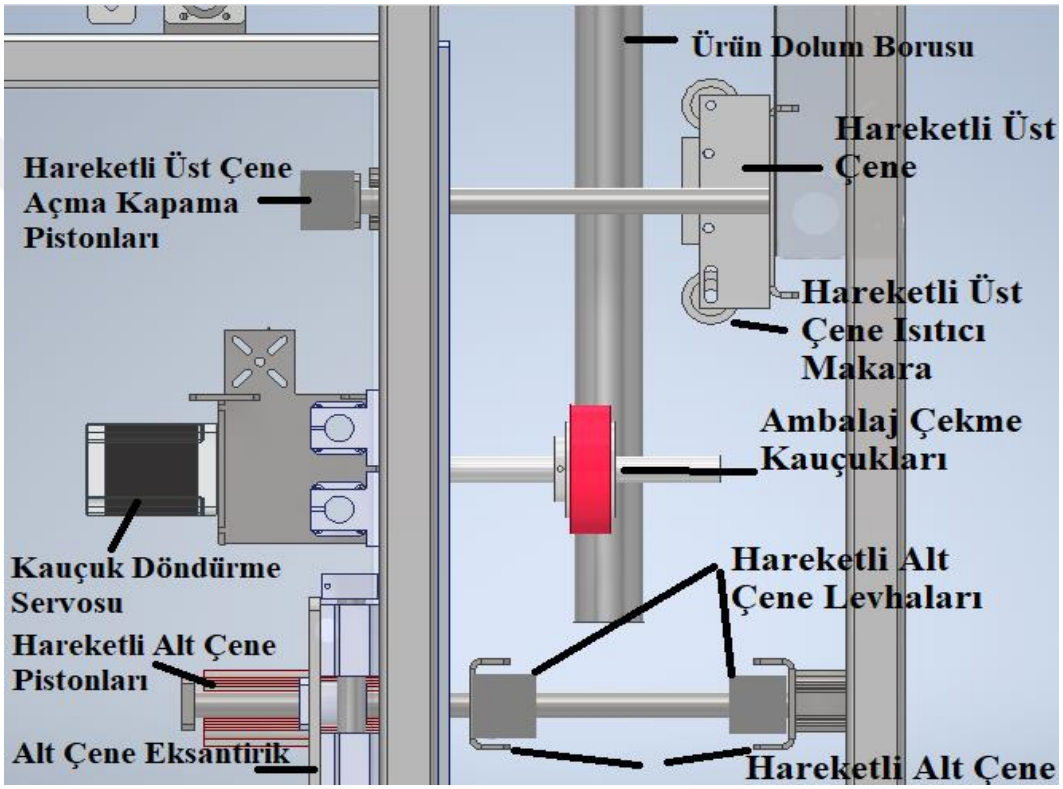
Tablo 4.4: Polipropilen (PP) ambalaj film özellikleri.

ÖZELLİK	POLİPROPİLEN (PP)
Özgül Ağırlığı	0,91 g/cm3
Gerilme Kuvveti	30-40 MPa
Elastik Modülü	1400-1600 MPa
Darbe Dayanımı	5-10 kj/m²
Deformasyon Sıcaklığı	110 ºC
Vicat Yumuşama Sıcaklığı	155 ºC

4.2. Karşılıklı Sıcak Eleman Temaslı Birleştirme İşlemi

Polimer ambalaj malzemeleri, sürekli dikey paketleme makina sistemine montaj edilmiş ve ambalajlamanın bir aşamasını oluşturan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" aparatları kullanılarak plastik ambalajların alt, üst ve yan kenarları birleştirilmişlerdir. Çift katlı PE/PET, LDPE ve PP olmak üzere üç faklı polimer ambalaj film malzemesi kullanılmıştır. Birleştirme işleminde önce bobin şeklindeki plastik ambalaj film malzemesi, sürekli dikey paketleme makinasının bobin grubu kısmına takılmıştır. Sonra polimer ambalaj film malzemesi, bobin grubundan açılıp otomatik olarak yaka kısmına ilerletilmiştir. Yaka grubu, polimer ambalaja şeklini veren ve birleştirme işlemine hazırlayan kısımdır. Daha sonra yaka kısmından geçen polimer ambalaj film malzemesi, aşağı doğru çekilerek hareketli üst sıcak eleman ve hareketli alt sıcak eleman kısımlarından geçirilmiştir. Bu aşamada, belirli bir sıcaklık değerine ayarlanıp ısıtılan hareketli ve karşılıklı alüminyum üst sıcak eleman elemanları arasına ambalajın arka kenarı yerleştirilmiş ve birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Birleştirme işleminde, farklı sıcak eleman (eleman) sıcaklık değerleri, sabit basma kuvveti ve sabit bekleme süresi kullanılmıştır.

Polimer ambalajın arka kenarı birleştirildikten sonra, eksantrik motordan aldığı hareketle aşağı yukarı yönde hareket eden hareketli alt sıcak elemanın (elemanın) bulunduğu kısma ambalaj alt kenarı getirilir ve ısıtılmış karşılıklı iki adet alüminyum eleman arasında sıkıştırılarak birleştirilir. Birleştirme işlemi, hareketli alt sıcak eleman kısmında bulunan bıçak yardımıyla polimer ambalaj kenarının istenilen boyutta kesilmesiyle tamamlanır. Şekil 4.1'de sürekli dikey makinesiyle kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" aparatı vasıtasıyla polimer ambalaj film kenarlarının birleştirilme mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 4.1: Sürekli dikey makinesiyle kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" aparatı vasıtasıyla ambalaj film kenarlarının birleştirilme mekanizması.

4.2.1. Birleştirme parametreleri

Karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğiyle plastik polimer ambalaj alt ve yan kenarlarının birleştirme işleminde kullanılan parametreler ve her bir numune kodlaması, Tablo 4.5'te verilmiştir. Sürekli dikey paketleme makine sistemine montaj edilmiş "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" aparatındaki sıcak elemanların sıcaklıkları, baskı kuvvetleri ve bekleme süreleri polimer ambalaj film malzemesinin türüne göre değişmektedir.

Çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle birleştirilmesinde, 120°C, 150°C ve180°C olmak üzere üç farklı eleman (sıcak eleman) sıcaklığı kullanılmıştır. Basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 saniye) sabit tutulmuştur.

LDPE polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle birleştirilmesinde 110°C, 120°C ve 130°C olmak üzere üç farklı levha sıcaklığı kullanılmıştır. Basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresi (0.75 saniye) sabit tutulmuştur.

PP polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle birleştirilmesinde 90°C, 125°C ve130°C olmak üzere üç farklı levha sıcaklığı kullanılmıştır. Basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 saniye) sabit tutulmuştur.

Yapılan deney numunelerinin tanımlanmasını kolaylaştırmak amacıyla, numuneler kodlanmıştır. Kodlama işlemi şu şekilde yapılmıştır:

Ambalaj film malzemesi – Numara – Birleştirilen ambalaj kenarı – Elemen sıcaklığı

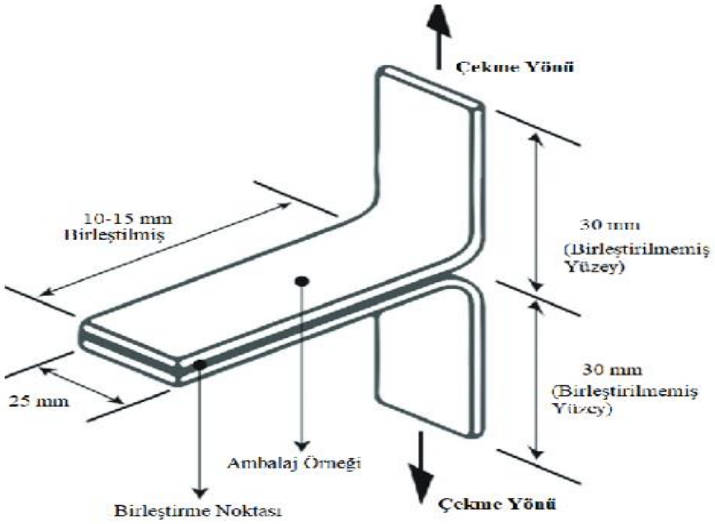
Örnek kodlama: PP-1-Alt – 90 (Ambalaj film malzemesi Polipropilen – Nurama 1 – Alt birleştirme kenarı – Eleman sıcaklığı 90°C)

Tablo 4.5: Karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğiyle plastik ambalaj alt ve yan kenarlarının birleştirme işleminde kullanılan parametreler ve numune kodları.

Numune Kodu	Polimer Ambalaj Filmi	Birleştirilen Kenar	Eleman (çene) Sıcaklığı (°C)	Bekleme Süresi (sn)	Basma Kuvveti (kgf)
PP-1-Alt - 90	Polipropilen (PP)	Alt Kenar	90	0.6	235
PP-2-Yan - 90		Yan Kenar			
PP-3-Alt-125		Alt Kenar	125		
PP-4-Yan-125		Yan Kenar			
PP-5-Alt-135		Alt Kenar	135		
PP-6-Yan-135		Yan Kenar			
PE/PET-1-Alt-120	Çift katlı Polietilen/ Polietilen Teraflat (PE/PET)	Alt Kenar	120	0.6	235
PE/PET-2-Yan-120		Yan Kenar			
PE/PET-3-Alt-150		Alt Kenar	150		
PE/PET-4-Yan-150		Yan Kenar			
PE/PET-5-Alt-180		Alt Kenar	180		
PE/PET-6-Yan-180		Yan Kenar			
LDPE-1-Alt-110	Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE)	Alt Kenar	110	0.75	471
LDPE-2-Yan-110		Yan Kenar			
LDPE-3-Alt-120		Alt Kenar	120		
LDPE-4-Yan-120		Yan Kenar			
LDPE-5-Alt-130		Alt Kenar	130		
LDPE-6-Yan-130		Yan Kenar			

4.3. T-Sıyırma Testi ve Numune Boyutları

Karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğiyle birleştirilen polimer ambalajlardan T-sıyırma testi yapmak amacıyla kullanılacak numuneler, kesilerek hazırlanmıştır. ASTM D1876 standardına göre T-sıyırma testinde kullanılmak üzere hazırlanan numune boyutları Şekil 4.2'de verilmiştir. T-sıyırma testi, Şekil 4.3'deki 50 kN'luk masaüstü Shimadzu çekme cihazı kullanarak gerçekleştirilmiştir. Test esnasında kaydedilen yük-mesafe eğrileri çizilmiştir.



Şekil 4.2: T-sıyırma testinde kullanılan deney numunesi ve boyutları.



Şekil 4.3: Testlerin yapıldığı Shimadzu 50kN çekme cihazı [34].

4.4. Gözle Muayene

Sırt ve ağız kenarları birleştirilen polimer ambalajlar, gözle muayene edilerek yüzeysel hatalar belirlenmiştir. Birleştirme eksikliği, düzgün olmayan kenar birleştirmeleri, birleştirme kenarlarının buruşması, polimer ambalaj paketinin geometrik bozuklukları, polimer ambalajın alt ve üst kenarlarının paralel olup olmadığı, gözle muayene kapsamında değerlendirilen kusurlardır. Gözle muayene sonucunda tespit edilen kusurların hangi olası sebepler sonucu meydana geldiği değerlendirilmiş ve giderilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 5. DENEYSEL SONUÇLAR VE İRDELEME

5.1. Birleştirme Parametrelerinin Birleşme Kalitesine Etkisi

Bu bölümde karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğiyle farklı sıcaklıklarda birleştirilen çift katlı PE/PET, LDPE ve PP polimer ambalaj film numunelerinin birleşme sırasındaki farklı eleman sıcaklığı, sabit bekleme süresi ve sabit baskı kuvveti parametrelerinin birleşme kalitesi üzerindeki etkileri ifade edilmiştir.

5.1.1. Elaman (çene) sıcaklığının etkisi

Plastik polimer ambalaj malzeme kenarlarının, sıcak eleman temaslı plaka tekniğiyle birleştirilmesinde plaka sıcaklığı, polimer ambalajda sızdırmazlığın sağlandığı duruma göre belirlenir. Plaka sıcaklık aralığı, sızdırmazlığın sağlandığı sıcaklık ile maksimum uygulanabilecek sıcaklık aralığı olarak alınır. Maksimum sıcaklık polimer ambalaj kenarlarına zarar vermeyecek seviyedeki sıcaklık değeri kast edilmektedir.

Sıcak temaslı plaka tekniğiyle birleştirmede kullanılan karşılıklı plakaların en uygun sıcaklık değerleri, birleştirilen polimer ambalajlara uygulanan sıyırma testi yardımıyla belirlenir. Bu test sonucunda elde edilen sıyırma mukavemeti – sıcaklık diyagramındaki eğrinin düz kısmına bakılarak değerlendirme yapılır.

Eğer diyagramdaki düz sıcaklık değeri, sızdırmazlığın sağlandığı sıcaklık değerinden düşükse, birleştirilecek polimer ambalaj kenarları yeterince ergimez ve sızdırmazlık sağlanamaz. Düşük sıcaklık, birleştirme kenarlarında plastik malzeme kenarının moleküler boyutta bir akıcılık sağlayamadığı için gözenekler veya boşluklar yeterinde doldurulamayacak ve sızdırmazlık sağlanamayacaktır.

Eğer plaka sıcaklık değerleri, polimer ambalaj malzemesinin ergime sıcaklığına yakın olursa, ergiyen polimer ambalaj kenarlarında vizkozite azalır ve böylece kenarlar arasında iyi bir difüzyon sağlanarak birleştirme gerçekleşir.

Eğer plaka sıcaklığı uygun sıcaklık aralık değerlerinin dışına çıkılarak aşırı yüksek olursa, kenarların aşırı sıkışması nedeniyle kenarlarda büzüşmeler ve hatalar meydana gelir. Bu nedenle sıcak temaslı birleştirme tekniğinde plaka sıcaklık değeri ne az nede çok olmamalı, sıcaklık aralığındaki bir değerde seçilmelidir [35].

5.1.2. Bekleme süresi

Polimer ambalaj malzemesinin birleştirilen kenarlarında sızdırmazlık özelliğinin sağlanmasında etkin en önemli parametrelerden birisi de sıcak eleman temaslı karşılıklı plakaların bekleme süresidir. Bekleme süresi, birbiri üstüne gelen kenarlar kısımlarında birleştirme alanının genişlemesine ve sızdırmazlık sağlanmasına etki eder. Aynı zamanda bekleme süresi maliyeti etkileyen kritik bir parametredir. O nedenle minimum bekleme süresinin tayin edilmesi büyük bir önem arz eder. Eğer karşılıklı sıcak eleman temaslı plakaların sıcaklık değeri biliniyorsa, polimer ambalaj malzemesinin kalınlığı, ısıl iletkenliği dikkate alınarak ısı transfer hesaplamalarıyla bekleme süresini bulabiliriz. Sıcaklık aralığında kalmak şartıyla, bekleme süresi ve sıcaklık arttıkça birleştirme mukavemeti de artar [35].

5.1.3. Basma kuvvetinin etkisi

Polimer ambalaj malzemesinin birleştirilen kenarlarında sızdırmazlık özelliğinin sağlanmasında etkin en önemli parametrelerden birisi de sıcak eleman temaslı karşılıklı plakaların basma kuvvetidir. Basma kuvveti, birleştirilecek polimer ambalaj kenarlarının birbirine daha iyi temas etmesini sağlar. Tavsiye edilen basma kuvveti aralığı, 0.1 – 0.5 N/mm^2 (1 – 5 bar)'dir. Basma kuvvetinin az olması, birleştirme işleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmemesine neden olur. Aşırı yüksek basma kuvveti de birleştirilecek kenarların büzüşmesine sebep olacaktır. O nedenle basma kuvveti ile plaka sıcaklıklarının birbiriyle uyum içerisinde olmasına dikkat edilmelidir [35].

5.2. Gözle Muayene Sonuçları

Bu bölümde, karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniğiyle faklı sıcaklıklarda birleştirilen çift katlı PE/PET, LDPE ve PP polimer ambalaj film numunelerinin gözle muayene sonuçları verilmiştir. Hata tanımı yapılmış ve sebepleri irdelenmiştir.

5.2.1. Çift katlı PE/PET ambalaj film birleştirme sonuçları

Şekil 5.1'de çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 saniye) sabit tutularak 120°C eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (PE/PET-1-Alt-120), üst ve yan (PE/PET-1-Yan-120) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Şekildeki polimer ambalajda görüldüğü gibi alt, üst ve yan kenar birleştirmeleri düzgün olmayıp, kırışık bir görünüm arz etmektedir. Birleştirme kenarları gözle muayene edildiğinde tam bir birleşmenin meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, 120°C eleman (çene) sıcaklığının yeterli olmadığını göstermektedir.

Şekil 5.2'de çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 saniye) sabit tutularak 150°C eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (PE/PET-1-Alt-150), üst ve yan (PE/PET-1-Yan-150) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Yapılan gözle muayenede birleştirme kenarlarının istenilen görsel niteliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, 150°C eleman (çene) sıcaklığının yeterli olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.3'de çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 saniye) sabit tutularak 180°C eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (PE/PET-1-Alt-180), üst ve yan (PE/PET-1-Yan-180) birleştirme kenarları gösterilmektedir.

Yapılan gözle muayenede birleştirme kenarlarının yüksek eleman (çene) sıcaklığı nedeniyle birleştirme kenarlarında kırışıklıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca polimer ambalaj film kenarları sıcak elemana (çeneye) yapışmış ve kısmı polimer ambalaj kenar kopmasına sebep olmuştur.

Bu sebepten dolayı 180°C eleman (çene) sıcaklığının polimer ambalaj filmini birleştirme için yüksek değerde olduğunu göstermektedir.

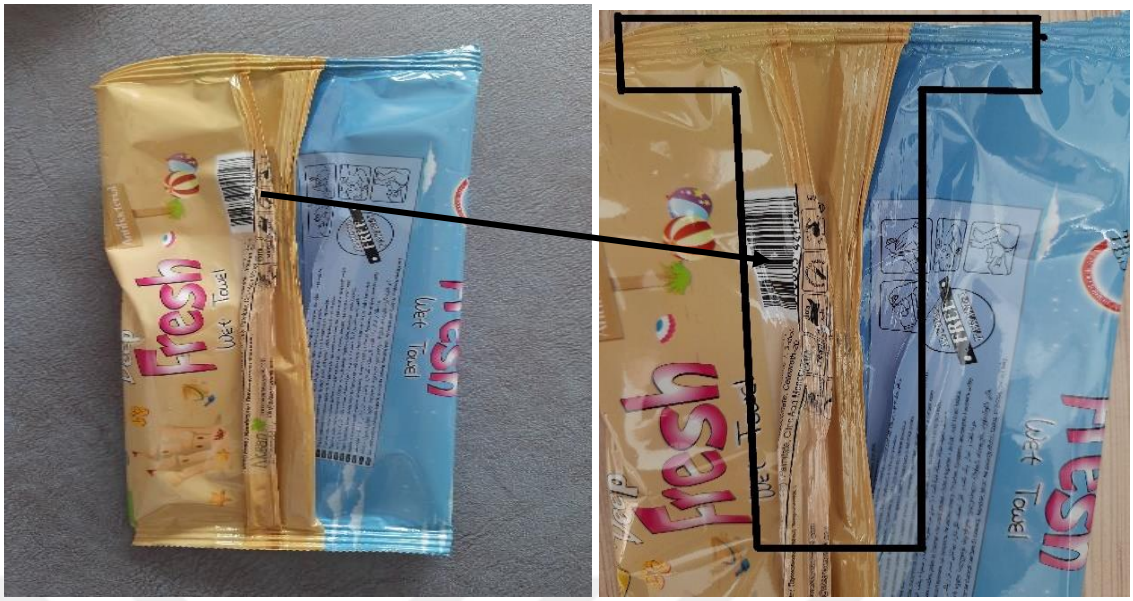
Yapılan gözle muayene sonucunda çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemelerinin basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 saniye) sabit tutularak 120°C eleman (çene) sıcaklığının birleşme için yeterli olmadığı ve ambalajın kolaylıkla birleşme yerlerinden ayrıldığı tespit edilmiştir. 180°C eleman (çene) sıcaklığında ise birleşmenin olduğu fakat polimer ambalajların birleşme yüzeylerinde kırışıklıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı 120°C ve 180°C'lerdeki eleman (çene) sıcaklıklarının polimer ambalaj filmini birleştirme işlemi için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Sabit basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresinde (0.6 saniye) en uygun kenar birleştirmesi, eleman (çene) sıcaklığı 150°C seçildiğinde elde edilmiştir.



Şekil 5.1: PE/PET ambalaj, 120°C sıcaklık uygulaması .



Şekil 5.2: PE/PET ambalajın, 150°C sıcaklık uygulaması.- PE/PET ambalaj olması gereken birleşme kalitesi.



Şekil 5.3: PE/PET ambalajın, 180°C sıcaklık uygulaması.- PE/PET ambalaj olmaması gereken birleşme kalitesi.

5.2.2. LDPE ambalaj film birleştirme sonuçları

Şekil 5.4'de LDPE polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresi (0.75 saniye) sabit tutularak 110°C eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (LDPE-1-Alt-110), üst ve yan (LDPE-1-Yan-110) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Polimer ambalajın birleştirme kenarları gözle muayene edildiğinde tam bir birleşmenin meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, 110°C eleman (çene) sıcaklığının yeterli olmadığını göstermektedir.

Şekil 5.5'de LDPE polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresi (0.75 saniye) sabit tutularak 120°C eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (LDPE-1-Alt-120), üst ve yan (LDPE-1-Yan-120) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Yapılan gözle muayenede birleştirme kenarlarının istenilen görsel niteliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, 120°C eleman (çene) sıcaklığının yeterli olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.6'da LDPE polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresi (0.75 saniye) sabit tutularak 130°C eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (LDPE-1-Alt-130), üst ve yan (LDPE-1-Yan-130) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Yapılan gözle muayenede birleştirme kenarlarının yüksek eleman (çene) sıcaklığı nedeniyle birleştirme kenarlarında kırışıklıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca polimer ambalaj film kenarları sıcak elemana (çeneye) yapışmış ve kısmı polimer ambalaj kenar kopmasına sebep olmuştur. Bu sebepten dolayı 130°C eleman (çene) sıcaklığının polimer ambalaj filmini birleştirme için yüksek değerde olduğun göstermektedir.

Yapılan gözle muayene sonucunda LDPE polimer ambalaj film malzemelerinin basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresi (0.75 saniye) sabit tutularak 110°C eleman (çene) sıcaklığının birleşme için yeterli olmadığı ve ambalajın kolaylıkla birleşme yerlerinden ayrıldığı tespit edilmiştir. 130°C eleman (çene) sıcaklığında ise birleşmenin olduğu fakat polimer ambalajların birleşme yüzeylerinde kırışıklıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı 110°C ve 130°C'lerdeki eleman (çene) sıcaklıklarının polimer ambalaj filmini birleştirme işlemi için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Sabit basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresinde (0.75 saniye) en uygun kenar birleştirmesi, eleman (çene) sıcaklığı 150°C seçildiğinde elde edilmiştir.



Şekil 5.4 : LDPE ambalaj, 110°C sıcaklık uygulaması.



Şekil 5.5 : LDPE ambalaj, 120°C sıcaklık uygulaması.



Şekil 5.6 : LDPE ambalaj, 130°C sıcaklık uygulaması.



Şekil 5.7: LDPE ambalaj birleşme kırışıklıkları. - LDPE ambalaj olması gereken birleşme bölgeleri noktası.

5.2.3. PP ambalaj film birleştirme sonuçları

Şekil 5.8'de PP polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.65 saniye) sabit tutularak 90°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (PP-1-Alt-90), üst ve yan (PP-1-Yan-90) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Şekildeki polimer ambalajda görüldüğü gibi alt, üst ve yan kenar birleştirmeleri düzgün olmayıp, kırışık bir görünüm arz etmektedir. Birleştirme kenarları gözle muayene edildiğinde tam bir birleşmenin meydana gelmediği tespit edilmiştir. Bu sonuç, 90°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının yeterli olmadığını göstermektedir.

Şekil 5.9'da PP polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.65 saniye) sabit tutularak 125°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (PP-1-Alt-125), üst ve yan (PP-1-Yan-125) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Yapılan gözle muayenede birleştirme kenarlarının istenilen görsel niteliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, 125°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının yeterli olduğunu göstermektedir.

Şekil 5.10'da PP polimer ambalaj film malzemelerinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.65 saniye) sabit tutularak 135°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen numunelerin alt (PP-1-

Alt-135), üst ve yan (PP-1-Yan-135) birleştirme kenarları gösterilmektedir. Yapılan gözle muayenede birleştirme kenarlarının karşılıklı yüksek eleman (çene) sıcaklığı nedeniyle birleştirme kenarlarında kırışıklıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca polimer ambalaj film kenarları karşılıklı sıcak elemana (çeneye) yapışmış ve kısmı polimer ambalaj kenar kopmasına sebep olmuştur. Bu sebepten dolayı 135°C eleman (çene) sıcaklığının polimer ambalaj filmini birleştirme için yüksek değerde olduğun göstermektedir.

Yapılan gözle muayene sonucunda çift katlı PP polimer ambalaj film malzemelerinin basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.65 saniye) sabit tutularak 90° eleman (çene) sıcaklığının birleşme için yeterli olmadığı ve ambalajın kolaylıkla birleşme yerlerinden ayrıldığı tespit edilmiştir. 135°C eleman (çene) sıcaklığında ise birleşmenin olduğu fakat polimer ambalajların birleşme yüzeylerinde kırışıklıkların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı 90°C ve 135°C'lerdeki eleman (çene) sıcaklıklarının polimer ambalaj filmini birleştirme işlemi için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Sabit basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresinde (0.65 saniye) en uygun kenar birleştirmesi, eleman (çene) sıcaklığı 125°C seçildiğinde elde edilmiştir.



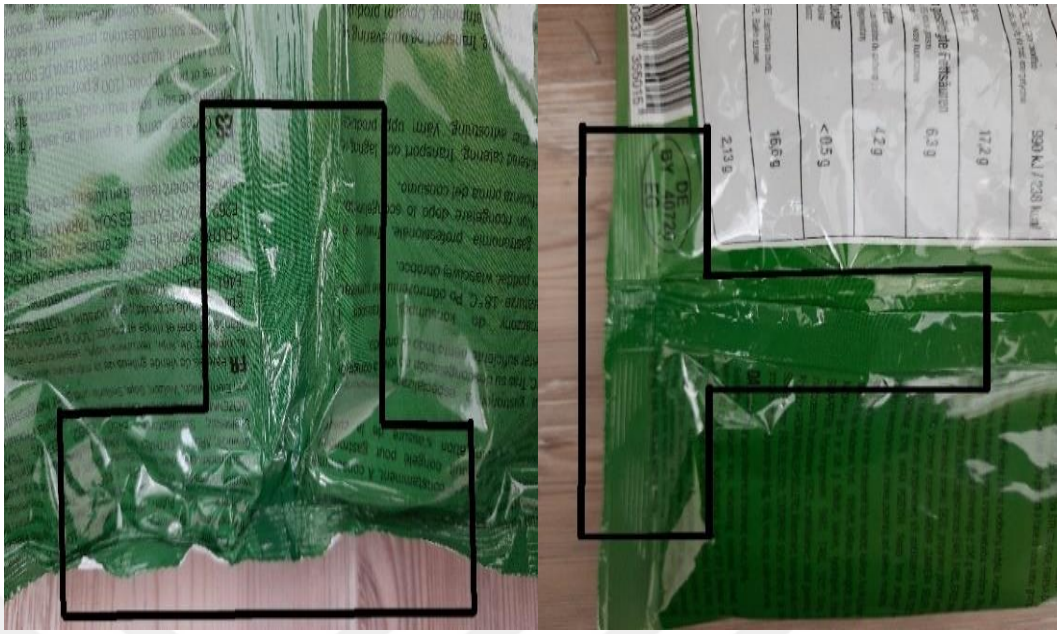
Şekil 5.8: PP ambalaj, 90°C sıcaklık uygulaması.



Şekil 5.9: PP ambalaj, 125°C sıcaklık uygulaması.



Şekil 5.10: PP ambalaj, 135°C sıcaklık uygulaması.



Şekil 5.11: PP ambalaj birleştirme noktası kırışıklıkları PP ambalaj olması gereken birleştirme noktaları.

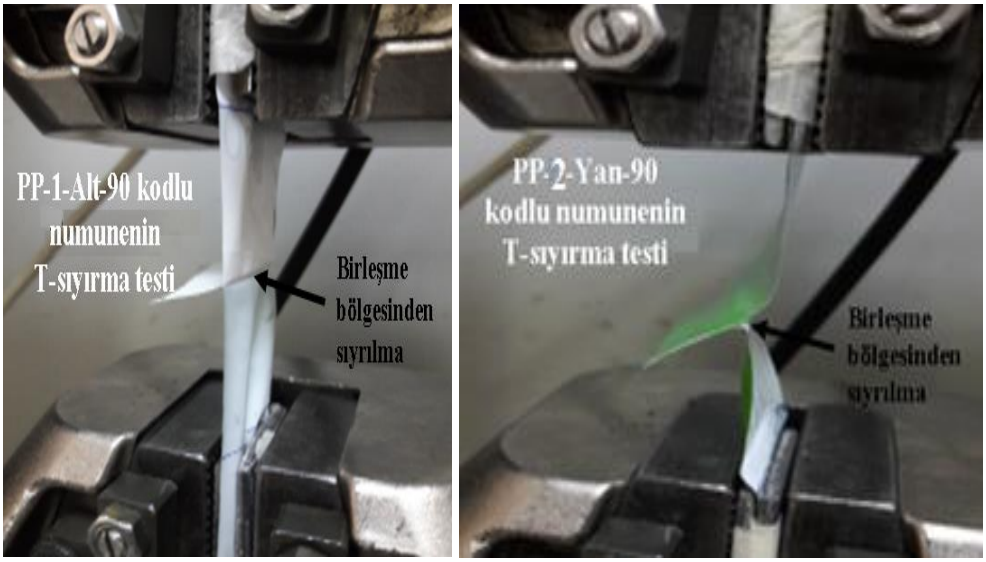
5.3. T- Sıyırma Test Sonuçları

5.3.1. PP ambalaj filmi yan ve alt kenar birleştirme sonuçları

PP polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniği kullanılarak basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.65 s) sabit tutulup 90°C, 125°C ve 135°C olmak üzere üç farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirme işlemi gerçekleştirlmiştir. T-sıyırma test sonuçları, bu üç farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı dikkate alınarak ayrı ayrı irdelenmiştir.

5.3.1.1. Eleman (çene) sıcaklığı 90°C

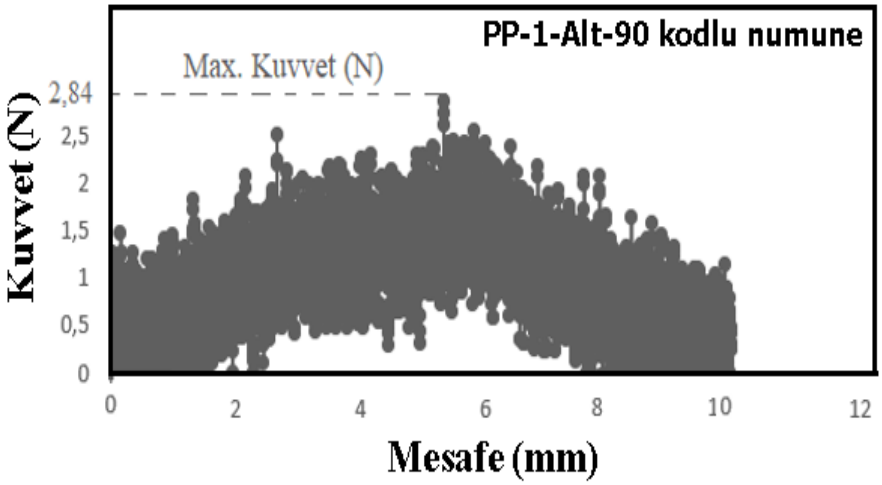
Şekil 5.12'de PP polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle basma kuvveti ve bekleme süresi sabit tutularak, 90°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen PP-1-Alt-90 ve PP-2-Yan-90 kodlu numunelerin T-sıyırma deneyi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere PP-1-Alt-90 ve PP-2-Yan-90 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 90°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.



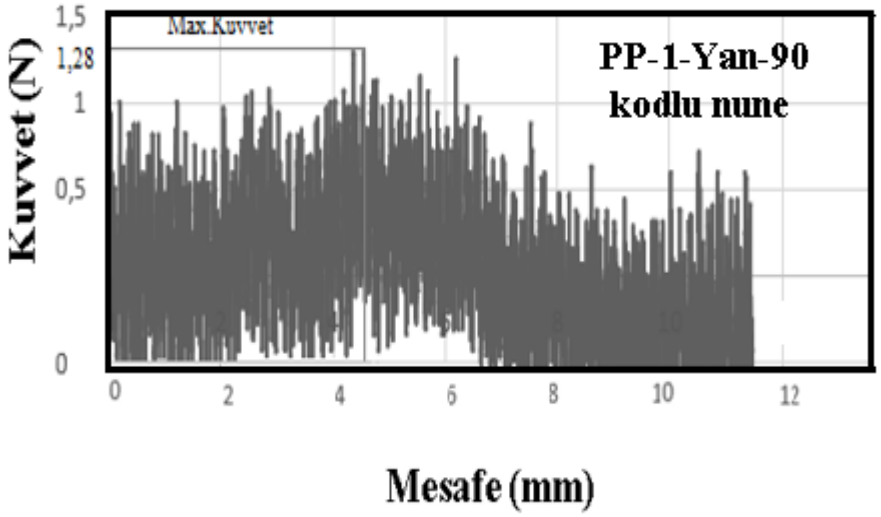
(a) (b)

Şekil 5.12: (a) PP-1-Alt-90 ve (b) PP-2-Yan-90 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.13'de PP-1-Alt-90 kodlu ve 5.14'de de PP-2-Yan-90 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen "kuvvet – mesafe eğrileri" gösterilmektedir. Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında, PP-1-Alt-90 kodlu numuneden elde edilen maksimum sıyırma kuvvetinin 2.84 N ve PP-2-Yan-90 kodlu numunenin ise 1.84 N olduğu görülmüştür. Oldukça düşük bir sıyırma kuvveti elde edilmiştir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında, 90°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için uygun bir değer olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.13: PP-1-Alt-90 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.14: PP-2-Yan-90 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.1.2. Eleman (çene) sıcaklığı 125°C

Şekil 5.15'de PP polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 125°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen PP-3-Alt-125 ve PP-4-Yan-125 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere PP-3-Alt-125 ve PP-4-Yan-125 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 125°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının istenilen niteliklere sahip bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.

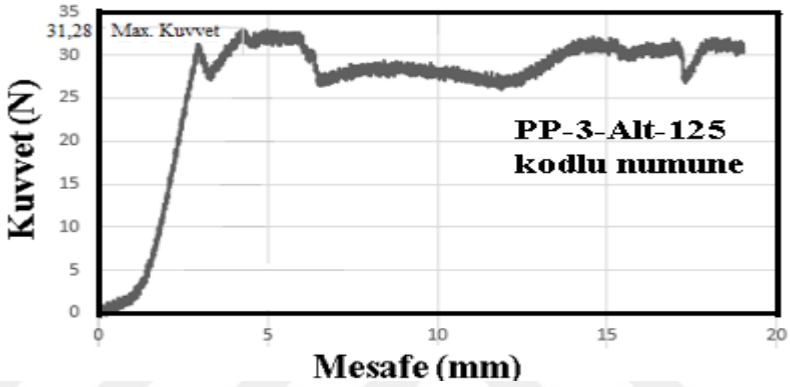


(a) (b)

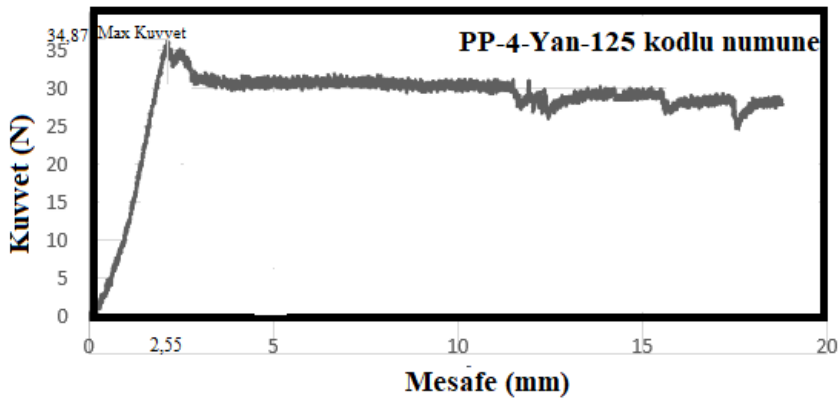
Şekil 5.15: (a) PP-3-Alt-125 ve (b) PP-4-Yan-125 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi

Şekil 5.16'de PP-3-Alt-125 kodlu ve 5.17'da da PP-4-Yan-125 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir.

Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında PP-3-Alt-125 kodlu numuneden elde edilen maksimum sıyırma kuvvetin 31.28 N ve PP-4-Yan-125 kodlu numunenin ise 34.87 N olduğu görülmüştür. Bu sıyırma kuvvetleri karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı, 90°C'ye göre oldukça yüksektir. Fakat karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı135°C seçilerek birleştirilen numunelerden elde edilen sıyırma kuvvetine göre ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.16: PP-3-Alt-125 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.17: PP-4-Yan-125 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.1.3. Eleman (çene) sıcaklığı 135°C

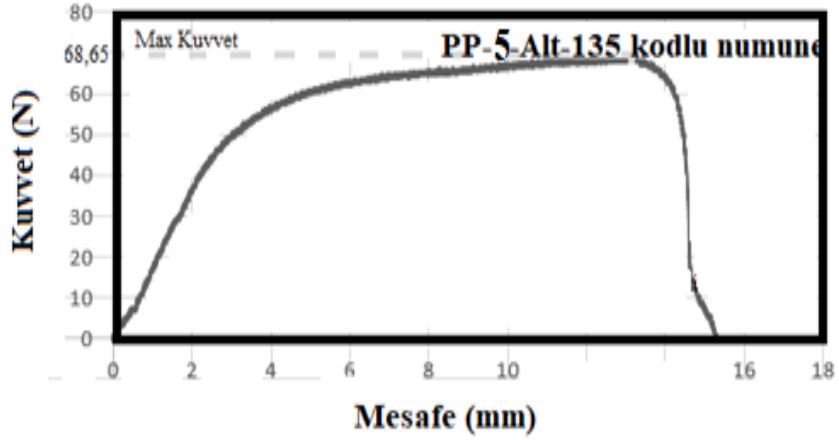
Şekil 5.18'de PP polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 135°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen PP-5-Alt-135 ve PP-6-Yan-135 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi PP-5-Alt-135 ve PP-6-Yan-135 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 135°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının istenilen niteliklere sahip bir birleştirme meydana getirdiğini göstermektedir.



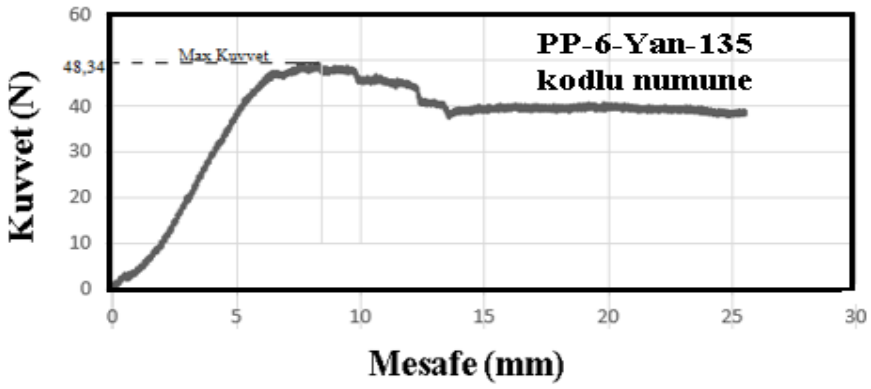
(a) (b)

Şekil 5.18: (a) PP-5-Alt-135 ve (b) PP-6-Yan-135 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.19'de PP-5-Alt-135 kodlu ve 5.20'da da PP-6-Yan-135 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet –mesafe eğrileri gösterilmektedir. Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında PP-5-Alt-135 kodlu numuneden elde edilen maksimum kuvvetin 68.65 N ve PP-6-Yan-135 kodlu numunenin ise 48.34 N olduğu görülmüştür. Diğer numunelere göre oldukça yüksek bir sıyırma kuvveti elde edilmiştir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında, 135°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için en uygun bir değer olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.19: PP-5-Alt-135 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.20: PP-6-Yan-135 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.2. Çift katlı PE/PET ambalaj filmi yan ve alt kenar birleştirme sonuçları

Çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniği kullanılarak basma kuvveti (235 kgf) ve bekleme süresi (0.6 s) sabit tutulup 120°C, 150°C ve 180°C olmak üzere üç farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirme işlemi gerçekleştirlmiştir. T-sıyırma test sonuçları, bu üç farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı dikkate alınarak ayrı ayrı irdelenmiştir.

5.3.2.1. Eleman (çene) sıcaklığı 120°C

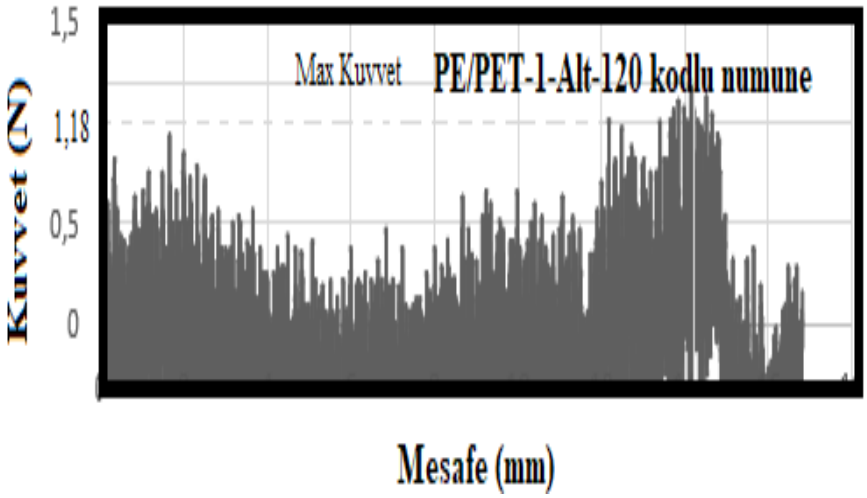
Şekil 5.21'de çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 120°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen PE/PET-1-Alt-120 ve PE/PET-2-Yan-120 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi PE/PET-1-Alt-120 ve PE/PET-2-Yan-120 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 120°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.



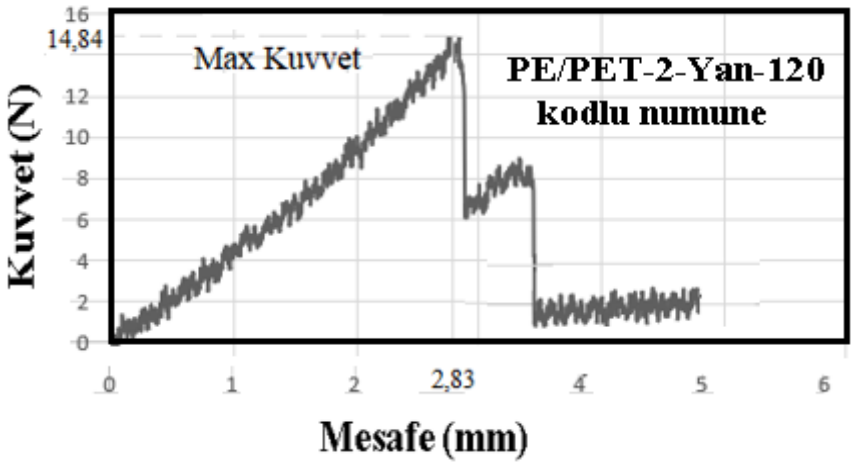
(a) (b)

Şekil 5. 21: (a) PE/PET-1-Alt-120 ve (b) PE/PET-2-Yan-120 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.22'de PE/PET-1-Alt-120 kodlu ve 5.23'de de PE/PET-2-Yan-120 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir. Kuvvet - mesafe eğrileri dikkate alındığında, PE/PET-1-Alt-120 kodlu numuneden elde edilen maksimum sıyırma kuvvetinin 1.18 N ve PE/PET-2-Yan-120 kodlu numunenin ise 14.84 N olduğu görülmüştür. Oldukça düşük bir sıyırma kuvveti elde edilmiştir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında, 120°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için uygun bir değer olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.22: PE/PET-1-Alt-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.23: PE/PET-2-Yan-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.2.2. Eleman (çene) sıcaklığı 150°C

Şekil 5.24'de çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 150°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen PE/PET-3-Alt-150 ve PE/PET-4-Yan-150 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir.

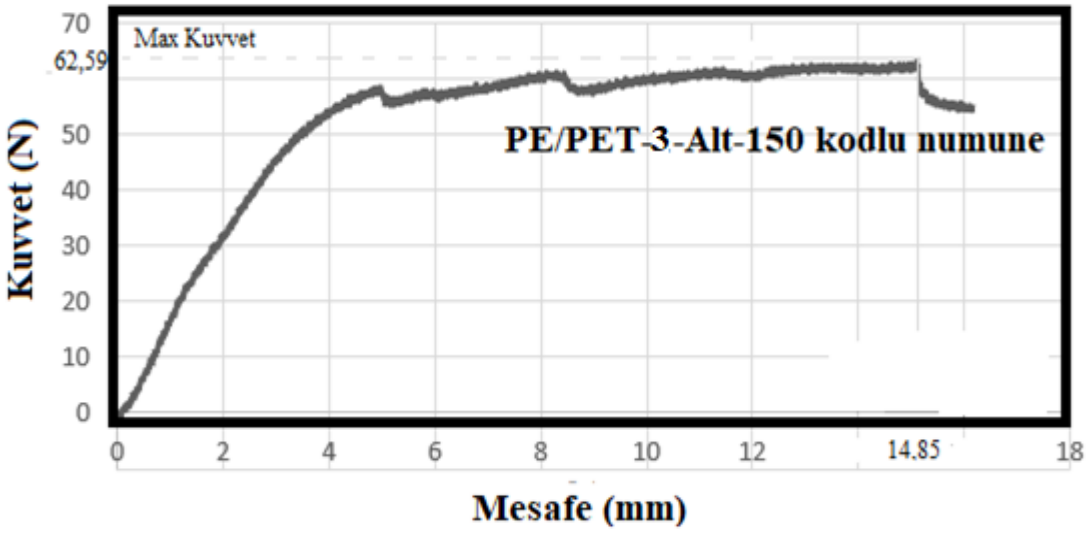
Şekilden de görüleceği gibi PE/PET-3-Alt-150 ve PE/PET-4-Yan-150 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 150°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.



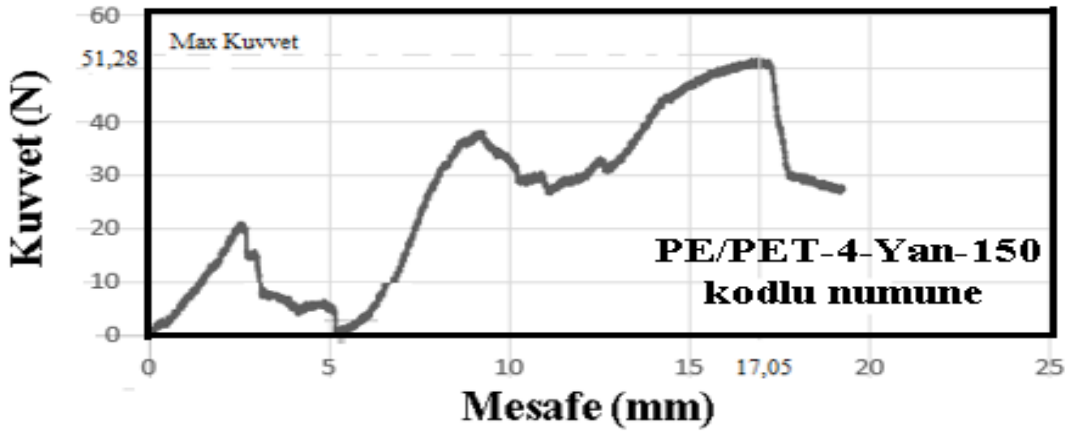
(a) (b)

Şekil 5.24: (a) PE/PET-3-Alt-150 ve (b) PE/PET-4-Yan-150 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.25'de PE/PET-3-Alt-150 kodlu ve 5.26'de de PE/PET-4-Yan-150 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir. Kuvvet- mesafe eğrileri dikkate alındığında PE/PET-3-Alt-150 kodlu numuneden elde edilen maksimum kuvvetin 62.59 N ve PE/PET-4-Yan-150 kodlu numunenin ise 51.28 N olduğu görülmüştür. Maksimum sıyırma kuvvet değerleri karşılıklı sıcak eleman sıcaklığı 120°C ve 180°C olarak seçilen numunelerden oldukça yüksektir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında, 150°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için uygun bir değer olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.25: PE/PET-3-Alt-150 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.26: PE/PET-4-Yan-150 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.2.3. Eleman (çene) sıcaklığı 180°C

Şekil 5.27'da çift katlı PE/PET polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 180°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen PE/PET-5-Alt-180 ve PE/PET-6-Yan-180 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir.

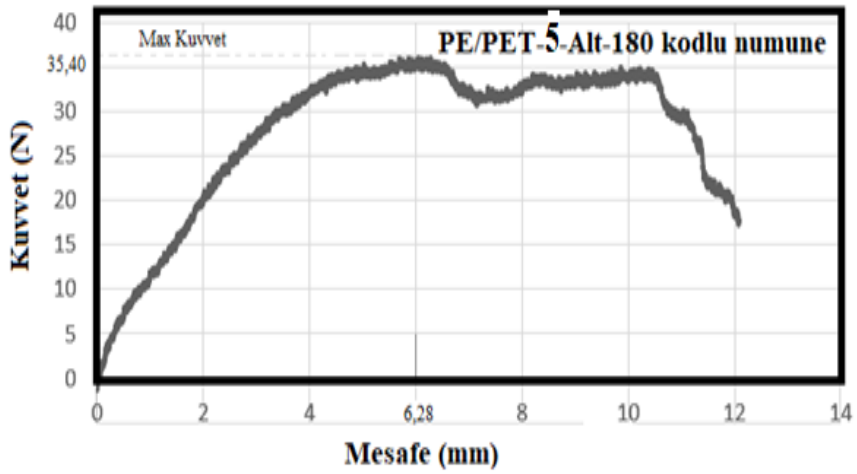
Şekilden de görüleceği üzere PE/PET-5-Alt-180 ve PE/PET-6-Yan-180 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 180°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.



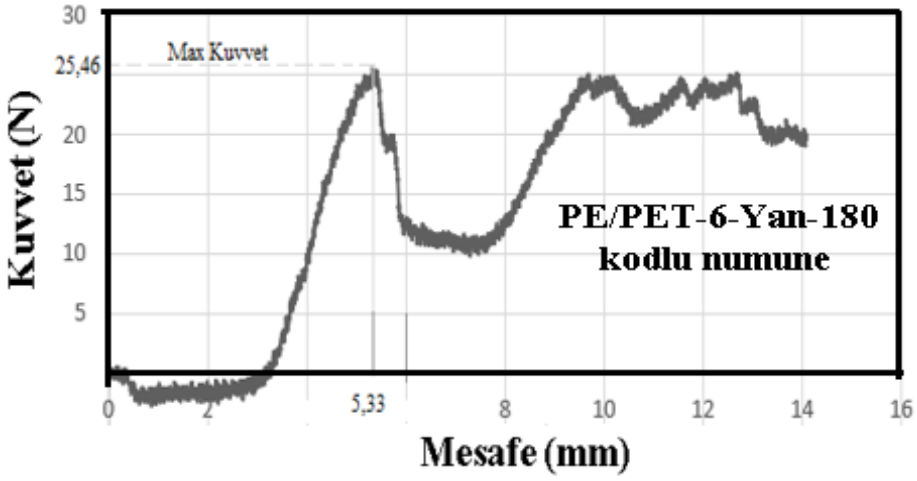
(a) (b)

Şekil 5.27: (a) PE/PET-5-Alt-180 ve (b) PE/PET-6-Yan-180 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.28'de PE/PET-5-Alt-180 kodlu ve 5.29'de de PE/PET-6-Yan-180 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir. Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında PE/PET-5-Alt-180 kodlu numuneden elde edilen maksimum kuvvetin 35.40 N ve PE/PET-6-Yan-180 kodlu numunenin ise 25.46 N olduğu görülmüştür. Karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı 120°C ile birleştirilen numunelerden yüksek, 150°C sıcaklıkta birleştirilen numunelerden ise düşük bir sıyırma kuvveti elde edilmiştir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında ve gözle muayene sonuçlarına bakıldığında, 180°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için uygun bir değer olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.28: PE/PET-5-Alt-180 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



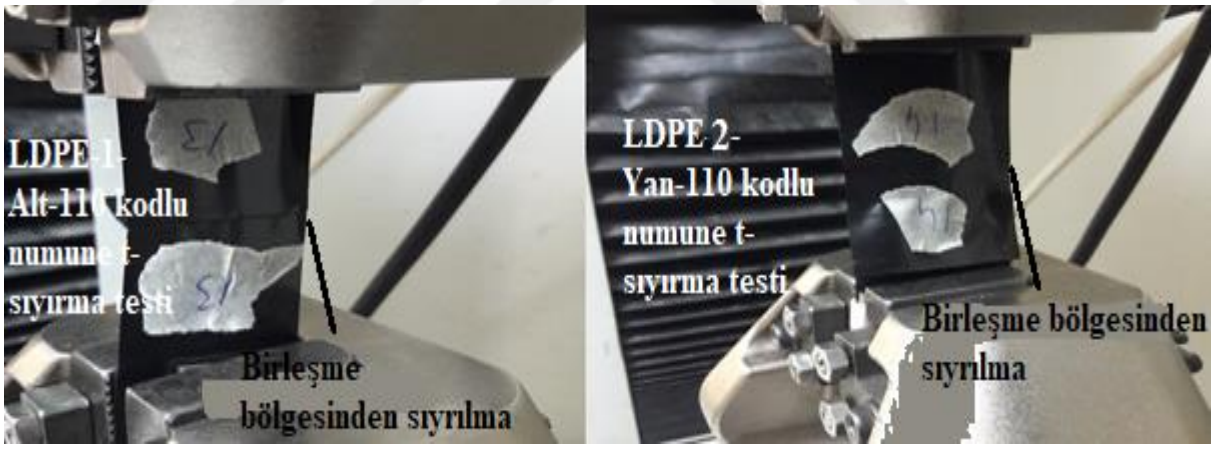
Şekil 5.29: PE/PET-6-Yan-180 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.3. LDPE ambalaj filmi yan ve alt kenar birleştirme sonuçları

LDPE polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme tekniği kullanılarak basma kuvveti (471 kgf) ve bekleme süresi (0.75 s) sabit tutulup 110°C, 120°C ve 130°C olmak üzere üç farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirme işlemi gerçekleştirlmiştir. T-sıyırma test sonuçları, bu üç farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı dikkate alınarak ayrı ayrı irdelenmiştir.

5.3.3.1. Eleman (çene) sıcaklığı 110°C

Şekil 5.30'da LDPE polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 110°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen LDPE-1-Alt-110 ve LDPE-2-Yan-110 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere, LDPE-1-Alt-110 ve LDPE-2-Yan-110 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 110°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.

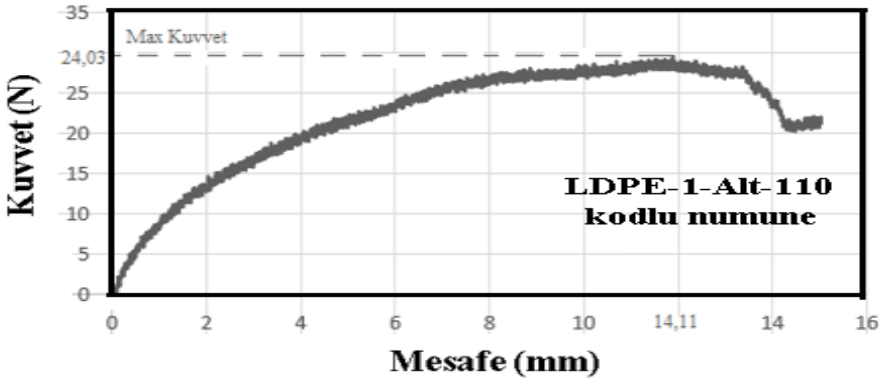


(a) (b)

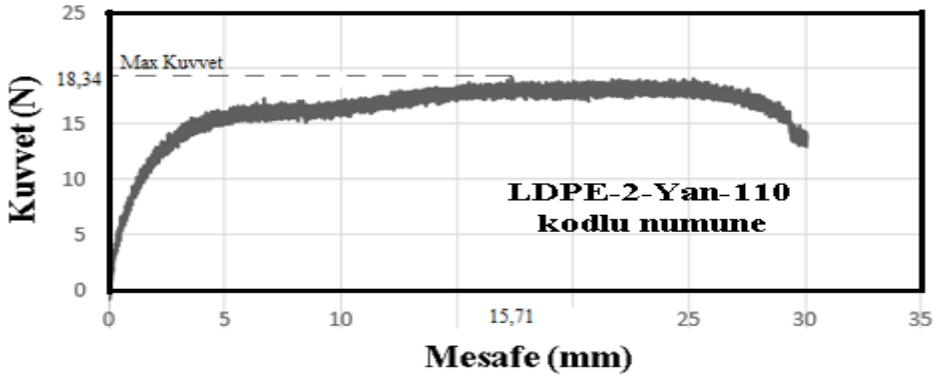
Şekil 5.30: (a) LDPE-1-Alt-110 ve (b) LDPE-2-Yan-110 kodlu numunelerin T-sıyırma deneyi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.31'da LDPE-1-Alt-110 kodlu ve 5.32'de de LDPE-2-Yan-110 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir. Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında LDPE-1-Alt-110 kodlu numuneden elde edilen maksimum sıyırma kuvvetinin 24.03 N ve LDPE-2-Yan-110 kodlu numunenin ise 18.34 N olduğu görülmüştür. Oldukça düşük bir sıyırma kuvveti elde edilmiştir.

Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında, 110°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için uygun bir değer olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.31: LDPE-1-Alt-110 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.32: LDPE-2-Yan-110 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.3.2. Eleman (çene) sıcaklığı 120°C

Şekil 5.33'de LDPE polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 120°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen LDPE-3-Alt-120 ve LDPE-4-Yan-120 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi, LDPE-3-Alt-120 ve LDPE-4-Yan-120 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 120°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.

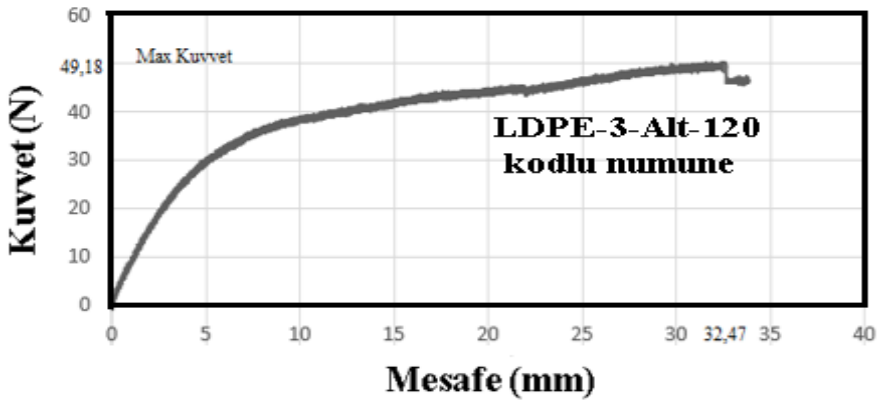


(a) (b)

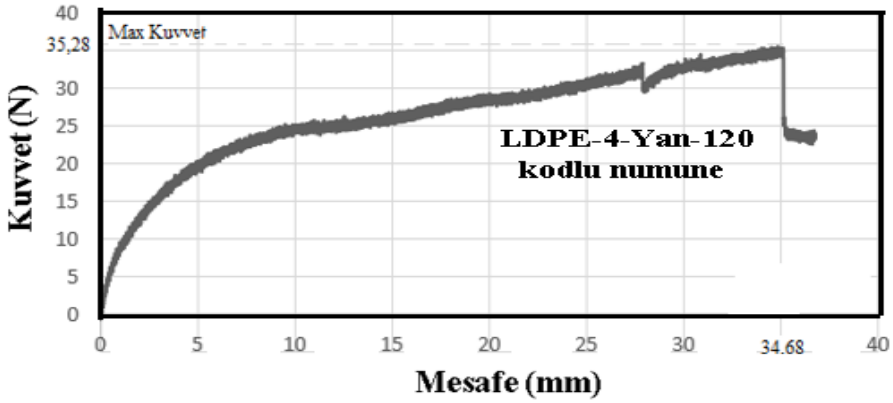
Şekil 5.33: (a) LDPE-3-Alt-120 ve (b) LDPE-4-Yan-120 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.34'de LDPE-3-Alt-120 kodlu ve 5.35'da da LDPE-4-Yan-120 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir.

Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında LDPE-3-Alt-120 kodlu numuneden elde edilen maksimum sıyırma kuvvetinin 49.18 N ve LDPE-4-Yan-120 kodlu numunenin ise 35.28 N olduğu görülmüştür. Oldukça yüksek bir sıyırma kuvveti elde edilmiştir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında ve gözle muayene sonuçları değerlendirildiğinde, 120°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için en uygun bir değer olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.34: LDPE-3-Alt-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.35: LDPE-4-Yan-120 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.3.3. Eleman (çene) sıcaklığı 130°C

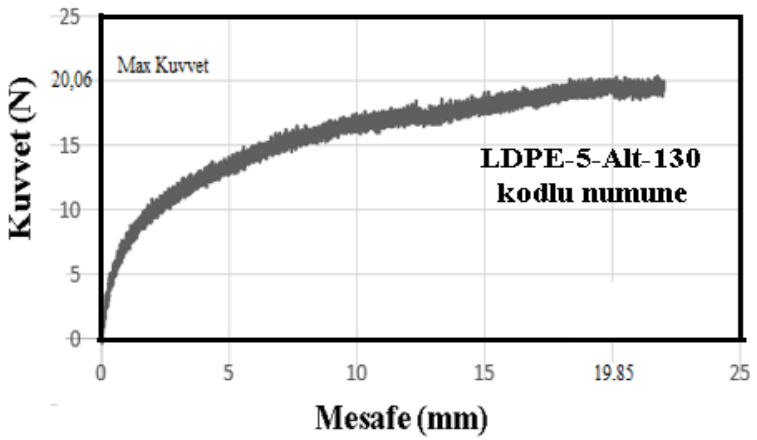
Şekil 5.36'de LDPE polimer ambalaj film malzemesinin karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle 130°C karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı kullanılarak birleştirilen LDPE-5-Alt-130 ve LDPE-6-Yan-130 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi LDPE-5-Alt-130 ve LDPE-6-Yan-130 kodlu T-sıyırma numuneleri, birleşme bölgesinden sıyrılarak hasara uğramıştır. Bu durum, 130°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının sağlıklı bir birleştirme meydana getirmediğini göstermektedir.



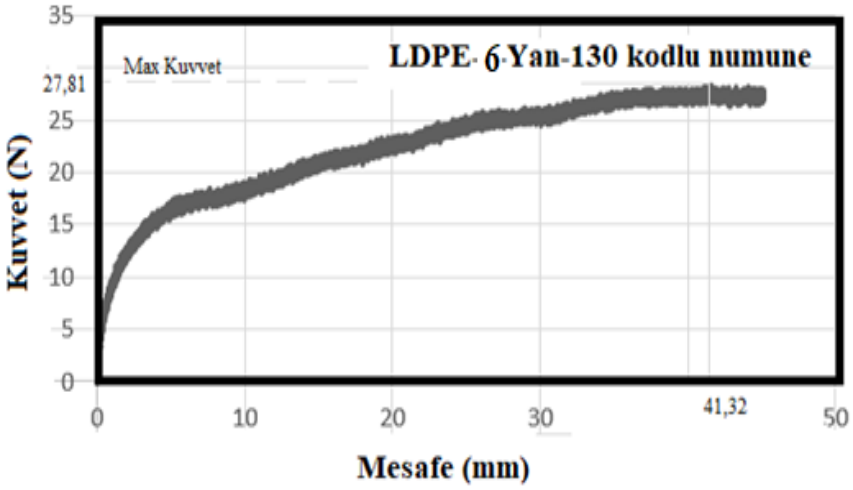
(a) (b)

Şekil 5.36: (a) LDPE-5-Alt-130 ve (b) LDPE-6-Yan-130 kodlu numunelerin T-sıyırma testi esnasındaki sıyırma bölgesi.

Şekil 5.37'da LDPE-5-Alt-130 kodlu ve 5.38'de de LDPE-6-Yan-130 kodlu numunelere uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrileri gösterilmektedir. Kuvvet-mesafe eğrileri dikkate alındığında LDPE-5-Alt-130 kodlu numuneden elde edilen maksimum kuvvetin 20.06 N ve LDPE-6-Yan-130 kodlu numunenin ise 27.81 N olduğu görülmüştür. 120°C karşılıklı sıcak eleman sıcaklığında birleştirilen numunelerden elde edilen sıyırma kuvvet değerleriyle karşılaştırıldığında 130°C sıcaklıkta birleştirilen numunelerin sıyırma kuvvetinin daha düşük olduğu görülmektedir. Bu sıyırma kuvvetleri dikkate alındığında ve gözle muayene sonuçları değerlendirildiğinde 130°C olarak seçilen karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleştirme mukavemeti için uygun bir değer olmadığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.37: LDPE-5-Alt-130 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.



Şekil 5.38: LDPE-6-Yan-130 kodlu numuneye uygulanan T-Sıyırma testi sonucu elde edilen kuvvet – mesafe eğrisi.

5.3.4. T-Sıyırma Testi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 5.1'de karşılıklı sıcak eleman temaslı teknikle çift katlı PE/PET, PP ve LDPE polimer ambalaj filmlerin farklı karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklıkları kullanılarak alt ve yan kenarları birleştirilen numunelerin, T-sıyırma test sonuçlarında elde edilen maksimum sıyırma kuvvet değerleri karşılaştırılmıştır.

Tabloda da görüleceği gibi PP polimer ambalaj filmlerin gerek alt gerekse yan kenar birleştirmelerinde karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı 90°C seçildiğinde, maksimum sıyırma kuvveti en düşük, 135°C seçildiğinde ise en yüksek değerlere ulaşılmıştır.

Çift katlı PE/PET polimer ambalaj filmlerin gerek alt gerekse yan kenar birleştirmelerinde karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı 120°C seçildiğinde, maksimum sıyırma kuvveti en düşük, 150°C seçildiğinde ise en yüksek değerlere ulaşılmıştır.

LDPE polimer ambalaj filmlerin gerek alt gerekse yan kenar birleştirmelerinde karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığı 110°C seçildiğinde, maksimum sıyırma kuvveti en düşük, 120°C seçildiğinde ise en yüksek değerlere ulaşılmıştır.

Elde edilen T-sıyırma testi maksimum sıyırma kuvveti sonuçlarının gözle muayene sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir

Tablo 5.1: T-sıyırma test sonuçlarında elde edilen maksimum sıyırma kuvvet değerleri.

Numune kodu	Polimer ambalaj film türü	Max. Sıyırma Kuvveti (N)	Max. Sıyırma Kuvvetindeki Mesafe (mm)
PP-1-Alt - 90	Polipropilen (PP)	2,84	5,33
PP-2-Yan -90		1,28	4,36
PP-3-Alt-125		31,28	7,82
PP-4-Yan-125		34,87	2,55
PP-5-Alt-135		68,65	13,29
PP-6-Yan-135		48,34	2,93
PE/PET-1-Alt-120	Çift katlı Polietilen/ Polietilen Teraflat (PE/PET)	1,18	15,36
PE/PET-2-Yan-120		14,84	2,83
PE/PET-3-Alt-150		62,59	14,85
PE/PET-4-Yan-150		51,28	17,05
PE/PET-5-Alt-180		35,40	6,28
PE/PET-6-Yan-180		25,46	5,33
LDPE-1-Alt-110	Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE)	24,03	14,11
LDPE-2-Yan-110		18,34	15,71
LDPE-3-Alt-120		49,18	32,42
LDPE-4-Yan-120		35,28	34,68
LDPE-5-Alt-130		20,06	19,85
LDPE-6-Yan-130		27,81	41,32

BÖLÜM 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1. Genel Sonuçlar

Kademeli dikey paketleme makinası üzerinde çeşitli yenilikler yapılarak, sürekli dikey paketleme makinası olarak adlandırılan makine tasarımının yapıldığı ve makinayla kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" tekniği kullanılarak PP, LDPE, çift katlı PE/PET polimer ambalaj filmlerinin alt ve yan kenar birleştirme kalitesine, karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının etkisinin incelendiği bu çalışmada, elde edilen genel sonuçlar şunlardır:

1- Kademeli dikey paketleme makinası üzerinde dur kalklı hareket eden ambalaj birleştirme çeneleri ve ambalaj rulosu gerginlik ayarlama mekanizması üzerinde yenilikler yapılarak, sürekli hareketle ambalajlama yapabilen ve sürekli dikey paketleme makinası olarak adlandırılan makine tasarımı yapılmış ve başarıyla imal edilerek çalıştırılmıştır.

2- Kademeli dikey paketleme makinasının ortalama ambalajlama kapasitesi 12-20 adet/dakika iken, geliştirilerek edilerek imal edilen sürekli dikey paketleme makinasında çift katlı PE/PET polimer ambalajları için 90-100 adet/dakika, LDPE polimer ambalajları için 70-80 adet/dakika ve PP polimer ambalajlama için 80-90 adet/dakika kapasiteye ulaşılmıştır. Tasarlanıp imal edilen sürekli dikey paketleme makinasıyla yapılan polimer ambalaj paketleme kapasitesi artmıştır.

3- Kademeli dikey paketleme makinasında yapılan yenilikler sayesinde, imal edilen sürekli dikey paketleme makinasının yüksek kapasitede çalışmasından dolayı üretim zamanı azaltılmış ve makine daha kısa süre çalışarak daha fazla ambalajlama yapmıştır. Bu sayede enerji tasarrufu da sağlanmıştır.

4- Sürekli dikey paketleme makinasıyla kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" düzeneğinin kullanılmasıyla birleştirilen PP, LDPE, çift katlı

PE/ PET polimer ambalaj filmelerinin birleştirme kalitesine karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının büyük oranda etki ettiği tespit edilmiştir.

5- Görsel muayene ve T-sıyırma testi sonucunda, bekleme süresi (0.6 saniye) ve basma kuvveti (235 kg.f) sabit, PP polimer ambalaj filmi için en uygun karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleşme bölgeleri görsel kalitesi ve kuvvet mesafe diyagramı göz önün bulundurularak 135°C ve çift katlı PE/PET polimer ambalaj filmi için ise 150°C olduğu tespit edilmiştir. LDPE polimer ambalaj filmi için bekleme süresi (0.75 saniye) ve basma kuvveti (471 kgf) sabit, en uygun karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklığının birleşme bölgeleri görsel kalitesi ve kuvvet mesafe diyagramı göz önün bulundurularak 120°C olduğu belirlenmiştir.

6- Düşük karşılıklı sıcak eleman (çene) sıcaklıklarında kenar birleşmesinin meydana gelmediği, yüksek sıcaklıklarda da kenarlarda kırışıklık veya buruşukluğun oluştuğu ve karşılıklı sıcak elemanlara (çenelere) film kenarlarının yapışarak kopmasına neden olduğu gözlemlenmiştir.

6.2. Öneriler

Yapılan bu çalışma sonucunda öneri olarak düşünülen fikirler şunlardır:

1- Sürekli dikey paketleme makinasının sıvı ürünlerin ambalajlanmasına uygun bir tasarımı yapılabilir.

2- Sürekli dikey paketleme makinasıyla kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" tekniği kullanılarak PP, LDPE, çift katlı PE/PET polimer ambalaj filmlerinin birleştirilmesinde basma kuvveti ve bekleme süresi değiştirilerek deneysel çalışma yapılabilir.

3- Sürekli dikey paketleme makinasıyla kombine çalışan "karşılıklı sıcak eleman temaslı birleştirme" tekniği kullanılarak, PVC (Polivinilklorür), OPP (Orient Propilen) ve biyoçözünür özelliğe sahip polimer ambalaj film malzemelerinin kenar birleştirmeleri yapılarak, sıyırma mukavemetleri incelenebilir.

4- Gıda ürünleri paketleme işlemi yapılan paketleme makinalarında ambalaj içerisine ürün ile birlikte gıda gazı olarak adlandırılan azot gazı doldurulur. Azot gazı, gıda paketlemede, öncelikle paket içindeki oksijen içeriğini düşürerek ürünün bozulmasına engel olmak için kullanılır. Ambalaj içerisine doldurulan gıda gazının ambalajın birleşme yüzeylerine etkisi üzerinde çalışma yapılabilir.

5- Sürekli dikey paketleme makinasında karşılıklı sıcak eleman sıcaklıkları, bu çalışmadakinden daha yakın değerlerde ısıtılarak polimer ambalaj numuneleri yeniden birleştirilip incelemeler yapılabilir.

6- Sürekli paketleme makinasında çalışma kolaylığı olması açısından görüntü işleme yöntemi kullanılarak makinada birleştirilen ambalajların yüzeylerinde meydana gelen ve istenilmeyen bozukluklar tespit edilebilir. Tespit edilen kusurlu ambalajlar, kusursuz ambalajların içerisinden ayrılabilecek şekilde yeni bir düzenleme yapılarak operatöre ve üretim kalitesine kolaylık sağlanabilir.

7- Sürekli dikey paketleme makinasında, birbirinden farklı gramajlarda (250 gr ve 500 gr gibi) operatör makine üzerindeki helezonu ve yakayı değiştirmek

zorundadır. Bu konu hakkında araştırma ve geliştirme yapılarak aynı helezon ve yaka ile aralıklı gramajların paketlenebilmesi konusunda araştırma yapılarak makina üzerinde yeniden düzenleme yapılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Gök, Batu, Telli, (2006), Akıllı Paketleme Teknolojisi , Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu

[2] İlhan, (2019), Sıcaklığa Duyarlı Poliüretan Bazlı Ambalaj Filmi Geliştirilmesi ve Taze Çilekte Uygulanması (Yüksek Lisans Tezi) Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi

[3] Balıkçıoğlu, Gören, Kıra, (2020), Bir Paketleme Makinesinde Kullanılan Ambalaj Kesici Mekanizmanın Bakım Süresine Etkisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye (Makale) Nisan-Haziran 2020 - Sayı: 699

[4] Paketleme Uygulamalarında Robotik, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt: 49 Sayı: 578 – (2014)

[5] Atakan, (2014), HÜ, Fen bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, (Yüksek Lisans Tezi) Ankara.

[6] Durusoy, Karababa, (2011), Plastik Gıda Ambalajları ve Sağlık Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı AD, İzmir, Türkiye. (Makale) TSK koruyucu hekimlik bülteni Cilt: 10 Sayı: 1

[7] Özden, Baygar, (2002), Farklı Paketleme Yöntemlerinin Marine Edilmiş Balıkların Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi, İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye (Makale) Yıl: 2003 Cilt: 27 Sayı: 4ISSN: 1300-0128 / 1303-6181 Sayfa Aralığı: 899- 906

[8] Batu, Kırmacı, (2006), Lokum Üretimi ve Sorunları, Mevlana Universitesi, Selçuklu, Konya (Derleme), Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2006-(3) 37-49

[9] Oruca , Kaya, (2018), Otomatik Paketleme Sisteminin Arıza/Tamir Bakım İşlemlerinde Verimlilik ve Tampon Stok, (Makale), Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergi Park, Yıl 2018, Sayfalar 823 - 838

[10] Taşkın, Demetgül, (2009), Bir Sıvı Dolum Tesisi Deney Setinin Uzaktan Erişimli Kontrolü- (Makale), Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic Cilt:12 Sayı: 1 s.35-41

[11] Url-4 < https://www.renasmakina.com/tablet-paketleme-makinalari> erişim tarihi 09.02.2021

[12] Panwar, Kakirde, Sharma, (2010), Reliability Analysis Of Tablet Packing Machine, Department of Mechanical Engineering

[13] Miao, Dai, Oing, (2014), The Analysis of Two-scale Packing Machine Control System North China Electric Power University,Baoding 071003,China

[14] Url-8 <https://www.renasmakina.com/vibrasyonlu-paketleme-makinalari> erişim tarihi 17.02.2021

[15] Aslanbay, Mehmet, (2006), Gıda Paketleme Makinelerinde Elavatörlü Ürün Besleme Sistemi Tasarımı, (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

[16] İlhan, (2019), Sıcaklığa Duyarlı Poliüretan Bazlı Ambalaj Filmi Geliştirilmesi ve Taze Çilekte Uygulanması, (Lisans Tezi) Hacettepe Üniversitesi

[17] Url-7 <http://www.maknart.com/tr/multihead-packaging-machine/> erişim tarihi 15.02.2021

[18] Yağırı, Mete, (2016), Proses azaltıcı kalıp tasarımında endüstriyel bir ürünün delme ve kılavuz çekme işlemlerinin nümerik model analizi, (Makale), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Dergi Park, Year 2017, Volume 21 , Issue 2, Pages 131 - 140

[19] İhracat Genel Müdürlüğü maden, metal ve orman ürünleri daire başkanlığı, Ambalaj Sektörü, Sektör Raporları (2021)

[20] Makine ve aksamları ihracatçılar birliği 2019 yılı Nisan ayı ihracat rakamları ve aksamları ihracatçılar birliği 2019 yılı nisan ayı ihracat rakamları

[21] Şekercioğlu, (2020), Rulman Ömürlerinde Güvenilirlik ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, DergiPark Volume 61 , Issue 700, Pages 198 - 207

[22] Hoppe, (2009), Flexible Packaging: Innovations and Developments, University of Wisconsin

[23] Kayır, (2010), Kılavuz kesici takımları ile AA5083 Malzemesinde Vida Açılmasında Matkap Delik Çapının Kesme Kuvvetlerine Etkisi, (Makale) Gazi Üniversitesi, Dergi Park Cilt 25, No 4, 671-679, 2010

[24] Şekercioğlu, (2020), Rulman Ömürlerinde Güvenilirlik ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi, DergiPark Volume 61 , Issue 700, Pages 127 - 150

[25] Yılmaz, (2019), Lazer kesim makinalarında kullanılan lazer kafası taşıyıcı köprü sisteminin optimum tasarımı, (Yüksek Lisans Tezi) Erbakan Üniversitesi Makina Mühendisliği

[26] Aydemir, (2017), Abkant preslerde büküm paremetrelerinin tespiti, (Yüksek Lisans Tezi) Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

[27] Kaya, (2010), AISI 304 ve AISI 430 paslanmaz çeliklerin TIG, MIG ve örtülü elektrot ark kaynağıyla birleştirilebilirliğinin araştırılması, (Makale), Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Yıl: 2010 Cilt: 25 Sayı: 3

[28] Url-13 < https://www.unityotomasyon.com.tr/3/gergi-kontrol-sistemleri.html> erişim tarihi 30.03.2021]

[29] Url-14 <https://metalavm.com/> erişim tarihi 05.04.2021

[30] Url-15 <http://www.plastik-ambalaj.com/tr/2012-02-17-15-08-38/119-plastik-ambalaja-makale/2249-ambalaj-ueretiminde-kullan-lan-plastik-filmler> erişim tarihi 15.04.2021

[31] Url-15 < https://www.foodelphi.com/cok-katli-ambalaj-malzemeleri-yrd-doc-dr-h-ali-gulec/> erişim tarihi 04.05.2021

[32] Url-14 < https://www.foodelphi.com/plastik-esasli-ambalajlar-muharrem-demir//> erişim tarihi 05.05.2021

[33] Uyanık, Çelikel, (2016), Paketleme Tekstillerinde Kullanılan Polipropilen Spunbond Yüzeylerin Hava Geçirgenliği ve Yırtılma Mukavemeti Üzerine Bir Araştırma Gaziantep Üniversitesi (Makale) Conference: 4. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu At: Bursa/Türkiye

[34] Padhye, (2015), Enhancing the performance of the T-peel test for thin and flexible adhered laminates (Makale) Review of Scientific Instruments Volume 87, Issue 8

[35] Çelik, Tümer**,** (2016)**,** Gıda Ambalajlamada Son Gelişmeler, (Makale) DergiPark Volume 14 , Issue 2, Pages 180 - 188