



**T. C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE PVC BORU ÜRETİMİ ANALİZİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burhan MANTAR
166401120

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi- İbrahim Timuçin İnce

Haziran – 2020



T. C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE PVC BORU ÜRETİMİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: **Burhan MANTAR**

KABUL VE ONAY

Makine Mühendisi Burhan MANTAR tarafından hazırlanan ‘Ekstrüzyon Yöntemi ile PVC Boru Üretimi Analizi’ başlıklı bu çalışma, savunma sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi- İbrahim Timuçin İnce

(Danışman)

Üye:

Üye:

Üye:

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi projesi olarak sunduğum “Ekstrüzyon Yöntemi ile PVC Boru Üretimi Analizi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurla doğrularım.

Burhan MANTAR

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin Yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

Burhan MANTAR

ÖZET

EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE PVC BORU ÜRETİMİNİN ANALİZİ

Burhan MANTAR

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Timuçin İNCE

Haziran 2020

Bu çalışmada ekstrüzyon makinesi ile PVC boru üretirken karşılaşılan hataları tespit edebilmek için üretim yapan bir fabrikada analiz yapılmıştır. Üretimin doğasında olan firelerin kategorileştirilmesi ve altı ay boyunca üretimin incelenmesi sağlanmıştır. Firelerin ayrı ayrı tutulması ve raporlanması sağlanmıştır. Otuz farklı fire sebepleri aylık tablolar halinde farklı makine ve çaplarda ortaya konmuştur. Tablolara göre hangi aylarda firelerin fazla çıktığı hangi aylarda azaldığı tespit edilebilmektedir. En çok fire verilen sebepler bulunup şirketin çözüm bulması gereken başlıca fire sebepleri ortaya çıkmıştır.

Plastiklerin en çok etkilendikleri ısının da üretime etkisi incelenmiştir. Hangi sıcaklık aralığında çalışılması gerektiği önce sahada yapılan ölçümler ile sonra da bu ölçümlerin minitab16 programında hesaplanmasıyla daha fazla deney sonucu oluşturarak tespit edilmiştir.

Günümüz teknolojisinde hata payları her zaman vardır önemli olan bu payları ne kadar azaltabilirsek maliyeti bir o kadar da düşürebiliriz. Ekonomik rekabetin çok fazla olduğu bu zamanlarda fire miktarlarını azaltmak için yapılan bu çalışma firmaya yol gösterici olabilir.

Anahtar Kelimeler: PVC Boru, Ekstrüzyon Makinesi, PVC Fire, PVC Üretim

ABSTRACT
ANALYS OF PVC PIPE PRODUCTION BY EXTRUSION METHOD

Burhan MANTAR

Master Thesis, Departman Of Mechanical Engineering Supervisor

Assistant Prof. Dr. İbrahim Timuçin İNCE

June 2020

In this study, in order to detect the errors encountered while producing PVC pipe with extrusion machine, analysis was carried out in a manufacturing factory. Categorization of the wastes inherent in the production and examination of the production for six months was ensured. Fires are kept separately and reported. Thirty different causes of waste are presented in different tables and diameters in monthly tables. According to the tables, it can be determined in which months the wastes are increased and in which months they decrease. The reasons for the most wastes were found and the main causes of wastes that the company had to find a solution for were found.

The effect of heat, which plastics are most affected, on production is also examined. Which temperature range should be worked out was determined by creating more experimental results by first taking measurements in the field and then calculating these measurements in the minitab16 program.

In today's technology, there are always margins of error, the more important we can reduce these shares, the more we can reduce the cost. This work to reduce the amount of waste in times of economic competition is too much can guide the company.

Key Words: PVC Pipe, Extrusion Machinery, PVC Waste, PVC

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli önerileri ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Timuçin İNCE' ye gerek yüksek lisans öğrenimim sırasında, gerekse tez konusunun seçilmesi ve hazırlanması süresince anlayışından, bana olan teknik bilgi katkılarından ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin projelendirilmesi, hazırlanması ve değerlendirilerek incelenmesi sonucu eksiklerimin giderilmesi konusunda bilgi birikimlerini, önerilerini ve yol gösterici fikirlerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşım Hakan AKBULUT ile manevi desteğini sürekli hissettiğim eşim Özlem MANTAR'a teşekkür ederim.

İSTANBUL, 2020

Burhan MANTAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1.BÖLÜM

PVC ÜRETİMİNE GİRİŞ	2
1.1 Poli Vinil Klorür Reçinesi İmalatı	3
1.2 PVC Hammadde	3
1.3 Enerji Gereksinimi	3
1.4 Proses	3
1.5 K Değeri	4
1.6 Poli Vinil Klorür'ün Avantajları	4
1.7 Poli Vinil Klorür'ün Dezavantajları	5

2.BÖLÜM

KATKI MADDELERİ VE BİLEŞİKLER	6
2.1 Poli Vinil Klorür Formülasyonu	6
2.2 Katkı Maddelerinin Rolü	7
2.3 Poli Vinil Klorür Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması	8
2.3.1 Isı Stabilizatörleri	9
2.3.2 Yağlar	15
2.3.3 Darbe Değıştiriciler	16
2.3.4 Plastikleştiriciler	16
2.3.5 Dolgu Malzemeleri	17
2.3.6 Alev Geciktiriciler	19
2.3.7 Şişirme Malzemeleri	19

2.3.8 Boya Malzemeleri.....	20
2.3.9 Birleştirici Malzemeler	20
2.3.10 Duman Bastırıcı Malzemeler	20

3.BÖLÜM

EKSTRÜDER MAKİNESİ	22
3.1.Ekstrüder ve Polimerlerin Tanımı.....	22

4.BÖLÜM

EKSTRÜZYON.....	24
4.1 Tek Vidalı Ekstrüderler	24
4.2 İkiz Vidalı Ekstrüderler	25
4.3 Kalıp Dizaynı.....	31
4.4 Kalibrasyon Sistemi.....	32
4.5 PVC Boru Ekstrüzyonu	32
4.5.1 PVC Boru Kalıbı.....	33
4.5.2 Soğutma Sistemi	34

5.BÖLÜM

UYGULAMALAR	35
-------------------	----

6.BÖLÜM

PVC BORU ÜRETİMİNE ISI ETKİSİ	58
SONUÇLAR	65
KAYNAKÇA	66
EKLER	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Vida Bölgeleri.....	29
Şekil 2. Ekstrüder Üretim Hattı.....	32
Şekil 3. Dalgalı Boru Firesi.....	39
Şekil 4. Kabarcıklı Boru Firesi	42
Şekil 5. Makinenin Açılış ve Kapanış Esnasında Çıkan Yanıklı fire.....	45
Şekil 6. Hat Kopması Sonucu Oluşan Fire.....	48
Şekil 7. Parça Gelmesi Sonucu Dalgalı Boru Firesi.....	51
Şekil 8. Muflama Hatası.....	54

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Yüksek ve düşük hızlı vidaların karşılaştırılması.....	28
Tablo 5.1 101 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları	37
Tablo 5.2 101 numaralı makinenin minitab-pareto analizi	38
Tablo 5.3 103 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları.....	40
Tablo 5.4 103 numaralı makinenin minitab-pareto analizi.....	41
Tablo 5.5 104 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları.....	43
Tablo 5.6 104 numaralı makinenin minitab-pareto analizi.....	44
Tablo 5.7 105 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları.....	46
Tablo 5.8 105 numaralı makinenin minitab-pareto analizi.....	47
Tablo 5.9 106 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları.....	49
Tablo 5.10 106 numaralı makinenin minitab-pareto analizi.....	50
Tablo 5.11 107 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları.....	52
Tablo 5.12 107 numaralı makinenin minitab-pareto analizi.....	53

Tablo 5.13	Tüm makinelerin 2019 ilk altı aylık toplam fire miktarları.....	55
Tablo 5.14	Tüm makinelerin toplam minitab-pareto analizi.....	56
Tablo 5.15	Aylara Göre Tüm Makinelerin Line -Plot Analizi.....	56
Tablo 6.1	4 numaralı makinenin sıcaklık değerleri ile analizi.....	59
Tablo 6.2	Minitab 16 Programı Sıcaklık Logaritmik Tablosu.....	60
Tablo 6.3	Minitab 16 Program Sıcaklık-Fire Bağlantısı.....	61
Tablo 6.4	Minitab 16 Program Zone ların Birbirlerine Etkisi.....	62
Tablo 6.5	Beş Farklı Zone un 32 Farklı Vardiyada Sıcaklık Tablosu.....	63

GİRİŞ

Kaliteli üretim yapmak her firmanın olmazsa olmaz hedeflerindedir. Kalite sistemi ortaya koyabilmek için elimizde verilerin olması gerekmektedir. Üretim verileri doğru kategoriler halinde tutulursa eldeki verilere göre üretimin veriminin artırılması için çalışmalar yapılabilir. Kontroller arttırıldıkça hata payları düşer.

İlk başta neleri kontrol edebileceğimizi tespit edebilmek için hataların oranları çıkartılması gerekmektedir. Veriler ne kadar uzun süreli olursa o kadar doğru tespit yapılmasını sağlar. Doğru tespit başlangıç olarak kabul edilir. Sonrasında tespitlere göre önlemler alınabilir. Hataların en fazla olanları ayrılıp irdelenebilir. Bu hataları azaltmak için neler yapılabileceği, firmanın hataları azaltmak için yatırım yapılıp yapılmayacağı konusunda karar verilebilir.

Üretimin amacı en kısa sürede en fazla sağlam ürün çıkarmaktır. Bu da demek oluyor ki sağlam üretimi azaltan sebeplere yönelmek gerekir. Firmalar maliyetleri azaltmak için üretimden nasıl faydalanılacağı hakkında araştırmalar yapmak ister. Şirket öncelikle neden sağlam üretimi istenilen miktarda alınamadığını sorgulamak için datalar oluşturur. Bu datalara etki eden faktörler tespit edilip çözüm sunulursa ulaşılmak istenen en iyi durum için bir adım atılmış olur.

Piyasa fiyatlarının sert rekabet ettiği günümüz koşullarında üretimden ne kadar çok sağlam ürün alırsak firmaya da rekabet etme gücü verilmiş olur. Üretimi durduran, yavaşlatan faktörleri azaltmak için en çok etki eden durumlara müdahale edilmelidir. Böylece üretim aksamadan ve ulaşabileceği en fazla verimle çalışabilsin.

1.BÖLÜM

PVC ÜRETİMİNE GİRİŞ

Polivinil klorür veya PVC ilk olarak 1872 de Alman kimyager Eugen Baumann tarafından yaratıldı.

Alman Friedrich Klatte güneş ışığını kullanarak yeni bir vinil klorür polarizasyonu metodu icat ettiği sırada, 1913 yılına kadar polivinil klorür ya da PVC patenti alınmamıştı.

Friedrich Klatte, PVC patenti alan ilk bilim adamı oldu. Friedrich Klatte, PVC patenti alan ilk mucit oldu. Ancak, Waldo Semon gelip PVC'yi daha iyi bir ürün haline getirene kadar PVC için gerçekten faydalı bir amaç bulunamamıştır. Semon, “İnsanlar PVC'yi (1926 yıllarında) o zamanlar değersiz olarak düşündü. Çöpe attılar” demişlerdi.

1932'de PVC kopolimerden yapılan ilk tüpler üretildi. Yaklaşık üç yıl sonra, ilk PVC borular bir haddehane ve hidrolik ekstrüder kullanılarak üretildi. Bu iki aşamalı işlem PVC tozunun bir haddehanede eritilmesini ve üretilen levhanın bir kütük haline getirilmesini içeriyordu. PVC daha sonra boru yapmak için süreksiz olarak çalışan bir koç ekstrüderinde işlenebilir hale getirildi. Bu işlem, selüloit için kullanılanlardan uyarlandı ve gerçekten PVC için uygun değildi. Sonuç olarak, ürünler çoğu zaman şüpheli kalitede oldu.

Hiç olmazsa, bu ilk PVC borular kimyasal dirençleri, tat veya koku eksikliği ve pürüzsüz iç yüzeyleri nedeniyle içme suyu tedarik boruları ve atık su boruları için uygun görülüyordu. 1936'dan 1939'a kadar Almanya'nın merkezinde PVC içme suyu ve atık boru hatları ile birlikte 400'den fazla konut kuruldu. 1936-1941 yılları arasında Leipzig, Dresden, Magdeburg, Berlin, Hamburg, Köln, Heidelberg ve Wiesbaden'de çeşitli test boru hatları döşendi.

Hem kimyasal boru hatları hem de su ve atık su boru hatları, yukarıda belirtilen şehirlerdeki II. Dünya Savaşı'ndan kaynaklanan hasarlar dışında, test boru hatlarında olduğu gibi beklentilerin üzerinde geldi. Merkezi Almanya'da kurulan PVC borular günümüzde hala büyük bir sorun olmadan kullanılıyor

Geçmişe bakıldığında, bu ilk PVC borular zamanından önce, imatları için malzeme bileşikleri ve makineleri mükemmelleştirilmeden önce yapıldı. 1950 yılına kadar ekstrüzyon teknolojisinin sistematik gelişimi başladı.

Bundan önce, PVC boru üretimi geçici çözüm olarak kaldı ve PVC boruların kullanımı yaygınlaşmadı (Walker, 1990).

1.1 Poli Vinil Klorür Reçinesi İmalatı

Etilen, son zamanlarda VC üretimi için bir hidrokarbon kaynağı olmuştur (kömürden elde edilen asetilen başka bir hidrokarbon kaynağı olsa bile). VC'nin üretilmesi için ayrıca esas olarak tuzdan (NaCl) üretilen klorin de kullanılması gerekir. Klor, PVC'nin toplam ağırlığının% 56.8'ini oluşturur.

1.2 PVC Hammadde

PVC üretiminde, sıvı dialkil peroksidikarbonatlar, başlatıcılar olarak kullanılır. 10 ° C'nin üstünde, bu başlatıcıların çoğu kendiliğinden hızlanan ayrışmaya maruz kalır . Başlatıcılar ve diğer kimyasallar, PVC reçine üretimi sırasında büyük miktarlarda kullanılmasına rağmen, imalat sırasında oluşturulan kusur bölgeleri, ekipmanın işlenmesi sırasında PVC'nin dengelenmesini gerektirir (Frenkel ve Pettijohn, 1999: 5,3,165).

1.3 Enerji Gereksinimi

PVC üretimi için, yılda ~ 47 milyar kWh elektrik tüketimi, klor talebinin% 40'ındaki belirli bir orana dayanmaktadır. Bir ton PVC üretmek için klor üretimi kütle başına ~ 1.800 kWh elektrik tüketir ve saf PVC'nin ağırlıkça% 59 klor olduğu gerçeğine dayanır. Etilendiklorür (EDC), vinilklorür monomer (VCM) ve PVC'nin kimyasal sentezinin yanı sıra vinil ürünündeki katkı maddelerinin üretimi ek enerji tüketir (Thornton, 2002).

1.4 Proses

PVC, çok yönlü plastiklerden biridir. Dünya çapında hacimce üretilen en büyük ikinci reçinedir. Polimer teknolojisi tarihindeki PVC üretimi, en dikkat çekici kilometre taşlarından biri olarak tanımlanmıştır (Braun, 2004: 42,3,578). VCM'nin polimerizasyonundan üretilmiştir. Uygun bir miktarda dağıtıcı, demineralize su ve VCM bir kaptaki karıştırılır.

Elde edilen karışım, uygun bir sıcaklıkta polimerizasyon işlemi için bir bulamaç tankına aktarılır. Diğer gaz halinde malzeme ile birlikte fazla VCM daha da arıtılır. Saf VCM, karıştırma tankına aktarılır. Bulamaç tankından, polimerize edilmiş ürün, suyun alındığı bir kurutucuya aktarılır. Son olarak, üretilen PVC malzemenin daha fazla paketlenmesi için bir siloya aktarılır.

1.5 K Değeri

Birçok PVC cinsi ve tipi mevcuttur. Bu, esnek tabakalar, basınçlı borular, şeffaf şişeler ve üretilecek tıbbi ürünler kadar çeşitli uygulamalara izin verir. Bu uygulamalar için uygun özellikleri elde etmek için birçok farklı katkı maddesi ve stabilizatör sistemi kullanılmaktadır (Gatcher ve Hanser, 1989). Ayrıca, yüksek sıcaklıkta işlem sırasında ve ürünlerin kullanım ömrü boyunca, polimer bozulmaya maruz kalabilir (Hamid ve diğerleri,1992: 215; Riley, 1990: 12,1,20)

K-değeri, PVC malzemelerin molekül ağırlığını tanımlamak için üreticiler tarafından şimdiye kadar kullanılan geleneksel bir ölçü birimidir. K değeri, PVC reçinesinin moleküler ağırlığını tanımlar. K değeri ne kadar yüksek olursa işlenmesi de o kadar zor olur. K değeri ne kadar düşük olursa, işlenmesi o kadar kolay olur, ancak mekanik ve diğer özellikleri zayıf olacaktır. 55 ve 80 arasındaki bir K değeri, farklı işlem türleri ve çeşitli uygulamalar için uygundur (Felger ve Hanser, 1986: 73).

1.6 Poli Vinil Klorür'ün Avantajları

PVC aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Nispeten ucuz ve çok yönlü
- Geniş sert ve esnek uygulama yelpazesi
- Üretimi kolay ve uzun ömürlüdür
- Çok çeşitli aşındırıcı sıvılara karşı olağanüstü kimyasal direnç sağlar
- Güç ve sağlamlık sunar
- Mükemmel mekanik özellikler
- Katkı maddeleri ile yüksek uyumluluk ve iyi işlenebilirlik

- Sert ve esnek ürünler üretme imkanı
- Tasarlanmış mühendislik uygulamalarını üretme imkanı
- Birçok farklı uygulamaya uyacak katkı maddeleri ekleme imkanı

1.7 Poli Vinil Klorür'ün Dezavantajları

PVC'nin temel dezavantajları dehidroklorinasyonu önlemek için ısı stabilizatörlerinin eklenmesini gerektiren sınırlı termal stabilite , işleme ve uygulama sırasında renk solmasıdır.

Modifiye edilmemiş plastikleştirilmemiş PVC, zaman zaman kırılma eğilimi olma dezavantajına sahiptir ve çentiklere karşı duyarlıdır. Normalde sünek malzemelerin çoğu zaman kırılma nedeniyle erken başarısız olduğu gözlemlenmiştir.

2. BÖLÜM

KATKI MADDELERİ VE BİLEŞİKLER

ABD'deki katkı maddeleri pazarı 32 milyar dolar değerindedir ve poli vinil klorür (PVC) katkı maddelerinin kullanımı toplam pazarın % 85'ini oluşturur (Platt 2001: 16, 5, 41).

Plastiklerin özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek için katkı maddeleri gereklidir. PVC'nin işlenebilirliğini kolaylaştırmak için, ısı stabilizatörleri, yağlayıcılar, pigmentler ve dolgu maddeleri eklemek gerekiyordu. PVC'de, ısı stabilizatörleri ve yağlayıcılar, istenmeyen özellikler olan bozulma ve ekipmana yapışma gibi özellikleri azaltır.

PVC endüstrisinin başlangıcından itibaren işleme zorlukları hakkında çok şey öğrenildi. Bu katkı maddelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara yol açmıştır. Ftalat plastikleştiriciler, halojenli alev geciktiriciler ve PVC üretimi için kullanılan kurşun bazlı ısı stabilizatörleri gibi katkı maddelerinin güvenliği konusunda artan endişeler olsa da, bu katkı maddelerinin kullanımı dünyanın birçok yerinde devam etmektedir.

2.1 Poli Vinil Klorür Formülasyonu

PVC'nin, yüzeye yapışmasını ve eriyiğin akıcılığını değiştirmesini önlemek için belirli yağlama tipleri ile birlikte dengeleyiciler gerekir. Kullanılan yağlama, uygulamaya (boru, profil veya tabaka ekstrüzyonu) bağlıdır. Her üç sistemde kullanılan (enjeksiyon, ekstrüzyon, silindir) balmumu bazlı veya stearik asit bazlı yağlayıcılar benzerdir. Ancak, son uygulamaya göre (boru, profil veya tabaka ekstrüzyonu) farklı miktarlarda ve kombinasyonlarda kullanılırlar. Pigmentasyon ve ultraviyole (UV) stabilizasyonu çoğu durumda yüksek aşındırıcı madde TiO₂ ile sağlanır. Kalsiyum karbonat her zaman bir başka önemli bileşen olarak kabul edilmiştir.

PVC formülasyonlarında kullanılan katkı maddeleri esas olarak plastikleştiriciler, stabilizatörler, yağlayıcılar ve dolgu maddeleridir. Bazı katkı maddeleri kullanım sırasında yüzeye taşabilir, burada diğer yüzeylerle temas halinde uçuşma veya difüzyonla kaybolurlar. PVC için stabilizatörler düşük

hareketliliğe sahiptir, ancak tüketim veya bozulma ile fonksiyonlarını değiştirebilirler. Dolgular genellikle başlangıç formunda ve miktarında kalır.

Bu nedenle, kullanılmış bir PVC ürününün yeniden işlenip işlenemeyeceğini belirlemek için, yeniden işlemeden önceki önemli bir adım, baz polimerin kimyasal yapısının bozulma derecesinin yanı sıra katkı maddelerinin kaybı ve işlevselliklerinin belirlenmesidir (Herbest ve diğerleri, 1998: 75).

Dinamik olarak işlenmiş bir PVC bileşeninin merkezinde, kayganlaştırıcılar ve ısı stabilizatörleri içeren bir formülasyon bulunur. Bu anahtar bileşenler her PVC formülasyonunun temel taşıdır (Mesch ve Newberg, 1994: 161). Bununla birlikte, PVC formülasyonlarında veya ürünlerinde tek başına katkı maddeleri, nihai ürün özellikleri ve işlem özellikleri dengesini sağlayamaz.

ABD'de PVC formülasyonlarında kalay bazlı stabilizatörler kullanılmaktadır. Kalay bazlı stabilizatörler daha düşük yağlama etkisine sahiptir. Kurşun bazlı stabilizatörler Avrupa ve Asya'da çok yaygındır. Oldukça iyi bir ısı dengeleyici etkiye sahiptir, fakat az yağlama etkisi vardır. Nispeten toksik olmayan kalsiyum-çinko stabilizatörleri birçok ülkede kullanılmaktadır. Kalsiyum-çinko stabilizatörlerinin termal stabilitesi zayıf ve toksisiteleri ile ilgili endişeler bulunmaktadır (Suping ve diğerleri, 2007: 48, 20).

2.2 Katkı Maddelerinin Rolü

Katkı maddeleri:

- Ekolojik ve ekonomik faydaların en iyi dengesini sağlamak
- Özel yapım sistemleri hazırlayabilmek
- Ürün mühendisliği için kullanılabilme
- Uygulamalarda güçlü etkilere sahip olması
- Polimer içinde işlenebilir
- Plastiklerin temel özelliklerinin geliştirilmesi
- Fiziksel özelliklerden ödün vermeden verimli işlem yapılmasını sağlamak
- Daha yüksek performans sağlamak

- Amaçlanan işlevleri sağlama
- Termodinamik olarak serbest yüzeyden yüzeye geçişi kısıtlamak

Katkı maddeleri, PVC formüllerinde geniş bir temel bileşen kategorisine aittir. Katkı maddelerinin PVC formülasyonlarındaki tüm fonksiyonlarını tanımlamak zordur. Katkı maddeleri, plastiklerde reaksiyonlu veya reaksiyonsuz kullanılan kimyasallardır. “PVC katkı maddeleri” olarak adlandırılan organik maddelerin yanı sıra inorganik maddeler, plaka çıkma fenomenleriyle çakışan istenmeyen etkileri bastırmak için kullanılabilir (Van Es ve diğerleri, 2008: 93, 1, 50). Katkı maddeleri PVC'yi kullanışlı ve çok yönlü kılar. PVC ürünlerinde, uygun olmayan işlemler son ürünün kalitesinin düşmesine neden olur. Bununla birlikte, katkı maddeleri farklı bağlamlarda farklı kaynaklar tarafından tanımlanmaktadır (Tamhankar, 2002: 76).

PVC ve son ürün uygulamalarında minimum miktarlarda katkı maddeleri gerekir. Ftalat plastikleştiriciler gibi katkı maddeleri, sızıntıya neden olabilir ve yüzey özelliklerini değiştirebilir. PVC formülasyonlarında kullanılan katkı maddeleri esas olarak stabilizatörler, plastikleştiriciler, yağlayıcılar, işleme yardımcıları ve dolgu maddeleridir. Gerektiğinde PVC üretiminde kuplaj ve antimikrobiyal etkenleri kullanılır.

Katkı maddeleri, PVC parçacıklarını değiştirmez, ancak aralarındaki dış boşlukların hacmini değiştirebilir. Bu, her bir katkı maddesinin etkinliği, yapısı ve polaritesi ile ilgilidir. Bununla birlikte, katkı maddeleri, PVC tozunun daha yoğun bir şekilde paketlenmesine yol açar. Bu, katkı maddesi ile PVC partikülü arasındaki etkileşim pahasına partikül arası etkileşimi azaltır (Zilberman ve Lerner, 1994: 16, 4, 197).

2.3 Poli Vinil Klorür Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması

Enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon ve kalenderleme yoluyla ekonomik maliyet ve işleme, PVC'yi birçok uygulamada evrensel bir polimer yapar (Felger ve Hanser, 1986). Bu tür uygulamalar arasında borular, profiller, yer döşemeleri, kablo yalıtımı, çatı kaplama levhaları, ambalaj folyoları, şişeler ve tıbbi ürünler bulunur.

PVC endüstrisi çok miktarda katkı maddesi kullanır. PVC, karbon zinciri polimerleri arasında düşük stabiliteye sahip önemli bir termoplastiktir ve erime sıcaklığının altında HCl'nin elimine edilmesiyle ciddi bozulmaya uğrar (Asahina ve Onozuka, 1994: 3505; Abbas ve Sorvik, 1975: 19; Vymazal ve diğerleri, 1985: 16). Bu nedenle, PVC endüstrisinde, formülasyonlar daha kesin ve sofistike hale geldikçe katkı maddelerinin önemi artmaktadır (Wigotsky, 1987: 43, 2, 21).

Formülasyona eklenen katkı maddesi miktarı, ürünlerin imalatında kullanılan işleme tekniğine göre değişir. Katkı maddeleri, işleme, performans, görünüm ve kullanımın iyileştirilmesi için genellikle küçük miktarlarda kullanılır. Sorumlu ana faktör, çok sayıda esnek ve sert ürün yelpazesine birçok katkı maddesi ile bileşik oluşturma yeteneğidir.

PVC'de kullanılan katkı maddeleri şöyle sınıflandırılabilir:

- Isı stabilizatörleri
- Yağlar
- Darbe değiştiriciler
- Plastikleştiriciler
- Dolgu
- Alev geciktiriciler
- Şişirme etkenleri
- Boya maddesi
- Birleştirici maddeler
- Duman bastırıcılar

2.3.1 Isı Stabilizatörleri

Saf PVC, oda sıcaklığında düşük termal kararlılığa sahip sert bir polimerdir. Bu nedenle, PVC yüksek sıcaklıklarda işleme sırasında ısı stabilizatörleri gerektirir. PVC'nin kararlılığı, ısı stabilizatörleri kullanılarak kolayca değiştirilebilir. İşleme ve şekillendirme sırasında PVC'yi korumak için birçok metalik bileşik önerilmiş ve termal stabilizatörler olarak kullanılmıştır.

Stabilizatörlerin ana fonksiyonları:

- İşleme sırasında bozulmayı önlemek
- PVC'den serbest bırakıldığında HCL ile reaksiyona girer
- Kararsız klor atomlarını değiştirin (bu, daha stabil grupların dehidroklorinasyonunu başlatabilir)
- Isı stabilitesini arttırmak

Kurşun, kalay, baryum, kalsiyum ve çinko içeren bileşiklere dayanan termal stabilizatörler, PVC'nin işlem sırasındaki stabilitesini geliştirmek için on yıllardır kullanılmaktadır. PVC'nin stabilizasyonunda kullanılan yaygın termal stabilizatörler genellikle bazik kurşun tuzu, metalik sabunlar ve ayrıca dialkiltinin esterleri veya merkaptidleridir. Bu stabilizatörler dünyanın birçok yerinde yerleşmiş gibi görünüyor. Bu metal stabilizatörler, PVC'nin bileşiminde ve işleminde kullanılır çünkü PVC kendi ayrışmasını katalize eder. Isı stabilizatörleri PVC'de son ürünün ömrünü oluşturmak ve uzatmak için kullanılır. Yeterli miktarda ısı stabilizatörünün eklenmesi, işleme ve uygulama sırasında dehidroklorinasyon ve renk solmasını önler (Wypych, 1985; Braun, 1981; Kelen 1983).

PVC'nin zayıf stabilitesi, işlem sırasında ısı stabilizatörleri gerektirir. PVC, stabilizasyonun çeşitli yönlerinin çalışmasında kullanılmıştır. Dünyanın bazı bölgelerinde kurşun, kalay ve kalsiyum çinko bazlı termal stabilizatörler kurulmuştur. Birkaç organometalik bileşik ve inorganik tuz da uzun yıllardır ısı stabilizatörleri olarak kullanılmıştır. Stabilizatör eklenmesinden sonra, stabilizatörün bir kısmı işleme sırasında ve bazen uygulama döneminde tüketilecektir. Şu anda, düşük metal içerikli stabilizasyon ile artan stabilite elde edilmesi anahtar araştırma alanıdır.

Stabilizatörler bozulmuş PVC'nin renk bozulmasına neden olan polen sekanslarını parçalamalı ve dehidroklorinasyonu inhibe etmelidir (Minsker ve diğerleri, 1998: 313). Yeterli işlem yapılmasını sağlamak için hidrojen klorürün PVC'den salınımını engellemek için farklı türlerde dengeleyiciler kullanılır.

Termal kararlılık şu şekilde geliştirilebilir:

- Belirli uygulamalar için oldukça spesifik malzemeler kullanmak

- PVC'nin bozulma ve stabilizasyonunu anlama
- Stabilizatörlerle formüle etme

PVC'nin termal bozulmasını durdurmak için ısı stabilizatörlerinin gerekliliği nedeniyle, farklı metal sabun türleri (örneğin kurşun stearat, kadmiyum, baryum, kalsiyum ve çinko) kullanılır. Dikarboksilik asitlerin metal sabunları oldukça ısıya dayanıklıdır ve PVC stabilizatörleri olarak uygun olabilir. Kurşun ve kalay termal stabilizatörleri en etkilidir. Ağır metallerin toksisitesi nedeniyle toksik olmayan kalsiyum-çinko stabilizatörleri ile ikame edilebilirler.

Mono ve di-alkil bileşikleri (örneğin maleatlar, karboksilatlar, merkaptitler) kalay, PVC işleme sırasında ısı stabilizatörleri olarak da kullanılır (Minagawa, 1989: 25, 121). Bu stabilizatörler, PVC'den serbest bırakılmış HCL'yi kabul ederek işleme sırasında renk solması görünümünü geciktirir (Dworkin, 1989: 11; Benavides ve diğerleri, 1998: 68, 11; Okieimen ve Sogbaike, 1996: 32, 12 ; Lida ve diğerleri, 1987: 34 ; Anderson ve McKenzie, 1970: 1, 18). Gerekli katkı maddeleri ile PVC ile birleştirildikten sonra stabilizatörün verimi düşer. PVC ürünlerinin artık kararlılığı geri dönüştürülmeden önce yararlı bir özelliktir (Braun, 1992: 57). PVC'nin ısı stabilizatörleri, organik asitlerin metal tuzlarını (Bartholin, 1990: 23), organometalik bileşikleri ve radikal zincir reaksiyonlarının inhibitörlerini içerir.

PVC formülasyonuna artan ısı dengeleyici ilavesi, maksimum HCL konsantrasyonunu azaltır ve kalsiyum-klorür molar oranı arttıkça verim artar. Bununla birlikte, verimlilik stabilizatör miktarındaki artışla orantılı değildir (Zhu ve diğerleri, 2008: 82).

PVC kendi ayrışmasını katalize eder, bu nedenle inşaat ve diğer uzun ömürlü uygulamalar için vinile metal stabilizatörler eklenir. Özellikle tehlikeli olan yaygın PVC katkı maddeleri kurşun, kadmiyum ve organotinler olup, her birinin vinil tüketiminin yılda binlerce ton olduğu tahmin edilmektedir.

2.3.1.1 Kurşun Stabilizatörleri

PVC'de kurşun stabilizatörlerin çok başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Formülasyonlarda kurşun oktat, kurşun stearat, tribazik kurşun sülfat, dibazik kurşun ftalat ve dibazik kurşun fosfat içeren kurşun stabilizatörleri farklı

uygulamalar için kullanılır. Kurşun stabilizatörleri ısıya dayanma direnci sağlar, renk solmasını önler ve sabit proses viskozitesi sağlar. Kurşun stabilizatörlerini takviye etmek için diğer kurşunsuz katkı maddelerinin önerilmektedir (Baker ve Grossman, 1994: 13,10). Ağır metal stabilizatörleri çevresel kaygılar nedeniyle daha az popüler hale gelmiştir (Modern Plastic International, 1992: 22, 9, 559). Kurşun stabilizatörlerinin, HCL'nin işlem sırasında salınmasını önlemede çok başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Bu stabilizatörler kurşun sülfatlardan yüksek performanslı ftalat ve fumarat bazlı sistemlere başlar. Birçok PVC ürününde, kurşun replasmanı önemli adımlar attı.

2.3.1.2 İkincil Isı Stabilizatörleri

PVC formülasyonlarında kurşun bileşiklerle birlikte epoksitler, polioller, β -diketonlar ve dihidropiridin gibi ikincil organik stabilizatörler kullanılabilir (Wypych 1975: 19). Sekonder stabilizatörlerde, metalik olmayan epoksi bileşikler metal sabunların etkinliğini artırır (Stepek ve Daoustm, 1983).

Yüksek bazik kalsiyum stearatlar, PVC için ikincil ısı stabilizatörleri olarak kullanılmak üzere nötr veya hafif bazik kalsiyum stearat derecelerinden daha üstün olabilir. Bu, düşük seviyeli kurşun veya organotin bazlı ısı stabilizatörlerinin kullanımına izin verir. Bu, sert PVC bileşiklerinin işleme karakteristikleri ve fiziksel özelliklerinin tutulması ile birlikte genel olarak geliştirilmiş ekonomi ve ayrışma performansı sunar. Yüksek düzeyde bazik kalsiyum stearatların düşük seviyelerde organotin stabilizatörleri ile sinerjistik etkileri, diğer stabilizatörlerin daha çevresel olarak kabul edilebilir stabilizatörlerle maliyet etkin bir şekilde değiştirilmesine izin vermelidir (Kodali ve diğerleri, 2001: 42, 2).

Çeşitli inorganik kurşun bileşikleri ve epoksitler, polioller, fosfitler, β -diketonlar ve dihidropiridin gibi organik ikincil stabilizatörler endüstriyel tariflerde de kullanılmaktadır (Okieimen ve Ebhoaye, 1993: 206, 11). Epoksi bileşikleri PVC için tipik metalik olmayan stabilizatörlerdir (Stepek ve Daoustm, 1983). Genellikle ikincil stabilizatör olarak kabul edilir ve metal sabunların etkinliğini arttırmak için kullanılır. Serbest kalmış HCl için alıcı olarak davranırlar ve renk atmasının ortaya çıkması için geciktiricidirler (Anderson ve Mckenzie, 1970: 1, 18).

2.3.1.3 Kalay Stabilizatörleri

Kalay stabilizatörleri, PVC'nin değişken klorit bölgeleriyle koordinasyon yoluyla işleme sırasında PVC'nin bozulmasını önler. Bu özellikle karboksilat veya tiyolat grupları veya dialkiltin esterleri veya merkaptidleri için geçerlidir (Ruijianm, 1994: 43). Kalay stabilizatörleri üç çeşit bağ oluşturur: SnC, SnO ve SnS. Bu, yalnızca MO (M metal olduğu) olan metal sabunlarıyla karşılaştırılır. Kalay ve karbon arasındaki bağın stabilitesi kritik bir faktördür, çünkü HCL ile daha fazla reaksiyon bir Lewis asidi, $R\text{SnCl}_3$ veya SnCl_4 oluşumuna yol açar.

Uygulamada, organotin stabilizatörleri peroksitleri parçalayabilir ve geciktirici etkiler gösterebilir (Wypych, 1986: 2249). Dibütil kalay dilaürat içeriği ne kadar yüksek olursa, kısa polen dizilerinin konsantrasyonu o kadar fazladır (Rujian ve diğerleri, 1989: 27).

2.3.1.4 Kalsiyum-çinko Stabilizatörleri

Temel kalsiyum ve çinko bazlı ürünler birincil ısı stabilitesine sahiptir. Bununla birlikte, nispeten kısa zaman periyotları boyunca su / nem erişimiyle birlikte yaşanan aşağı uzun süreli ısıya karşı duyarlıdırlar. Bu nedenle PVC'nin yalıtım özellikleri etkilenir (Yassin ve diğerleri, 1985: 13,255).

Kalsiyum / çinko karboksilat karışımları, toksisite eksiklikleri nedeniyle önemli ısı stabilizatörleri haline geliyor. Bunlar en eski dengeleyici sistemlerden bazılarıdır (Grossman, 1990: 12,34). Bu tür karışımlarda, kalsiyum karboksilat, HCL'den PVC'den ayrılma oranını azaltır ve kalsiyum sabunu, 1,3-yeniden düzenlemeleri önleyerek ve HCL eliminasyon reaksiyonunun yayılımını kontrol ederek dehidroklorinasyon hızını azaltır. Bu tür karışımlar temel olarak HCl temizleyicileri gibi hareket eder (Fish ve Bacaloglu, 1999: 5,4). Kalsiyum ve çinko karboksilatlar, PVC'deki değişken klorin atomlarıyla reaksiyona girebilir.

Ca / Zn karboksilat karışımları toksisite eksikliğinden dolayı tekrar önem kazanmaktadır. Metal karboksilatların, (Frye ve Horst, 1959: 40) alilik klorürlerle süstitüe edilerek polimer ile esterleşme reaksiyonunu gösterene kadar HCL temizleyicileri olarak kabul edildi. Zn karboksilatın en aktif olduğu ve Ca karboksilatın esasen bir HCl temizleyici işlevi gördüğü iyi bilinmektedir.

Çinko stearatın stabilizasyon üzerinde istenmeyen etkileri vardır ve PVC'nin ani dehidroklorinasyonunu artırır. Reaktif ürün ani dehidroklorinasyona neden olduğundan çinko klorür konsantrasyonundaki artışı sağlar (Gonzalez Ortiz ve diğerleri, 2006: 91, 4-6). Bu nedenle, çinko klorür etkisiz hale getirilir ve dehidroklorinasyonu katalize edemez. Bununla birlikte, kalsiyum klorür ani dehidroklorinasyonu desteklemez. Pentaeritritol, çinko klorürün zararlı etkisini engellemek için kullanılır. Pentaeritritol, PVC için bozulma süresini önemli ölçüde geciktirmek için yaygın olarak kullanılır.

2.3.1.5 Diğer Isı Stabilizatörleri

Baryum ve kadmiyum bileşikleri esnek ve perdahlama uygulamalarında kullanılır. Ba-Cd bileşiklerinde, baryum HCL temizleyici işlevi görür ve daha fazla bozunmayı engeller ve renk tutması için kadmiyum kullanılır.

Bununla birlikte, kadmiyum içermeyen ürünler halen talep edilmektedir (özellikle ABD'de yapılan PVC bileşikleri için) (Modern Plastics International, 1992: 22, 9, 55).

Fosfat esterleri, esnek PVC bileşiklerinin stabilizasyonunda çevre dostu vinil stabilizatör sistemlerinin geliştirilmesinde genişleyen bir role sahiptir (Jakupuca ve diğerleri, 2003: 17, 5). Quinone kalay polimerleri, radikal bozunma işlemine müdahale ederek ve bozunma ürünlerinin etkili bir şekilde emilmesiyle stabilizatör görevi görür (Yassin ve diğerleri, 185: 13, 255)).

Çeşitli stabilizatör sistemli plastikleştirilmiş PVC bileşikleri, 180 ° C'de renk değişimi gösterir Ba-Cd stearat sistemi ile karşılaştırıldığında, renk değişimi, çeşitli stearatlar ve tuzlarla ve ayrıca oktil kalay merkapid ile meydana gelir. Ba-Cd stearat sistemi daha iyi bir stabilizasyona sahiptir ve Ca-Ba-Zn sistemi benzer bir performansa sahiptir (Galle ve diğerleri, 1993: 20, 11).

2.3.1.6 Tek Paketli Stabilizatörler

“Tek paket stabilizatör sistemleri” konsantre olarak kullanımı kolaydır. Stabilizatörle birlikte çok daha yüksek bir konsantrasyonda bir veya daha fazla başka bileşen içerebilirler. PVC'nin ısı stabilizasyonunda rol oynayan kimyasal madde sayısı arttıkça, bileşik oluşturma zorlaşır. Dolayısıyla, birçok ısı dengeleyici katkı maddesi içeren alternatif bir prosedür, tek paketli sistem adı

verilen tek bir bileşik olarak geliştirilmiştir. Isı dengeleyicileri, yağlayıcıları ve diğer bileşenleri bir araya getiren tek-paket stabilizatör çeşitleri mevcuttur. Formülasyondaki her bir terkip maddesinin ekleme seviyeleri, üreticiye bağlı olarak değişmektedir. Tek paketli sistemin avantajı tozsuz, kirlilik içermeyen ve kompozit olmasıdır. Ana dezavantaj, her bir paketli sistemin, ekipman içinde formüle etmek ve işlemek için ayrı bir prosedür gerektirmesidir.

2.3.2 Yağlar

Yağlayıcılar, PVC malzemelerin namlu yüzeyine yapışmasını önlemek ve böylece erimenin akışkanlığını ve bozulmasını arttırmak için kullanılır. Yağlayıcıların niteliği ve kullanımı, işleme ekipmanına bağlıdır. Balmumu (özellikle polietilen balmumu ve parafin balmumu), PVC işlemede harici bir yağlayıcı olarak kullanılır. Balmumu polar olmayan bir malzemedir. Parafin balmumu, polietilen balmumu ve uzun zincirli yağ esterleri, varil ve vida yüzeylerinde film oluşumu nedeniyle malzemenin ekipmanda ileri hareketini sağlar.

Stearik asit, borular, profiller ve levhalar gibi PVC ürünlerinde dahili bir yağlayıcı olarak kullanılır. Genel olarak, stearik asit veya polar yağlayıcılar moleküller arası parçacıkları çeker ve parçacıkları yaklaştırır. Bu nedenle, bu tür kayganlaştırıcılar, malzemenin işleme ekipmanından ileri akışını geciktirir. Miktar ve kombinasyonlar, çeşitli uygulamalara uygunluk gösterir. Formülasyondaki fazla yağlayıcı maddeler, ekstrüzyon sırasında çıktı azaltma sorunları yaratabilir. Fazla yağlayıcılar, varil yüzeyinde bir katman oluşturur ve PVC bileşiğinin taşıma verimliliğini azaltır (ve bazen malzemeyi renklendirir veya bozar).

Yağlayıcılar, sert PVC bileşiklerinin ekstrüzyon işleminde füzyonu kontrol etmek ve kayma ısınmasını azaltmak için kullanılır. Karmaşık esterler içeren yağlama sistemleri, etilen bis stearamid ve parafin ile karşılaştırıldığında gelişmiş bileşik stabilitesi, hava geçirgenliği ve fiziksel özellikler sağlar. Kompleks esterler işlem sırasında daha düşük bileşik viskozitesi ile sonuçlanır (Falter ve Geick, 1994: 16, 2, 112).

Yağlama maddeleri: plaka çıkma eğilimini azaltmak için uyumlu olmalıdır; daha verimli; Daha hızlı ekstrüzyon hızları sağlar. PVC

formülasyonları, ekstrüzyon sırasında PVC'nin metal yüzeylere yapışmasını önlemek için yağlama gerektirir. Kullanılan yağlayıcılar işleme ve ekipmana bağlıdır. Balmumu ve stearik asit, kayganlaştırıcılar olarak kullanılır. Diğer bileşenlere göre farklı oranlarda kullanılırlar.

2.3.3 Darbe Değiştiriciler

PVC'nin darbe direnci, akrilonitril-bütadienestiren ve nitril kauçuğu gibi kauçuk dağınık fazlı malzemenin eklenmesiyle geliştirilmiştir. Bu, ticari olarak büyük ölçüde sömürülmüştür ve yüksek darbe dayanımlı PVC bileşikleri geliştirmenin bir yoludur (Bucknall, 1982: 12, 204).

PVC'nin darbe özellikleri için formülasyonunu geliştirmek için bazı özelliklerin göz önünde bulundurulması gerekir (Bos ve Tan, 1996):

- PVC sünek bir malzemedir
- PVC genellikle kırılma kırılma nedeniyle erken başarısız olur
- PVC'nin viskoelastik yapısı
- PVC'nin viskoelastik yapısı

2.3.4 Plastikleştiriciler

PVC'nin esnekliğini ve yumuşaklığını arttırmak için, ftalatlar, fosfatlar, trimellititler, adiatlar ve sitratlar gibi plastikleştiriciler kullanılır. Global plastikleştirici talebi 2000 yılında 4.647.000 ton idi ve yıllık% 2.1'lik bir büyüme gösteriyor. Geçmişte, bu yavaş büyüme durgunluğu vinilde ftalatların kullanımı konusundaki kalıcı argümanı yansıtıyor olabilirdi (Colvin 2003: 33, 9, 40). Plastikleştiricilerin, çoğu esnek PVC üretimi yapan toplam katkı maddesi pazarının ~% 58'ini oluşturduğu düşünülmektedir (Sampat , 2007: 37).

Plastikleştiricilerin kullanımı şunlara bağlıdır:

- PVC türü, molekül ağırlığı ve uyumluluğu
- Plastikleştiricinin türü ve konsantrasyonu, moleküler ağırlığı, dallanması ve polaritesi
- Bileşim sırasında homojenlik
- İşleme metodu

PVC bir kez harmanlandıktan ve katkı maddeleri ile işlendikten sonra, bu katkı maddeleri elde edilen son ürünlerde kalmalıdır. Bununla birlikte, plastikleştiriciler esnek PVC'den alınabilir.

Bis- (2-etilheksil) ftalat (DEHP) ve di- (izononil) ftalat (DINP) gibi ftalat plastikleştiriciler, PVC ile yüksek uyumluluklarının yanı sıra esnekliklerinde önemli artışlarla yumuşama yetenekleri nedeniyle tıbbi uygulamalar için kullanılır. PVC formülasyonları (Burgos ve Jimenez, 2009: 94).

Adipat plastikleştiriciler di-2-etilheksil adipat ile başlar ve moleküler ağırlıkta polimerik plastikleştiricilere kadar artar. Plastikleştiricilerin moleküler ağırlığı arttıkça, çeşitli ortamlarda uçuculuk ve ekstraksiyon artar ve UV ışık stabilitesi artar (Eldridge, 1994: 16, 1, 26). Di- (izodesil) diftalat (DIDP) ile plastikleştirilmiş PVC, diheksilftalattan (DHP) daha fazla enerji gerektirir ve daha erken füzyonla sonuçlanır ve biraz daha yüksek bir akış hızı sergiler (Datta ve Baird, 1991: 6, 3, 199). Doğrusal ve C4 – C12 dallı doymuş monokarboksilik asitlere sahip neopentil glikol diesterler, PVC bileşiklerinde (özellikle düşük sıcaklıklarda) iyi plastikleştirme özellikleri gösterir (Nanu ve Pape, 1979: 16, 4).

2.3.5 Dolgu Malzemeleri

PVC bileşikleri genellikle dikkatli spesifikasyon ve mineral dolguların eklenmesini içerir. Sertlik, dolgunun boyutuna ve şekline duyarlıdır. Cam lifi en verimli dolgu maddesidir. Talk, kalsiyum karbonattan daha etkilidir. Darbe performansı, partikül boyutuna karşı çok hassastır ve çökmüş kalsiyum karbonat, bir darbe değiştirici olarak işlev gören tek dolgu maddesidir (British Plastic and Rubber, 2003: 4).

PVC ile karşılaştırıldığında CaCO_3 öğütülmüş bir mineraldir ve erime özelliği yoktur. PVC ile birlikte kullanıldığında esneklik modülünü artırır, çekme dayanımını azaltır ve formülasyonun maliyetini düşürür. Bu, kalsiyum karbonatın maliyet / yoğunluğuna iyi bir oranda olan bir PVC reçine fiyatı sağlar. Daha yüksek konsantrasyonlarda, standart ekstrüzyon sistemlerinin vida ve kovanlarının aşınmasını arttırabilir.

Yüksek dolgu PVC formüllü dolgu maddeleriyle (özellikle kalsiyum karbonat) aşınmayı makul seviyede tutmak için aşağıdaki özelliklere sahip olmaları gerekir:

- Yüzey alanı $\geq 5.17 \text{ m}^2 / \text{g}$ olmalıdır
- Üst kesim $> 8 \text{ } \mu\text{m}$ olmalıdır
- Çözünmeyen asit % 47'den yüksek olmalı
- Üst kesimdeki medyan $< 2,6 \text{ } \mu\text{m}$ olmalıdır

Kalsiyum karbonat, stearik asit veya kalsiyum stearat ile kaplanarak hidrofobik yapılabilir. Bu işlemin bir sonucu olarak, aglomerasyon, DOP içindeki süspansiyonun viskozitesi ve plastikleştiricinin emilimi azalır (Wieduwilt ve Schimmel, 1974: 21, 8).

0.07–3 μm ve 0-8 phr akrilik darbe değiştirici boyutlarında daha yüksek dolgu içeriğine sahip sert PVC, darbe değiştirici konsantrasyonunu ve mikron altı kalsiyum karbonat seviyesini artırarak darbe özelliklerinde artış gösterir.

Eğilme katsayısı, dolgu maddesi arttıkça ve etki değiştirici içeriği azaldıkça artar. Çentikli İzod ve düşen ağırlık etkisi, düşük sıcaklık etkisi ve eğilme katsayısı gibi mekanik özellikler geliştirilebilir. Ultra ince dolgu maddelerini kullanarak, darbe değiştiricilerin eklenme düzeyi azaltılabilir (Bryant ve Wiebking, 2002: 571).

Lityum karbonat ve çeşitli kalsiyum karbonatlara sahip plastikleştirilmiş PVC bileşikleri, HCL emiciler olarak işlev görür. Dolgu maddelerinin HCL alımı üzerindeki sinerjistik etkisi, plastikleştirilmiş PVC'nin mekanik özelliklerini ve oksijen endeksini etkiler. Dolgu maddeleri (özellikle bir arada), HCL emiciler kadar etkilidir (Zhu ve Zhang, 2003: 22, 5).

Çökeltilmiş silika, PVC bileşiklerinde kaplamanın azaltılmasında etkili bir katkı maddesidir. Plakalı indirgeme açısından füme silikadan daha etkilidir. Gerilme-gerinim ve yırtılma özelliklerinde plaka kaybını azaltır. İlave etme sırasının plaka çıkış miktarı üzerinde önemli bir etkisi vardır (Maisel, 1986: 8, 3, 112).

2.3.6 Alev Geciktiriciler

PVC özellikle yanıcı olarak kabul edilmez. Bununla birlikte, esnek PVC ile ürünler, üretilen aromatik uçucu maddeler nedeniyle çoğu zaman duman tehlikelerine katkıda bulunabilir. Char oluşumu duman bastırma olarak kabul edilir. Ateşleme sırasında çapraz bağlanma olmasına rağmen, kömür oluşumu sürecin sadece bir parçasıdır. PVC bileşiklerindeki alümina trihidrat, alev almazlığı arttırmanın yanı sıra bir alev geciktirici görevi görür. Bozulma meydana gelirse duman emisyonunu da azaltır (Hartitz ve Yount, 1978: 18, 7).

2.3.7 Şişirme Malzemeleri

PVC kuru karışım formülasyonlarında köpük işlemede üfleme maddeleri kullanılır. Bozunma sıcaklıkları ne kadar yüksek olursa, üfleme maddesi verimliliği o kadar iyidir. Azodikarbonamid (AZO), dinitrosopentametilentetramin (DNPT) ve sodyum bikarbonat (NaHC03) gibi üfleme ajanları kullanılır. Bununla birlikte, sıvı stabilizatörleri kullanarak, reçine partikülünde absorbe edilen stabilizatör, üfleme ajanı ile yakın temas halinde değildir. Bu nedenle, üfleme maddesi, sıvı stabilizatörlerin varlığında katalize edilmez (Hartman ve diğerleri, 1966: 2). PVC-odun tozunun özgül ağırlığı köpürme maddeleri kullanılarak azaltılabilir.

AZO, kimyasal olarak stabil, kullanımı kolay ve çok miktarda gaz açığa çıkaran kokusuz, toksik olmayan bir malzemedir. Bu nedenle, AZO ile kuru karışım, çeşitli konsantrasyonlarda, fırın sıcaklıklarında ve işlem sürelerinde işlenebilir.

DNPT, AZO'dan daha düşük bir sıcaklıkta ayrışır. Hafif bir artık kokuya sahiptir ve kimyasal olarak daha az kararlıdır. DNPT'nin ekzotermal ayrışması, PVC'nin erimesi için kullanılabilir. Daha yüksek dozajlarda veya daha yüksek işlem sıcaklıklarında, PVC, DNPT'nin ekzotermik yapısından dolayı bozulur.

NaHC03 toksik değildir ve ucuzdur. Kokusuzdur ve su moleküllerini işlem sırasında bir yan ürün olarak salgılar. Optimum konsantrasyonda iyi bir hücre yapısı üretir. Bununla birlikte, daha yüksek konsantrasyonda, hücre yapısı tamamen çökerek son ürünlere pürüzlü bir yüzeye neden olur.

2.3.8 Boya Malzemeleri

Titanyum dioksit (TiO₂) birçok PVC formülasyonunda pigment ve UV stabilizatörü olarak kullanılır. TiO₂ iki şekilde mevcuttur: rutil ve anataz. İlki belirli bir şekle sahiptir ve daha iyi bir pigment etkisi verir, oysa anataz düzensiz bir şekle sahiptir, ancak daha ucuzdur. Aşındırıcı bir malzemedir. Her 100 kısım PVC için 12 parçaya kadar kullanılır. TiO₂ tercihen ürünün opaklığını arttırmak için kalsiyum karbonat ile birlikte kullanılır.

2.3.9 Birleştirici Malzemeler

Organometalik bağlantı maddeleri doldurulmuş ve doldurulmamış, ayrıca esnek ve sert PVC bileşiklerinde verimlilik artışı sağlayabilir. Organometalik kimya, aşağıdakiler gibi faktörlere özgü ve hassastır: ısı stabilizatörleri; birleştirme maddesinin dozu; karıştırma ekipmanının yüzeyleri; dağıtıcı karıştırma ve dağılma; ekleme sırası; ve doldurma seviyeleri. Optimizasyondan elde edilen fayda, bağlayıcı maddelerin uygun kullanımının anlaşılmasını ve PVC formülasyona eklenmesini gerektirir (Monte ve Sugerman, 1989: 12, 7, 59).

Poli [metilen (polifenil izosiyanat)] (PMPPIC), g-aminopropiltrietoksilan ve metalik bakır kompleksinin PVC-ahşap tozu kompozitleri için etkili birleştirme ajanları olduğu kanıtlanmıştır.

Hibrit takviyeler oluşturmak için diğer dolgu maddeleri (örneğin mika, cam elyafı) içeren odun unu, kompozitlerin mekanik özelliklerini artırabilir. Kaplanmış xonolite ile muamele edilmiş PVC bileşikleri, gerilme mukavemetinde çok az fark bulunan, işlenmemiş malzemelere kıyasla daha az gerilme mukavemeti göstermişlerdir. Birleştirici maddenin, dolgu maddesi ile matris arasındaki yapışmayı arttırdığı görülmüştür. İşlenen malzemenin uzamıştaki düşüşe rağmen kauçuk benzeri özellikler verdiği görülmüştür (Souma ve diğerleri, 1980: 53, 7).

2.3.10 Duman Bastırıcı Malzemeler

Duman bastırıcı olarak molibden, seryum, antimon ve kalay oksitler kullanılır. Oksitler arasında antimon trioksit, diğer oksitler ile birlikte bile orta düzeyde sinerjizmle birlikte önemli sinerjistik aktivite gösterir. Duman bastırma

mekanizması karmaşıktır ve geleneksel duman bastırıcıların kullanımı ile uyumlu değildir (Gonzalez, 1984: 47, 334).



3.BÖLÜM

EKSTRÜDER MAKİNESİ

3.1.Ekstrüder ve Polimerlerin Tanımı

Ekstrüder, polimer işleme endüstrisinde tartışmasız en önemli makine parçası. Çıkarmak, itmek veya zorlamak demektir. Bir açıklıktan itildiğinde malzeme sıkılır. Diş macunu bir tüpten sıkıldığında, sıkılır. Makinenin, malzemenin içinden zorlandığı açıklığı içeren kısmına, ekstrüder kalıbı adı verilir. Malzeme kalıptan geçerken, malzeme kalıp açıklığının şeklini kazanır. Bu şekil genellikle malzeme kalıptan çıktığında bir dereceye kadar değişir. Ekstrüde ürün, ekstrüdat olarak adlandırılır.

Bir ekstrüzyon işlemi vasıtasıyla birçok farklı malzeme oluşturulur: metaller, killer, seramikler, gıda maddeleri, vb. Özellikle gıda endüstrisi, erişte, sosis, atıştırmalıklar, tahıl ve başka pek çok ürün yapmak için sık sık ekstrüderler kullanır.

Polimerler, üç ana gruba ayrılabilir: termoplastikler, termosetler ve elastomerler. Termoplastik malzemeler ısıtıldığında yumuşar ve soğuduğunda katılaşır. Ekstrüdat spesifikasyonları karşılamıyorsa, malzeme genellikle yeniden döşenebilir ve geri dönüştürülebilir. Bu nedenle, bir termoplastiğin bazik kimyasal yapısı genellikle ekstrüzyon işleminin bir sonucu olarak önemli ölçüde değişmez. Termosetler, sıcaklık belirli bir sıcaklığın üzerine çıkarıldığında çapraz bağlama reaksiyonuna girerler. Bu çapraz bağlama, polimer moleküllerini üç boyutlu bir ağ oluşturmak için birbirine bağlar. Sıcaklık tekrar düştüğünde bu ağ bozulmadan kalır. Çapraz bağlama, malzemede geri dönüşü olmayan bir değişime neden olur. Bu nedenle, termoset malzemeler, termoplastik malzemeler gibi geri dönüştürülemez. Elastomerler veya kauçuklar, büyük ölçüde elastik bir şekilde davranan malzeme ile çok büyük deformasyonlar yapabilen malzemelerdir. Bu, deformasyon kuvveti alındığında, malzemenin tamamen veya neredeyse tamamen geri kazanıldığı anlamına gelir.

Malzemeler erimiş halde veya katı halde ekstrüde edilebilir. Polimerler genellikle erimiş halde preslenir; Bununla birlikte, bazı uygulamalar polimerlerin katı halde ekstrüzyonunu içerir. Polimer ekstrüdere katı halde beslenirse ve ekstrüder vidası tarafından besleme portundan kalıba iletilirken

malzeme eritilirse, işleme plastik ekstrüzyon denir. Bu durumda, ekstrüder, normal ekstrüzyon fonksiyonunun yanı sıra eriterek ek bir fonksiyon gerçekleştirir. Bazen ekstruder erimiş polimer ile beslenir; Buna eriyik beslemeli ekstrüzyon denir. Eriterek beslenen ekstrüzyonda, ekstrüder tamamen bir pompa görevi görür ve polimer eriyiğini kalıbın içinden zorlamak için gerekli basıncı geliştirir (Rauwendaal ve Graman, 2013: 2).



4. BÖLÜM

EKSTRÜZYON

PVC ekstrüzyonu şunları içerir:

- PVC bileşimini bir kalıba zorlayarak şekillendirme
- Tek vidalı ekstrüzyon durumunda pelet formunda ve çift vidalı ekstrüzyon için toz kuru karışım şeklinde hammadde kullanımı
- Katıları taşımak ve toplamak için bir vida
- Malzemeyi eritmek için döndürme ve harici ısıtma ile mekanik işlem
- Erimiş malzemenin namludan pompalanması ve kalıbın içinden geçirilmesi

Kalıp istenen enine kesit şeklini verecek şekilde tasarlanmıştır. Ekstrüdat kalıbı kalibrasyon sistemi içinde bıraktıktan sonra soğur ve katılaştır. Eriyik (ekstrüdat) kalibrasyon sisteminden ve soğutma işleminden çıkar. Soğutma sisteminden çıktıktan sonra ürün, uygulanan basınçla ürünü çekmek için kullanılan bir alma mekanizmasına beslenir.

4.1 Tek Vidalı Ekstrüderler

Sert PVC yatağının sıkıştırılması, beslemesi sırasında tek vidalı bir ekstrüderde gerçekleşir. Bu katı yatak vida ile birlikte döner. Sıcak namluda sürtünme sırasında PVC erir (Chung, 2000). Katı yatak ve namlu içinde, ince bir eriyik film oluşur. Eriyik filmde, ısı üretilir. Bu erime mekanizması "dağıtıcı karışım" olarak bilinir. Tek vidalı bir ekstrüder geleneksel olarak çok yönlülüğü ve ekonomik maliyeti nedeniyle kullanılmıştır. Farklı kalıp kesitleri kullanılıyorsa, aynı makineyi farklı kalınlıklarda geniş bir tabaka yelpazesi üretmek için kullanmak mümkündür.

Tek vidalı bir ekstrüderde havalandırma bölgesi yoktur. Bu nedenle, besleme sırasında havanın ve nemin hapsolmesi meydana gelebilir ve problemler nihai üründe tekrarlanabilir. Toz malzeme özel bir işleme tekniğine ihtiyaç duyar. Peletlenmiş veya toz bileşikleri açık bir havalandırma deliği bulunan iki kademeli vidalarla veya havalandırma deliğinde uygulanan vakum ile kullanılabilir.

Bununla birlikte, iki kademeli vidalar, dikkatli bir çıktı oranları, kalıplar ve formülasyon dengesi gerektirir. Tozun düzgün beslenmesini sağlamak için bir sıkma yemi tavsiye edilir. Tek vidalı ekstrüzyonda, düşük ekstrüder kapasitesine sahip, kalıpta erken bozulmayı önlemek için hız ve düşük erime sıcaklığını korumak için işleme sırasında geniş, kalın kalıpların doldurulması zordur. Önerilen işlem sıcaklığında bile, sert PVC tipik olarak daha yüksek viskoziteye sahiptir. Bu nedenle vidalı soğutma ve verimli namlulu soğutma sağlamak için işleme önemlidir.

Isı enerjisinin oluşumu düşük viskozitede düşüktür. Düşük viskozite, daha düşük kayma gerilimi gerektirir. Erime, viskoziteyi azaltarak azalır. PVC formülasyonları, tek vidalı bir ekstrüderde füzyon sırasında duvar kayma materyali olarak davranır. Eriyik, vidanın pasif uçuşunun yakınında toplanır. Tanelerin iç füzyonu ve kaynaşmış materyalin parçalanması, materyalin vidanın etrafındaki konumuna bağlıdır (Covas ve Gilbert, 1992:32, 11). Bu zorluklar, çıktı oranını artırma ve plakanın azalmasıyla daha uzun çalışma süreleri elde etme ile ilgilidir.

Tek vidalı ekstrüderin başlıca avantajları ve dezavantajları aşağıda belirtilmiştir.

Avantajları:

- Düşük başlangıç ve bakım maliyetleri
- Granül veya pelet ile çalıştırmak daha iyi
- Granüllerin boyutu veya PVC'nin geri sarılması sınırlı değildir

Dezavantajları:

- Düşük üretim oranları
- Yüksek ısı kararlılığı ile daha iyi formülasyon gereklidir

4.2 İkiz Vidalı Ekstrüderler

Polimer işleme için ilk çift vidalı ekstrüderler 1930'ların sonunda İtalya'da geliştirildi. Roberto Colombo , birlikte dönen çift vidalı ekstrüder geliştirdi. İlk ikiz vidalı ekstrüderlerin bir takım mekanik problemleri vardı. En önemli sınırlama, baskı rulmanı tasarımıydı. Sınırlı alan nedeniyle, iyi eksenel

ve radyal yük kapasitesine sahip bir baskı rulmanı tasarlamak zordur. Erken baskı rulmanları, ikiz vidalı ekstrüzyon preslerine iyi mekanik güvenilirlik sağlayacak kadar güçlü değildi. 1960'ların sonlarında, özellikle çift vidalı ekstrüzyon preslerinde kullanım için özel baskı yatakları geliştirilmiştir. O zamandan beri, çift vidalı ekstrüderlerin mekanik güvenilirliği, tek vidalı ekstrüderlerinki ile karşılaştırılabilir olmuştur. Bununla birlikte, ikiz vidalı ekstrüderler genellikle tek vidalı ekstrüderler kadar yüksek dayanma oranına sahip değildir.

İkiz vidalı ekstrüderler polimer işleme endüstrisinde sağlam bir konum belirlemiştir. Çift vidalı ekstrüderler için iki ana uygulama alanı, termal olarak hassas malzemelerin (örneğin RPVC) profil ekstrüzyonu ve bileşik ekstrüzyon, uçucu madde giderme, kimyasal reaksiyonlar, vb. gibi özel polimer işleme işlemleridir.

Profil ekstrüzyonunda kullanılan ikiz vidalı ekstrüderler, yakından takılan bir uçuş ve kanal profili ve yaklaşık 20 rpm aralığında nispeten düşük vida hızında çalışır. Bu makineler, tek vidalı ekstrüderlere göre çeşitli avantajlar sunar. Daha iyi besleme ve daha pozitif taşıma özellikleri, makinenin sert besleme malzemelerini (tozlar, kaygan malzemeler, vb.) işlemesini ve kısa kalma süreleri ve dar kalma süresi dağılımı (RTD) vermesini sağlar. Daha iyi karıştırma ve daha büyük ısı transfer alanı, stok sıcaklıklarının iyi kontrol edilmesini sağlar. Kalma süreleri ve stok sıcaklıkları üzerinde iyi bir kontrol, açıkça termal olarak hassas malzemelerin profil ekstrüzyonu için anahtar unsurlardır. Profil ekstrüzyonunda kullanılan çoğu ikiz vidalı ekstrüzyon presleri birbirine yakın ve ters dönmektedir, ancak birkaç birlikte dönen çift vidalı ekstrüzyon presi kullanılır.

Özel polimer işleme işlemleri, çeşitli tasarımlara sahip birkaç çift vidalı ekstrüzyon presinde gerçekleştirilir. Birlikte dönen çift vidalı ekstrüderler kimyasal reaktörler olarak da kullanılır. Bileşimde kullanılan birlikte dönen çift vidalı ekstrüderler, genellikle 300 ila 600 rpm arasında değişen tipik vida hızlarıyla yüksek hızlarda çalışır. 1200 - 1400 rpm'ye kadar yüksek hızlarda çalışabilen çok yüksek hızlı birlikte dönen çift vidalı ekstrüderler mevcuttur. Açıkçası, tüm bileşikler bu kadar yüksek vida hızlarında işlenemez. Birbirine

geçmeyen ekstrüderler karıştırma, kimyasal reaksiyonlar ve uçucu madde giderme için kullanılır.

İç içe geçmeyen ekstrüderlerdeki taşıma mekanizması, iç içe geçen ekstrüderlerdekinden oldukça farklıdır; Tek bir vidalı ekstrüderdeki taşıma mekanizmasına daha yakındır, ancak önemli farklılıklar vardır. Sonuç olarak, birbirine geçmeyen ikiz vidalı ekstrüderler pozitif taşıma özelliklerine sahip değildir. Bununla birlikte, pozitif taşıma özelliklerinin genellikle zayıf aksenal karıştırma kabiliyeti ile sonuçlandığı anlaşılmalıdır (Rauwendaal ve Graman, 2013: 697, 698) .



Tablo 4.1’de, yüksek hızlı ile düşük hızlı çift vidalı ekstrüzyon preslerini karşılaştırmaktadır.

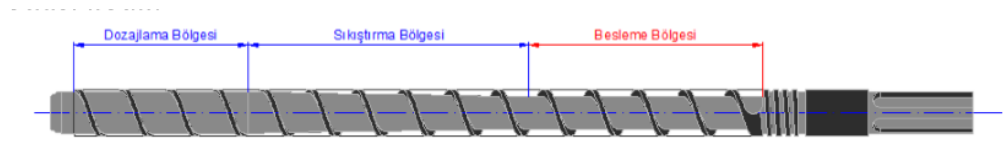
Yüksek hızlı vidalar

Düşük Hızlı Vidalar

Öncelikle bileşiklerde kullanılır	Öncelikle profil ekstrüzyonlarında kullanılır
Vida hızı 1200 ile 1400 rpm arasında	Vida hızı 10 ile 40 rpm arasında
Daima açıklıktan beslenerek çalıştırılır, taşkın beslemesi mümkün değildir	Açlıktan beslenerek çalıştırılabilir, bazı durumlarda taşkınla beslenme mümkündür
Düşük bir dolum seviyesinde çalışır, tipik olarak %20 ile %40 arasındadır	Yüksek derecede dolumla çalışır
Çoğu durumda iyi karıştırma özelliklerine sahiptir	Genellikle düşük karıştırma özelliklerine sahiptir
Uygun taşıma özellikleri, sınırlı basınç üretme kabiliyeti	İyi taşıma özellikleri, iyi basınç üretme kabiliyeti
Ekstrüderdeki basınçlar genellikle düşüktür	Basınçlar nispeten daha yüksektir
Yaygın olarak kullanılan sıralı besleme	Sıralı besleme yaygın değildir
Modüler vidalar ve kovan olarak yaygın kullanılır	Çoğu ekstrüderde modüler olmayan vidalar ve kovanlar kullanılır
Yüksek fiyatlı, aynı özellikteki tek vidalıya göre daha da yüksektir	Düşük fiyatlı, aynı özellikteki tek vidalı ile hemen hemen aynı
Paralel vidalar yüksek hızlı ekstrüderlerde kullanılır, konik vidalar kullanılmaz	Küçük çaplı ekstrüderler konik vidalar kullanabilir, büyük çaplı ekstrüderler tamamen paraleldir

Tablo 4.1. Yüksek ve düşük hızlı vidaların karşılaştırılması (C. Rauwendaal 2014; 698)

Hammadde besleme hunisine dökülür, redüktörün tahrik ettiği karşılıklı çalışan ikiz vidaya ulaşır. Vidanın dönmesi ve hatveleri sayesinde plastik ilerler. Vidanın 3 bölgesi bulunmaktadır.



Şekil 1.Vida bölgeleri

Besleme bölgesi (feeding zone) vidanın malzemeyi aldığı kısımdır. Huniden aldığı toz veya granül hammaddeyi vida kanalına aktarır. Genellikle bölgede diş derinliği sabittir. Bu dişler sayesinde plastik malzeme belirli bir basınç artışı sağlanarak besleme hunisinden alınarak ileriye doğru itilir. Bu bölgede hammaddenin ilerlemesi hemen hemen tamamen sürtünme etkisi ile olur.

Sıkıştırma bölgesi (melting zone) ise görevi itibari ile plastiği eritir. Klasik vidalarda hammadde, bölge boyunca kovana doğru bastırılarak eritme sağlanır. Böylece plastik sıkıştırılıp basıncı artırılarak dozajlama bölgesine gönderilir.

Dozajlama bölgesi (metering zone) eritilen plastiğin kalıptan çıkması için gereken basıncı oluşturur. Yeni dizaynlarda cebri beslemeli ekstrüderler ile bu görev kısmen besleme bölgesine aktarılmıştır. Besleme bölgesindeki hacimsel büyüklüğün dozajlama bölgesindeki hacimsel büyüklüğe oranı vidalarda “kompresyon oranı” denen değerdir.

Vidada sıcaklık kalıba yaklaştıkça artar. Kalıba ulaştığında sıcaklık ve akışkanlık değerleri en üst seviyeleri görmektedir.

İkiz vidalı ekstrüderler, işlem sırasında verimleri ve karışım dereceleri nedeniyle sıklıkla PVC ekstrüzyonunda kullanılır. Nihai ürünler, ekstrüderin verimliliğine bağlıdır (Nietsch ve diğerleri, 1997: 12, 4). Erime sıcaklığındaki küçük değişiklikler bile, işlem sırasında çift vidalı ekstrüzyondaki işlemi etkiler (Sombatsompoy ve Panapoy, 2001: 20, 2). Çift vidalı bir ekstrüderde, homojen bir ekstrüdat için malzemelerin eşit şekilde ısıtılması temel ihtiyacı sağlar. Artan

boşalma bölgesi basınç altında daha yüksek stabilite sağlar. Artan kalma süresi eriyik homojenliğini artırır.

Ters yönlerde dönen ikiz vidalar, vidaların altındaki C şeklindeki haznede basınç birikmesine neden olur. Bu basınç, ekstrüder vidasını namlu duvarına doğru iterek vida ve namlularda sürtünme aşınmasına neden olur. İşleme sırasında, PVC bileşiği erir, bu nedenle kristalitler erir. Kristalitler eridiğinde, tahıllar yeni kristalitler oluşumu ile birleşir. İşlenmemiş tahıl sınırlarında oluşurlar ve bu nedenle malzemenin esnekliği artar (Hookanson ve diğerleri, 1986: 8, 1, 11).

PVC ekstrüzyonunda, işlem sırasında üretilen buhar ve gazlar havalandırılır. Başlangıçta erime işlemi başlar ve sonra gazları ve buharları çıkarır. Son olarak, baskı geliştirildi. Havalandırma, ikinci kademenin buharlaşmadan arındırma bölümünde, namludaki bir porttan düşük bir basınç veya vakuma kadar yapılır.

Havalandırma ve ekstrüder çıkışı arasında pompalama, ekstrüder çıkışındaki yüke göre basınç geliştirmelidir. İkiz vidalı ekstrüzyonda, eriyik taşınması ve eriyik birikimi, çıkışta gerekli basınç açısından, buharlaşma-giderme bölgesinde vakum veya düşük basınç şeklinde basıncı oluşturur.

İkiz vidalı ekstrüderler toz halindeki bileşiklerle iyi çalışırlar. Daha yüksek çıktı oranlarında bile, düşük erime sıcaklığına sahip erime homojenliği sağlarlar. Tekdüzelik ve düşük erime sıcaklığı, vidaların daha düşük kesme hızından kaynaklanmaktadır. PVC formülasyonları, vidanın ve kalıbın yağlama ihtiyaçları nedeniyle daha iyi yağlama gerektirir. Vidaların daha derindeki kanalları geri akışa karşı hassastır. Kayma ısıtması arttıkça, geri basınçla çıkış daha hızlı düşer. Çift vidalı ekstrüderler, tek vidalı ekstrüderlerden daha karmaşıktır.

İki tip çift vidalı ekstrüder kullanılır: paralel vidalar ve konik vidalar. Konik çift vidalı ekstrüzyonda, vidanın düşük namlulu sıcaklıklarla artırılmış yağ sıcaklığına ihtiyacı vardır. Paralel vidalı ekstrüderler daha yüksek bir besleme bölgesi sıcaklığı gerektirir. Sert PVC (RPVC) ile boyut, ısı iletimini sınırlar ve sertlik vidaları namlu duvarlarına doğru zorlar ve daha yüksek namlu aşınmasına neden olur.

Çift vidalı ekstrüderin başlıca avantajları ve dezavantajları aşağıda belirtilmiştir.

Avantajları:

- Toz bileşikleri ile çalıştırmak daha iyi
- PVC borular ve bağlantı parçaları gibi yüksek hacimli uygulamalar
- Yüksek üretim oranları
- Vidalardaki düşük kesme hızları nedeniyle daha düşük erime sıcaklığı gerektirir
- Daha yüksek üretim oranlarında bile eriyik homojenliği sağlar

Dezavantajları:

- Daha yüksek başlangıç ve bakım maliyetleri
- Granüllerin kullanılması veya sert PVC'nin geri sarılması, daha yüksek kovan aşınmasına neden olur
- Granüllerin boyutu veya PVC'nin geri çekilmesi sınırlıdır

4.3 Kalıp Dizaynı

Malzeme akış kanalında yayılır. Boyutlar, PVC formülasyonuna, erime sıcaklığına, üretim oranına, kalıp genişliğine ve son ürünün kalınlığına bağlıdır. Uygun olmayan ısıtıcılar veya ısı çiftleri akış dengesizliğine neden olabilir ve erken bozulmaya neden olabilir. Malzeme, adaptörün uygunsuz conta yüzeylerinden sızabilir ve kalıplanabilir. Sızan malzeme durabilir ve bozulabilir. Bozulan malzeme korozyona neden olabilir ve kalıba zarar verebilir.

Kalıp, ürün kalitesinde önemli belirleyici faktördür. Eriyiği ekstrüderden alır ve aynı sıcaklık ve basınç koşulları altında tüm kesit boyunca iletir. Kullanılan boru kalıbının ilgili taleplere göre optimize edilmesi kritik önem taşır. Bundan, kalıp için iki temel gereksinim ortaya çıkar:

- İşlenecek malzemenin kendine has özelliklerine uygun olmalıdır
- Verim ve ürün boyutuna göre doğru şekilde tasarlanmalıdır

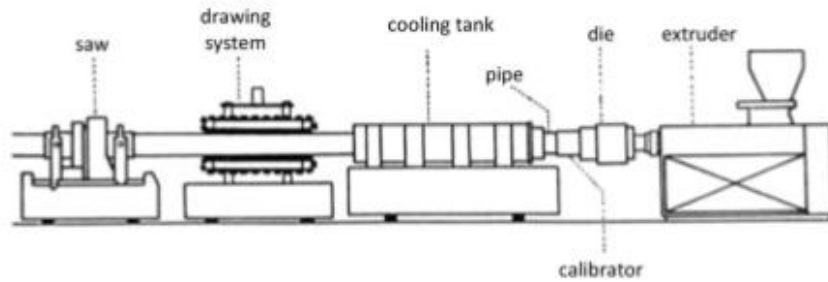
Yüksek üretimlerin taleplerini karşılamak için kalıp sürekli olarak optimize edilmelidir. Malzemenin reolojik davranışını optimize etmek için yüksek performans kullanılır.

4.4 Kalibrasyon Sistemi

Kalibrasyon sistemi genellikle "boyutlandırıcı", "vakum kalıbı" veya "kalibratör" olarak bilinir. Kalibrasyon sisteminin amacı, ürünü bitmiş konturun içine şekillendirmektir. Vakum kalibratörleri şekli oluşturur ve ürünü soğutur. Isıyı kalibrasyon ünitesinin kritik bölümünde dağıtmak için tasarlanmıştır. Sürtünme kuvvetleri normal aralıkta yer almaktadır. Ekstrüzyon hızları kalibrasyon sistemindeki aşınmaya karar verir. Ürünün yüzey kalitesi ağırlıklı olarak PVC formülasyonuna dayanmaktadır.

4.5 PVC Boru Ekstrüzyonu

Aşağıdaki şekilde ekstrüder, kalıp ve bir son ürün üretmek için gereken soğutma sistemi ile birlikte bir ekstrüzyon hattının geleneksel kurulumunu göstermektedir.



Şekil 2.Ekstrüder üretim hattı (P.G. Lafleur and B.Vergnes 2014; 229)

A-Extrüder , ürünün pişirilip sıkıştırıldığı yer

B-Die, ürünün kalıba göre şekillendiği yer

C-Pipe, plastik hammaddenin boru şeklini aldığı yer

D-Cooling tank, ürünün soğutma tankında sıcaklığının düşürülmesi

E-Drawing system, plastik borunun çekici makinesi ile çekilmesi

F-Saw, plastik borunun istenilen ölçülerde kesilmesi

Kalıp, kontrollü boyutlarda bir ürünün homojen bir oranda ve sıcaklıkta elde edilmesine izin verecek şekilde tasarlanmalıdır. Soğutma tankının boyu ürünü yeterli sıcaklığa düşürmeye yetmelidir aksi takdirde üründe yanmalar

meydana gelebilir. Çekicinin hızı borunun vidadan çıkış hızı ile entegreli olmalıdır aynı zamanda kesici de çekiciye yetişebilecek otomasyonu sağlayabilmelidir.

Hatta birçok parça ve ölçüleri kısa olan pvc borular kesilmeleri yetişmedikleri için hattın hızı düşürülmektedir. Uzun ve sürekli aynı boy istendiğinde ise hattın hızı yüksek seviyelere ulaşabilmektedir.

PVC boruların veya profillerin işlenmesi, hammaddelerin harmanlanmasından ekstrüderden geçen yarı mamul ürünlere kadar başlar. PVC işleme genellikle 170–200 ° C'de gerçekleştirilir (Felger, 1986).

Boru veya profil ekstrüzyonundan ekstrüdat, soğutma tanklarından çekilirken küçük boyutlarda bükülür. Elle çekmek yerine daha büyük boyutlarda bir başlangıç borusu kullanılır.

4.5.1 PVC Boru Kalıbı

Ekstrüder aksesuarları aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

- İşlenecek polimere bağlı
- Eriyiklerin, duvara tutunma veya duvara kayma gibi özellikleri
- Termal kararlılık

PVC boru ekstrüzyonu için örümcek kalıpları tavsiye edilir. Kalıp, malzeme girişi, mandrel desteği ve fonksiyonel bölgeler olarak kalıp boşluğundan oluşur. Ekstrüzyonun kesinliği çok yüksektir. Ekstrüzyon aşağı akış ekipmanları, çapraz kafa halka şeklindeki kalıp, soğutma oluğu ve kalkıştan oluşur. Ürünün ekstrüzyon işlemi sırasında çekildiği doğrusal hız, boyutuna ve ekstrüzyon koşullarına bağlıdır.

Ekstrüzyon kalıplarının tasarımının temeli, tek katmanlı boru ekstrüzyonu için olan sistemdir. Bir kalıbın önemli parçaları:

- Örümcek
- Kafes Sepet
- Spiral Mandrel

4.5.2 Soğutma Sistemi

Vidalı soğutma, boru ve profillerin işlenmesinde önemli bir kontrol sistemidir. Makineye bağlı olarak iki soğutma sistemi kullanılmaktadır.

Soğutma işlemini suyun doldurulduğu kapalı bir sisteme vidalayın. Çeşitli sürtünme özellikleri (veya vida uzunluğu) nedeniyle, su buhara dönüşür. Suyun buhara dönüşmesi, girişten sağlanan ısı nedeniyle vidada gerçekleşir. Soğutulur ve çoğunlukla sıkıştırma ve ölçme bölgelerinde sürtünme ısı giderilir. Su soğutmalı vidalar bakım gerektirmez , çıkış ve aşınma açısından düşük verimlilik gösterir. Vida ve kovan arasında aşınma meydana gelir.

Ölçme bölgesinden ısıyı uzaklaştırmak için vida bölgesi boyunca ısıtılmış yağı pompalamak suretiyle vidanın dış kontrolü ve ekstrüderin giriş bölgesine geri dönüşü sağlamak. Harici soğutma sistemleri daha fazla bakım ve özen gerektirir. Malzeme daha fazla yağ soğutmaya maruz kaldığında, işlem sırasında sürtünme ısı azalır.

5.BÖLÜM

UYGULAMALAR

Ekstrüzyon prosesinde hedef, en uygun kalitede ürünü fire vermeden sürekli bir şekilde üretmektir. Üretimde bulunan makinelerin en uygun değerlerde olması koşulu ile üretim sorunsuz bir şekilde sürdürülmek istenir. Çıkan ürün kalite olarak istenilen ürünün dışında ise problemi tespit etmek gerekir. Problemi tespit etmek içinde fire sebeplerini bilmemiz gerekir.

Bu bölümde PVC boru üretiminin gerçekleştiği 6 adet ekstrüder makinesinin 6 aylık üretim fireleri ayrı kategorize ederek hesaplanacaktır. Bununla birlikte çıkan fire miktarlarının nedenleri sorgulanacaktır.

Çalıştığımız makineler, karşılıklı çalışan ikiz vidaları olan ekstrüzyon makineleridir. Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi formül mikser de işlendikten sonra ekstrüzyon kısmına , vida kovan kısmında ısındıktan sonra kalıp ve vakum kısmına orada da ayrıca soğutulur ve çekici yardımıyla testereye gider orada istenilen boyutta kesilir en son da PVC borunun kafa kısmı ısıtılarak muflanır.

Her bir makinenin çalıştığı belli bir çap aralığı vardır ve her makineye bir operatör bakmaktadır. Bu makinelerden PVC üretiminin firesini hesaplarken kilogram olarak hesaplayacağız. Ayrıca aylara göre de kıyaslama yapabileceğiz. Yüzde olarak en fazla fire verilen kısımlar tespit edilmiş olacaktır. Aslında PVC boru üretiminde verilen fireler kırma makinesinde ufak parçalara ayrılıp tekrar hammadde içine belli oranlarda eklenebilmektedir. Geri dönüşüm olmasına rağmen işçilik ve elektrik masrafı firenden dolayı artacaktır. Biz ne kadar fireyi azaltırsak zamandan ve maddiyattan kazanırız.

Aşağıda makinelerin hangi çap boyutlarında çalıştığından bahsedilmektedir.

101 numaralı makine: 125, 160, 200

103 numaralı makine: 110

104 numaralı makine: 110

105 numaralı makine: 50

106 numaralı makine: 50, 75

107 numaralı makine: 75

Görüldüğü gibi her makinede her çap üretilmemiştir. Kalıp maliyetinden dolayı çaplara göre en uygun makinelerde üretim yapılmıştır.

Her makine operatörü kendi vardiyasında üretim formu doldurmaktadır biz çıkan fireleri ayrı sebeplerini de yazmasını istedik. Bununla birlikte 30 farklı fire sebebi ortaya çıktı.

Altı aylık üretimin sonunda ortaya çıkan tablolara göre fire miktarlarını kıyaslayabileceğiz. Hangi firelerden çok çıkmış bunu sorgulayabileceğiz.

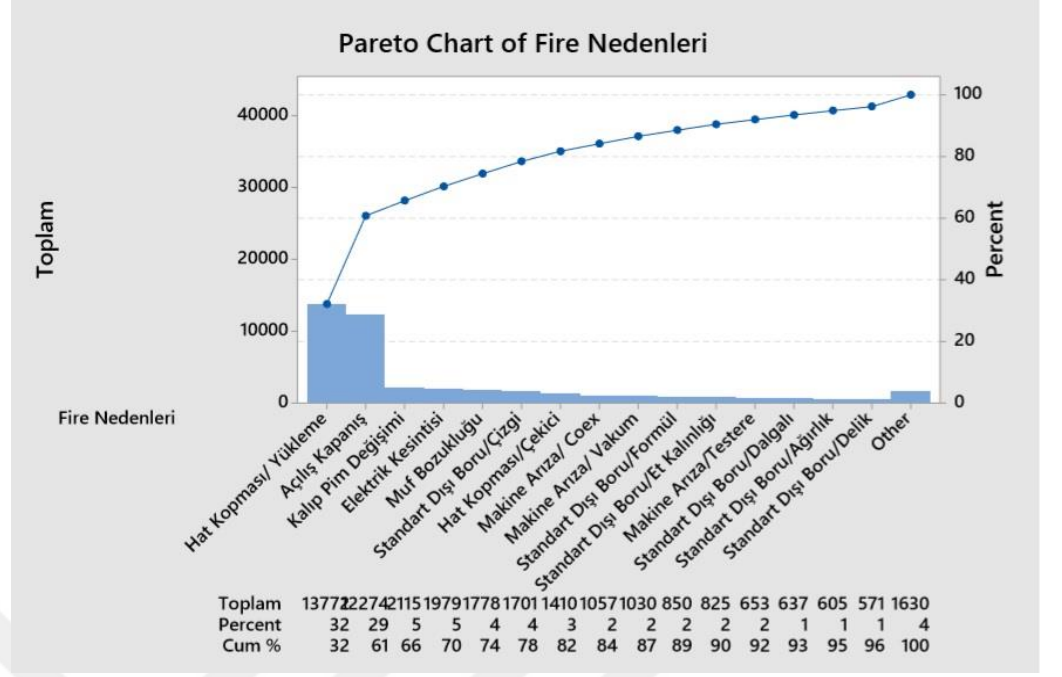
Uygulamanın gerçekleştiği işletme plastik boru ve ek parça üretimi olan yurt içi ve yurt dışı satışı olan bir firmadır. Firma temiz su boruları, atık su boruları, alt yapı boruları, ısıtma boruları, plastik vana, metal vana ve ek parçaları olmak üzere çok geniş bir ürün yelpazesine sahiptir.

Aşağıda 101 numaralı makinenin üretim esnasında çıkan fire sonuçları Tablo 5.1 de kilogram olarak gösterilmiştir. Bu tabloya göre en çok fire verilen kısım hat kopması/yükleme olarak ortaya çıkmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken durum Ocak ayında en fazla firesini vermiştir.

Makinede altı aylık periyotta toplam 494.732 kg üretim yapılmış olup bunun 42.887 kg' ı fire olarak kaydedilmiştir. Bu da %8,67 bulunmuştur.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Açılış Kapanış	1.425	1.728	2.528	2.770	2.493	1.330	12.274
Deneme							
Elektrik Kesintisi		160	37	372	37	1.373	1.979
Hat Kopması/Çekici					1.110	300	1.410
Hat Kopması/Formül							
Hat Kopması/Parça Gelmesi		302					302
Hat Kopması/Vakum			105				105
Hat Kopması/ Yükleme	9.060	1.436		402	963	1.911	13.772
Kalıp Pim Değişimi	223	548	678	160	506		2.115
Kalıp Arıza				300	55		355
Makine Arıza/Akmamazlık							
Makine Arıza/ Coex	703				354		1.057
Makine Arıza/Çekici		450					450
Makine Arıza/Ekstrüder			100				100
Makine Arıza/Havuz		142					142
Makine Arıza/Kompresör							
Makine Arıza/Testere		125	528				653
Makine Arıza/ Vakum	930	100					1.030
Makine Arıza/Elektrik							
Muf Bozukluğu	404	304		970		100	1.778
Standart Dışı Boru/Formül					850		850
Standart Dışı Boru/Ağırlık	504		101				605
Standart Dışı Boru/Çap		120					120
Standart Dışı Boru/Dalgalı			385			252	637
Standart Dışı Boru/Delik		251		200	19	101	571
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı				420	373	32	825
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı							
Standart Dışı Boru/Renk							
Standart Dışı Boru/Uzunluk			56				56
Standart Dışı Boru/Çizgi		585	916	100		100	1.701
	13.249	6.251	5.434	5.694	6.760	5.499	42.887

Tablo 5.1 101 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları



Tablo 5.2 101 numaralı makinenin minitab-pareto analizi

Bu tabloya göre en çok fire verilen kısım hat kopması/yükleme olarak ortaya çıkmıştır. Kış ayı ile birlikte hammaddenin karışımını etkileyen bir faktör olarak yüklemeyi oynatıp hat kopması yaşanmış olabilir.

İkinci fire sebebi de açılış-kapanış firesi olmakta, siparişin bitmesi veya üretime ara verilmesi gibi durumlarda makine kapanması mutlaka olacaktır. Stoklu çalışmanın her zaman maliyet olduğu ülkemizde bu durum kaçınılmaz olarak karşımıza çıkacak. Elektrik kesintisi de üçüncü fazla fire veren kısım.

Bu firma sanayi bölgesinde olmadığından ve enerji hatları değişimleri yaşandığından elektrik kesintisi fazla olmakta ve tüm makinelerin kapanmasına sebep olmaktadır.

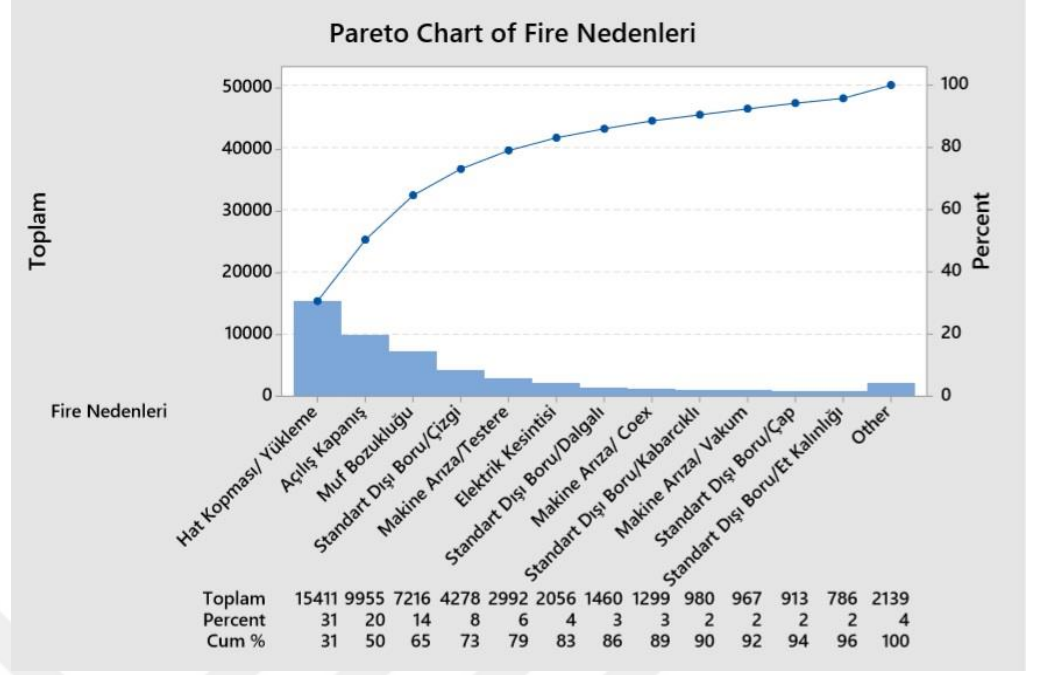
Aşağıda 103 numaralı makinenin üretim esnasında çıkan fire sonuçları Tablo 5.2 de kilogram olarak gösterilmiştir. Bu makine 110 luk çap üretmektedir. Makinede altı aylık periyotta toplam 1.126.931 kg üretim yapılmış olup bunun 50.452 kg' ı fire olarak kaydedilmiştir. Bu da %4,48 bulunmuştur.



Şekil 3. Dalgalı boru firesi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Açılış Kapanış	1.104	1.420	1.856	2.096	1.815	1.664	9.955
Deneme							
Elektrik Kesintisi		536	182	101	549	688	2.056
Hat Kopması/Çekici							
Hat Kopması/Formül					754		754
Hat Kopması/Parça Gelmesi							
Hat Kopması/Vakum							
Hat Kopması/ Yükleme	9.852	1.464	2.705		836	554	15.411
Kalıp Pim Değişimi							
Kalıp Arıza							
Makine Arıza/Akmamazlık					299	253	552
Makine Arıza/ Coex	1.184		50		65		1.299
Makine Arıza/Çekici							
Makine Arıza/Ekstrüder					100		100
Makine Arıza/Havuz						551	551
Makine Arıza/Kompresör							
Makine Arıza/Testere	414	737	797	100	542	402	2.992
Makine Arıza/ Vakum	352	241	302		72		967
Makine Arıza/Elektrik							
Muf Bozukluğu	2.288	352	1.044	948	357	2.227	7.216
Standart Dışı Boru/Formül							
Standart Dışı Boru/Ağırlık							
Standart Dışı Boru/Çap			330	65	346	172	913
Standart Dışı Boru/Dalgalı	140	413	747	61	99		1.460
Standart Dışı Boru/Delik			150			32	182
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı			716			70	786
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı		180	150		501	149	980
Standart Dışı Boru/Renk							
Standart Dışı Boru/Uzunluk							
Standart Dışı Boru/Çizgi	1.432	400	1.124	904	115	303	4.278
	16.766	5.743	10.153	4.275	6.450	7.065	50.452

Tablo 5.3 103 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları



Tablo 5.4 103 numaralı makinenin minitab-pareto analizi

Yine ilk sırada hat kopması/yükleme sebebi çıkmaktadır. 103 numaralı makinede de Ocak ayında 9852 kg olarak çok yüksek bir fire miktarı ortaya çıkmıştır. Kışın etkisi mi yoksa formülde mi bir hata var ona diğer makinelere bakınca karar verilecektir.

İkinci fire sebebi açılış kapanış olmuştur. Üçüncü sebebi muf bozukluğu. Muf bozukluğunun birçok sebebi var en önemlisi yüklemeye oynaması ve kalıpların aşınmış olması. Dördüncü sebebi ise standart dışı boru/çizgi olmuştur. Boru da çizgiler meydana gelmesi ile bu fireler ortaya çıkar.

Testere makinesinin arızası da 5. Fire sebebi olmuştur. Makinenin sürekli boylarından kesimler yaptığı ve son derece hızlı olduğundan bu tarz fireler verilmektedir. Coex makinesi , boru üzerinde şerit tarzında her marka için ayrı bir renk ifade eden çizgi oluşturmaktadır. Bu makinenin de bozulması ile fire verilebilmektedir.

Aşağıda 104 numaralı makinenin üretim esnasında çıkan fire sonuçları Tablo 5.3 de kilogram olarak gösterilmiştir. Bu makine 110 luk çap üretimi ile fabrikanın en çok çalışan ekstrüzyon makinelerindendir.

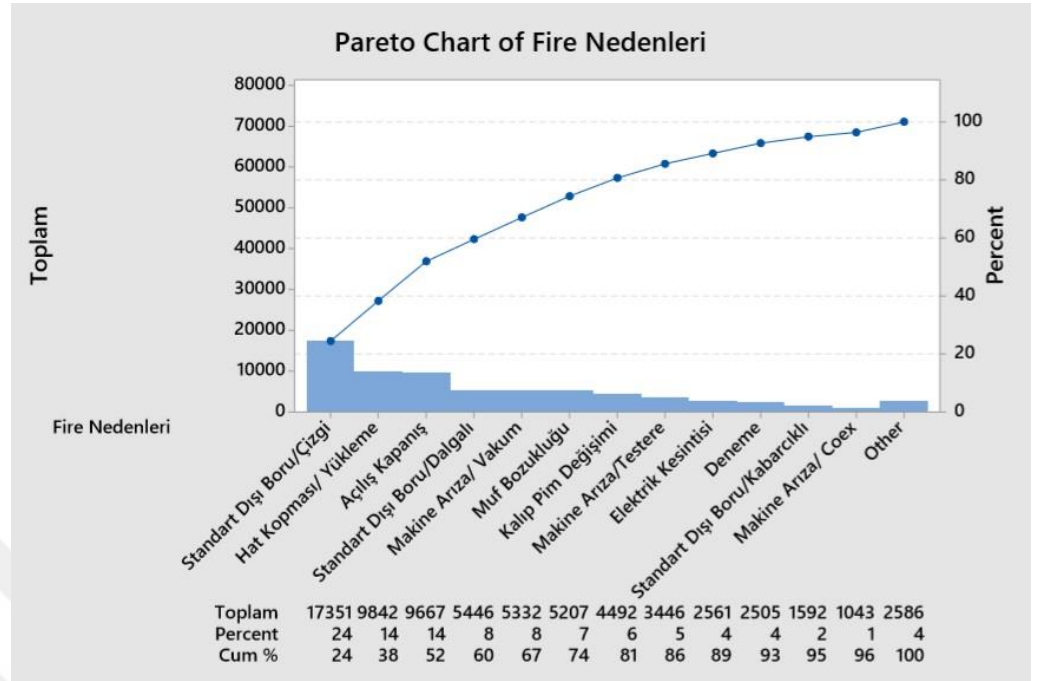
Makinede altı aylık periyotta toplam 1.124.933 kg üretim yapılmış olup bunun 71.070 kg' ı fire olarak kaydedilmiştir. Bu da %6,32 bulunmuştur.



Şekil 4. Kabarcıklı boru fresi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Açılış Kapanış	2.566	734	1.077	2.658	1.762	870	9.667
Deneme		1.002		900	603		2.505
Elektrik Kesintisi			584	305	906	766	2.561
Hat Kopması/Çekici							0
Hat Kopması/Formül							0
Hat Kopması/Parça Gelmesi							0
Hat Kopması/Vakum							0
Hat Kopması/ Yükleme	3.178	3.974	1.578	254	505	353	9.842
Kalıp Pim Değişimi	1.473	750	485	322	1.157	305	4.492
Kalıp Arıza							0
Makine Arıza/Akmamazlık							0
Makine Arıza/ Coex	100		943				1.043
Makine Arıza/Çekici			372				372
Makine Arıza/Ekstrüder							0
Makine Arıza/Havuz				83	169		252
Makine Arıza/Kompresör				321			321
Makine Arıza/Testere	1.075		834	753	693	91	3.446
Makine Arıza/ Vakum	2.498		1.074	1.130	370	260	5.332
Makine Arıza/Elektrik							0
Muf Bozukluğu	1.515	600	244	524	1.419	905	5.207
Standart Dışı Boru/Formül						902	902
Standart Dışı Boru/Ağırlık	181						181
Standart Dışı Boru/Çap						298	298
Standart Dışı Boru/Dalgalı	1.831	2.526	747		84	258	5.446
Standart Dışı Boru/Delik	60						60
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı	200						200
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı	500	250	369	300	173		1.592
Standart Dışı Boru/Renk							
Standart Dışı Boru/Uzunluk							
Standart Dışı Boru/Çizgi	3.672	1.530	5.090	3.237	3.185	637	17.351
	18.849	11.366	13.397	10.787	11.026	5.645	71.070

Tablo 5.5 104 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları



Tablo 5.6 104 numaralı makinenin minitab-pareto analizi

104 numaralı makinede standart dışı boru/çizgi sebebiyle fire çıkması ilk sırayı almaktadır. Borunun yanık ekstrüzyon kalıbında yandığı ve çizgi oluşturduğundan hattın çizgi bitene kadar devam ettirilmesi söz konusudur.

Hat kopması/yükleme ile açılış kapanış firesi neredeyse aynı orana sahip olup ikinci sırayı almaktadır.

PVC borunun dalgalı gelmesi ve makinenin vakum arızası da en çok fire verilen kısımlar arasında. Vakum yapılamazsa boru düzgün şekil almaz.

Muf bozukluğu ve kalıp/pim değişikliği de sırasıyla fire miktarları arasında yer almaktadır.

En çok fire yine ocak ayında verilmiş olup diğer makinelere benzemektedir.

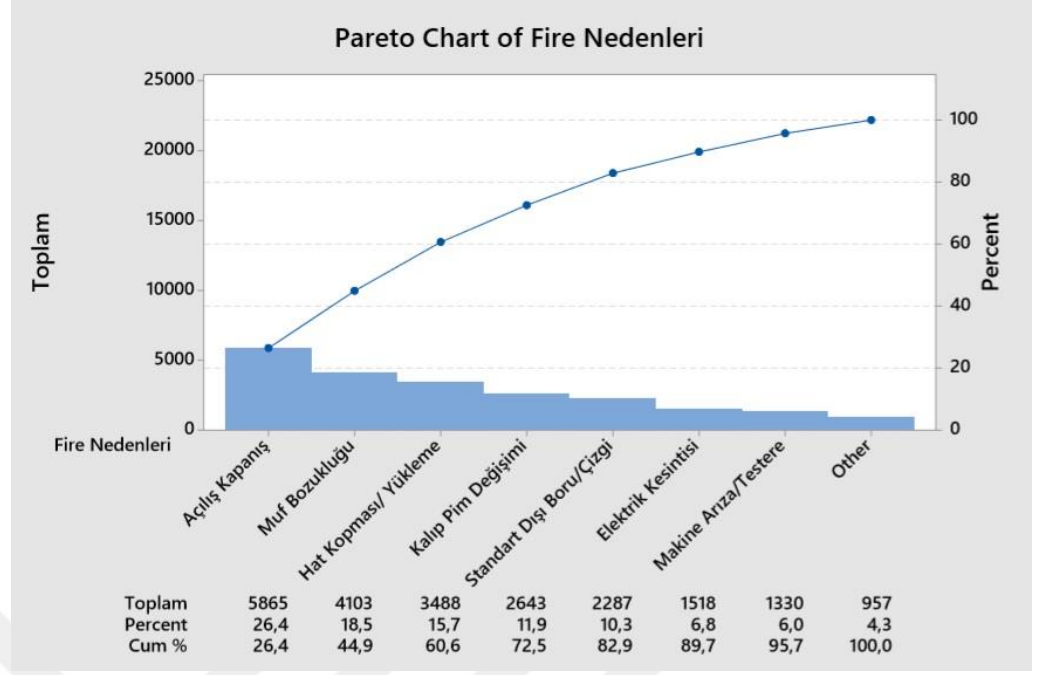
Aşağıda 105 numaralı makinenin üretim esnasında çıkan fire sonuçları Tablo 5.4 de kilogram olarak gösterilmiştir. Bu makine 50 lik çap üreten ekstrüzyon makinesidir.



Şekil 5. Makinenin açılış ve kapanış esnasında çıkan yanıklı fire

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Açılış Kapanış	1.011	465	1.192	1.015	1.040	1.142	5.865
Deneme	0	0	0	0	0	0	0
Elektrik Kesintisi	150	0	124	206	356	682	1.518
Hat Kopması/Çekici	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/Formül	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/Parça Gelmesi	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/Vakum	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/ Yükleme	601	1.257	427	280	672	251	3.488
Kalıp Pim Değişimi	784	312	423	297	639	188	2.643
Kalıp Arıza	0	0	0	0	0	0	0
Makine Arıza/Akmamazlık	0	0	102	0	0	0	102
Makine Arıza/ Coex	0	101	152	0	0	0	253
Makine Arıza/Çekici	0	0	34	0	0	0	34
Makine Arıza/Ekstrüder	0	0	0	0	0	75	75
Makine Arıza/Havuz	0	0	0	0	0	0	0
Makine Arıza/Kompresör	202	0	0	20	0	0	222
Makine Arıza/Testere	0	0	165	100	915	150	1.330
Makine Arıza/ Vakum	0	101	0	0	0	0	101
Makine Arıza/Elektrik	0	0	0	0	0	170	170
Muf Bozukluğu	588	461	893	1.013	806	342	4.103
Standart Dışı Boru/Formül	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Ağırlık	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Çap	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Dalgalı	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Delik	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Renk	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Uzunluk	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Çizgi	236	288	268	0	218	1.277	2.287
	3.572	2.985	3.780	2.931	4.646	4.277	22.191

Tablo 5.7 105 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları



Tablo 5.8 105 numaralı makinenin minitab-pareto analizi

Pareto analizine göre açılış kapanış firesi %26,4 ile ilk sırada yer almaktadır. İkinci en çok fire sebebi % 18,5 ile muf bozukluğu, üçüncü ise % 15,7 ile hat kopması yüklemidir. Dördüncü fire sebebi boru da çizgi gelmesidir. Beşinci sebep ise elektrik kesintisi ve altıncı olarak da çekici makinesi arızasıdır.

En çok fire verdiği aylar diğer makinelerin aksine Mayıs ve Haziran aylarıdır. Makinede altı aylık periyotta toplam 481.240 kg üretim yapılmış olup bunun 22.191 kg' ı fire olarak kaydedilmiştir. Bu da %4,61 bulunmuştur.

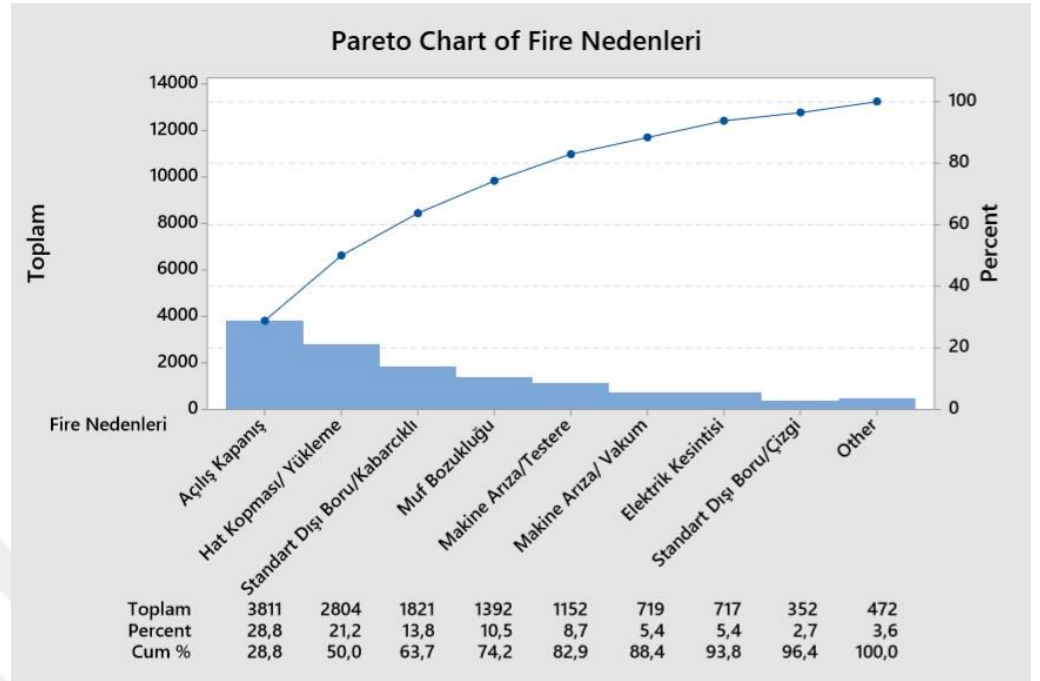
Aşağıda 106 numaralı makinenin üretim esnasında çıkan fire sonuçları Tablo 5.5 de kilogram olarak gösterilmiştir. Bu makine 50 ve 75 lik çap üreten ekstrüzyon makinesidir.



Şekil 6. Hat kopması sonucu oluşan fire

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Açılış Kapanış	182	1.675	153		884	917	3.811
Deneme	0	0	0		0	0	0
Elektrik Kesintisi	0	0	0		121	596	717
Hat Kopması/Çekici	0	0	0		0	0	0
Hat Kopması/Formül	0	0	0		0	0	0
Hat Kopması/Parça Gelmesi	0	0	0		0	0	0
Hat Kopması/Vakum	0	0	0		0	0	0
Hat Kopması/ Yükleme	70	1.748	87		546	353	2.804
Kalıp Pim Değişimi	0	0	0		0	0	0
Kalıp Arıza	0	0	0		0	0	0
Makine Arıza/Akmamazlık	0	0	0		0	0	0
Makine Arıza/ Coex	0	0	0		270	13	283
Makine Arıza/Çekici	0	0	0		0	0	0
Makine Arıza/Ekstrüder	0	0	0		0	0	0
Makine Arıza/Havuz	0	0	0		0	0	0
Makine Arıza/Kompresör	0	0	0		0	0	0
Makine Arıza/Testere	0	334	0		516	302	1.152
Makine Arıza/ Vakum	0	531	0		87	101	719
Makine Arıza/Elektrik	0	0	0		0	0	0
Muf Bozukluğu	110	605	274		0	403	1.392
Standart Dışı Boru/Formül	0	0	0		0	0	0
Standart Dışı Boru/Ağırlık	0	0	0		0	0	0
Standart Dışı Boru/Çap	0	0	0		0	88	88
Standart Dışı Boru/Dalgalı	0	0	0		0	101	101
Standart Dışı Boru/Delik	0	0	0		0	0	0
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı	0	0	0		0	0	0
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı	0	1.237	227		145	212	1.821
Standart Dışı Boru/Renk	0	0	0		0	0	0
Standart Dışı Boru/Uzunluk	0	0	0		0	0	0
Standart Dışı Boru/Çizgi	0	150	0		152	50	352
	362	6.280	741	0	2.721	3.136	13.240

Tablo 5.9 106 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları



Tablo 5.10 106 numaralı makinenin minitab-pareto analizi

Makinede altı aylık periyotta toplam 194.443 kg üretim yapılmış olup bunun 13.240 kg' ı fire olarak kaydedilmiştir. Bu da %6,81 bulunmuştur. Ekstrüzyon makineleri arasında en az çalışan makinedir. Bu makine de en çok fireyi Mayıs ve Haziran aylarında vermiştir.

Pareto analizine göre en çok fire verilen %28,8 ile açılış kapanış durumudur. Ondan sonra hat kopması yükleme sebebi ve onu takiben de kabarcıklı boru kusuru gözükmektedir. Dördüncü fire sebebi testere makinesi arızası ve beşinci fire sebebi olarak da muflama kusuru gözükmektedir.

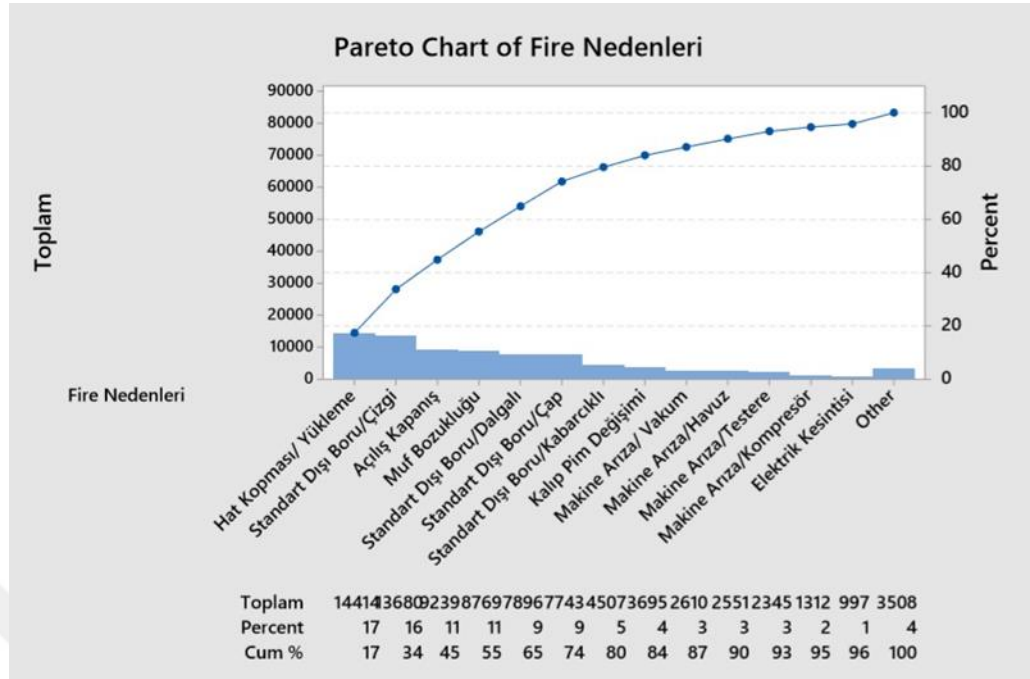
Aşağıda 107 numaralı makinenin üretim esnasında çıkan fire sonuçları Tablo 5.6 de kilogram olarak gösterilmiştir. Bu makine 75 lik çap üreten ekstrüzyon makinesidir.



Şekil 7. Parça gelmesi sonucu dalgalı boru firesi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam
Açılış Kapanış	1.447	1.345	1.230	1.758	1.483	1.976	9.239
Deneme	0	0	0	0	0	0	0
Elektrik Kesintisi	0	0	100	219	285	393	997
Hat Kopması/Çekici	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/Formül	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/Parça Gelmesi	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/Vakum	0	0	0	0	0	0	0
Hat Kopması/ Yükleme	7.414	1.069	2.607	1.436	429	1.459	14.414
Kalıp Pim Değişimi	760	250	470	367	1.411	437	3.695
Kalıp Arıza	0	0	0	0	0	0	0
Makine Arıza/Akmamazlık	0	0	310	0	0	0	310
Makine Arıza/ Coex	0	0	153	450	0	0	603
Makine Arıza/Çekici	0	0	0	0	272	0	272
Makine Arıza/Ekstrüder	0	0	0	0	0	0	0
Makine Arıza/Havuz	0	0	1.998	450	103	0	2.551
Makine Arıza/Kompresör	1.114	0	0	0	198	0	1.312
Makine Arıza/Testere	0	403	449	497	470	526	2.345
Makine Arıza/ Vakum	881	0	943	0	682	104	2.610
Makine Arıza/Elektrik	0	0	0	0	0	0	0
Muf Bozukluğu	2.367	1.135	2.393	406	1.472	996	8.769
Standart Dışı Boru/Formül	0	0	0	0	601	361	962
Standart Dışı Boru/Ağırlık	0	0	194	0	0	0	194
Standart Dışı Boru/Çap	2.091	555	2.843	602	601	1.051	7.743
Standart Dışı Boru/Dalgalı	1.493	0	2.158	1.206	637	2.402	7.896
Standart Dışı Boru/Delik	200	100	0	0	0	0	300
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı	180	0	0	0	376	0	556
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı	260	0	1.750	1.997	168	332	4.507
Standart Dışı Boru/Renk	0	0	0	0	0	311	311
Standart Dışı Boru/Uzunluk	0	0	0	0	0	0	0
Standart Dışı Boru/Çizgi	250	1.345	5.251	3.326	2.736	772	13.680
	18.457	6.202	22.849	12.714	11.924	11.120	83.266

Tablo 5.11 107 numaralı makinenin 2019 ilk altı aylık fire miktarları



Tablo 5.12 107 numaralı makinenin minitab-pareto analizi

Makinede altı aylık periyotta toplam 864.308 kg üretim yapılmış olup bunun 83.266 kg' ı fire olarak kaydedilmiştir. Bu da %9,63 bulunmuştur ki en çok fire verilen makine olmuştur.

En çok fireyi Mart ayında 22.849 kg olarak vermiştir. Fire sebeplerinden en fazla olanı yine hat kopması yüklemidir. İkinci olarak en fazla fire verilen kısım açılış kapanış firesidir. Boruda çizgi olması, dalgalı gelmesi ve çapı uygun olmaması da sırasıyla 13.680, 7.896, 7.743 kg olarak fire verilmiştir. Standart dışı özellikler olarak 36.149 kg fire verilmiştir ki bu çok yüksek bir oran.

Makine arızaları toplamı da toplamda 10.003 kg olarak fire verdirmiştir. Aslında fire sebeplerinin çeşitlerinin çok fazla olduğu ortaya çıkmıştır.

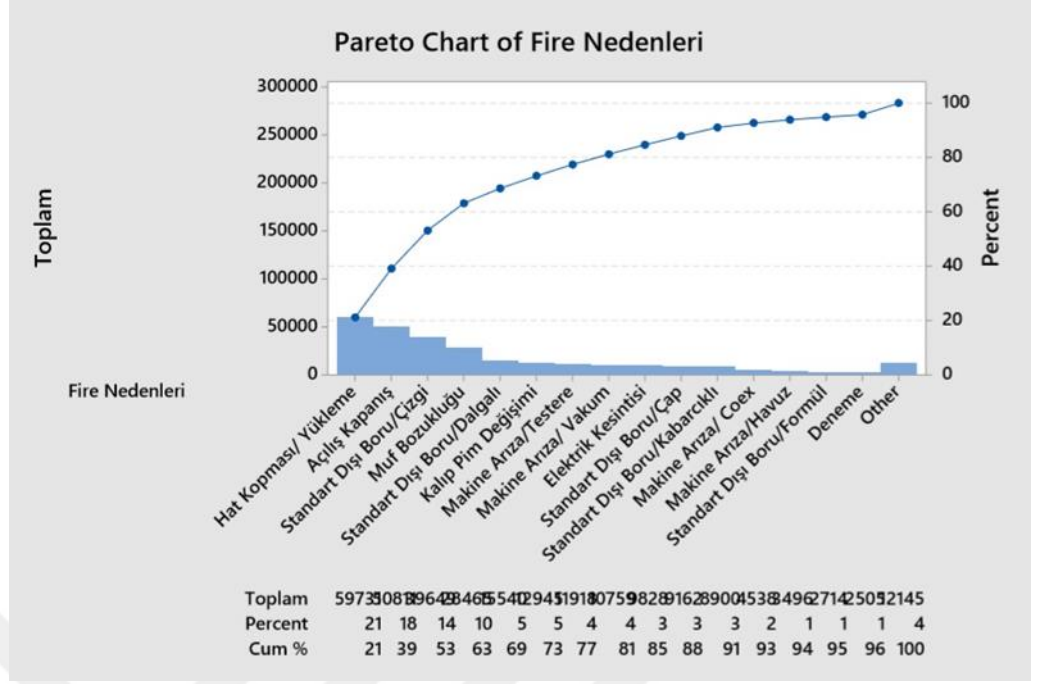
Aşağıda Tablo 5.7 de 6 makinenin toplam üretimlerinin altı ay olarak miktarı ve yüzdesi hesaplanmıştır. Toplam üretim 4.286.587 kg ve fire miktarı 283.106 kg olarak ortaya çıkmıştır. Fire yüzdesi %6,6 dır.



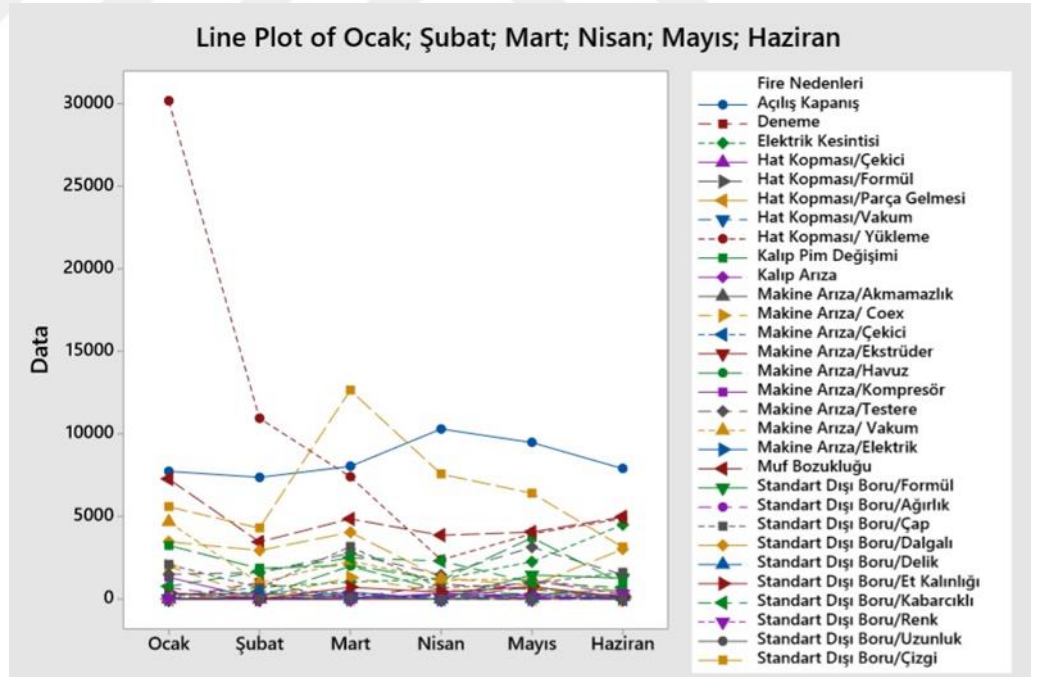
Şekil 8. Muflama hatası (Sağdaki sağlam ürün, soldaki hatalı ürün)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Toplam	Fire Oranları
Açılış Kapanış	7.735	7.367	8.036	10.297	9.477	7.899	50.811	17,95%
Deneme	0	1.002	0	900	603	0	2.505	0,88%
Elektrik Kesintisi	150	696	1.027	1.203	2.254	4.498	9.828	3,47%
Hat Kopması/Çekici	0	0	0	0	1.110	300	1.410	0,50%
Hat Kopması/Formül	0	0	0	0	754	0	754	0,27%
Hat Kopması/Parça Gelmesi	0	302	0	0	0	0	302	0,11%
Hat Kopması/Vakum	0	0	105	0	0	0	105	0,04%
Hat Kopması/ Yükleme	30.175	10.948	7.404	2.372	3.951	4.881	59.731	21,10%
Kalıp Pim Değişimi	3.240	1.860	2.056	1.146	3.713	930	12.945	4,57%
Kalıp Arıza	0	0	0	300	55	0	355	0,13%
Makine Arıza/Akmamazlık	0	0	412	0	299	253	964	0,34%
Makine Arıza/ Coex	1.987	101	1.298	450	689	13	4.538	1,60%
Makine Arıza/Çekici	0	450	406	0	272	0	1.128	0,40%
Makine Arıza/Ekstrüder	0	0	100	0	100	75	275	0,10%
Makine Arıza/Havuz	0	142	1.998	533	272	551	3.496	1,23%
Makine Arıza/Kompresör	1.316	0	0	341	198	0	1.855	0,66%
Makine Arıza/Testere	1.489	1.599	2.773	1.450	3.136	1.471	11.918	4,21%
Makine Arıza/ Vakum	4.661	973	2.319	1.130	1.211	465	10.759	3,80%
Makine Arıza/Elektrik	0	0	0	0	0	170	170	0,06%
Muf Bozukluğu	7.272	3.457	4.848	3.861	4.054	4.973	28.465	10,05%
Standart Dışı Boru/Formül	0	0	0	0	1.451	1.263	2.714	0,96%
Standart Dışı Boru/Ağırlık	685	0	295	0	0	0	980	0,35%
Standart Dışı Boru/Çap	2.091	675	3.173	667	947	1.609	9.162	3,24%
Standart Dışı Boru/Dalgalı	3.464	2.939	4.037	1.267	820	3.013	15.540	5,49%
Standart Dışı Boru/Delik	260	351	150	200	19	133	1.113	0,39%
Standart Dışı Boru/Et Kalınlığı	380	0	716	420	749	102	2.367	0,84%
Standart Dışı Boru/Kabarcıklı	760	1.667	2.496	2.297	987	693	8.900	3,14%
Standart Dışı Boru/Renk	0	0	0	0	0	311	311	0,11%
Standart Dışı Boru/Uzunluk	0	0	56	0	0	0	56	0,02%
Standart Dışı Boru/Çizgi	5.590	4.298	12.649	7.567	6.406	3.139	39.649	14,01%
	71.255	38.827	56.354	36.401	43.527	36.742	283.106	

Tablo 5.13 Tüm makinelerin 2019 ilk altı aylık toplam fire miktarları



Tablo 5.14 Tüm makinelerin toplam minitab-pareto analizi



Tablo 5.15 Aylara Göre Tüm Makinelerin Line -Plot Analizi

Ocak ayında 71.255 kg ile en fazla fire verilmiştir. Line Plot tablosuna göre Ocak ayında hat kopması zirve yapmıştır. İkinci en çok fire verilen ay Mart ayıdır. En az fire verilen ay ise neredeyse eşit olan Nisan ve Haziran yaklaşık 36.000 kg civarındadır.

En çok fireyi %21,10 ile hat kopması yükleme kusuru almaktadır. İkinci en çok fire verilen kısım %17,95 ile makinenin açılıp kapanma firesidir. Üçüncü en fazla fire verilen kısım %14,01 ile boruda çizgi gelmesi durumudur.

Dördüncü en çok fire verilme sebebi %10,05 ile muf bozukluğudur. İlk dört fire verme sebebinin toplamı %50 yi aşmaktadır ki en çok ürün kalitesini etkileyen durumlar ilk dört sebeptir.



6.BÖLÜM

PVC BORU ÜRETİMİNE ISI ETKİSİ

Ekstrüzyon ile PVC boru üretiminin sağlanması için birçok faktör vardır ve bunun en önemlisi ısı etkisidir. Ekstrüzyon makinesinde 13 farklı rezistans vardır. Bu rezistanslar mikserden gelen PVC karışımını ısıtarak eriyik hale gelmesini ve kalıptan düzgün şekil alıp çıkmasını sağlar. Rezistansların sıcaklık değerleri önemlidir çünkü sıcaklık fazla olduğunda karışım yanabilir sıcaklık az olduğunda ise PVC karışımı içindeki malzemeler kimyasal bağ ile bağlanmakta zorluk yaşayabilirler.

Ekstrüder operatörü ise sıcaklık ayarını o anda çıkan malzemeye göre ayarlayabilmektedir. Gelen hammaddenin farklı marka olması, nemli veya kuru olması hatta o andaki hava durumu bile PVC karışımını etkileyebilmektedir.

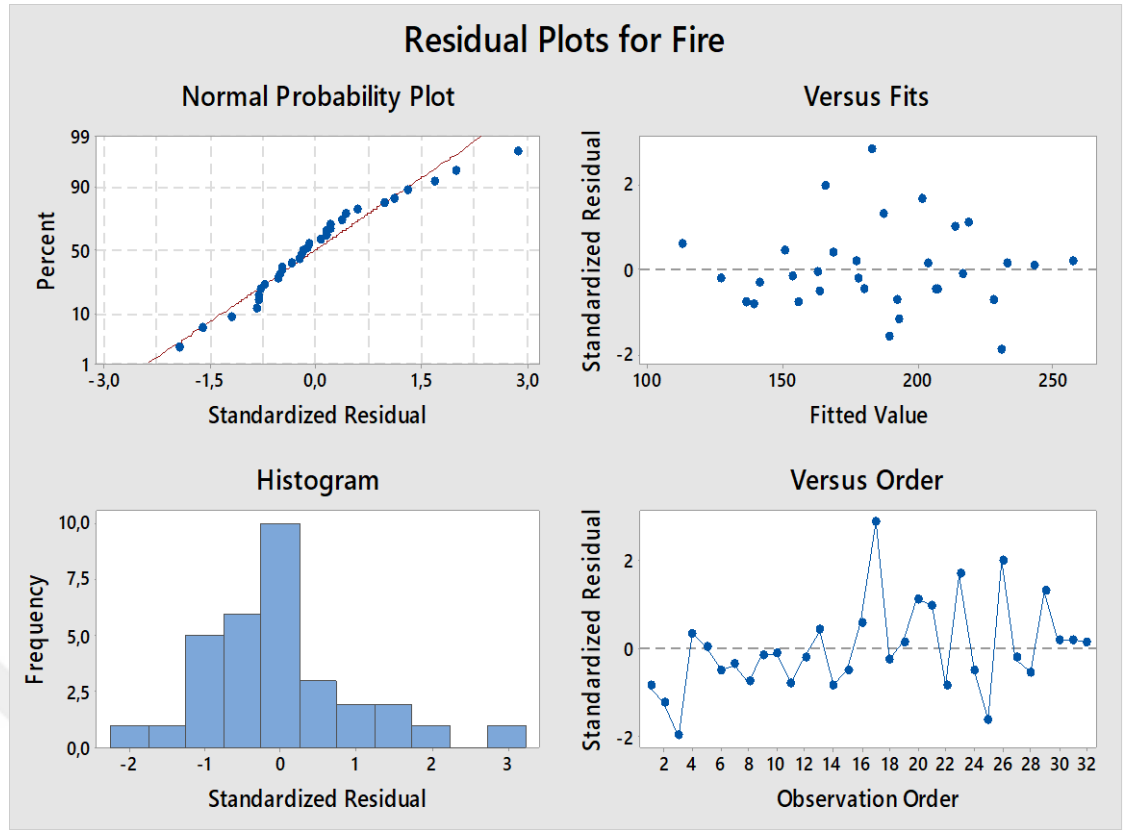
Rezistanslar da bazen hatalı sıcaklık değeri gösterebiliyorlar bunun sebebi genellikle bozulan termokupllerdir. Bu ısı ölçerler bozulduğu zaman farklı sıcaklık gösterir ve bizi yanılttığı için makineye daha fazla ya da az sıcaklık değeri yazmamıza neden olur.

Ekstrüzyon makinelerimizden 4 numaralı makinede 110 luk çap üretirken 52 farklı vardiyada ısı ölçümü yaptık. Bu vardiyalarda çıkan üretim ve fire miktarlarını da Tablo 6.1 de belirttik. Bu çalışmada herhangi bir zone (bölge) da ısı değerleri genellikle 20-30 derecelik bir tolerans ile yazılmaktadır.

Makinede bulunan sıcaklık bölgelerinden en etki eden 5 bölge belirlendi. Bunlar 1,4,7,10 ve 12 bölgeleridir. Bu sıcaklık bölgelerinde en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri Tablo 6.1 den alındı. En düşük sıcaklık değerlerine 1, en yüksek değerlerine de 2 denilerek minitab 16 programında uygulanabilmesi için 32 farklı çalışma daha yapıldı. Bu çalışmalar minitab 16 programında hesaplanarak bu 5 sıcaklık bölgesinin hangi sıcaklık aralığında çalışması gerektiği tespit edildi Tablo 6.3 .

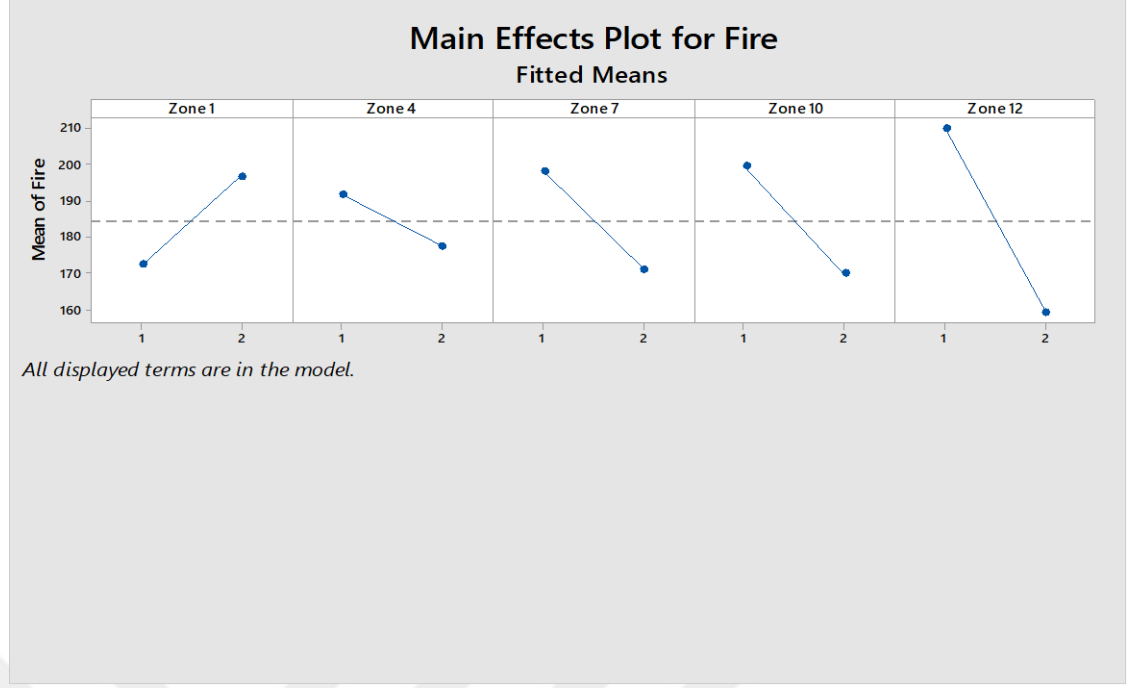
Ölçüm	zone1	zone2	zone3	zone4	zone5	zone6	zone7	zone8	zone9	zone10	zone11	zone12	zone13	Üretim	Fire	Yüzde
1	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	3833	200	4,96%
2	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	3475	300	7,95%
3	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	2110	345	14,05%
4	160	160	155	165	165	166	175	175	175	191	175	180	205	2859	450	13,60%
5	177	183	190	186	180	180	180	180	175	184	176	180	205	2480	750	23,22%
6	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	3910	170	4,17%
7	180	185	163	185	180	180	186	180	175	198	175	180	205	4788	100	2,05%
8	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	5140	0	0,00%
9	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4285	140	3,16%
10	170	175	156	185	180	180	183	180	175	201	174	179	205	4030	300	6,93%
11	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4167	0	0,00%
12	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4700	0	0,00%
13	180	185	161	185	180	180	185	180	175	198	175	180	205	3940	450	10,25%
14	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4562	0	0,00%
15	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	2830	880	23,72%
16	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	3315	415	11,13%
17	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	5465	120	2,15%
18	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4015	0	0,00%
19	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4517	200	4,24%
20	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4070	535	11,62%
21	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	2946	310	9,52%
22	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	2880	393	12,01%
23	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	3455	120	3,36%
24	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	2325	158	6,36%
25	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4370	0	0,00%
26	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	400	0	0,00%
27	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	5100	0	0,00%
28	160	160	153	165	165	166	175	175	175	183	175	180	205	4265	0	0,00%
29	175	180	160	185	180	180	186	180	174	201	175	180	205	5120	0	0,00%
30	174	177	164	185	180	180	184	180	175	199	176	181	206	4789	210	4,20%
31	175	180	162	185	180	179	186	180	175	201	175	180	205	5545	110	1,95%
32	175	180	161	185	180	180	185	180	175	199	175	180	205	3920	460	10,50%
33	175	179	163	185	180	180	183	181	176	201	176	181	205	3346	820	19,68%
34	175	180	163	187	180	180	185	180	175	202	175	180	205	4326	620	12,54%
35	174	178	162	183	180	180	182	181	175	200	175	180	205	3720	766	17,08%
36	175	180	164	185	180	180	183	180	175	200	175	180	205	3138	880	21,90%
37	175	180	158	185	180	180	184	180	175	201	176	180	205	4463	550	10,97%
38	175	180	158	185	180	180	184	180	175	201	175	180	205	4600	162	3,40%
39	175	180	159	185	180	180	185	180	175	202	176	181	205	4267	120	2,74%
40	175	180	158	185	180	180	185	180	175	202	175	180	205	4250	21	0,49%
41	175	180	158	185	180	180	185	180	175	202	176	181	205	4295	0	0,00%
42	175	180	160	185	180	179	185	180	175	202	175	180	205	1025	230	18,33%
43	175	180	161	185	180	180	185	180	175	202	175	180	205	540	955	63,88%
44	162	166	160	177	180	181	179	179	175	179	192	180	205	4192	40	0,95%
45	175	180	162	185	180	180	185	180	175	181	191	180	205	2940	450	13,27%
46	165	170	155	180	175	175	180	175	170	173	183	175	205	4830	0	0,00%
47	165	170	151	180	175	175	179	175	170	174	180	175	205	4121	240	5,50%
48	165	170	148	180	175	175	178	175	170	175	183	174	205	3610	103	2,77%
49	165	170	183	180	175	175	179	175	170	175	183	175	205	3190	40	1,24%
50	165	170	151	180	175	175	177	175	170	175	183	173	205	3885	0	0,00%
51	165	170	153	180	175	175	178	175	170	175	182	174	205	3970	0	0,00%
52	165	170	155	180	175	175	177	175	170	175	185	175	205	3726	120	3,12%

Tablo 6.1 4 numaralı makinenin sıcaklık değerleri ile analizi



Tablo 6.2 Minitab 16 Programı Sıcaklık Logaritmik Tablosu

Logaritmik grafik içinde bulunan çizgi etrafındaki noktalar, ne kadar uzaksa çizgiye prosese o kadar etki etmektedir. Çizgi üzerinde ve yakın olan noktalar ise prosese etki etmeyenleri göstermektedir.



Tablo 6.3 Minitab 16 Program Sıcaklık-Fire Bağlantısı

Bu tabloda 5 farklı ısıtma bölgesinin sıcaklık -fire deney sonucu bulunmaktadır. Her zone için düşük sıcaklık 1, yüksek sıcaklık 2 olarak belirtilmiştir.

Zone 1 de sıcaklık miktarı arttıkça firenin arttığı gözlenmiştir. Yani düşük sıcaklık olan 1 noktasına yakın olarak çalışmanın doğru olacağı görülmüştür.

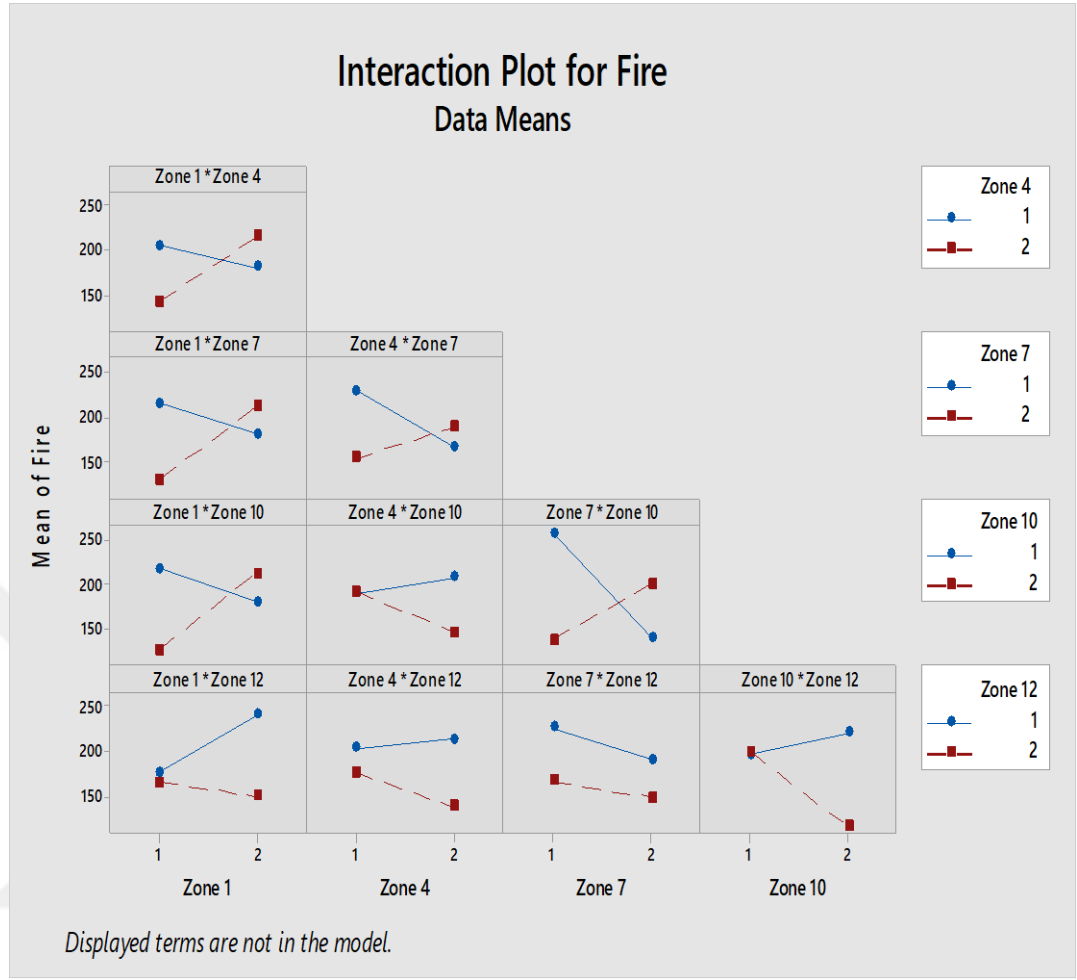
Zone 4 de sıcaklık miktarı arttıkça firenin azaldığı gözlenmiştir. Yani yüksek sıcaklık olan 2 noktasına yakın çalışmak gerekmektedir.

Zone 7 de sıcaklık miktarı arttıkça firenin azaldığı gözlenmiştir. Yani yüksek sıcaklık olan 2 noktasına yakın çalışmak gerekmektedir.

Zone 10 de sıcaklık miktarı arttıkça firenin azaldığı gözlenmiştir. Yani yüksek sıcaklık olan 2 noktasına yakın çalışmak gerekmektedir.

Zone 12 de sıcaklık miktarı arttıkça firenin azaldığı gözlenmiştir. Yani yüksek sıcaklık olan 2 noktasına yakın çalışmak gerekmektedir.

En etkili parametre eğrinin en dik olduğu Zone 12 olduğunu gösterir bu grafik.



Tablo 6.4 Minitab 16 Program Zone ların Birbirlerine Etkisi

Daha güvenilir sonuçlar vermesi açısından deneysel tasarım için genel faktöriyel dizayn seçilmiş olup, sıcaklığın etkisinin farklı bölgelerdeki etkisinin incelenmesi için farklı bölgede minimum ve maksimum sıcaklık seçilmiş olup, 5 faktörlü ve 2 seviyeli analiz gerçekleştirilmiştir. Bu durumda 32 farklı analiz gerçekleştirilmiş olup deneysel tasarım düzeni aşağıda verilmiştir.

Not: Minimum sıcaklık değeri “1”, maksimum sıcaklık değeri “2” ile ifade edilmiştir.

DENEME	FAKTÖR				
	Bölge 1	Bölge 4	Bölge 7	Bölge 10	Bölge 12
1	1	2	1	2	2
2	2	2	1	1	2
3	2	1	2	1	1
4	1	2	1	1	2
5	2	2	1	1	1
6	2	1	1	1	2
7	1	2	2	1	2
8	2	1	1	2	1
9	2	2	2	1	1
10	1	2	2	2	1
11	1	2	2	1	1
12	1	1	1	2	2
13	2	1	2	2	2
14	1	1	2	1	2
15	1	1	2	1	1
16	1	2	2	2	2
17	1	1	1	1	2
18	2	1	1	2	2
19	1	1	1	1	1
20	1	2	1	1	1
21	2	2	1	2	1
22	2	2	2	2	2
23	2	1	2	2	1
24	2	1	2	1	2
25	1	2	1	2	1
26	2	2	2	1	2
27	1	1	2	2	2
28	2	2	1	2	2
29	2	2	2	2	1
30	1	1	2	2	1
31	2	1	1	1	1
32	1	1	1	2	1

Tablo 6.5 Beş Farklı Zone un 32 Farklı Vardiyada Sıcaklık Tablosu

Etkileşimleri Regresyon yöntemi ile gösterebilmekteyiz.

Regresyon Analizi Formülü :

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots$$

y : Sonuç değişkeni

β_0 : Regresyon eğrisinin Y eksenini kesim noktası

β_1 : A faktörünün etki değerinin yarısı

x_1 : A faktörünü temsil eden değişken

β_2 : B faktörünün etki değerinin yarısı

x_2 : B faktörünü temsil eden değişken

Elde edilen sonuçlar aşağıda ve EK-1 de verilmiştir. ANOVA ile gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen regresyon denklemi aşağıdaki gibi çıkmıştır.

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Fire} = & 184,7 - 12,2 \text{ Zone } 1_1 + 12,2 \text{ Zone } 1_2 + 7,2 \text{ Zone } 4_1 \\ & - 7,2 \text{ Zone } 4_2 + 13,4 \text{ Zone } 7_1 - 13,4 \text{ Zone } 7_2 + 14,7 \text{ Zone } 10_1 \\ & - 14,7 \text{ Zone } 10_2 + 25,3 \text{ Zone } 12_1 - 25,3 \text{ Zone } 12_2 \end{aligned}$$

Anova ile 5 farklı sıcaklık bölgesinin her birinin en yüksek ve düşük etkenleri de göz önüne alınarak regresyon denklemi ortaya çıkmıştır. Bu denklem ile sıcaklıkları optimum seviyeye ulaştırmak mümkündür. Bize mümkün olan en düşük fireyi verecek sıcaklıkların bulunmasını sağlayan hesaplamaları ile istenilen sonuca ulaşabilmekteyiz.

SONUÇLAR

Plastik üretim yöntemlerinden ekstrüzyon ile PVC boru üretiminin analizi yapılmıştır. Fire analizi üzerinde durduğumuz deneyler ile 6 ay boyunca 6 adet makinenin verileri toplanmıştır. Bu veriler makinelerde 30 farklı fire sebebi ile kategorilere ayrılmıştır.

Bununla birlikte ısı etkisinin üretime etkisini ölçmek için bir makinenin değerleri 52 farklı vardiyada belirtildi. Yaptığımız ölçülendirmede üretime etkisi fazla 5 sıcaklık bölgesi seçilip en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri alındı. Alınan değerler ile 32 farklı vardiya da yeniden gerçek ölçüm yapıldı ve minitab16 programında binlerce deneysel ölçüm yapılmak üzere hesaplandı.

Minitab 16 programının verdiği sonuçlara göre sıcaklık fire etkisi görülmüş oldu. Minitab programında ANOVA yöntemi ile hesaplama yapılarak her sıcaklık bölgesi için düşük ya da yüksek sıcaklıkta çalışmak gerektiği ortaya çıktı. Örneğin Zone 1 de sıcaklığın artması ile firenin artması ortaya koyuldu. Demek ki Zone 1 de düşük sıcaklıkta çalışma gerekliliği belirlendi. Üretime en etkili zone ise 12 numaralı olduğu saptandı.

Ölçümler hazır çalışan bir fabrikadan alınmıştır. Makinelerin aktif olması, operatörlerin tecrübeli olması da verilerin doğru çıkmasına yardımcı olmuştur.

Fire analizinde pareto analizine göre en çok fireye neden olan 4 ana nedenin incelenmesi gerektiği ortaya çıktı. Bu 4 sebep toplam firenin yüzde 50 sinden fazladır. Çıkan fireler yeniden kırılarak üretimde kullanılsa da elektrik ve işçilik tekrarlanmaktadır. Toplam giderin %30 unu oluşturan işçilik ve elektrik maliyeti bu fireleri azaltmamız gerektiğini bize zorunlu kılıyor.

En fazla fire nedeni hat kopması tüm firelerin % 20 sidir. Sadece bu fire nedeninden dolayı 6 ay içinde 59.371 kg ürün tekrar kırılıp üretimde kullanılıyor. Hem zaman hem de maliyet kaybına neden bu sebebi ortadan kaldırmak firmayı zarardan kurtaracaktır. Hat kopmasına genellikle hammadde karışımının homojen dağılmama sebebi neden olmaktadır. Firmanın ek olarak hammadde karışımının homojen dağılımı için yatırım yapma gerekliliğini ortaya koymuştur.

KAYNAKÇA

1. By Robert Walker, P.E. Uni-Bell PVC Pipe Association (Published in Summer 1990 Edition of the Uni-Bell PVC Pipe News)
2. P. Frenkel and E. Pettijohn, Journal of Vinyl and Additive Technology, 1999, 5, 3, 165.
3. J. Thornton in Environmental Impacts of Polyvinyl Chloride Building Materials, Healthy Building Network, Washington, DC, 2002.
4. D. Braun, Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry Edition, 2004, 42, 3, 578
5. Taschenbuch der Kunststoff—Additive, 3rd Edition, Eds., R. Gächter and H. Müller Hanser, Munich, Germany, 1989.
6. S.H. Hamid, M.B. Amin, A.G. Maadhah and A.M. AlJarallah in the Proceedings of the SPE Conference – ANTEC 1992 – Plastics: Shaping the Future, Detroit, MI, USA, 1992, 1, p.215.
7. D.W. Riley, Journal of Vinyl Technology, 1990, 12, 1, 20
8. Kunststoff Handbuch: Polyvinylchlorid, Ed., K.H. Felger, Hanser, Munich, Germany, 1986, 2/1, p.73.
9. D. Platt, Performance Chemicals Europe, 2001, 16, 5, 41.
10. H. Herbst, K. Hoffman, R. Pfaendner and H. Zweifel in Frontiers in the Science and Technology of Polymer Recycling, Eds., G. Akovali, C.A. Bernardo, J. Leidner, A.U. Leszek and M. Xanthos, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 1998, p.75.

11. K.A. Mesch and J.L. Newberg in Property Enhancement with Modifiers and Additives, Retec Proceedings, New Brunswick, NJ, USA, 1994, p.161.
12. L. SuPing, T. Grailer, A. Belu, J. Schley, T. Bartlett, C. Hobot, R. Sparer and D. Untereker , Polymer, 2007, 48, 20, 6049.
13. D.S. Van Es, J. Steenwijk, G.E. Frissen, H.C. Van Der Kolk, J. Van Haveren, J.W. Geus and L.W. Jennekens, Polymer Degradation and Stability, 2008, 93, 1, 50.
14. A. Tamhankar, European Chemical News, 2002, 76, 1990, 16
15. E.N. Zilberman and F. Lerner, Journal of Vinyl Technology, 1994, 16, 4, 197.
16. Kunststoff-Handbuch, Polyvinylchloride, Volume 2/1, Ed., K.H. Felger, Hanser, Munich, Germany, 1986.
17. M. Asahina and M. Onozuka, Journal of Polymer Science, 1994, A2, 3505.
18. K.B. Abbas and E.M. Sorvik, Journal of Applied Polymer Science, 1975, 19, 2991.
19. Z. Vymazal, E. Czako, K. Volka and J. Stepek, European Polymer Journal, 1985, 16
20. V. Wigotsky, Plastics Engineering, 1987, 43, 2, 21.
21. J. Wypych in Polymer Science Library 3, Eds., A.D. Jenkins, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1985.
22. D. Braun in Developments in Polymer Degradation 3, Ed., N Grassie, Applied Science Publishers, London, UK, 1981.

23. T. Kelen in Polymer Degradation, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY, USA, 1983.
24. K.S. Minsker, S.V. Kolesov and G.E. Zaikov in Degradation and Stabilisation of Vinyl Chloride-Based Polymers, Pergamon, Oxford, UK, 1998, p.313.
25. M. Minagawa, Polymer Degradation and Stability, 1989, 25, 121.
26. R.D. Dworkin, Journal of Vinyl and Additive Technology, 1989, 11, 1, 15.
27. R. Benavides, M. Edge, N.S. Allen and M.M. Tellez, Journal of Applied Polymer Science, 1998, 68, 11.
28. F.E. Okieimen and C.E. Sogbaike, European Polymer Journal, 1996, 32, 12, 1457.
29. T. Iida, J. Kawato, K. Maruyama and K. Goto, Journal of Applied Polymer Science, 1987, 34, 2355.
30. D.F. Anderson and D.A. McKenzie, Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry Edition, 1970, 1, 18, 2905.
31. D. Braun, Die Makromolekulare Chemie, Macromolecular Symposia, 1992, 57, 265.
32. M. Bartholin, N. Bensemra, T.V. Hoang and A. Guyot, Polymer Bulletin, 1990, 23, 425.
33. G.Y. Levai, G.Y. Oeskey and Z.S. Nyitrai, Polymer Degradation and Stability, 1994, 43, 159.
34. N. Bensemra, T.V. Hoang and A. Guyot, Polymer Degradation and Stability, 1990, 29, 175.

35. H.I. Gokcel, O. Kose and J. Kokturk, *European Polymer Journal*, 1999, 35, 1501.
36. H.M. Zhu, X.G. Jiang, J.H. Yan, Y. Chi and K.F. Cen, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2008, 82, 1, 1.
37. P. Baker and R.F. Grossman in the *Proceedings of the Vinyl Retec '94: PVC - Building Opportunities*, Pittsburgh, PA, USA, 1994, Paper.13, p.10.
38. *Modern Plastics International*, 1992, 22, 9, 55.
39. J. Wypych, *Journal of Applied Polymer Science*, 1975, 19, 3387.
40. N. Bensemra, V.H. Tran, A. Guyot, M. Gay and L.Carette, *Polymer Degradation and Stability*, 1989, 24, 89.
41. N. Bensemra, V.H. Tran and A. Guyot, *Polymer Degradation and Stability*, 1990, 29, 175.
42. F.E. Okieimen and J.E. Ebhoaye, *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, 1993, 206, 11.
43. J. Stepek and H. Daoustm in *Additives for Plastics*, Springer, New York, NY, USA. 1983.
44. S. Kodali, W. Hood, T. Jennings and M. Fender, *Polymer Preprints*, Chicago, IL, USA, 2001, 42, 2.
45. X. Ruijianm *Polymer Degradation and Stability*, 1990, 28, 323.
46. C. Garrigues, A. Guyot and V.H. Tran, *Polymer Degradation and Stability*, 1994, 43, 299.
47. J. Wypych in *Polyvinyl Chloride Stabilisation*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1986, p.87.

48. Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Volume 12, Eds., H.F. Mark, N.G. Gaylord and N.M. Bikales, Wiley, New York, NY, USA, 1970, p.725.
49. V.H. Tran, T.P. Nguyen and P. Molinie, Polymer Degradation and Stability, 1996, 53, 279.
50. J. Wypych in PVC Stabilisation, Elsevier, New York, NY, USA, 1986. p.224.
51. X. Rujian, Z. Dafei and Z. Seren, Polymer Degradation and Stability, 1989, 27, 203.
52. A.A. Yassin, M.W. Sabaa and N.A. Mohamed, Polymer Degradation and Stability, 1985, 13, 255.
53. G.Y. Levai, G.Y. Ocskay and Z.S. Nyitrai, Polymer Degradation and Stability, 1989, 26, 11.
54. R.F. Grossman, Journal of Vinyl Technology, 1990, 12, 34.
55. M.H. Fish and R. Bacaloglu, Journal of Vinyl Technology, 1999, 5, 4, 205.
56. A.H. Frye and R.W. Horst, Journal of Polymer Science, 1959, 40, 419.
57. I.J. González-Ortiz, M. Arellano, M.J. Sánchez-Peña, E. Mendizábal, Polymer Degradation and Stability, 2006, 91, 4-6, 2715.
58. M.R. Jakupca, M.E. Harr and D.R. Stevenson in the Proceedings of the Vinyltec, Huron, OH, SPE, Brookfield, CT, USA, 2003, Paper No.17, p.5.
59. B.S. Galle, Y.S. Soin, Y.V. Ovchinnikov, E.A. Sereda and G.A. Pishin, International Polymer Science and Technology, 1993, 20, 11, p.T/76.

60. J.A. Falter and K.S. Geick, *Journal of Vinyl Technology*, 1994, 16, 2, 112.
61. C.B. Bucknall in *Toughened Plastics*, Applied Science, London, UK, 1977.
62. C.B. Bucknall, *Journal of Elastomers and Plastics*, 1982, 12, 204.
63. A. Bos and S.R. Tan in the *Proceedings of the PVC Pipes— Current Status and New Developments*, Brighton, UK, 1996.
64. R. Colvin, *Modern Plastics International*, 2003, 33, 9, 40.
65. B.G. Sampat, *Chemical Weekly*, LII, 2007, p.37.
66. N. Burgos and A. Jiménez, *Polymer Degradation and Stability*, 2009, 94, 1473.
67. W.J. Eldridge, *Journal of Vinyl Technology*, 1994, 16, 1, 26.
68. A. Datta and D.G. Baird, *International Polymer Processing*, 1991, 6, 3, 199.
69. I. Nanu and R.F. Pape, *Materiale Plastice*, 1979, 16, 4, 218.
70. *British Plastics and Rubber*, November 2003, p.4.
71. K. Wieduwilt and P. Schimmel, *Plaste und Kautschuk*, 1974, 21, 8, 602.
72. W.S. Bryant and H.E. Wiebking in the *Proceedings of the 60th ANTEC SPE Annual Technical Conference*, San Francisco, CA, SPE, Brookfield, CT, USA, 2002, Paper No.571.
73. S. Zhu, Y. Zhang and C. Zhang, *Polymer Testing*, 2003, 22, 5, 539.
74. J.W. Maisel, *Journal of Vinyl Technology*, 1986, 8, 3, 112.

- 75.** J.E. Hartitz and R.A. Yount, *Polymer Engineering and Science*, 1978, 18, 7, 549.
- 76.** J.V. Hartman, R.R. Kozlowski and T. Podnar, Jr., *Journal of Cellular Plastics*, 1966, 2, 214.
- 77.** S.J. Monte and G. Sugerman, *Plastics Compounding*, 1989, 12, 7, 59.
- 78.** I. Souma, K. Nohara, *Nippon Gomu Kyokaishi*, 1980, 53, 7, 443.
- 79.** A. Gonzalez, *Revista de Plasticos Modernos*, 1984, 47, 334, 394.
- 80.** C.Rauwendaal, and P.J.Graman *Polymer Extrusion*, 2013, 1,2.
- 81.** N. Sombatsompop and A.K. Wood in the Proceedings of the 56th SPE ANTEC Conference, Atlanta, GA, USA, 1998, p.482.
- 82.** C.I. Chung in *Extrusion of Polymers: Theory and Practice*, Hanser Publishers, Munich, Germany, 2000.
- 83.** J.A. Covas and M. Gilbert, *Polymer Engineering and Science*, 1992, 32, 11, 743.
- 84.** C.Rauwendaal, and P.J.Graman *Polymer Extrusion*, 2013, 697, 698
- 85.** T. Nietsch, P. Cassagnau and A. Michel, *International Polymer Processing*, 1997, 12, 4, 307.
- 86.** N. Sombatsompop and M. Panapoy, *Polymer Testing*, 2001, 20, 2, 217.
- 87.** S.H. Hookanson, D.L. Smith and J.L. Irvine, *Journal of Vinyl Technology*, 1986, 8, 1, 11.

EKLER

Ek-1 Minitab Anova Hesap Sonuç Değerleri

One-way ANOVA: Fire versus Zone 1

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Zone 1	2	1; 2

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Zone 1	1	4753	4753	0,30	0,590
Error	30	479644	15988		
Total	31	484397			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
126,444	0,98%	0,00%	0,00%

Means

Zone 1	N	Mean	StDev	95% CI
1	16	172,5	126,8	(107,9; 237,1)
2	16	196,9	126,1	(132,3; 261,4)

Pooled StDev = 126,444

Interval Plot of Fire vs Zone 1

One-way ANOVA: Fire versus Zone 4

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Zone 4	2	1; 2

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Zone 4	1	1653	1653	0,10	0,751
Error	30	482744	16091		
Total	31	484397			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
126,852	0,34%	0,00%	0,00%

Means

Zone 4	N	Mean	StDev	95% CI
1	16	191,9	127,2	(127,1; 256,6)
2	16	177,5	126,5	(112,7; 242,3)

Pooled StDev = 126,852

Interval Plot of Fire vs Zone 4

One-way ANOVA: Fire versus Zone 7

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	At least one mean is different
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Zone 7	2	1; 2

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Zone 7	1	5778	5778	0,36	0,552
Error	30	478619	15954		
Total	31	484397			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
126,309	1,19%	0,00%	0,00%

Means

Zone 7	N	Mean	StDev	95% CI
1	16	198,1	133,0	(133,6; 262,6)
2	16	171,3	119,3	(106,8; 235,7)

Pooled StDev = 126,309

Interval Plot of Fire vs Zone 7

One-way ANOVA: Fire versus Zone 10

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Zone 10	2	1; 2

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Zone 10	1	6903	6903	0,43	0,515
Error	30	477494	15916		
Total	31	484397			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
126,160	1,43%	0,00%	0,00%

Means

Zone	N	Mean	StDev	95% CI
10				
1	16	199,4	139,0	(135,0; 263,8)
2	16	170,0	111,8	(105,6; 234,4)

Pooled StDev = 126,160

Interval Plot of Fire vs Zone 10

One-way ANOVA: Fire versus Zone 12

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis At least one mean is different
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Zone 12	2	1; 2

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Zone 12	1	20503	20503	1,33	0,259
Error	30	463894	15463		
Total	31	484397			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
124,351	4,23%	1,04%	0,00%

Means

Zone	N	Mean	StDev	95% CI
12				
1	16	210,0	117,7	(146,5; 273,5)
2	16	159,4	130,7	(95,9; 222,9)

Pooled StDev = 124,351

Interval Plot of Fire vs Zone 12

