

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAKETLEME MAKİNELERİ POŞET VERİCİ
GRUBU MEKANİK EKİPMANLARININ
TASARIMI VE OPTİMİZASYONU



Yiğitcan BALIKÇIOĞLU

Ekim, 2019
İZMİR

PAKETLEME MAKİNELERİ POŞET VERİCİ GRUBU MEKANİK EKİPMANLARININ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Mekanik Programı

Yiğitcan BALIKÇIOĞLU

Ekim, 2019

İZMİR

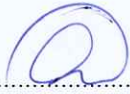
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

YİĞİTCAN BALIKÇIOĞLU, tarafından PROF.DR. BİNNUR GÖREN KIRAL yönetiminde hazırlanan “PAKETLEME MAKİNELERİ POŞET VERİCİ GRUBU MEKANİK EKİPMANLARININ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



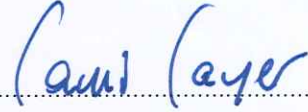
Prof. Dr. Binnur GÖREN KIRAL

Yönetici



Prof. Dr. Gıgeek ÖZES

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Sami SAYER

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez konumu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan ve süreç boyunca teknik bilgi ve tecrübelerini, manevi desteğini her zaman sağlayarak yanımda olan tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Binnur GÖREN KIRAL’a;

Tez konumun seçilmesi ve tezin sanayi – akademi iş birliği ile yapılmasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Dr. Oetker Gıda San. ve Tic. A.Ş Genel Müdürü Sn. Muhsin Çömnden’e ve Üretim Müdürü Sn. Burak Gürhan’a,

Bu zorlu sürecimde daima yanımda olan değerli arkadaşlarım Meriç Işık ve Hüseyin Emre Karakaş’a,

Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi - manevi hiçbir desteğini esirgemeyen ve benim için çabalayan sevgili aileme;

Saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yiğitcan BALIKÇIOĞLU

PAKETLEME MAKİNELERİ POŞET VERİCİ GRUBU MEKANİK EKİPMANLARININ TASARIMI VE OPTİMİZASYONU

ÖZ

Paketleme makinelerinde kullanılan birçok istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonların en önemlilerinden biri döner tablaya ambalajı besleyen ekipmanların bulunduğu poşet verici istasyondur. Paketleme esnasında plastik ambalaj ürün paketi boyutlarına uygun olarak kesilmelidir. Bu kesme işleminde en kritik elemanlar bıçaklar ve onların hareket hassasiyetini sağlayan yaylardır. Bıçakların işlevi paketi kesmek olup bunu yapabilmek için bıçakların keskin kenarlı ve aşınmaya karşı dayanıklı olmaları gereklidir.

Bu çalışmada, gıda alanında faaliyet gösteren bir firmada bulunan paketleme makinesine ait poşet verici sistemin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Sistemde yer alan bıçak ve yaylardan kaynaklanan arızaları en aza indirmek için deneysel ve sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bıçaklar için uygun çelik malzeme alaşımları ile sertleştirme metotlarının araştırma ve incelemeleri; yaylar için malzeme ve boyut parametreleri ve yorulma analizleri yapılmıştır. Tüm elementlerin çelik alaşımının fiziksel özelliklerine etkileri incelenerek doğru malzeme seçimi hedeflenmiştir. Bu amaçla, farklı alaşımlar kullanılarak imal edilen numuneler işletme şartlarında denenmiştir.

Sonuç olarak, bıçak ve yayların hasarından kaynaklanan arıza süreleri ve maliyetler önemli derecede azaltılmıştır. İyileştirilen maliyet ve arıza sürelerine ait hesap ve sonuçlar bu tez çalışmasında detaylı verilmiştir. Ayrıca, yayın optimizasyon ve yorulma analizleri sonuçları grafiklerle sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bıçak, Vanadis 10, paketleme, maliyet analizi, yorulma

DESIGN AND OPTIMIZATION OF MECHANICAL EQUIPMENTS OF PACKAGING MACHINES POUCH FEEDER PART

ABSTRACT

There are many stations used in packaging machines. One of the most important of these stations is the pouch feeder station, which contains the equipment that feeds packaging to the turntable. During the packaging, plastic package should be cut according to the dimensions of the product package. The most critical parts in this cutting process are the knives and the springs that ensure their movement accuracy. Function of the knives is to cut the package and in order to do so, the knives must be sharp-edged and wear-resistant.

In this study, it is aimed to improve the pouch feeder part of a packaging machine in a food company. Experimental and numerical analyzes were carried out in order to minimize the failures caused by knives and springs in the system. Research and investigation of suitable steel material alloys and hardening methods for knives, material and dimension parameters and fatigue analyzes for the springs were performed. It is aimed to select the appropriate material by examining effects of all elements on the physical properties of the steel alloy. To this end, samples manufactured using different alloys were tested under operating conditions.

As a result, breakdown time and cost due to the failures of knives and springs have been significantly reduced. Calculations and results of improved cost and downtime are given in detail in this thesis. In addition, the results of optimization and fatigue analysis for the spring are presented graphically.

Keywords: Knife, Vanadis 10, packaging, cost analysis, fatigue

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x

BÖLÜM BİR – GİRİŞ1

1.1 Literatür Araştırması	2
---------------------------------	---

BÖLÜM İKİ – GIDA PAKETLEME MAKİNELERİ5

BÖLÜM ÜÇ – POŞET VERİCİ İSTASYON BİÇAKLARI8

3.1 Mevcut Durum Mekanik Tasarımı.....	8
3.2 Mevcut Durum Malzeme Özellikleri	9
3.3 Bilinen Mevcut Durumun Deneysel Verilerle Doğrulaması.....	11
3.3.1 Malzeme Tespiti.....	11
3.3.2 AISI D3 (2080) Çeliğinin Maliyeti	13
3.3 Aşınma Dayanımı Yüksek Malzeme Araştırması.....	14
3.4 Isıl İşlem.....	15
3.4.1 Su Verme.....	16
3.4.2 Sertleşebilirlik.....	16
3.5 AISI D2 (1.2379) Çeliği.....	17
3.6 Aşınma Dayanımı Yüksek Çelik Malzeme Araştırılması.....	18

3.7 Konstrüksiyon İyileştirme Çalışması	20
3.8 Maliyet Analizi ve Sonuç.....	23
BÖLÜM DÖRT – POŞET VERİCİ İSTASYON YAYLARI	24
4.1 Yayların Sınıflandırılması.....	24
4.2 Helisel Baskı Yayları	25
4.3 Helisel Baskı Yaylarının Uç Yataklamalarına Göre Kritik Strok Hesabı.....	25
4.4 Yaylarda Yaygın Olarak Karşılaşılan Problemler Ve Çözüm Yolları.....	26
4.5 Yayların Üretim Yöntemi	27
4.6 Yaylarda Yorulma.....	28
4.6.1 S-N Eğrisi (Wöhler Diyagramları)	28
4.7 Paketleme Makinelerinin Yaylı Poşet Verici Sistemin Çalışma Prensibi.....	29
4.8 İyileştirme Çalışmaları.....	31
4.8.1 Optimizasyon İçin Analiz Çalışmaları	32
4.8.2 Optimizasyon Sonuçlarına Göre Üç Boyutlu Modellerin Oluşturulması.....	35
BÖLÜM BEŞ – DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR	42

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Poşet verici istasyon bıçakları ve baskı yayları.....	2
Şekil 1.2 Bir serbestlik dereceli kütle-yay sistem	4
Şekil 2.1 Paketleme makinesi bobin çözme bölgesi	5
Şekil 2.2 Ambalaj kesme bölgesi	6
Şekil 2.3 Ambalajın doluma girmesini sağlayan poşet verici bölge	6
Şekil 2.4 Dolum istasyonu	7
Şekil 3.1 Hareketli ve sabit bıçak teknik çizimi	8
Şekil 3.2 AISI D3 ısıtıl işlem – sertlik özellikleri	10
Şekil 3.3 Alaşımlı çeliklerin adlandırılması	10
Şekil 3.4 Freze tezgahı kullanılarak bıçak üzerinde talaş alınan bölge	11
Şekil 3.5 Bıçak yüzeyinden alınan 6 gram talaş	12
Şekil 3.6 Bıçak net çalışma süreleri (dk)	13
Şekil 3.7 Jominy Diyagramı	17
Şekil 3.8 1.2379 çeliği temperleme grafiği	18
Şekil 3.9 Bıçak imalatı için uygun malzemeler	19
Şekil 3.10 Vanadis 10 – AISI D3 çelikleri karşılaştırması	20
Şekil 3.11 a) Kesmeden önceki pozisyonu b) Kesme pozisyonu c) perspektif	20
Şekil 3.12 Eski sistem bıçakların makine üzerinde monte edilmiş hali	21
Şekil 3.13 a) Yeni bıçakların açık hali b) Yeni bıçakların kapalı hali	22
Şekil 3.14 Eski – yeni sistem ortalama bıçak ömrü grafiği	23
Şekil 4.1 Bazı metal yay çeşitleri	24
Şekil 4.2 Yataklama ve uçlarının hareket kabiliyetlerine göre baskı yayları	26
Şekil 4.3 Goodman – Soderberg Diyagramı	27
Şekil 4.4 a) Yayın sarılması b) Yayın kesilmesi c) Kesilen yayların toplanması	28
Şekil 4.5 Hasar için gerekli çevrim sayısı ile gerilmeye ilişkin S-N eğrisi	29
Şekil 4.6 a) AISI 301 çeliği baskı yayı b) Ck60 çeliği baskı yayı	30
Şekil 4.7 Hatalı yayların kullanılmasının sonuçları	31
Şekil 4.8 Optimizasyon için parametreler	32

Şekil 4.9 Pareto grafiği	33
Şekil 4.10 Parametrelerin analiz sonuçlarına etkilerini belirten grafik	34
Şekil 4.11 Optimal baskı yayı parametreleri	34
Şekil 4.12 Optimal baskı yayı modeli	35
Şekil 4.13 Optimal baskı yayı mesh görüntüsü	36
Şekil 4.14 Baskı yayının sabitlenen ve kuvvetin uygulandığı yüzeyi	36
Şekil 4.15 20 mm deformasyon ile yapılan analiz modeli	37
Şekil 4.16 20 mm deplasmanla çalışan yayın gerilme grafiği	38
Şekil 4.17 1.4310 (AISI 301) çeliğine ait S-N eğrisi	39
Şekil 4.18 1.4310 (AISI 301) çeliğinin makine şartlarında yorulma ömrü	39

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Mevcut durum bıçak malzemesi	9
Tablo 3.2 Numune bıçağa ait test sonuçları	12
Tablo 3.3 2080 çeliği yıllık maliyet tablosu	14
Tablo 3.4 Çelik alaşım elementleri karakteristik kıyaslama tablosu	15
Tablo 3.5 1.2379 çeliği teknik özellikleri	17
Tablo 3.6 Vanadis 10 çeliği alaşımı	19
Tablo 3.7 Eski – yeni sistem bıçaklar arasında maliyet analizi	23

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Farklı birçok sektörde yoğun bir şekilde kullanılan paketleme makinalarında çeşitli istasyon ve bu istasyonlarda ihtiyaca uygun olarak kullanılan ekipmanlar bulunmaktadır. Bu istasyonların en önemlilerinden biri bobini, yani poşeti paketlenmek üzere veren istasyondur. Poşet verici istasyonlardaki kesici bıçak ve yaylar bu istasyonların en önemli iki elemanıdır.

Bu istasyonlarda biri hareketli, diğeri sabit olan iki adet bıçak bir takımı oluşturmaktadır. Burada bıçakların görevi bobinden çözülerek gelen ambalajın ürüne göre istenen ölçüde iken kesilmesini sağlamaktır. Hızlı tüketim malları üreten makinaların yüksek olan devirlerinde karşılıklı çalışan bıçaklar aşınmaya ve kırılmaya çok müsaittir. Bu işletme şartları göz önünde bulundurularak bıçakların mekanik tasarımını ve malzeme seçimini optimal düzeyde belirleyebilmek gerekir. Bıçakların dayanımı konusunda daha önce çalışma yapılmamış bir fabrikada durumun irdelenerek, testler ve analizler yapılarak iyileştirmelerle beraber yeni ve uzun ömürlü bir sisteme geçilmesi hedeflenmiştir.

Bıçakların bulunduğu mekanik konstrüksiyonda hareketin genliğini ayarlayan baskı yayları bulunur. Bu baskı yayları iki adet olup bir mil üzerine çalışmaktadır. Benzer sistemlerde maruz kaldıkları deformasyon dolayısıyla yayların kırılması, kopması veya eğilmesi gibi problemler görülmektedir.

Bu çalışmada, yayların mekanik özellikleri (uzunluk, tel çapı, sarmal çap, helis açısı vb.) ve malzeme özelliklerinin incelenmesi ve yay ömrünün uzatılması ve sistemin verimlilik, maliyet ve ömür açısından mühendislik çalışmasının yapılması hedeflenmiştir. Beklenen işletme süresinden önce hasar gören bıçak ve yayların performansının artırılması amacıyla incelenen sistemin montajı Şekil 1.1’de görülmektedir.



Şekil 1.1 Poşet verici istasyon bıçakları ve baskı yayları (Kişisel arşiv, 2018)

1.1 Literatür Araştırması

İncelenen konu ile ilgili literatürde çok fazla inceleme olmamasına karşın bıçak tasarımının geliştirilmesi, gıda ile temasa uygun ve aşınmaya dayanıklı malzeme belirlenmesi, yayların zorlanma durumları ve uygun yay malzemesinin seçilmesi amacı ile tez çalışması kapsamında gerekli literatür araştırması gerçekleştirilmiştir.

Tang ve diğer. (2019) çalışmalarında 60 HRC sertlik değerine yakın, yüksek sertlikteki AISI D3 malzemesini dikkate alarak sertleştirilmesini ve kesme zamanlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak parçanın sertliğinin aşınma üzerinde çok büyük etkileri olduğu sonucuna varmışlardır. Abrasif, adhezif ve yayınım aşınma kombinasyonunun 40 – 60 HRC sertlik durumunda PCBN (Polikristalin Kübik Bor Nitrür) malzemelerinin aşınmasından sorumlu olduğuna ulaşılmıştır. Keskin kenarların yüksek sıcaklık ve büyük mekanik yüklemelerden zarar gördüğünü vurgulamışlardır (Tang, Sun, Li, Shen ve Meng, 2019).

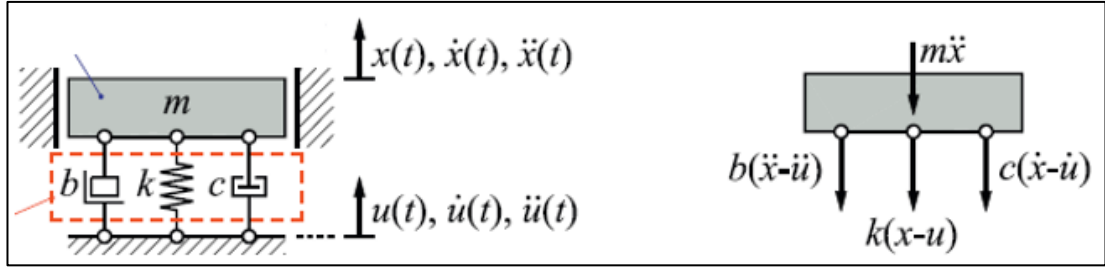
Baykara ve Bedir (2017) ısıtılma işleminin derin çekme, kesme bıçaklarında yaygın olarak kullanılan Vanadis 4 ve Vanadis 10 takım çeliklerinin mekanik özelliklerine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Vanadis takım çeliklerinin karbon ve vanadyum

içeriğine dayanarak, aşınma testi sonuçları ile mikro sertlik değerlerini ortaya çıkan mikro yapısal özellikler ile ilişkilendirmişlerdir (Baykara ve Bedir, 2017).

Hoier ve diğer. (2019) büyük miktarlarda MC ve M7C3 karbür içeren Vanadis 10 takım çeliği ile 316L östenitik paslanmaz çeliğin aşınma özellikleri karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Takım ömrü testlerini kaplanmamış ve TiCN-Al2O3 kaplamalı sementli tungsten karbür takımlarını kullanarak yapmışlardır. Aşınmanın ağırlıklı olarak mikro parçalı bileşenlerin yanı sıra alet yüzeylerinde ve kaplamalarda mikron altı büyüklük mertebesinde olduğunu gözlemlemiştir (Hoier ve diğer., 2019).

Llano-Vizcaya ve diğer. (2006) bası yaylarının yorulma ve hata analizleri ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan tel malzemesi AISI MB olup yüksek karbonlu bir malzemedir. Yaya kıvılcım emisyonu kullanılarak malzemesinin kimyasal ve fiziksel özellikleri elde edilmiş ve çalışmanın devamında bu bilgilerden faydalanılmıştır. Ayrıca kullanılan yay malzemesinin yorulma ömür hesabı için 400 °C'de 20 dakika çalışmalar yapılarak S-N eğrisi elde edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre kırılmanın denenen her iki yöntemde de helisel yayın iç yüzeyinde gerçekleştiği ortaya çıkmıştır. Verilere göre deneysel gözlemlerle Wang-Brown ve Coffin-Mason kriterlerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır (Del Llano-Vizcaya, Rubio-Gonzalez ve Mesmacque, 2006).

Çakmak ve diğer. (2019) titreşimi önlemek amacı ile kullanılan helisel yaylar üzerinde bir yorulma çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında genelleştirilmiş bir kütle-yay sistemi ile titreşim kaynaklı helisel yayların yorulma davranışını analitik ve sayısal olarak modellemiştir. Şekil 1.2 inceledikleri sistemin bir serbestlik dereceli modelini göstermektedir.



Şekil 1.2 Bir serbestlik dereceli kütle-yay sistemi (Čakmak, Tomičević, Wolf, Božić, Semenski ve Trapić, 2019)

Bu çalışmanın sonucu olarak, özellikle rezonans çalışma koşullarında sisteme yerleştirilen izolatör ile yorulma ömründe iyileştirmenin mümkün olduğu ve önerilen düzeltme faktörlerinin literatürde mevcut olan düzeltme faktörlerine kıyasla özellikle geniş eğim açıları dikkate alındığında daha doğru olduğu belirtilmiştir (Čakmak, Tomičević, Wolf, Božić, Semenski ve Trapić, 2019).

Pöllanen ve Martikka (2010) arazi makineleri ve endüstrisinde kullanılan ağır yaylar ile ilgili sıklıkla tekrarlayan kırılma ve yorulma problemini ele almışlardır. Bu arızaların temel nedenleri eksantrik yüksek darbe kuvvetiyle yerel bükülmelerdir. Optimum tasarıma tel hacminin en aza indirilmesi, alan kısıtlaması ve istenen yaylanma frekansını elde etme hedefleriyle ulaşmışlardır. Bu sonuçları üç boyutlu katı modelleme ve sonsuz elemanlar analizi yardımı ile elde etmişlerdir (Pöllanen ve Martikka, 2010).

Pilar ve diğer. (2019) burulma altında çalışan bir aktüatör tahriğine ait bir yayın flanşının kırılmasını incelemiştir. Kırılmanın sebebine ulaşmak için kimyasal ve mekanik karakterizasyonu belirlemek, kırılma yüzeyinin fraktografik analizi ve yaylanma durumunun metalografik ve mikroskopik teknikler kullanılarak belirlenmesi gibi birkaç test yapılmıştır. Yay malzemesine, tipine ve sertliğine (52 HRC) ulaşıldıktan sonra yayın ilk telinde 0,5 mm kalınlığında bir dekarbürizasyon alanı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak muhtemelen daha önce fonksiyonel bir problem doğrulanmadığı için kırılmadan sonra sürtünme ile ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır (Pilar ve diğer, 2010).

BÖLÜM İKİ

GIDA PAKETLEME MAKİNELERİ

Yatay paketleme makineleri ambalajlama için filme ihtiyaç duyarlar. Bobin halinde sarılı olan film çekilerek istenen form ve boyutlarda makineye alınır. Burada bobinin hassasiyetine göre merdaneler arasında mesafe ve açı ayarı yapılarak bobin çektilirir ve *yaka* olarak adlandırılan aparatlar sayesinde ürünün ambalajı şeklini alarak istasyonda devam eder. Bu sistem Şekil 2.1’de görölmektedir.



Şekil 2.1 Paketleme makinesi bobin çözme bölgesi (Kişisel arşiv, 2018)

Film istenen ambalaj formuna getirilip bu çalışmanın da konusu olan bıçaklarla kesildikten sonra itici kol ve baskı yayları yardımıyla doluma gönderilir.



Şekil 2.2 Ambalaj kesme bölgesi (Kişisel arşiv, 2018)

Şekil 2.2’de görülen kesme bölgesi poşeti istenen boyutlara geldiği esnada keserek gramaja ve standartlara uygun olacak şekilde doluma gönderir.



Şekil 2.3 Ambalajın doluma girmesini sağlayan poşet verici bölge (Kişisel arşiv, 2018)

Şekil 2.3'te gösterilen poşet verici grupta ise boyutları kesilerek hazırlanmış poşet, bir sonraki istasyon olan dolum istasyonunun döner tablasına mekanik kol ve baskı yayları sayesinde transfer edilir.



Şekil 2.4 Dolum istasyonu (Kişisel arşiv, 2018)

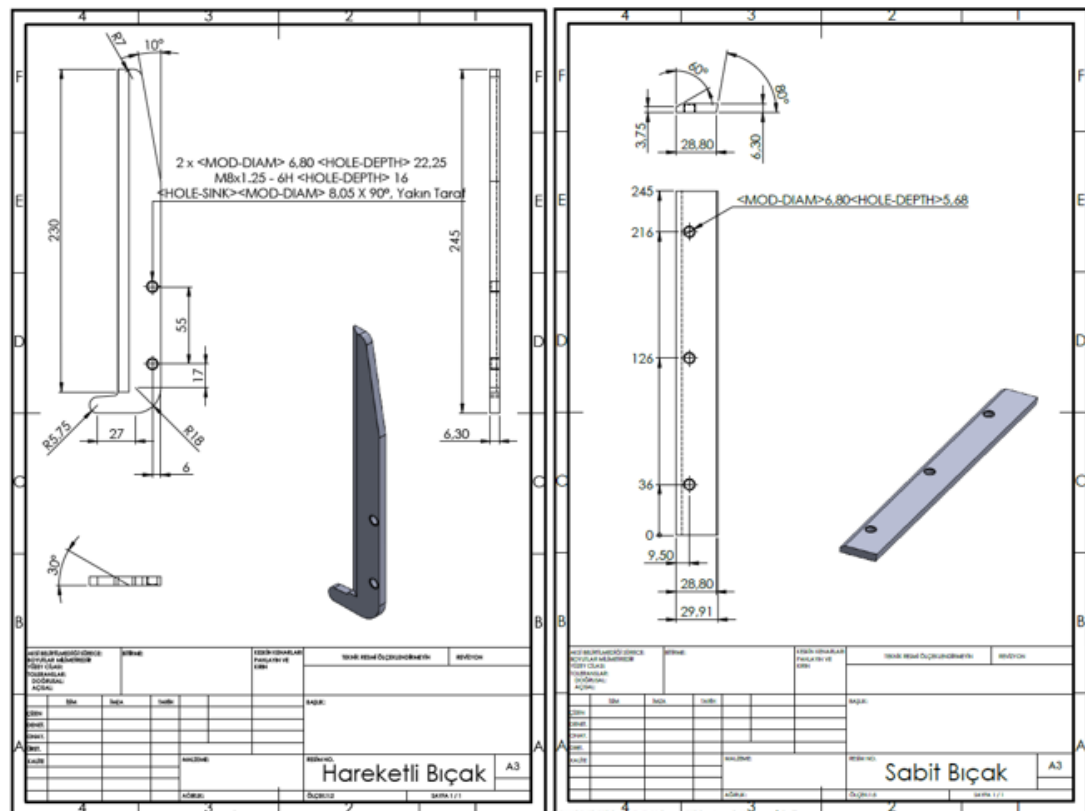
Şekil 2.4'te görülen döner tabla istasyonunda kovanın içinden helezon sayesinde dozajlama (dolum) işlemi gerçekleştirilir (Conselvan, 2017).

BÖLÜM ÜÇ

Bu çalışmada incelenen gıda paketlenme makinesinde kullanılan bıçakların malzemesi ve mekanik tasarımından kaynaklı verim düşüklüğü bulunmaktadır. Bu verimsiz çalışma şekli üretim hattının duruşlarına sebebiyet vererek maliyet ve iş gücü kaybı meydana getirmektedir.

3.1 Mevcut Durum Mekanik Tasarımı

Mevcut durumun paketleme makinasındaki sabit ve hareketli iki bıçaktan oluşan bıçak takımının teknik çizimleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Bu teknik çizimler DS SolidWorks modelleme programında oluşturulmuş olup, imalatçıya verilerek üretilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.1 Hareketli ve sabit bıçak teknik çizimi

3.2 Mevcut Durum Malzeme Özellikleri

Bu paketleme makinasında kullanılan bıçak AISI D3 (X210Cr12, 2080) malzemedir. Malzeme özellikleri ise Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Mevcut durum bıçak malzemesi (Ulaş, 2018)

Standart Gösterim

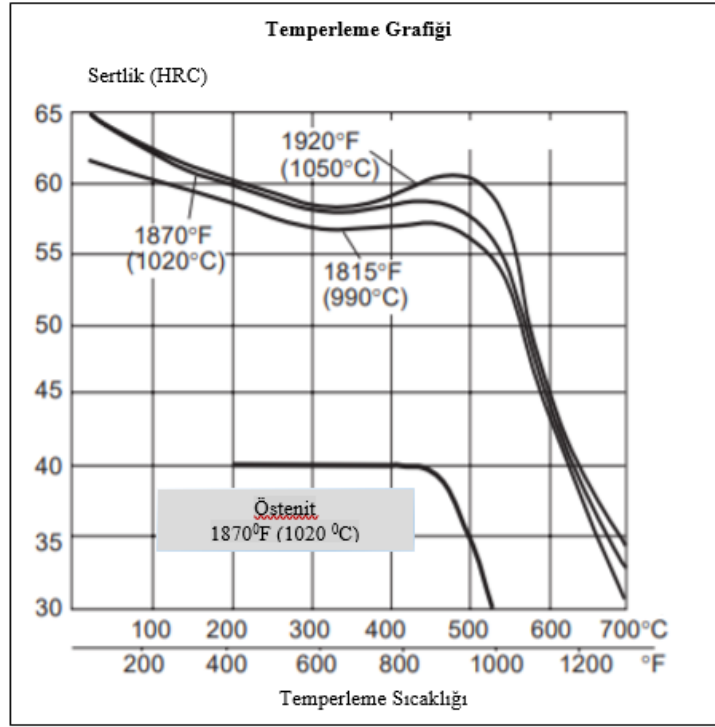
Malzeme No	DIN	EN	AISI/SAE	
1.2080	X210Cr12	X210Cr12	D3	

Kimyasal Bileşim (%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
2,05	0,25	0,3	11,5	-	-

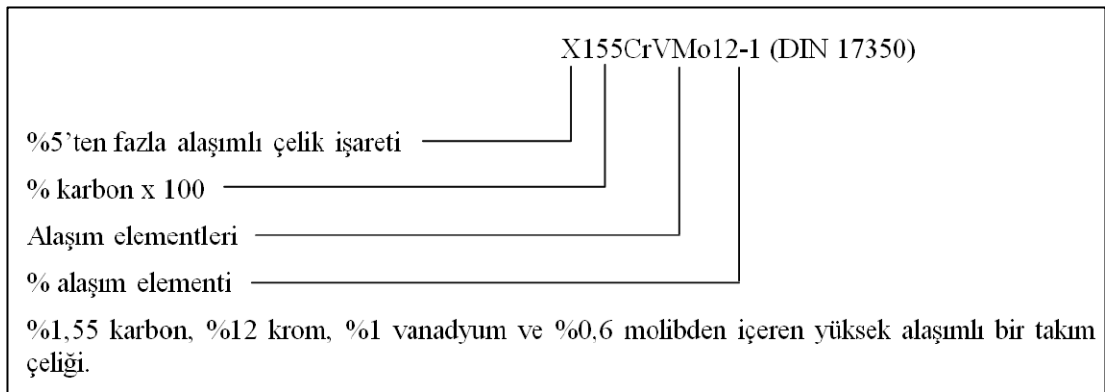
Kesmede kullanılan metal alaşımlarında karbon (C) oranı %1,90-2,30 arası olmalıdır. Çünkü karbon, sertliği veren elementtir. Ancak oranı yüksek olursa ve vanadyum veya molibden elementiyle desteklenmezse kırılganlığı yükselir (Ulaş, 2018).

Tablo 3.1’de kimyasal bileşenleri, Şekil 3.2’de temperleme grafiği görülen 2080 çeliği aşınma dayanımı ve kesme direnci açısından zayıf bir malzemedir. İşletme şartlarına uygun sertliği sağlayamayan ve aşınmaya sebebiyet veren bir malzemedir. Bu sebeple bıçağın aşınması istenenden kısa sürede gerçekleşmektedir.



Şekil 3.2 AISI D3 ısıtım işlem – sertlik özellikleri (Aslan, 2005)

Şekil 3.3'te de görüleceği gibi, X210Cr12 alaşımının okunmasına değinecek olursak, X harfi bir alaşım çeliği olduğunu, 210 değeri karbon (C) oranının yaklaşık %2,10 olduğunu ve Cr12 değeri ise krom oranının yaklaşık %12 olduğunu göstermektedir (Erişir, 2013).



Şekil 3.3 Alaşımlı çeliklerin adlandırılması (Erişir, 2013)

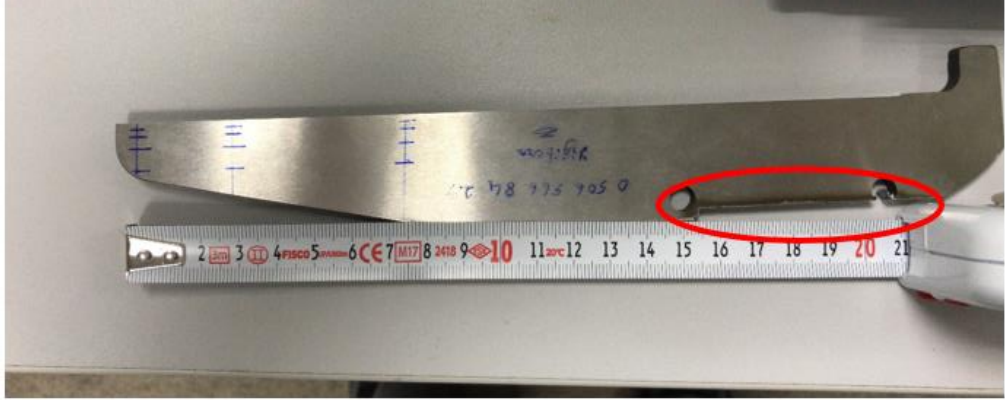
3.3 Bilinen Mevcut Durumun Deneysel Verilerle Doğrulaması

Tedarikçiden bilgileri alınan bıçak üzerinde malzeme, sertlik, aşınma dayanımı vb. özelliklere ulaşmak için testler yapılmıştır.

3.3.1 Malzeme Tespiti

2080 çeliğinin ısıtma işlem grafiğine baktığımızda 100 °C sıcaklıkta temperlenmesi durumunda 64 HRC sertliği yakalayacağı bilimsel olarak laboratuvar şartlarında kanıtlanmıştır. Ancak Türkiye piyasası koşullarında bu malzemenin 100 °C'de temperlenmesi ne yazık ki mümkün olamamaktadır. Tedarikçi firmalardan alınan kalite sertifikaları 62-63 HRC sertliği göstermektedir. Bu bilginin doğrulanması için numune olarak alınan bir takım bıçak Dokuz Eylül Üniversitesi, Sanayi Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarına götürülerek testleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi belirlenen noktalardan sertlik ölçümü yapılması ve kırmızı çemberle gösterilmiş bölgeden talaş kaldırılması sonucu Tablo 3.2'de görülen verilere ulaşılmıştır.



Şekil 3.4 Freze tezgahı kullanılarak bıçak üzerinde talaş alınan bölge (Kişisel arşiv, 2018)



Şekil 3.5 Bıçak yüzeyinden alınan 6 gram talaş (Kişisel arşiv, 2018)

Şekil 3.5'te bıçak üzerinden freze tezgahı kullanılarak alınan talaş görülmektedir. Bu alınan talaş Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında test edilerek malzeme tespitinde bulunulmuş ve Tablo 3.2'de görülen çelik malzeme özellikleri belirlenmiştir.

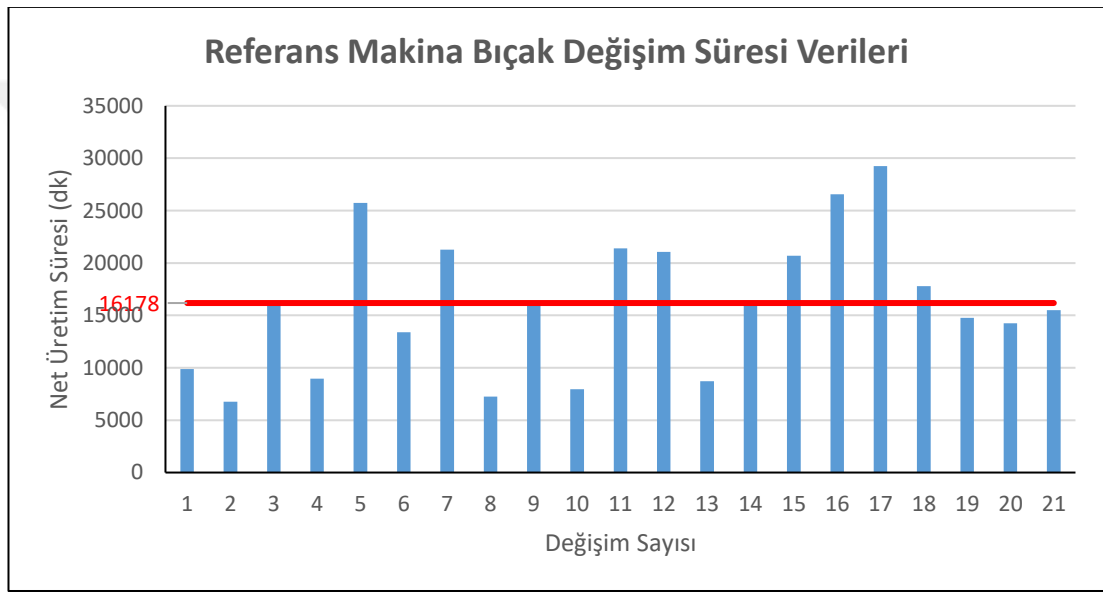
Tablo 3.2 Numune bıçağa ait test sonuçları

Kimyasal Bileşim (%)								
Tip	Bileşim	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	P
A	Ni-Cr-Hc	2,8-3,6	2,0 max	0,8 max	3,3-5,0	1,4-4,0	1,0 max	0,3 max
B	Ni-Cr-Lc	2,4-3,0	2,0 max	0,8 max	3,3-5,0	1,4-4,0	1,0 max	0,3 max
C	Ni-Cr-GB	2,5-3,7	2,0 max	0,8 max	4,0 max	1,0-2,5	1,0 max	0,3 max
D	Ni-HiCr	2,5-3,6	2,0 max	2,0 max	4,5-7,0	7,0-11,0	1,5 max	0,10 max
A	12% Cr	2,0-3,3	2,0 max	1,5 max	2,5 max	11,0-14,0	3,0 max	0,10 max
B	15%Cr-Mo	2,0-3,4	2,0 max	1,5 max	2,5 max	14,0-18,0	3,0 max	0,10 max
D	20%Cr-Mo	2,0-3,5	2,0 max	1,0-2,2	2,5 max	18,0-23,0	3,0 max	0,10 max
A	25%Cr	2,0-3,6	2,0 max	1,5 max	2,5 max	23,0-30,0	3,0 max	0,10 max

Sertlik Koşulları										
Tip	Bileşim	Level 1			Level 2			Level 3		
		HB	HRC	HV	HB	HRC	HV	HB	HRC	HV
A	Ni-Cr-Hc	550	53	600	600	56	660	650	59	715
B	Ni-Cr-Lc	550	53	600	600	56	660	650	59	715
C	Ni-Cr-GB	550	53	600	600	56	660	650	59	715
D	Ni-HiCr	500	50	540	600	56	660	650	59	715
A	12% Cr	550	53	600	600	56	660	650	59	715
B	15%Cr-Mo	450	46	485	600	56	660	650	59	715
D	20%Cr-Mo	450	46	485	600	56	660	650	59	715
A	25%Cr	450	46	485	600	56	660	650	59	715

Tablo 3.2'ye göre numune bıçağın malzemesinin 2080 çeliği olduğu doğrulanmış, fakat sertliği 59 HRC olarak tespit edilmiştir. Alaşımı ve ısıtılma işlem özellikleri aşınma dayanımına uygun olmayan 2080 çeliğinin bu süreçte kullanılması uygun görülmeyle iyileştirme çalışmalarına gidilmiştir.

Şekil 3.6'da bıçakların değişim sayıları ve bu değişim tarihleri arasında net olarak kaç dakika aktif olarak çalıştıkları görülmektedir. Grafiğe göre malzemesi AISI D3 olan bıçak takımının ortalama çalışma ömrünün 16.178 dakika olduğu görülmektedir.



Şekil 3.6 Bıçak net çalışma süreleri (dk)

3.3.2 AISI D3 (2080) Çeliğinin Maliyeti

Bir takım bıçağın 2080 çeliğinden imal edilmesini ve makine üzerinde çalışmasını düşünürsek işletmeye maliyeti aşağıdaki kalemlerden oluşmaktadır:

- Hareketli ve sabit iki adet bıçaktan oluşan bir takım bıçağın tedarik edilmesi 1000 TL maliyet oluşturmaktadır.
- Bıçağın körelmesi durumunda makine duracaktır ve mekanik bakım ekibinin bıçak değiştirmesi toplanan verilere göre ortalama 22 dakika sürmektedir. Makinenin 70 ürün/dakika performansı ile çalıştığını ve bir

adet üründen kârının 1,50 TL olduğunu düşünürsek makinedeki bu 22 dakikalık duruş $3,50 \times 70 \times 22 = 5.390$ TL'ye mal olmaktadır.

Verilere göre 10.03.2016 tarihinden itibaren takılan bıçağı 1 yıl boyunca takip ettiğimizde 12 adet duruş görürüz. Bir takım bıçağın beş defa bilenme ömrü olduğu dikkate alındığında Tablo 3.3'teki durum ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3.3 2080 çeliği yıllık maliyet tablosu

Sıfır bıçak imalat adedi	Sıfır bıçak imalat fiyatı (TL)	Bileme adedi	Bileme fiyatı (TL)	Duruş sayısı	Duruş süresi (dk)	Duruş maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
2	1.000	10	15	12	22	5.390	66.830

- Yıl içinde 2 defa yeni bıçak imal edilmesi 2×1.000 TL = 2.000 TL
- Yıl içinde 10 defa bıçak bilenmesi $10 \times 15 = 150$ TL
- Yıl içinde 12 duruşa sebebiyet verilmesi $3,50 \times 70 \times 22 = 5.390$ TL

olmak üzere 2080 çeliğinden imal edilmiş bıçak takımları toplamda 66.830 TL'ye ve iş gücü kaybına mal olmaktadır.

3.3 Aşınma Dayanımı Yüksek Malzeme Araştırması

Bıçakların ömrünün uzun olmasını sağlamak için malzeme seçimi doğru yapılmalı, aşınım elementleri özelliklerine göre ayarlanmalıdır. Malzemenin kesme direnci ve aşınmaya karşı dayanımı yüksek olması için sertliği belirli elementlerle yükseltilmelidir. Bunların başlıcaları vanadyum (V), molibden (Mo) ve wolfram (W) elementleridir.

Tablo 3.4 Çelik alaşım elementleri karakteristik kıyaslama tablosu

ELEMENTLERİN ÇELİK ALAŞIMI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ													
	Si	Mn*	Mn**	Cr	Ni*	Ni**	Al	W	V	Co	Mo	S	P
Sertlik	artar	artar	azalır	artar	artar	azalır	-	artar	artar	artar	artar	-	artar
Mukavemet	artar	artar	artar	artar	artar	artar	-	artar	artar	artar	artar	-	artar
Akma Noktası	artar	artar	azalır	artar	artar	azalır	-	artar	artar	artar	artar	-	artar
Uzama	azalır	değişmez	azalır	azalır	değişmez	artar	-	azalır	değişmez	azalır	azalır	azalır	azalır
Darbe Direnci	azalır	değişmez	-	azalır	değişmez	artar	azalır	-	artar	azalır	artar	azalır	azalır
Elastisite	artar	artar	-	artar	-	-	azalır	-	artar	-	-	-	-
Sıcaklığa dayanım	artar	değişmez	-	artar	artar	artar	-	artar	artar	artar	artar	-	-
Soğutma hızı	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	-	azalır	azalır	artar	azalır	-	-
Aşınma direnci	azalır	azalır	-	artar	azalır	-	-	artar	artar	artar	artar	-	-
Dövülebilirlik	azalır	artar	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	artar	azalır	azalır	azalır	azalır
İşlenebilirlik	azalır	azalır	azalır	-	azalır	azalır	-	azalır	-	değişmez	azalır	artar	azalır
Oksitlenme eğilimi	azalır	değişmez	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	azalır	artar	-	azalır
Korozyon direnci	-	-	-	azalır	-	artar	-	-	artar	-	-	azalır	artar
(*) ostenitik çelik - (**) perlitik çelik													

Tablo 3.4'te çelik alaşımlarının içerisindeki elementlerin her birinin çeliğin hangi özelliklerine nasıl katkıda bulunduğu görülmektedir. Buna göre kesmeye çalışan çelik elemanlarda belli oranlarda vanadyum, wolfram (tungsten) ve molibden elementleri bulunmalıdır. Aşınma mukavemetinin yüksek olması için malzemenin sertliğinin, akma noktasının ve darbe direncinin yüksek olması gerekmektedir.

3.4 Isıl İşlem

Isıl işlem, metallere istenen fiziksel, kimyasal vb. özellikleri eklemek amacıyla uygulanan hız, sıcaklık ve zaman kontrolü ile yapılan ısıtma ve soğutma işlemidir.

Çeliklerin ısııl işleminde uygulama süreçleri genel bağlamda üç aşamadır. Bu aşamalar; ısıtma, bekleme ve soğutmadır. Isıtma işlemi, çeliğin özelliklerine göre belirli bir sıcaklığa kadar ve istenen içyapı değişikliği oluşuncaya kadar gerçekleştirilir. Bekleme süresi çelikten çeliğe değişim göstermektedir. Çeliklerde birimi dakika/mm olan bekleme süresi, homojenliği ve tane boyutunu bozmayacak şekilde ayarlanmaktadır. Soğutma hızı ve sıcaklığı her çelik yapısı için farklılık göstermektedir. Soğutma uygun ortam ve hızda yapılmalıdır.

Bu çalışmada kullanılan tekniklerden biri ısıtma işlemi ile sertleştirilmedir. Bunun için su verme yöntemi kullanılmıştır.

3.4.1 Su Verme

Su verme, çeliğin östenitik bölgede belli bir süre bekletilmesiyle yapısının tamamıyla östenitleştirilmesi ve sonra bu çeliğin soğutulması işlemine denir.

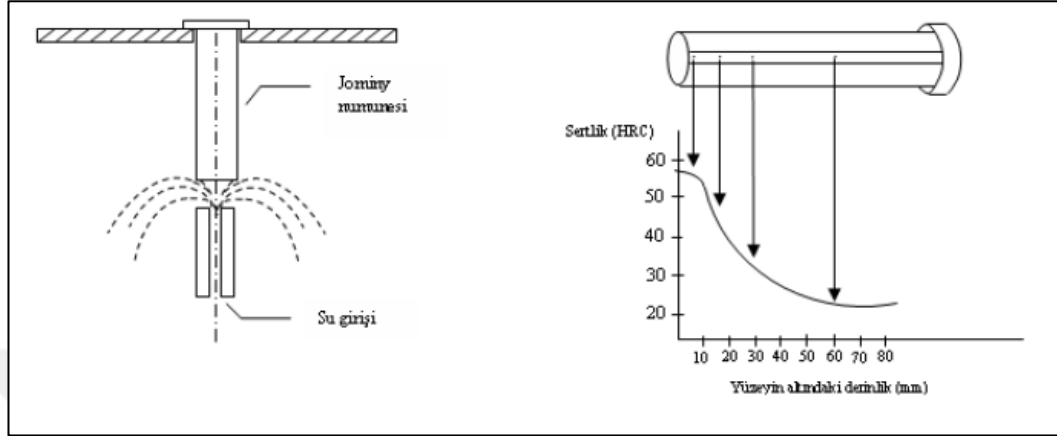
Bu işlemin amacı tamamen martenzitik bir yapı ortaya çıkarmaktır. Bunun için ilk adımda çelik östenit sıcaklık bölgesine kadar yaklaşık 1 saat ısıtılır. Daha sonra kritik soğuma hız değerlerinin üstündeki değerlerde hızlı soğutma işlemi gerçekleştirilir ve söz konusu çelik yapısı tamamen martenzitik yapıya sertliği çok artmış bir şekilde dönüşmüş olur.

3.4.2 Sertleşebilirlik

Sertleşebilirlik, bir çeliğin su verme işlemiyle martenzit yapıya geçişi sonucu ortaya çıkan sertleşme kabiliyetidir. Sertlik ve sertleşebilirlik karıştırılmamalıdır. Sertlik çeliğin karbon miktarına bağlıdır. Sertleşebilirlik ise çeliğin kimyasal bileşimine ve östenitik tanecik boyutuna bağlıdır.

En yaygın olarak kullanılan sertleşebilirlik deneyi Jominy sertleşebilirlik deneyidir. Bu deney kapsamında çapı 25 mm, uzunluğu 100 mm olan silindirik yapıda bir mil kullanılır. Sertleştirme sıcaklığı belli olan numune bu sıcaklığa kadar ısıtılır ve 20 dakika boyunca bu sıcaklıkta bekletilir. Bir ucu su püskürtülerek soğutulan numunenin bu yüzeyinden başlayarak soğuma hızı azalmaya başlar. Soğuma gerçekleştiğinde milin eksenine paralel olacak şekilde uç kısımdan 0,4 mm derinlikte iki kesme yüzeyi alınır. Bu yüzeyden itibaren alınan sertlik ölçümleri malzemeyle ilgili bir eğri ortaya çıkarır. Bu eğriler Jominy eğrileri olarak adlandırılır ve Şekil 3.7’de gösterilmektedir (Topbaş, 1998).

Şekil 3.7’de Jominy diyagramında görüldüğü gibi su verilen bölgeden itibaren sertlik azalmaktadır. Yani su verilen ve hızlı soğumanın gerçekleştiği bölgede sertliğin yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.7 Jominy Diyagramı (Topbaş, 1998)

3.5 AISI D2 (1.2379) Çeliği

2379 çeliği (AISI D2, X155CrVMo12-1) Tablo 3.5’te görüldüğü üzere vanadyum ve molibden açısından çok zengin olmamakla beraber içerisinde bu elementler sırasıyla %0,85 ve %1 oranlarında bulunmaktadır. Ayrıca Şekil 3.8’de görüldüğü gibi piyasa şartlarında da 100 °C sıcaklıkta temperlendiğinde 63 HRC sertliğe çıkabildiği bilgisine ulaşılmıştır.

Tablo 3.5 1.2379 çeliği teknik özellikleri (Ulaş, 2018)

Standart Gösterim

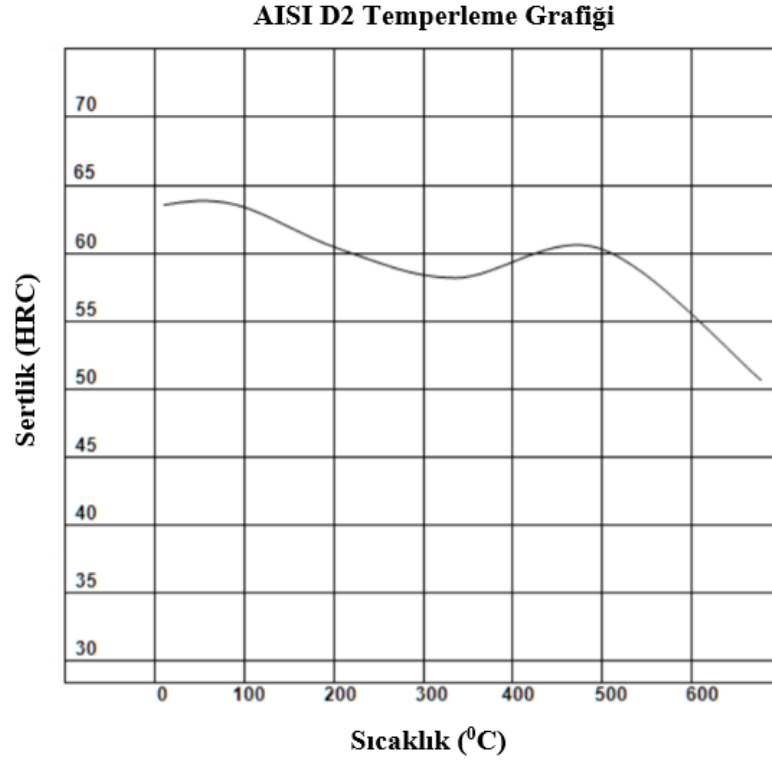
Malzeme No	DIN	EN	AISI/SAE
1.2379	X155CrVMo12-1	X155CrVMo12	D2

Kimyasal Bileşim (%)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
1,53	0,35	0,4	12	1	0,85	-

Temperleme Sıcaklığı (°C) ve Sertlik (HRC)

100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	525 °C	550 °C
63	61	58	58	59	58	56

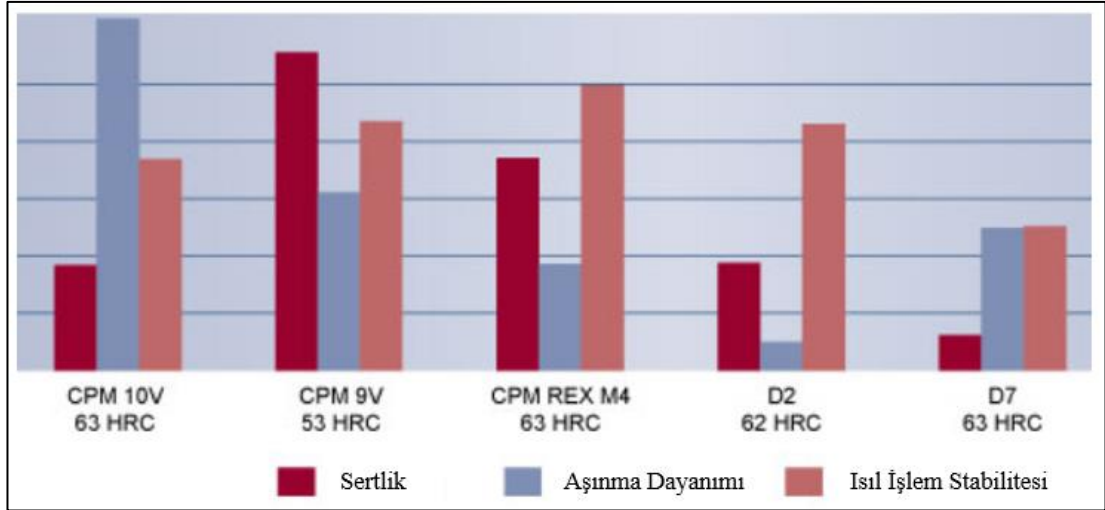


Şekil 3.8 1.2379 çeliği temperleme grafiği

2379 çeliğinden üretilen bir numunenin denemesi yine aynı paketleme makinasında yapılarak iyileştirme beklenmiştir. Ancak bu numune bıçak takımı makine üzerinde yaklaşık 26.000 dakika çalışmış ve sonrasında aşınma belirtileri göstererek düzgün kesim yapamamaya başlamıştır. Bu durumun kök nedeni araştırıldığında bıçağın aşınma direnci özelliklerinin 63 HRC sertliği karşılayamadığı tespit edilmiş ve sert malzemenin aşınma ve kırılmaya karşı dayanıksız olduğunu göstermiştir.

3.6 Aşınma Dayanımı Yüksek Çelik Malzeme Araştırılması

Şekil 3.9’da bıçak imalatı için uygun çelik malzemeler ve bu malzemelerin aşınma dayanımı, korozyon direnci, imalat kolaylığı gibi özellikleri verilmiştir. Bu özelliklere göre imal edilmesi her ne kadar zor olsa dahi yüksek aşınma, piyasada bulunabilirlik ve krom oranının yüksekliğiyle gıdaya uygunluğundan dolayı CPM 10V çeliğinin muadili olan Vanadis 10 uygun görülmüştür. Vanadis 10 çeliğinin element alaşımı Tablo 3.6’da verilmiştir.



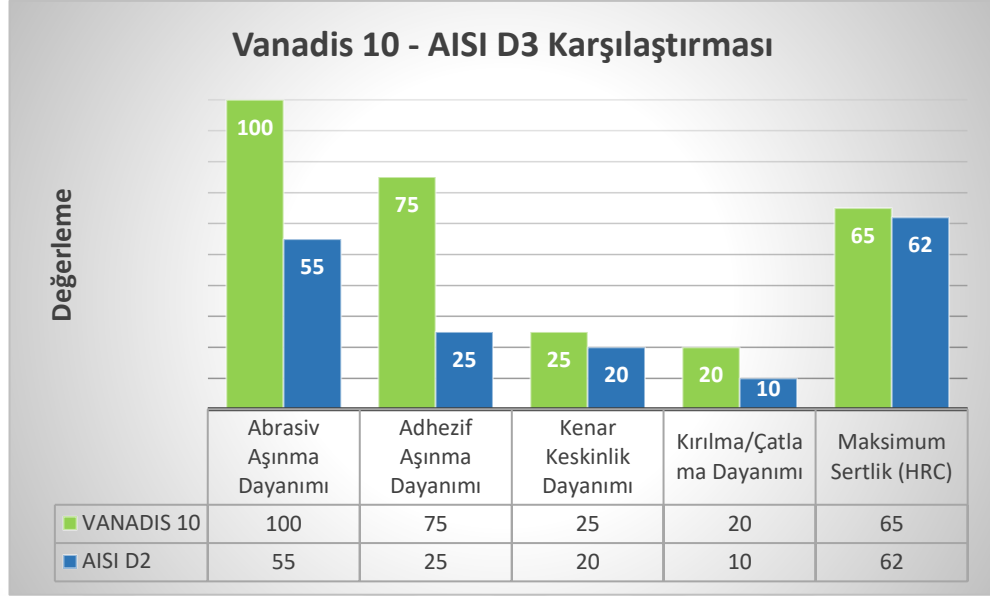
Şekil 3.9 Bıçak imalatı için uygun malzemeler

Tablo 3.6 Vanadis 10 çeliği alaşımı (Boy, Demir ve Korkut, 2019)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
2,9	0,5	0,5	8,0	1,5	9,8

İçeriğindeki yüksek vanadyum oranı ile aşınma direnci özelliğini güçlendiren Vanadis 10 çeliği, aynı zamanda gıda işletmesi olduğundan dolayı %8.0 krom içeriğiyle de paslanmazlık özelliğini bünyesinde barındırarak sürece uyumluluğunu kanıtlamaktadır.

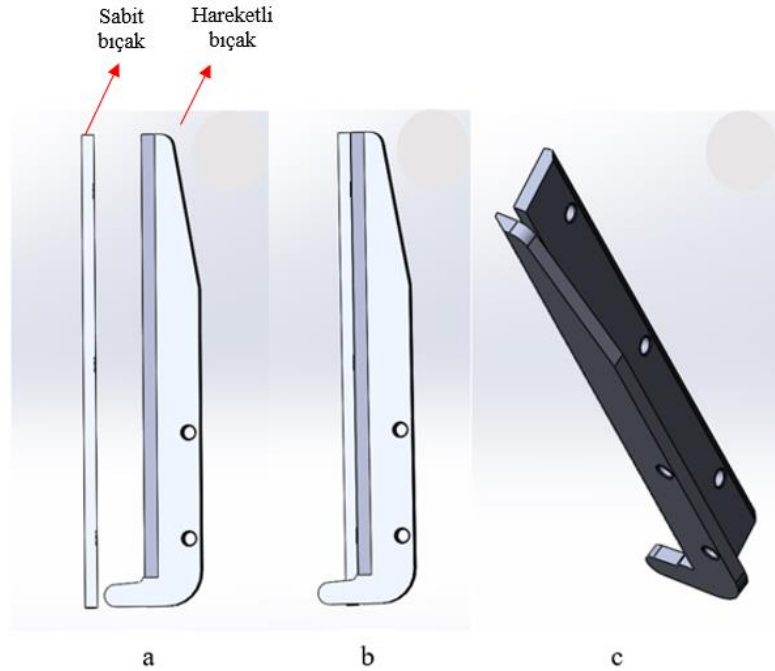
Şekil 3.10'da Vanadis 10 ve AISI D3 (2080) çeliklerinin karşılaştırılması verilmiştir. Bu grafikte göre Vanadis 10 çeliğinin AISI D3 çeliğinden yaklaşık %45 daha yüksek aşınma dayanımı olduğu görülür. Ayrıca 65 HRC gibi yüksek sertlik değerinde Vanadis 10 elde edilebiliyorken AISI D3 çeliğinin bu özelliği karşılayamadığı grafikte görülmektedir.



Şekil 3.10 Vanadis 10 – AISI D3 çelikleri karşılaştırması

3.7 Konstrüksiyon İyileştirme Çalışması

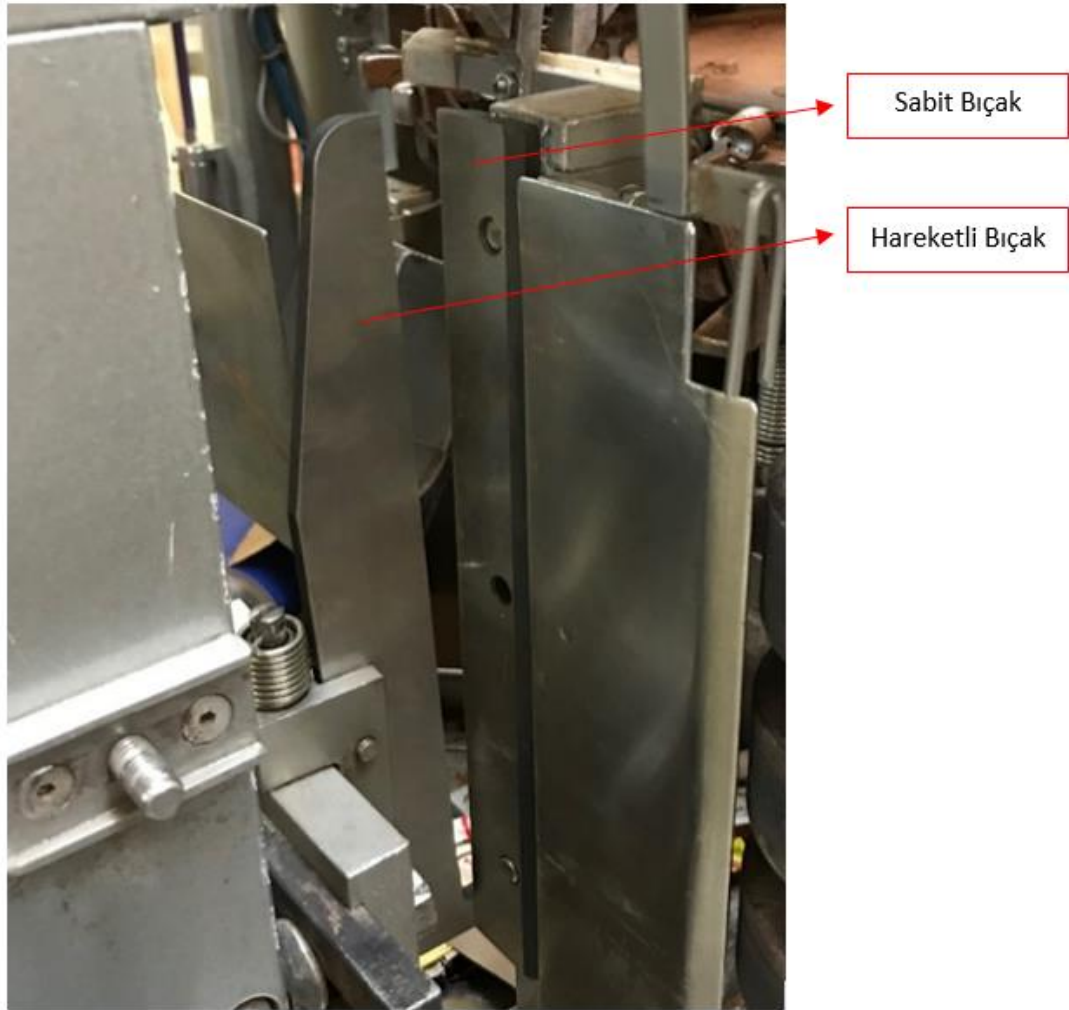
Kullanılacak çelik konusunda karara varıldıktan sonra mekanik tasarım anlamında bir gelişmeye odaklanılmış ve iki adet bıçağın tasarımları, birbirlerine montajı, makina üzerine montajı gibi parametreler için iyileştirme çalışmalarına başlanmıştır.



Şekil 3.11 a) Kesmeden önceki pozisyon b) Kesme pozisyonu c) perspektif

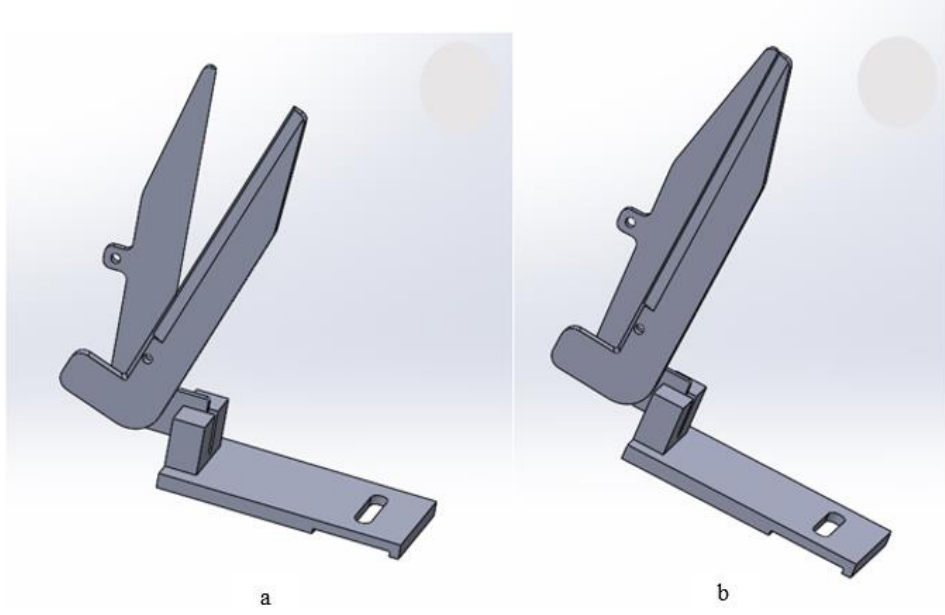
Hareketli ve sabit bıçağın çalışma sistemi Şekil 3.11’de görüldüğü gibidir. Hareketli bıçak ekseninde lineer hareketini yaparken iki bıçağın arasından geçen ambalaj, sabit bıçağın kesme yüzeyinde kesilir. Bıçak körelmesine yani aşınmaya direkt olarak sebebiyet veren faktör bu çalışmada iki bıçağın kendi arasındaki sürtme hareketidir.

Şekil 3.12’deki görsel, bıçak takımının paketlenme makinesi üzerindeki gerçek montajlı halidir. Bu montaj sisteminde bıçakların ortak bir kaidesi bulunmakta ve bu kaidenin montajı bıçakların montajından uzun sürmektedir.



Şekil 3.12 Eski sistem bıçakların makine üzerinde monte edilmiş hali (Kişisel arşiv, 2018)

Bu mekanizmanın iyileştirilmesi için makas tipi bir bıçak sistemi düşünülmesi sonucunda Şekil 3.13’teki sistem tasarlanmıştır.



Şekil 3.13 a) Yeni bıçakların açık hali b) Yeni bıçakların kapalı hali

Şekil 3.13'te görülen tasarımda bıçağın kendisi ve kaidesi montaj/demontaj işlemleri için önceki sisteme göre daha uygundur. Mekanik aksamlardaki benzer tasarımsal iyileştirmeler bakım ekiplerinin faaliyetlerine büyük kolaylıklar sağlar. Karmaşık bir mekanik ekipmanın montajı hem uzun süre alarak iş gücünden kayıplara hem de hata payının artmasına sebep olabilir.

Eski sistemdeki iki adet bıçak yerine Şekil 3.13'te görüldüğü gibi kaideye sabitlenmiş bir bıçak ve ona sabitlenmiş başka bir bıçak kullanılmıştır. Bu sayede makina üzerindeki montaj tek seferde bitecek şekilde ayarlanmıştır.

Ayrıca makas tip bıçak takımının bir diğer avantajı ise önceki sistemde gözlenen sürtünmenin olmamasıdır. Yeni sistemde iki bıçak arasında mikron seviyesinde boşluk bulunmakta ve bıçaklar birbirine vuruntu yapacak şekilde değmemektedir.

Şekil 3.11 ve Şekil 12''de görülen sistemin aksine makas tip bıçak sisteminde açılı bir kesme işlemi vardır. Bu da bıçağın hem aşınmaya karşı direncini güçlendirir hem de kesme işleminin daha rahat ve kaliteli yapılmasını sağlar.

3.8 Maliyet Analizi ve Sonuç

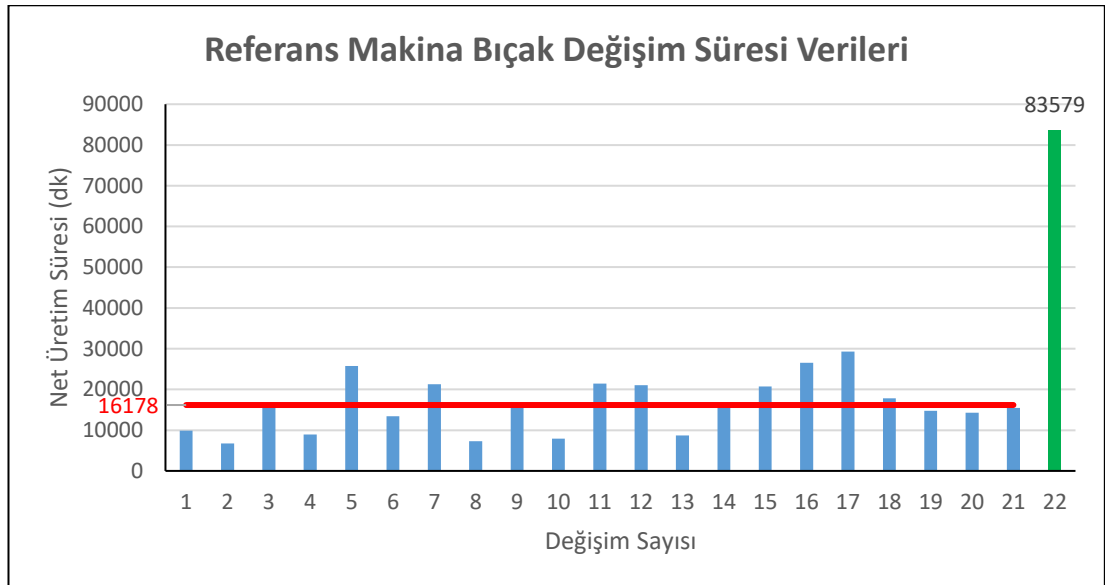
Sistemde yapılan iyileştirmelerle birlikte yılda **76.775 TL** maddi kazanç ve iş gücü kazancı sağlanarak bir bıçağın duruş yaratmaksızın net çalışma süresi verimliliği Şekil 3.14’te de görüleceği gibi artış göstermiştir.

Tablo 3.7’de eski ve yeni sistem bıçaklar arasında yapılan maliyet analizi görülmektedir. Bu tabloya göre bıçak imalat fiyatı, bileme adedi ve duruş maliyeti gibi veriler hesaplanıp toplam kazanç hesaplanmıştır.

Tablo 3.7 Eski – yeni sistem bıçaklar arasında maliyet analiz

	Sıfır bıçak imalat adedi	Sıfır bıçak imalat fiyatı (TL)	Bileme adedi	Bileme fiyatı (TL)	Duruş sayısı	Duruş süresi (dk)	Duruş maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL/yıl)
AISI D2 (1.2080)	2	1.000	10	15	12	27	6.615	81.530
Vanadis 10	1	1.500	1	70	1	13	3.185	4.755
Fark								76.775

Şekil 3.14’teki grafikte görüldüğü üzere bir takım bıçağın ortalama çalışma süresi 16.178 dakikadan 83.579 dakikaya çıkarılarak **%416,62** iyileştirme sağlanmıştır.



Şekil 3.14 Eski – yeni sistem ortalama bıçak ömrü grafiği

BÖLÜM DÖRT

POŞET VERİCİ İSTASYON YAYLARI

Yaylar büyük kuvvetlerde şekil değiştirme yöntemi ile potansiyel enerjiyi depo eden, bu kuvvetler ortadan kalktığında bahsi geçen enerjinin neredeyse tamamını üzerinden atan makine elemanlarıdır. Yaylar, enerji depolama, kuvvet sınırlama, darbe sönümleme, kuvvet ölçme gibi amaçlar için kullanılırlar.

4.1 Yayların Sınıflandırılması

Metal yaylar, yaydaki zorlanma türüne ve yayın şekline göre sınıflandırılırlar. Bunlar Şekil 4.1’de görüldüğü gibi çeki, bası, eğilme ve burulma zorlanmalarına göre tasarlanan yaylardır.

Helisel burulma yayları, konik yaylar ve helisel çeki ve bası yayları paketleme makinelerinde kullanılan farklı yay tiplerindendir.

Metal yaylar				
Yayda oluşan zorlanma türü	Eğilme	Çeki - Bası		
		Çeki veya bası yay çubukları		Bilezik yaylar
	Burulma	Düz formda olanlar		Spiral formda olanlar
Yaprak yaylar		Spiral yaylar	Kangal yaylar	Tabak yaylar
Burulma	Burulma çubukları		Helisel yaylar	Silindirik olmayan helisel sarımlı yaylar
			Bası yayı	Çeki yayı
		Konik	Dış bükey	İç bükey

Şekil 4.1 Bazı metal yay çeşitleri (Temiz, 2019)

4.2 Helisel Baskı Yayları

Baskı yayları paketleme makinesinde de olduğu gibi itme yoluyla enerji depolama ve kuvvet aktarma gibi özellikler için kullanılır.

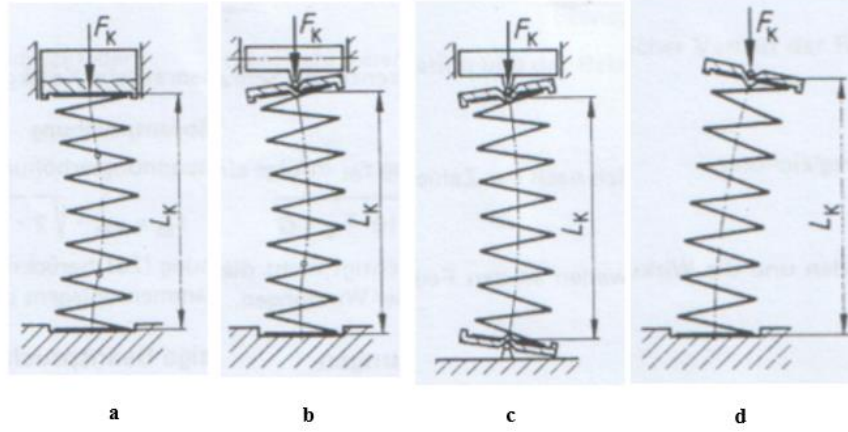
Baskı yayları çoğunlukla metal alaşımdan üretilirler. Üzerlerine gelen yükün etkisi ile aynı yönde bu etkiyi karşılarlar ve bu yük kalktığında tekrar ilk durumlarını alırlar. Bu nedenle iyi bir baskı yayı – basma yayı – itici yay deformasyona uğradığında boyutlarında bir değişime uğramadan ilk haline dönebilmelidir.

Piyasada en sık kullanılan basma yayları, paketleme makinesinde de olduğu gibi yuvarlak telden sarılmış ve uçları kapalı olanlardır. Silindirik helisel olarak adlandırılan baskı yaylarında kuvvetler doğrusal olarak sağlanır. Doğrusal olmayan kuvvetler sağlamak için konik baskı yayları vardır. Basma yaylarında, ortalama yay çapı ile tel çapının oranlanmasından çıkan sonuca *sarım oranı* denir ve bu oranın genellikle 6 ile 17 değerleri arasında olması istenir.

Baskı yayları; basma yay, helezon yay, elek yayı, titreşim yayı, itici yay, itme yayı, titreşim yayı gibi adlarla da anılırlar.

4.3 Helisel Baskı Yaylarının Uç Yataklamalarına Göre Kritik Strok Hesabı

Helisel baskı yayları uç yataklamalarına ve kullanım yerlerine göre dört gruba ayrılır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi yaylar montajı veya tipi gereği farklı görevler alacak şekilde kullanılabilir.



Şekil 4.2 Yataklamalarına ve uçlarının hareket kabiliyetlerine göre baskı yayları (Yayse, 2019)

Şekil 4.2'deki görsellerin açıklamaları aşağıdaki gibidir:

- Her iki ucu eksenel yataklı ve dönemez.
- Her iki ucu eksenel yataklı, biri dönemez.
- Her iki ucu eksenel yataklı ve dönebilir.
- Bir uç eksenel yataklı ve dönemez, diğer uç serbest.

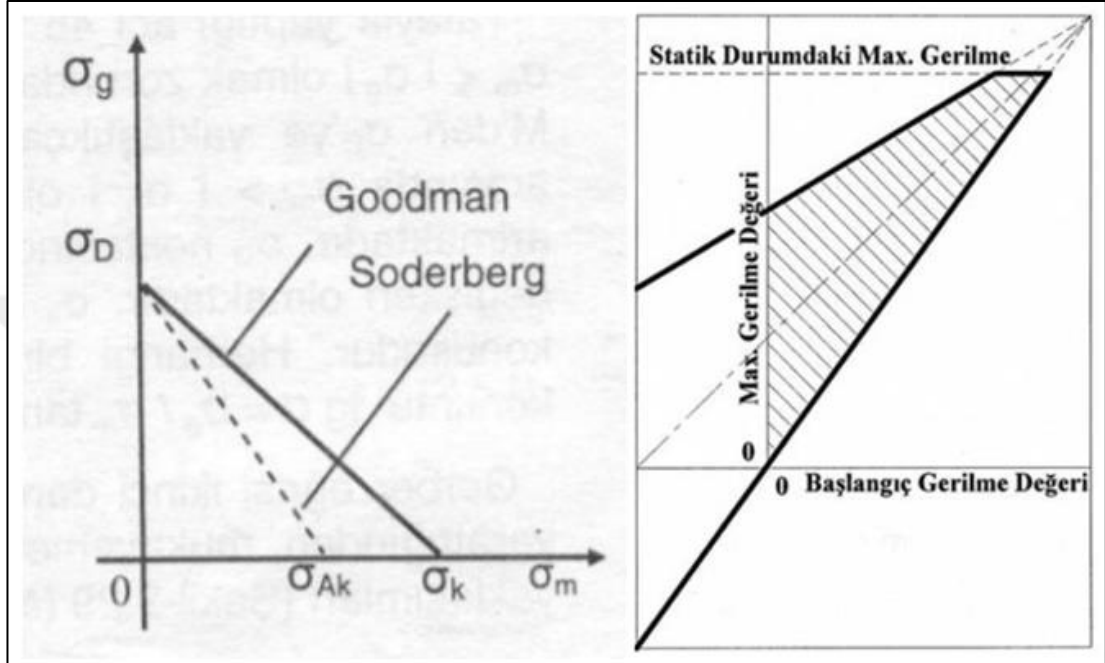
Bu baskı yayı tipleri konstrüksiyona ve montaj durumuna göre seçilebilir. Bu çalışmada paketleme makinesi poşet verici istasyonda kullanılan baskı yayı Şekil 4.2'deki (a) görselindeki gibidir. Mil üzerinde iki ucu yataklı ve dönemez durumda çalışmaktadır.

4.4 Yaylarda Yaygın Olarak Karşılaşılan Problemler Ve Çözüm Yolları

Bir yay çalışma ömründe 10.000 çevrimi yakalayamıyorsa yayın bu çalışmasına *statik çalışma* denir. Böyle bir yay için yorulma, yayın çalışma performansını çok etkilemez. Eğer ki yay için 10.000 çevrimi geçen bir çalışma mevcutsa bu yayın performans parametrelerinde yorulma göz ardı edilmemeli ve tasarımda dikkate alınmalıdır.

Yay yorulmasına çalışma gerilmesi, malzeme aşınma durumu, yüzey kalitesi gibi faktörler etki eder.

Yaylar iki sabit pozisyon arasında çalışırlar. Yayın bu pozisyonlardaki gerilmesi çeşitli analiz değerleri veya hesaplamalar yapılarak hesaplanabilir. Bu gerilme değerleri bilinirse malzemeye ait yorulma ömrünü tespit edebilmek için Goodman eğrilerinden yararlanılır. Goodman diyagramının bir örneği Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



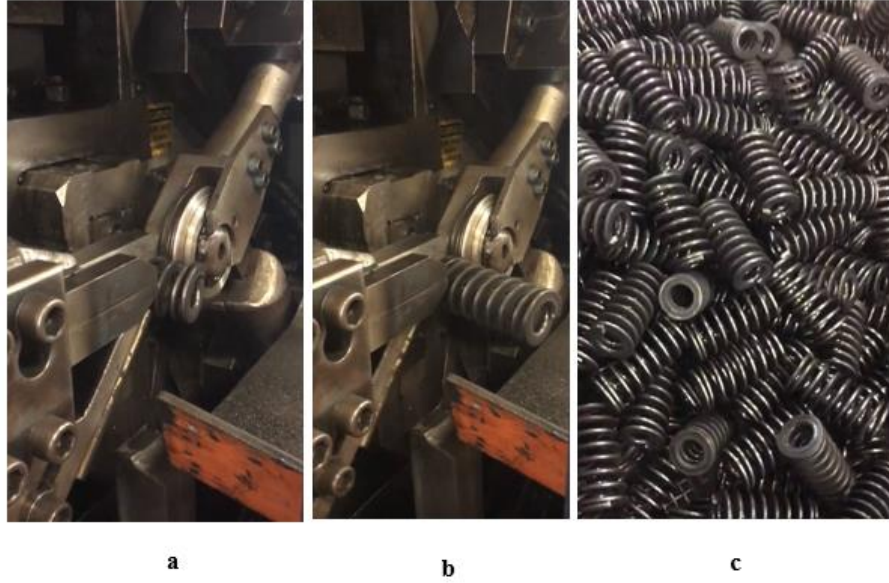
Şekil 4.3 Goodman – Soderberg Diyagramı (Kaymaz, 2019)

Şekil 4.3'te görülen grafikte gerilmeler taralı bölge sınırları içinde bulunursa, yay grafikte belirtilen çevrim sayısı kadar çalışır.

4.5 Yayların Üretim Yöntemi

Baskı yaylarının üretim yönteminin Şekil 4.4'te gösterilen örneğinin açıklaması şu şekildedir:

- Tel çekme tezgâhı teli mil üzerine helis açısına uygun olacak şekilde sarar.
- Yay üretim için istenen boyutlara geldiğinde aşağısındaki koldan darbe alarak kesilir ve çekilmeye devam eden telden yeni yay sarılmaya başlanır.
- Kesilen yaylar bir arada toplanır.



Şekil 4.4 a) Yayın sarılması b) Yayın kesilmesi c) Kesilen yayların toplanması (Kişisel arşiv, 2019)

4.6 Yaylarda Yorulma

Dönen millerde kuvvet sabit olsa bile değişken zorlamalar ortaya çıkar. Bu zorlamaların etkidiği makine elemanları, akma mukavemetlerinin çok altındaki gerilmelerde zamanla hasara uğrarlar. Değişken zorlamalar altındaki makine elemanlarında oluşan bu hasar “yorulma” olarak adlandırılır.

Yorulma dayanımının gösterilmesinde en çok Wöhler diyagramları veya başka bir ifade ile S-N eğrileri karşımıza çıkar. Bu eğride gerilme aralığı ve çevrim sayısı arasındaki ilişki görülür.

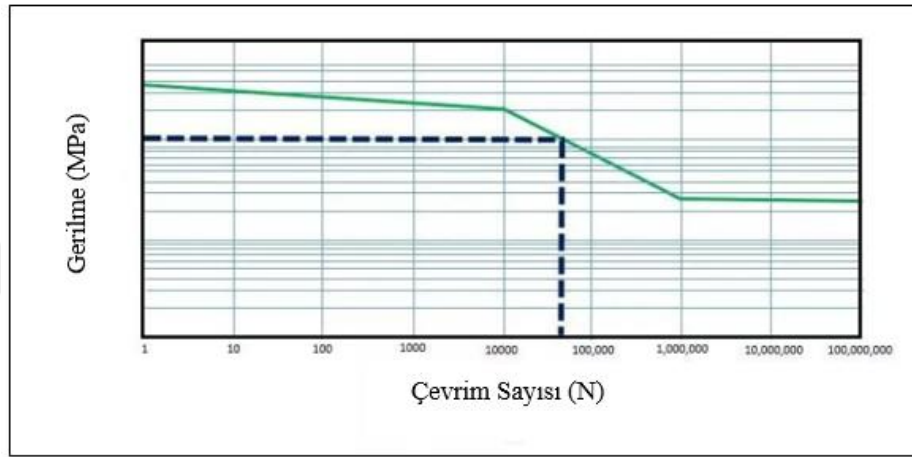
Çevrim; makinelerdeki *periyot* anlamına gelir. Tekrar eden bir yükün çevrim sayısı olarak düşünülebilir. Yorulma ömrü dendiğinde malzemenin bu yük tekrarına kaç çevrimde kırılmadan maruz kalabileceği söylenmiş olur (Seçkin, 2010).

4.6.1 S-N Eğrisi (Wöhler Diyagramları)

Yorulma ile ilgili ilk testleri 1866 yılında August Wöhler trenlerdeki vagon aksları hakkında yaptığı için adı Wöhler Diyagramı’dır. Genellikle bu eğrilerde ortalama

gerilmeleri gösteren y eksenini doğrusal, çevrim sayısını gösteren x eksenini logaritmik olarak görölür (Seçkin, 2010).

Sabit gerilmeler altında malzemenin kırılana kadar kaç çevrim geçireceğini söyleyen ve gerilme – çevrim sayısı arasındaki bağlantıyı logaritmik olarak veren eğriye *S-N eğrisi* denir. Şekil 4.5’te örnek bir S-N eğrisi görölmektedir.

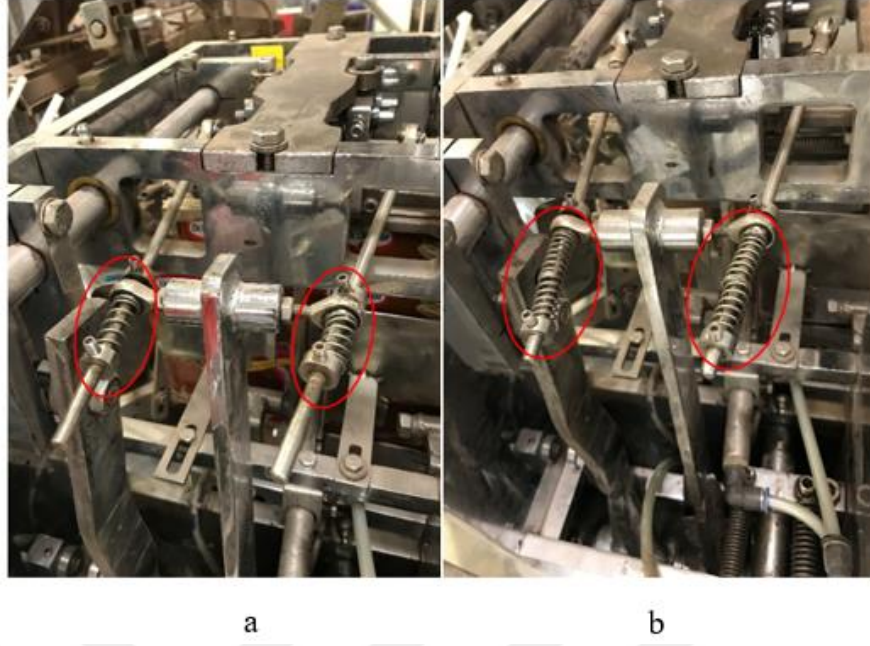


Şekil 4.5 Hasar için gerekli çevrim sayısı ile gerilmeye ilişkin S-N eğrisi (Korkut, 2019)

4.7 Paketleme Makinelerinin Yaylı Poşet Verici Sistemin Çalışma Prensibi

Paketleme makinalarında istasyonlar arası geçiş döner tabla ile sağlanmaktadır. Döner tablaya ürünün taşındığı ilk istasyon çok önemlidir. Döner tabladaki istasyonların sürekliliğinde ürünü taşıyan sistemin yatay hareketine yardımcı olan baskı yayları büyük rol oynar.

Paketleme makinasında bahsedilen baskı yayının kullanıldığı mekanizma Şekil 4.6’da görölmektedir.



Şekil 4.6 a) AISI 301 çeliği baskı yayı b) Ck60 çeliği baskı yayı (Kişisel arşiv, 2018)

Şekil 4.6’da (a) görselinde AISI 301 krom malzeme bir yay kullanılmıştır. Ancak fark edileceği üzere yay helis çapı yayın geçtiği mil çapından büyüktür. Bu durum bu yayın eksantrik çalışmasına ve zamanla eğilmesine sebep olacaktır.

Şekil 4.6’da (b) görselinde ise Ck60 malzeme kullanılmıştır. Ancak buradaki hata yayın çalışma mesafesinin doğru belirlenmeyip iki adet yay kullanılacak şekilde mesafe ayarı yapmaktır. Bu durum iki yayın arasındaki rondelanın kayması ve yayların birbirlerine eksantrik olarak yük uygulaması sonucu yayların kırılmasına sebebiyet verecektir.

Bu makinada kullanılan baskı yayının malzeme ve boyutsal olarak yanlış özelliklerde seçilmesi sonucunda meydana gelecek hatalar Şekil 4.7’de gösterildiği gibi kırılma ve eğilme şeklindedir.



Şekil 4.7 Hatalı yayların kullanılmasının sonuçları (Kişisel arşiv, 2018)

Bu durumun sonucu olarak makinede ani duruş yaşanacaktır. Eğer yay ile ilgili yaşanan bu durum yay parçasının ürünün içine karışması, kırılan yayın kesici bıçakları durduramayarak bıçakların kırılmasına yol açması gibi farklı problemlere yol açarsa duruş uzayacaktır. Bu duruşlar sonucu üretim kaybı yaşanmaktadır.

4.8 İyileştirme Çalışmaları

İyileştirme çalışmaları kapsamında pratik ve teorik veriler birleştirilerek, bazı parametrelerin kısıtları çerçevesinde optimizasyon yöntemleri kullanılarak incelemeler ve buna bağlı olarak geliştirmeler yapılması amaçlanmıştır.

İyileştirmek adına bu çalışmada yayların helis çapının, tel çapının ve malzemesinin yorulma ömrüne etkisi incelenmiştir.

Makine üzerindeki konstrüksiyon sebebiyle kısıtlı parametrelerimiz vardır. Baskı yayı analizinde 3 (üç) parametre ele alınmıştır. Bu parametreler yay çapı, tel çapı ve malzemedir. Ölçüsel kısıtlar aşağıdaki gibidir:

- $7,5 \text{ mm} < \text{yay çapı} < 9,6 \text{ mm}$
- $0,6 \text{ mm} < \text{tel çapı} < 0,75 \text{ mm}$

Malzemeyle ilgili boyutlar ve çalışma şekli gereği iki tip malzeme dikkate alınmıştır. Bu malzemeler DIN 1. 1221 (Ck60) ve DIN 1.4310 (AISI 301) çelik malzemelerdir.

4.8.1 Optimizasyon İçin Analiz Çalışmaları

Eldeki teknik verilere göre Minitab analiz programı kullanılarak optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Minitab optimizasyon adımları aşağıdaki gibidir:

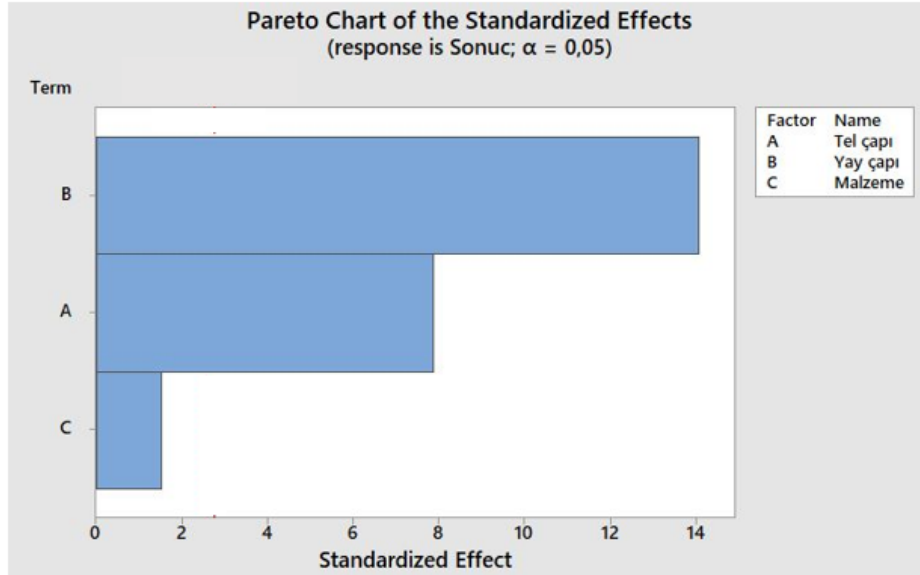
Üç farklı parametre olduğundan Minitab'te optimizasyon yapabilmek için $2^3 = 8$ farklı model ve bu modellerin sonuçları gerekmektedir. Şekil 4.8'deki görsel sekiz ayrı modelin parametrelerini ve bu sekiz modelin DS SolidWorks modelleme ve sonlu elemanlar analiz programında çizilip analiz edildiğinde ortaya çıkan sonuçlarını içerir.

↓	C1	C2	C3-T	C4	C5	C6	C7
	Tel çapı	Yay çapı	Malzeme	Sonuc	FITS1	RESI1	
1	0,60	7,5	1.1221	1112,30	1136,05	-23,75	
2	0,60	7,5	1.4310	1152,60	1135,53	-40,53	
3	0,60	9,6	1.1221	692,70	655,47	37,23	
4	0,60	9,6	1.4310	718,00	654,95	27,05	
5	0,75	7,5	1.1221	1444,90	1404,07	40,83	
6	0,75	7,5	1.4310	1502,00	1403,55	23,45	
7	0,75	9,6	1.1221	869,18	923,49	-54,31	
8	0,75	9,6	1.4310	961,50	922,97	-9,97	
9							
10							

Şekil 4.8 Optimizasyon için parametreler

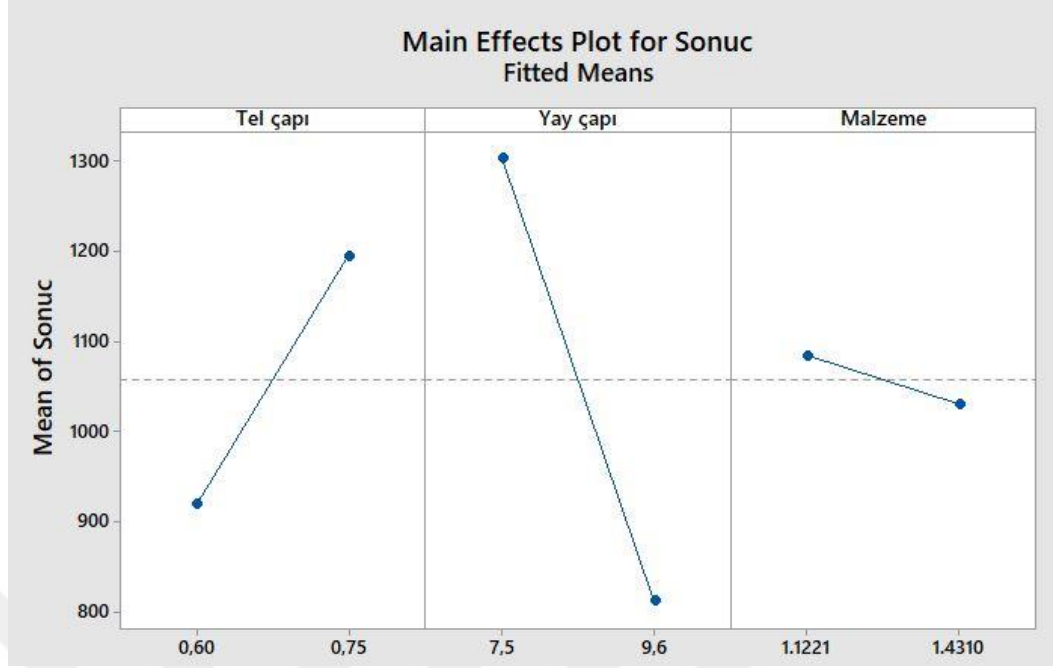
Şekil 4.8'de görülen C5 sütunundaki "FITS1" değerleri tel çapı, yay çapı ve malzeme değerlerine göre yapılan analizin teorik sonuçlarını vermektedir. C6 sütunundaki "RESI1" değerleri ise hata paylarını temsil etmektedir. C5 sütunu ile C6 sütununun toplamı sonucu ortaya çıkan değer analiz sonucunu vermektedir.

Şekil 4.9’da verilen sonuç grafiğinde A tel çapı, B yay çapı ve C malzemeyi belirtmektedir. Buna göre çıkan sonuçlarda yay çapının standartlaştırma etkisinin 14, tel çapının 8 ve malzemenin 2 değerine yakın olduğu görülür. Grafikten sonuç olarak yayın yorulma ömrüne en çok etki eden faktörün yay çapı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9 Pareto grafiği

Ana etki olarak hangi parametreyi ne kadar azaltmak veya arttırmak gerektiği ve bunun sonuçlara nasıl etki edeceği Şekil 4.10’da görülmektedir. Grafik incelendiğinde tel çapının 0,6 mm, yay çapının 9,6 mm, malzemenin ise 1.4310 çeliği olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Belirlenen spektlerde üretimi yapılan baskı yayının maruz kalacağı gerilme daha az olacaktır.



Şekil 4.10 Parametrelerin analiz sonuçlarına etkilerini belirten grafik

Şekil 4.11’de verilen optimizasyon grafiğinden görüldüğü üzere; yay çapı 9,6 mm, tel çapı 0,6 mm, malzemesi ise 1.4310 (AISI 301) olan yayın en uygun baskı yayı olacağı görülmüştür.



Şekil 4.11 Optimal baskı yayı parametreleri

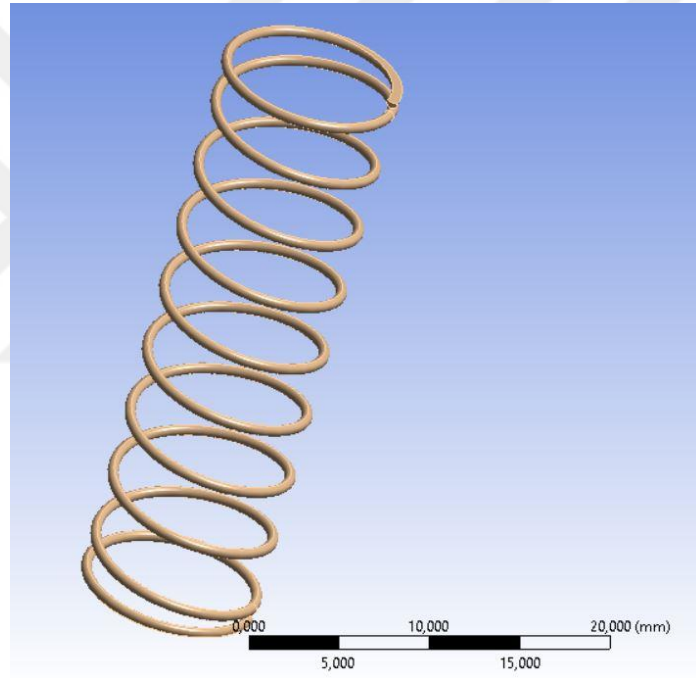
Optimal boyut ve malzeme parametreleri belirlenen baskı yayı üzerinde ANSYS programında yapılan analizlerin sonuçları sonraki bölümde açıklanmaktadır.

4.8.2 Optimizasyon Sonuçlarına Göre Üç Boyutlu Modellerin Oluşturulması

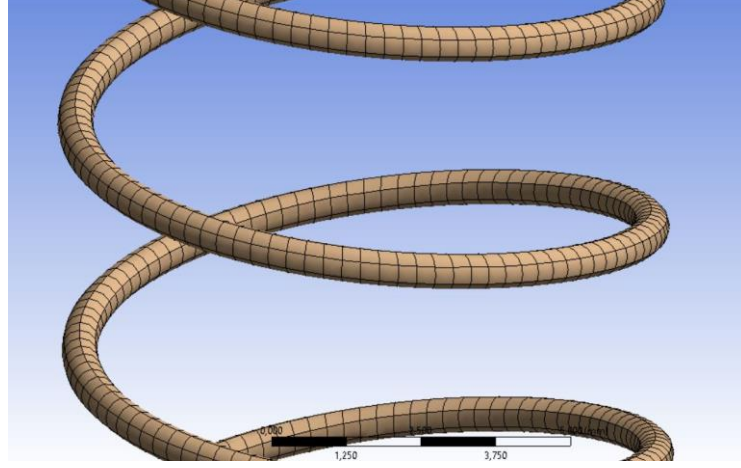
ANSYS modelleme ve analiz programında MiniTab'e gereken modeller oluşturulup sonuç verileri elde edilmiş ve Pareto analizi için Minitab'e aktarılmıştır.

Aktarım sonucunda ortaya çıkan optimal boyutlara ve malzemeye sahip model oluşturularak yorulma testi aşağıda açıklanacak aşamalardaki gibi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.12 ANSYS Workbench programı kullanılarak üç boyutlu olarak modellenen yayı, Şekil 4.13 ise sonlu elemanlar modelini göstermektedir.

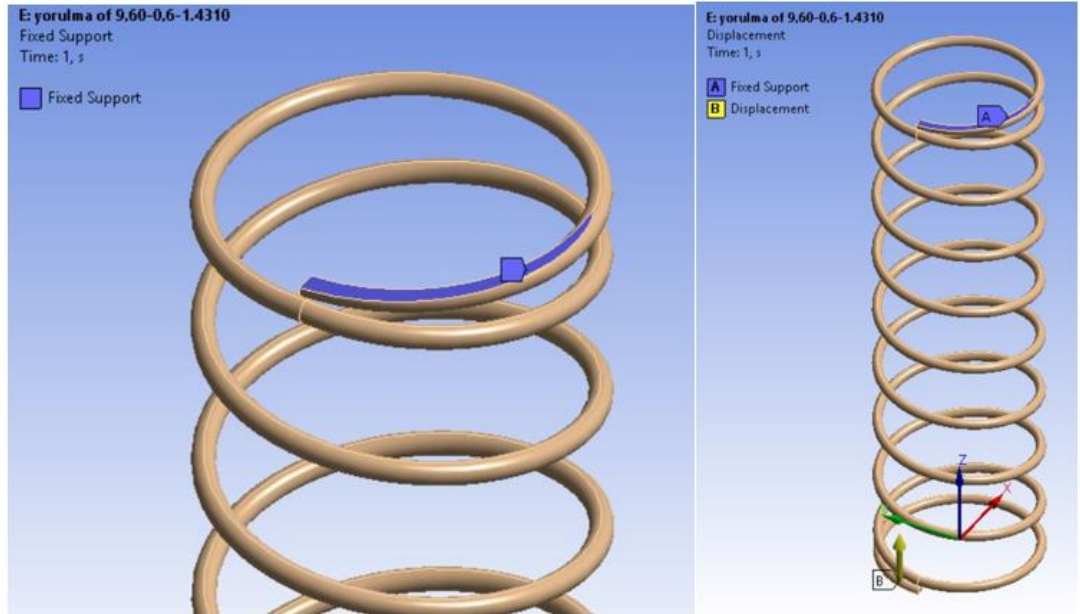


Şekil 4.12 Optimal baskı yayı modeli

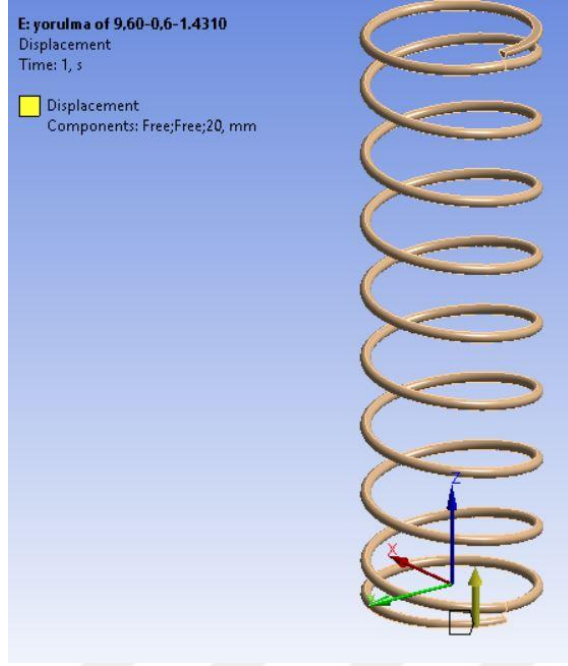


Şekil 4.13 Optimal baskı yayı mesh görüntüsü

Bu baskı yayı makine üzerindeki çalışma şartları gereği bağlı olduğu kolun her devrinde 20 mm deformasyona uğrayarak çalışmaktadır. Programda bir yüzü Şekil 4.14'teki gibi sabitlenen yaya diğer yüzeyinden 20 mm deplasman yapacak şekilde kuvvet uygulandığında yayın her devirde üzerine aldığı gerilme değeri (MPa) belirlenecektir.



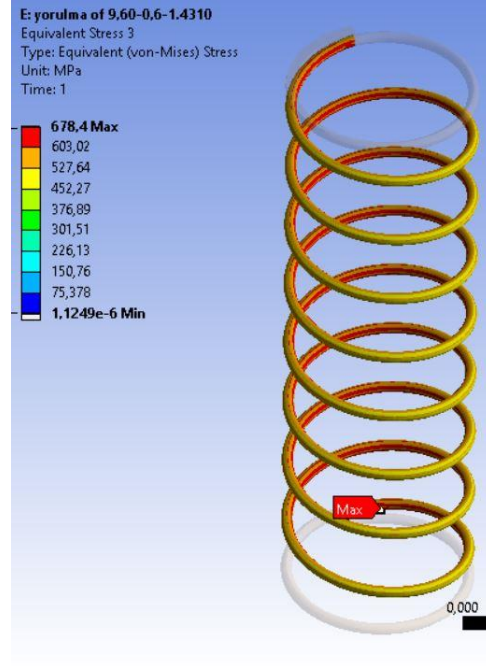
Şekil 4.14 Baskı yayının sabitlenen ve kuvvetin uygulandığı yüzeyi



Şekil 4.15 20 mm deformasyon ile yapılan analiz modeli

Şekil 4.15'te görülen uygulama gerçekleştirilip yay bir tarafından sabitlenerek diğer ucundan 20 mm yer değiştirmeye zorlanacak şekilde basıldığında yayda meydana gelen gerilme değeri belirlenmektedir. Bu gerilme değeri ekipmanın yorulma ömrü hakkında bilgi verecektir.

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi yay üzerine her devirde bir etki eden gerilme 678,4 MPa değerindedir. Bu maksimum değerin oluştuğu bölge Şekil 4.16'da "Max" ifadesiyle işaretlenen bölgededir.



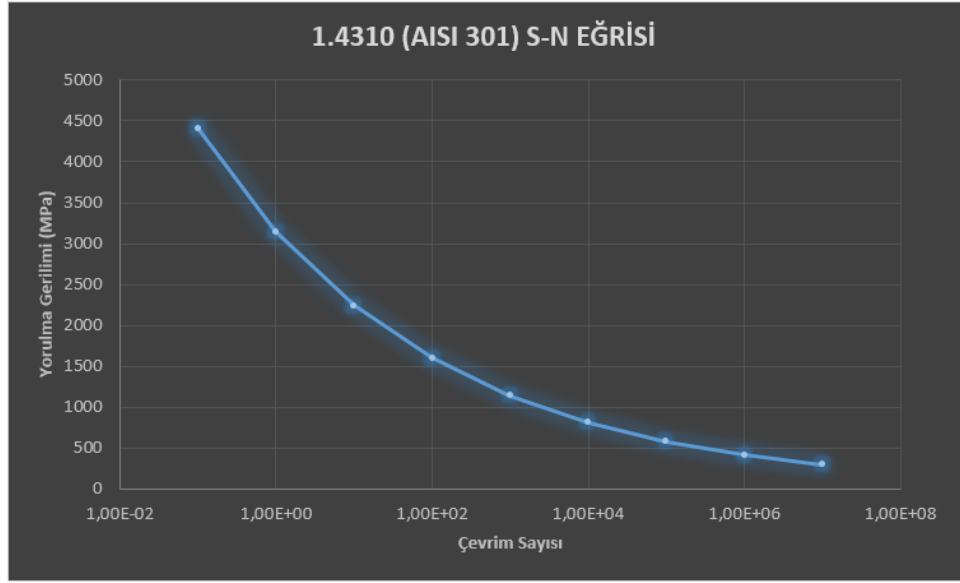
Şekil 4.16 20 mm deplasmanla çalışan yayın gerilme grafiği

Statik analiz gerçekleştirilip yay üzerindeki gerilme değeri belirlendikten sonra bu gerilme değeri ile yorulma analizi yapabilmek için optimal çıkan malzeme olan 1.4310 (AISI 301) malzemesinin S-N eğrisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için ilgili malzemenin yorulma gerilmesi ve çevrim oranını içeren logaritmik bir denklik gerekmektedir.

AISI 301 malzemesi S-N eğrisinin denklemi

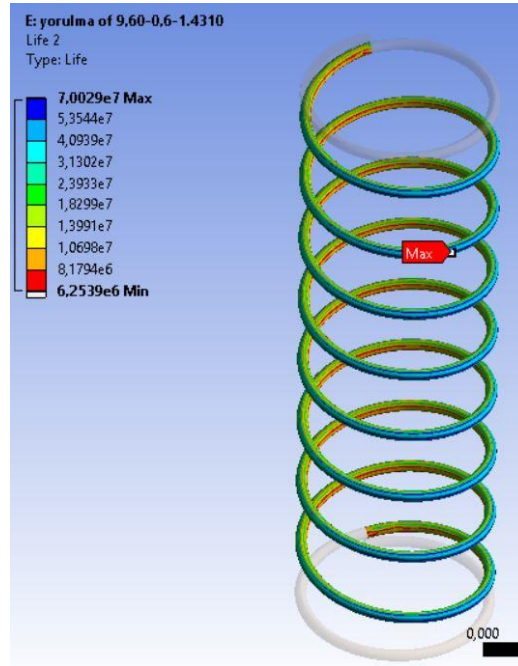
$$\sigma = 6171,8 \times N^{-0,1465} \quad (4.1)$$

şeklinde olup burada σ MPa cinsinden gerilme, N ise çevrim sayısıdır.



Şekil 4.17 1.4310 (AISI 301) çeliğine ait S-N eğrisi

Statik analiz sonucunda elde edilen sonuçlar ve Şekil 4.17’de verilen yay malzemesine ait S-N eğrisi kullanılarak ANSYS programı ile yorulma analizi yapılmış ve AISI 301 malzemesinden baskı yayının yorulma ömrü belirlenmiştir. Şekil 4.18 analiz sonucunda elde edilen yorulma ömrünü gösterilmektedir.



Şekil 4.18 1.4310 (AISI 301) çeliğinin makine şartlarında yorulma ömrü

Yapılan analizin sonuçları değerlendirildiğinde 20 mm yer değiştirme sonucunda 678,4 MPa gerilmeye maruz kalan 1.4310 çeliği baskı yayının yorulma ömrünün 6.253.900 çevrim olduğu belirlenmiştir.

Yorulma analizi sonucunda pratikle bir karşılaştırma yapılacak olursa;

Makinenin günlük çalışması: 16 saat

Makine üzerindeki baskı yayının devri: 70 devir/dakika

Baskı yayının 1 günde yaptığı çevrim: $16 \times 60 \times 70 = 67.200$ devir/gün

Baskı yayının yorulma ömrü: $6.253.900 / 67.200 = 93$ gün

olarak belirlenir.

Sonuç olarak ortalama 8 günde bir defa değişimi gerçekleştirilen baskı yaylarının çalışma ve yorulma ömrü 93 güne çıkmış ve paketleme makinelerinin poşet verici baskı yaylarıyla ilgili konuda iyileştirme ve optimizasyon çalışması olumlu değerler sunmuştur.

BÖLÜM BEŞ

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Paketleme makinelerinde kullanılan bıçaklar ve yaylarla ilgili bu çalışma ile yapılan incelemeler sonucunda sunulan değişiklikler işletmeye birçok konuda fayda sağlamıştır. Bunların başında maliyet iyileştirmesi gelmektedir. Maliyet iyileştirmesi yapılması için DS Solidworks ve ANSYS Workbench modelleme ve sonlu elemanlar analiz programları kullanılarak üç boyutlu modellemeler ve bu modellemeler üzerinde analizler yapılarak ulaşılan sonuçlar Minitab optimizasyon programıyla desteklenerek işletme şartlarına yansıtılmıştır.

Bıçaklar ve yayların aşınma, kırılma, eğilme ve kopma gibi arızalara sebebiyet verme süreleri uzamış ve bu yedek parçaların getirdiği maliyet konusunda yaklaşık 100.000 TL/YIL iyileştirme yapılmıştır.

Bir diğer etken olarak, bir fabrikanın her dakikasının önemli olduğu düşünülürse bıçak ve yaylardan kaynaklı üretim duruş sürelerinden ve harcanacak iş gücünden kâr edilmiştir. Bir takım bıçağın çalışma ömründe %416,62 oranında iyileştirme sağlanmıştır.

Genel bir çıkarım yapılacak olursa; akademi ve sanayi iş birliğinin önemini ortaya koyan bu çalışmada, pratik anlamda sanayiden veriler toplayıp aynı zamanda bu verileri akademik olarak laboratuvarlarda ve tasarım programlarında doğrulanması uygulamaya ve literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Alaşım elementlerinin elik yapısına etkisi, (b.t). 10 Ocak 2019,
<http://simgeirizalp.cbu.edu.tr/muhmlzB/bolum3.pdf>

Aslan, E. (2005). Experimental investigation of cutting tool performance in high speed cutting of hardened X210 Cr12 cold-work tool steel (62 HRC). *Materials & Design*, 26 (1), 21-27.

Baskı Yayları, (b.t). 20 Haziran 2019, <https://www.yayimalati.web.tr/baski-yaylari>

Baykara, T. ve Bedir, H.F. (2017). Effects of heat treatment on the mechanical properties of the vanadis 4 extra and vanadis 10 tool steels. *Journal of Material Sciences and Engineering*, 6(2), 1-3.

Boy, M., Demir, H. ve Korkut, İ. (2009). Vanadis 10 soğuk iř takım eliėinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey przllğne etkisi. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 1280-1283.

akmak, D., Tomiević, Z., Wolf, H., Boėić, Ź., Semenski, D. ve Trapić I. (2019). Vibration fatigue study of the helical spring in the base-excited inerter-based isolation system. *Engineering Failure Analysis*, 103, 44-56.

Cold Work Tool Steel – AISI D2, (b.t). 27 Nisan 2019,
<http://stainless.steelandtube.co.nz/wp-content/uploads/2014/06/ColdWorkToolSteel-D2.pdf>

Conselvan, A. (2017). *Technology and innovation in food packaging*. Yüksek Lisans Tezi, Padova Üniversitesi, Padova.

CPM 10V Powder Metal Tool Steel, (b.t). 14 Mayıs 2019,
<https://www.hudsontoolsteel.com/technical-data/steel0V>

Dairesel Kesitli Telden Soğuk Olarak Sarılan Basma Yaylarının Hesabı, (b.t). 28 Haziran 2019, <https://docplayer.biz.tr/20947936-Dairesel-kesitli-telden-soguk-olarak-sarilan-basma-yaylarinin-hesabi.html>

Das, D., Dutta, A.K. ve Ray, K.K. (2009). Optimization of the duration of cryogenic processing to maximize wear resistance of AISI D2 steel, *Cryogenics*, 49 (5), 176-184.

Del Llano-Vizcaya, L, Rubio-Gonzalez, C. ve Mesmacque, G. (2006). Multiaxial fatigue and failure analysis of helical compression springs. *Engineering Failure Analysis*, 13 (8), 1303-1313.

Erişir, E. (2013). *Çeliklerde malzeme bilimi ve son gelişmeler*. 6 Eylül 2018, <https://docplayer.biz.tr/7269913-Mmt209-celiklerde-malzeme-bilimi-ve-son-gelismeler-5-celiklerin-standartlari-yrd-doc-dr-ersoy-erisir-2014-2015-guz-yariyili.html>

Hoier, P., Malakizadi, A., Klement, U. ve Krajnik, P. (2019). Characterization of abrasion- and dissolution-induced tool wear in machining. *Wear*, 426-427 (B), 1548-1562.

Kaymaz, İ. (2016). *Metallerin yorulması ve dinamik mukavemet sınırları*. 19 Haziran 2019, <https://docplayer.biz.tr/132580099-Metallerin-yorulmasi-makine-elemanlari-metallerin-yorulmasi-ve-dinamik-mukavemet-sinirlari-grfan-kaymaz.html>

Korkut, S. (2018). *SN (Wöhler) Eğrisi Nedir?*. 11 Haziran 2019, <http://www.serdarkorkut.com/2018/01/27/sn-wohler-egrisi-nedir/>

Pilar, V., Maria, G. Ve Ana, P. (2019). Study of a torsion spring fracture. *Engineering Failure Analysis*, 98, 150-155.

Pöllänen, I. Ve Martikka, H. (2010). Optimal re-design of helical springs using fuzzy design and FEM. *Advances in Engineering Software*, 41, 410-414.

Seçkin, M. S. (2010). *Plaka bağlantı civatalarının yorulmasının deneysel incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Siller, H.R., Vila, C., Rodriguez, C. ve Abellan-Nebot, J.V. (2009). Study of face milling of hardened AISI D3 steel with a special design of carbide tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40 (1), 12-25.

Tang, L., Sun, Y., Li, B., Shen, J. ve Meng, G. (2019). Wear performance and mechanisms of PCBN tool in dry hard turning of AISI D2 hardened steel. *Tribology International*, 132, 228-236.

Temiz, V. (2017) *Elastik bağlantılar*. 27 Mayıs 2019, <https://web.itu.edu.tr/temizv/Sunular/Yaylar.pdf>

Topbaş, M. A. (1998), *Çelik ve ısıt işlemler el kitabı* (3. Baskı). İstanbul: Birsen Yayınevi.

Ulaş, H. B. (2018). AISI D2 ve AISI D3 soğuk iş takım çeliklerinin delinmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 21 (1), 251-256.