



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BİLGİSAYAR DESTEKLİ YÜKSEK KATLI
KUMAŞ KESİCİ SİSTEMİN ANALİZİ VE
KESİM UNSURLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

SEZGİN BALCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği (Tr) Ana Bilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan ATAKÖK

İSTANBUL, 2022



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BİLGİSAYAR DESTEKLİ YÜKSEK KATLI KUMAŞ KESİCİ SİSTEMİN ANALİZİ VE KESİM UNSURLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

SEZGİN BALCI

(523217044)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği (Tr) Ana Bilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan ATAKÖK

İSTANBUL, 2022

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimin ve tez süreci boyunca beni yönlendiren, tecrübe ve bilgilerini paylaşan ve her zaman desteğini hissettiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gürcan ATAKÖK'e teşekkür ederim.

Sunduğı maddi ve manevi imkanlarla tez çalışmamın tamamlanmasında katkısı olan, bana her konuda destek veren, başta ar-ge çalışanları olmak üzere tüm Serkon Makina ailesine teşekkür ederim.

Her durumda yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve buralara gelmemde büyük emeğı olan aileme, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim Havva AY BALCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2022

Sezgin BALCI

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SEMBOLLER	vi
KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Araştırması	6
1.2 Kesme Yöntemleri	12
1.2.1 Talaşlı kesme	13
1.2.2 Talaşsız kesme	14
1.2.2.1 Bıçaklı otomatik kesim sistemleri	15
1.2.3 Termik kesme	19
1.2.4 Su jetiyle kesme	20
1.2.5 Ultrasonik kesme	21
2. MATERYAL ve YÖNTEM	23
2.1 Bilgisayar Destekli Bıçaklı Kesici	23
2.1.1 Bilgisayar Destekli Bıçaklı Kesicinin Bölümleri	23
2.1.2 Kumaş kesim alanı	24
2.1.2.1 Fırçalı konveyör	25
2.1.2.2 Fırça konveyörü tahrik sistemi	26
2.1.2.3 Vakum haznesi	26
2.1.2.4 Naylon tutucu	26
2.1.2.5 Encoder sistemi	27
2.1.3 Köprü	27
2.1.3.1 Kesici kafa	28
2.1.3.2 Köprü profili	30
2.1.3.3 X eksen kızakları	30

2.1.3.4	Vakum kaçak önleyici naylon	30
2.1.3.5	Köprü kontrol paneli.....	31
2.1.3.6	Eksen motorları	31
2.1.4	Kontrol paneli (operatör paneli)	31
2.1.5	Toplama alanı	32
2.1.6	Diğer öğeler	33
2.2	Kullanılan Yazılımlar	33
2.2.1	Sonlu Elemanlar Yazılımı	33
2.2.2	Üç Boyutlu Modelleme Yazılımı	35
2.3	Titreşim Ölçüm Cihazı ve Deney Düzeneği.....	37
2.3.1	Titreşim Ölçüm Cihazı	37
2.3.2	Deney Düzeneği	39
3.	BULGULAR ve TARTIŞMA	43
3.1	Kesici Mekanizma Tasarımı.....	43
3.2	Kesici Krank-Biyel Mekanizmasının Kinematığı	46
3.3	Ana Hareket Sistemi Sarsma Kuvvetleri Analizi ve Titreşimin Azaltılması .	49
3.3.1	Ana hareket sistemi sarsma kuvvetleri analizi	49
3.3.2	Dengeleme ve titreşimin azaltılması.....	50
3.4	Mekanizmanın Doğal Frekans Analizi	54
3.5	Titreşim Ölçümü.....	57
4.	SONUÇ ve ÖNERİLER.....	59
	KAYNAKLAR.....	63
	ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÖZET

Konfeksiyon, hazır giyim eşyası diken sanayi kolu olarak tanımlanır. Konfeksiyonda makinelerin üretime katılmasıyla bireylere olan bağımlılık ve uygulamadaki işlem süreleri azalmıştır. Dolayısıyla tekstil ve konfeksiyon alanındaki makinelerin geliştirilmesi üzerine yapılan mühendislik çalışmaları hala devam etmektedir. Bu makinelerden olan bilgisayar destekli kesiciler başta hazır giyim olmak üzere otomotiv, sağlık, savunma sanayii gibi sektörlerde de kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın ana amacı, bilgisayar destekli kesicinin kesim kalitesini arttıran unsurlar arasında başta gelen bıçak devrini arttırmak, olumsuz titreşimleri azaltmaktır. Bunun için kesicinin ana hareket sistemi, sahada kullanıma uygun şekilde yeniden tasarlanmış, kritik bölgenin tepki kuvvetleri analiz edilmiş ve titreşimin azaltılması için dengeleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Başta konfeksiyonda kullanılan kesim makineleri olmak üzere, bu makinelerde kullanılan krank-biyel mekanizmaları, mekanizmaların farklı uygulamalardaki kullanımı araştırılmıştır ve kesim yöntemlerinin sınıflandırılması yapılmış, kesim sırasındaki performansı etkileyen kesim unsurları vurgulanmış, bilgisayar destekli bıçaklı kesici bir sistem olan Cutter'ı oluşturan bölümler, ayrıntılı bir şekilde analiz edilmiştir. Üç boyutlu tasarımlar için SolidWorks, sonlu elemanlar yöntemli analizler için Ansys programı kullanılmıştır. Tasarımı yapılan mekanizmanın kinematik analizleri gerçekleştirilerek; konum, hız ve ivme gibi kinematik parametreler elde edilmiştir. Ardından kesici için karşı kütle ekleme yöntemi ile dengeleme yapılmış, sarsma kuvvetleri analiz edilmiştir. Sistem için doğal frekans analizi yapılarak çalışılması güvenli olan devirler görülmüştür.

Gerçek çalışma şartlarına uygun tasarlanan bir deney düzeneği kurulmuştur. Düzenek üzerinde yapılan titreşim ölçümü sonuçları ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak dengeleme yönteminin, mekanizmadaki olumsuz titreşimleri azalttığı deneysel olarak gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Konfeksiyon, tekstil, CNC kesici, otomatik kumaş kesme, krank-biyel mekanizması

ABSTRACT

Garment is defined as the industry that sews ready-made clothing. With the participation of machines in production, the dependency on individuals and the processing times in practice have decreased. Therefore, engineering studies on the development of machines in the field of textile and apparel still continue. Computer-aided cutters, which are among these machines, are also used in sectors such as garment, automotive, health and defense industries.

The main purpose of this study is to increase the blade speed and reduce negative vibrations, which are among the factors that increase the cutting quality of the computer aided cutter. For this, the main motion system of the cutter was redesigned for use in the field, the reaction forces of the critical region were analyzed and balancing work was carried out to reduce vibration.

In this study, primarily the cutting machines used in apparel, the crank-connecting rod mechanisms used in these machines, the use of the mechanisms in different applications were investigated and the cutting methods were classified. The cutting elements that affect the performance during cutting are emphasized, and the parts that make up the cutter, a computer-aided cutting system with blades, are analyzed in detail. SolidWorks was used for three-dimensional designs and Ansys was used for finite element analysis. By performing kinematic analyzes of the designed mechanism; kinematic parameters such as position, velocity and acceleration were obtained. Then, balancing was done for the cutter with the counter-mass addition method, and the shaking forces were analyzed. The cycles that are safe to work with have been seen by performing natural frequency analysis for the system.

An experimental setup designed in accordance with real working conditions was established. The results of the vibration measurement on the apparatus and the analysis results were compared. As a result, it has been shown experimentally that the balancing method reduces the negative vibrations in the mechanism.

Key words: Confection, textile, CNC cutter, automatic fabric cutting, crank-connecting rod mechanism

SEMBOLLER

%	: Yüzde
B'	: Bıçak üst konumu
B''	: Bıçak alt konumu
F_r	: Radyal kuvvet
g_n	: Yerçekimi ivmesi
m_b	: Biyel kütlesi toplamı
m_c	: Krank kütlesi toplamı
m_k	: İleri-geri hareketli kütleler toplamı
r'	: Dengeleme ağırlığının dönme merkezine olan mesafesi
s'	: Strok
ω_n	: Doğal frekans
°	: Derece
C	: C eksen
c	: Sönüm katsayısı
f	: Frekans
F	: Kuvvet
k	: Yay katsayısı
l	: Biyel uzunluğu
m	: Toplam kütle
n	: Dönme hızı
r	: Krank yarıçapı
X	: X eksen
x	: Yer değiştirme
y	: Krank dönme merkezi ile kesicinin biyeye bağlantı noktası arası mesafe

- Y : Y eksenini
Z : Z eksenini
 α : Krank dönme açısı
 β : Biyel açısı
 ω : Açısai hız
 π : Pi sayısı



KISALTMALAR

AC	: Alternative current
CAD	: Computer aided design
CNC	: Computer numeric control
d/dk	: Devir/dakika
dB	: Desibell
g	: Gram
gE	: Enveloped acceleration
Hz	: Hertz
IP	: Ingress protection
kHz	: Kilohertz
kW	: Kilowatt
m/s ²	: Metre/saniye kare
m/dk	: Metre/dakika
m/s	: Metre/saniye
Max.	: Maksimum
mbar	: Milibar
mm	: Milimetre
mm/s	: Milimetre/saniye
N	: Newton
Nm	: Newtonmetre
rad/s	: Radian/second
s	: Saniye
vb.	: Ve benzeri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Konfeksiyonda iş akışı [4]	1
Şekil 1.2. Depolanmış rulo kumaşlar	2
Şekil 1.3. Tekstil yapılarının sınıflandırılması [5]	2
Şekil 1.4. Geleneksel kumaş kalite kontrol makinesi [6]	3
Şekil 1.5. Kesim planlaması örneği	3
Şekil 1.6. Kumaş serim makinası [6]	4
Şekil 1.7. CNC Kumaş kesme makinesi [6]	5
Şekil 1.8. Ütüleme hattı	5
Şekil 1.9. Kumaş kesimi sırasında bıçak hızları [8]	6
Şekil 1.10. Kumaş kesme makinesi sistem şeması [10]	7
Şekil 1.11. Kesim bıçağı geometrisi [16]	9
Şekil 1.12. Deney düzeneği hareket sistemi [19]	11
Şekil 1.13. Tüm sistemin CAD modeli [21]	12
Şekil 1.14. Tekstil malzemelerini kesmek için kullanılan yöntemler [15]	13
Şekil 1.15. Zimba	14
Şekil 1.16. Bıçakla kesme	15
Şekil 1.17. Otomatik kumaş kesme makinesi	15
Şekil 1.18. Otomatik kumaş kesme makinesi kesici kafası	16
Şekil 1.19. Sürüklenme bıçağı (drag knife) [7]	17
Şekil 1.20. Tekerlek bıçak	18
Şekil 1.21. Lazerle kesme [23]	19
Şekil 1.22. Su jeti kesim kafası [7]	20
Şekil 1.23. Ultrasonik kesim kafası [7]	21
Şekil 2.1. CNC Cutter'ın başlıca bölümleri	23

Şekil 2.2. CNC Cutter (Serkon DC70) [6]	24
Şekil 2.3. Kumaş kesim alanı	25
Şekil 2.4. Kesim alanı fırçaları [6]	25
Şekil 2.5. Fırçalı konveyör sistemi.....	26
Şekil 2.6. Naylon tutucu [6]	27
Şekil 2.7. Köprü	28
Şekil 2.8. Kesici kafa.....	29
Şekil 2.9. Vakum kaçak önleyici naylon.....	30
Şekil 2.10. Köprü kontrol paneli [24]	31
Şekil 2.11. Operatör paneli [24].....	32
Şekil 2.12. Ansys giriş ekranı ve “Rigid Dynamics” proje şeması oluşturma	34
Şekil 2.13. Ansys giriş ekranı ve “Modal” proje şeması oluşturma.....	35
Şekil 2.14. SolidWorks karşılama ekranı	36
Şekil 2.15. SolidWorks parça oluşturma ekranı	36
Şekil 2.16. SolidWorks montaj çalışma ekranı	37
Şekil 2.17. Solidworks montaj ilişkileri	37
Şekil 2.18. SKF - CMDT 39X Titreşim ölçer	38
Şekil 2.19. Kesici mekanizma kızıağı	39
Şekil 2.20. Sırasıyla krank dış yatağı ve krank	39
Şekil 2.21. Sırasıyla biyel kol montajı ve dengeleme ağırlığı.....	40
Şekil 2.22. Deney düzeneği ve titreşim ölçümü.....	40
Şekil 2.23. Serkon Makina 'Master Cut' yazılımı arayüz ana sayfası [24].....	41
Şekil 3.1. Kot kumaşta kesim hataları.....	44
Şekil 3.2. Düzgün kesilmiş dokuma kumaş örnekleri	44
Şekil 3.3. Kesici mekanizma modeli	45

Şekil 3.4. Kesici mekanizma şeması	46
Şekil 3.5. Bıçak konum grafiği.....	47
Şekil 3.6. Bıçak hız grafiği.....	48
Şekil 3.7. Bıçak ivme grafiği.....	48
Şekil 3.8. Krank hareket grubu.....	49
Şekil 3.9. Dış rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmemiş sistem)	49
Şekil 3.10. İç rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmemiş sistem).....	50
Şekil 3.11. Dış rulman grubunun değişen dengeleme ağırlıklarına göre bileşke sarsma kuvveti	51
Şekil 3.12. Dış rulman grubunun küçültülerek değişen dengeleme ağırlıklarına göre bileşke sarsma kuvveti.....	51
Şekil 3.13. Dış rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmiş sistem)	52
Şekil 3.14. İç rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmiş sistem).....	52
Şekil 3.15. Dış rulman grubu bileşke sarsma kuvveti grafiği (dengelenmemiş sistem) 53	
Şekil 3.16. Dış rulman grubu bileşke sarsma kuvveti grafiği (dengelenmiş sistem)	54
Şekil 3.17. Titreşim yapan basit bir sistem modeli	55
Şekil 3.18. Mekanizmanın (soldan sağa sırasıyla) ilk altı mod şekli	56
Şekil 3.19. Frekans-mod grafiği.....	57
Şekil 3.20. Karşı ağırlıksız çalışmada elde edilen hız-frekans grafiği	58
Şekil 3.21. Karşı ağırlıkla çalışmada elde edilen hız-frekans grafiği.....	58

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Titreşim ölçüm cihazı özellikleri [25]	38
Tablo 3.1. Tasarım parametreleri.....	43
Tablo 3.2. Tasarımdan elde edilen değerler.....	45



1. GİRİŞ

Konfeksiyon, hazır giyim eşyası diken sanayi kolu; hazır giyim ise standart ölçülere göre seri olarak hazırlanmış ve satışa sunulmuş giyim eşyası olarak tanımlanmaktadır [1]. Günümüz teknolojisinin gelmiş olduğu nokta itibariyle birçok sanayi kolunda insan gücüne olan ihtiyaç günden güne azalmaktadır. Konfeksiyon sektörü, insana olan ihtiyacın fazla olduğu bir sanayi kolu olmasına rağmen teknolojik gelişmelere ayak uydurabilmiştir. Tekstil ve hazır giyim sektöründe, 1980’li yıllarda Türkiye’de uygulanan ihracat odaklı kalkınma politikaları ile yapılan teknolojik yatırımlar artmış ve sektörde hızlı bir büyüme süreci yaşanmıştır [2].

Günümüzde ihracata yönelen Türk hazır giyim sektörünün kapasitesi yurt içi taleplerinden fazladır [2]. Belirlenen politikalar doğrultusunda üretim yapabilmek için hazır giyim sektöründe makineleşme de kaçınılmaz hale gelmiştir.

Rekabetçi küresel pazarda, sektördeki şirketler daha fazla ürün alternatifi sunmak, malları daha hızlı teslim etmek ve maliyetlerini (iş gücü, hammadde, ulaşım gibi) düşürmek için sürekli bir çaba içerisinde dirler. Hazır giyim ürünlerinin imalat süreçlerinde malzeme ve iş gücü tasarrufunda bulunmak adına kesimhane işlemleri önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü kesimhane üretim aşamaları, diğer aşamalara sorunsuz iş akışı sağlamak ve kumaş tüketim verimliliğini belirlemek için çalışmaktadır [3]. Kalite ve verimlilikte önemli rolü olan otomasyonun, kesme işlemlerindeki konumu da kritik durumdadır.

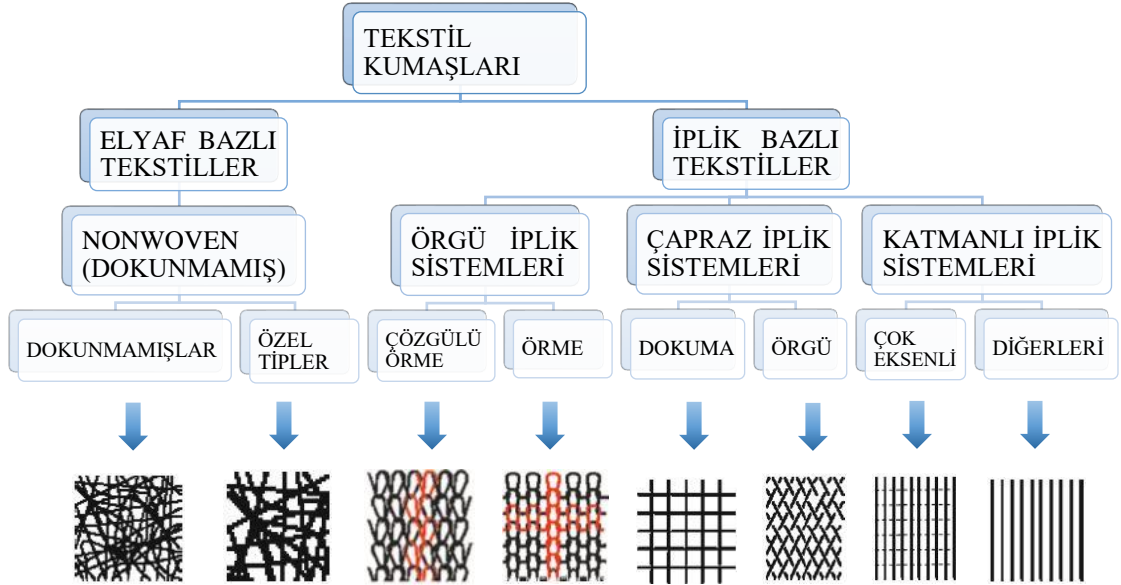


Hammadde temini ve depolama, konfeksiyonun birinci aşamasıdır. Üretilecek ürünlerin tasarımına uygun olacak kumaş ve diğer malzemelerin satın alınması, kaydedilmesi ve depolanması işlemlerinden oluşur.



Şekil 1.2. Depolanmış rulo kumaşlar

Tekstil kumaşlarının yapılarına göre sınıflandırılması şema halinde şekil 1.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Tekstil yapılarının sınıflandırılması [5]

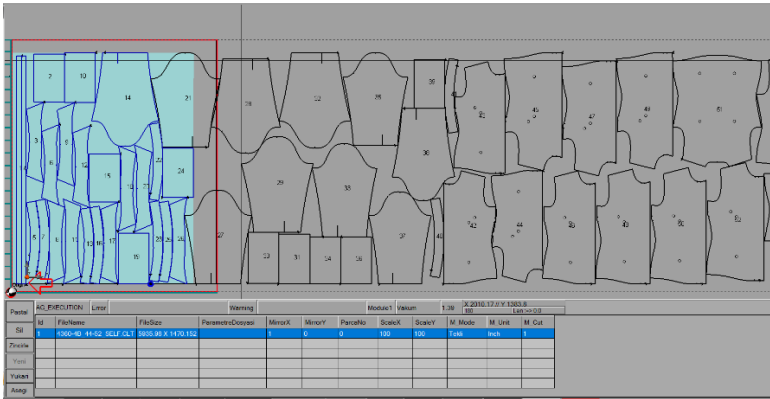
İşletmeler kumaşlarını depolarına almadan önce kalite kontrol işlemlerinden geçirebilmektedirler. Geleneksel yöntemde kalite kontrol göz muayenesiyle yapılmaktadır. İnsana dayalı bu yöntemde, kumaşı ışıklandırılmış bir alanda akıtan ve tekrar rulo haline saran makineler kullanılmaktadır.



Şekil 1.4. Geleneksel kumaş kalite kontrol makinesi [6]

Gelişen teknoloji tekstil kumaşlarının otomatik kontrolünün sağlanmasına imkan sağlamaktadır. Görüntü işleme, satır tarama, yapay zeka gibi yöntemler kullanılarak geliştirilen sistemler gözle kontroldeki hataları sıfıra indirmekte, kontrol süreçlerine hız kazandırmaktadır.

Giysi tasarımı ve model kalıp dairesi bölümünde ürün tasarımları, teknik çizimleri, model uygulamaları, kesim planlamaları gibi işlemler gerçekleştirilir.



Şekil 1.5. Kesim planlaması örneği

Ardından kesimhane bölümünün işlemleri başlamakta ve ilk olarak kumaş serimi yapılmaktadır. Bu işlemde öncelikle pastal boyu işaretlenir ve masaya pastal altı kağıdı serilir. Kontrol edilip depolanan kumaş topları kesimhaneye taşınır ve serim makineleri ile masalar üzerine katlar halinde serilir. Otomatik makinelerle yapılan serim işlemleri hızlı olması, kumaş gerginliğinin alınmasını sağlaması, her katta standart bir serim yapılması gibi özellikleriyle ön plana çıkmaktadır.



Şekil 1.6. Kumaş serim makinası [6]

Plotter ile yazılan pastal resmi en üst kumaş katına yerleştirilir ya da otomatik etiketleme makinesi kullanılarak pastal bilgileri, kesilecek olan her bir parça için kumaş üzerine yapıştırılmakta ve kesime hazırlanmaktadır. Kesimden hemen sonra üzerinde ayrı bir etiketleme kafası bulunan CNC Cutter (bilgisayar destekli kumaş kesiciler) makineleri de otomatik etiketleme yapabilmektedir. Otomasyon sistemleriyle çalışan kesimhanelerde kesim işlemi CNC Cutter'lar ile yapılmaktadır. Pastal üzerinde, en verimli olacak şekilde, parça yerleşimini otomatik yaparak en az fire oranıyla kesim gerçekleştirilir.

Kesimhanenin son kademesi olan düzenleme işlemlerinde metolama (numaralandırma), eşleme, kalite kontrol gibi işlemler yapılmakta ve dikim için hazırlıklar tamamlanmaktadır.



Şekil 1.7. CNC Kumaş kesme makinesi [6]

Dikim, kesilen parçaların dikilerek birleştirilmesi işlemidir. Ardından bu ürünler kontrol edilirler, ütü ve paketlenmesi yapılarak sevkiyata hazır hale getirilirler [4].



Şekil 1.8. Ütüleme hattı

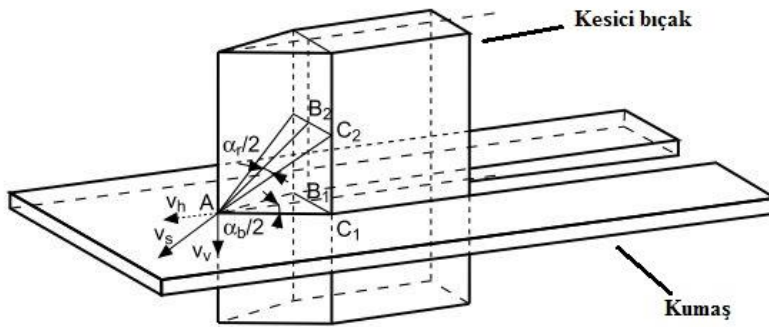
Konfeksiyon iş akışında yer alan kesimhane bölümündeki kesim işlemi geleneksel yöntemlerle yapıldığında sürecin kalitesi de çalışanların becerilerine ve deneyimlerine dayanmaktadır. CNC Cutter ile kesim işlemi otomatikleştirilerek kalitede ve üretim hızında iyileşme sağlanmıştır.

1.1 Literatür Araştırması

M. S. Çetin'in [4] çalışmasında, konfeksiyondaki iş aşamaları açıklanmış, sektörün otomasyona geçiş süreci ve otomasyonun önemi, getirdiği hız, kalite ve maliyet avantajları vurgulanmıştır. Kesimhanelerde kullanılan CNC Cutter'lar ürün ağacı şeklinde listelenmiş ve fırçalı kesim alanı, kesici kafa taşıyıcı köprü (Y eksen), kesici kafa, tahrik sistemleri, kontrol paneli gibi kritik bölümler görseller ile desteklenerek açıklanmıştır. Analiz edilen Cutter'da makine kontrolünü sağlamak için kullanılan NextGen yazılım sistemi detaylı olarak incelenmiştir.

Ineta Vilumsone-Nemes [7] tarafından sunulan çalışmada, konfeksiyondaki kesimhane operasyonları detaylı şekilde incelenerek tek kat kesim, lazer kesim, çok katlı kesim gibi uygulamalar hakkında detaylı bilgiler verilmiş, konfeksiyonun temel süreçleri sahadan örnekler verilerek anlatılmıştır. Kesim sistemlerinin gelişimi sektör şirketleri de örnek gösterilerek açıklanmıştır. Bıçak ile kesmenin tekstil sektöründe en çok kullanılan kesim yöntemi olduğu belirtilerek, kesme takımları ve özellikleri analiz edilmiştir.

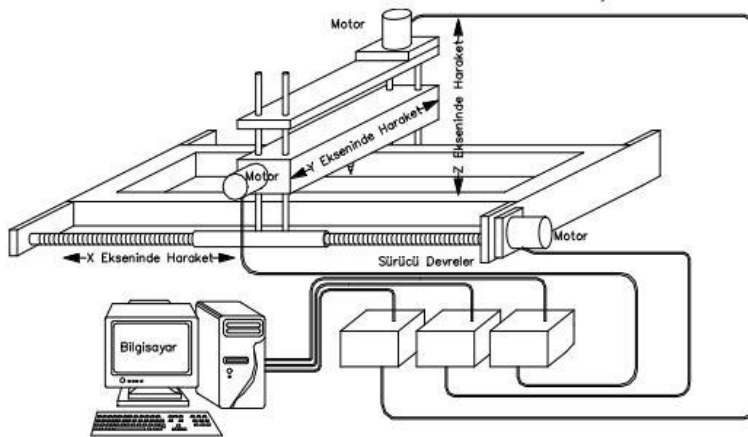
R. Blekac ve J. Gersak [8], otomatik kumaş kesme makinelerinde, kesilecek materyallerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin endüstriye yönelik kesimlerinde sorunlar yaratabileceği belirtilmiş ve bu özelliklerin kesici bıçakla yapılan kesme işlemine olan etkileri incelenmiştir. Malzemenin hava geçirgenliğinin düşük olması, yüksek atkı ve çözümlü yoğunluğu içermesi, düşük bükülme direncine sahip olması gibi özellikleri vakum altında sabitlemeyi zorlaştırdığı, yetersiz vakum nedeniyle malzeme katlarının yeterince sabitlenemediği görülmüştür. Kesme kalitesine etki eden faktörler kesme açısı, kesim bıçak frekansı, yatay kesme hızı ve bıçak hızı olarak belirtilmiştir. Ayrıca kesme sırasındaki bıçak kuvvetlerinin matematiksel modeli elde edilmiştir.



Şekil 1.9. Kumaş kesimi sırasında bıçak hızları [8]

A. M. Poole'un [9] çalışmasında, kesim sırasında karşılaşılan bıçak kırılma problemleri üzerine araştırma yapılmıştır. Bıçak imalatında kullanılan malzemelerin alaşım kompozisyonu, malzeme içerisindeki alaşım elementlerinin bıçak üzerindeki etkileri ve bıçak geometrisi incelenmiş, bıçağa etkiyen kuvvetler analiz edilmiş, kırılan bıçak örneklerinin kırık yüzeyleri elektron mikroskobu ile taranmıştır. Alaşımlar ve bıçağa sağlayacağı özellikler; yüksek aşınma direnci sağlayan tungsten, korozyon direnci sağlayan krom, yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerin iyileşmesini sağlayan molibden şeklinde sıralanmıştır. Bıçağa etkiyen kuvvetlerin, makinenin çalışma parametreleri (bıçağın ileri geri salınım hızı, kesme kafasının doğrusal ivmesi ve doğrusal hızı) ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bıçak reaksiyon kuvvetlerinin analizi için sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılmış, bıçak için konsol kiriş modellemesi tercih edilmiştir. Analizler sonucu bıçak ömrünü uzatmak için imalat malzemesi, makine ve bıçakta tasarım değişiklikleri önerilmiştir.

Ş. A. Çelik ve arkadaşları [10], çalışmalarında X-Y düzleminde hareket eden, Z ekseninde bıçak hareketi sağlanan bir kumaş kesme makinesi tasarlamış ve makineyi imal ettikleri belirtilmiştir. Tasarlanan elektronik kart ile 3 adet step motorun kontrolü sağlanarak kesilecek pastal için gelen sinyallere göre motorlara hareket verilmiştir. Hassasiyet bakımında bir sinyale karşılık 0.1 radyan dönme hareketi sağlayacak özellikte motorlar seçilmiştir. İmal edilen makinenin bir ara birim yazılım programı ile denetlenmesi üzerine çalışılmıştır. Makine kumaş kesimi için denenmiş ve ara birim yazılımıyla uyumu gözlemlenmiştir.



Şekil 1.10. Kumaş kesme makinesi sistem şeması [10]

Kothari V. K. ve arkadaşlarının [11] çalışmasında, tekstil kumaşlarının kesim davranışını tahmin etmek için matematiksel model geliştirilmiştir. Bir tekstil materyalinin ileri geri hareketli bıçakla kesilmesinde oluşan kuvvetleri belirlemeye ve malzemenin kesilme direncinin bir ölçüsü olan kayma mesafesi için bir ifade çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu tahmini yapabilmek için de normal yük, kesici bıçağın hızı, sürtünme özellikleri, malzemenin kalınlığı, temas uzunluğu vb. gibi malzeme ile ilgili bazı parametrelerin bilinmesi gerektiği belirtilmiştir. Farklı çekme yoğunluğu ve dokuma desenine sahip pamuklu dokuma kumaş ve yüksek performanslı liflere sahip başka bir kumaş, kesilme direnci özellikleri bakımından incelenmiştir. Kumaşın çekme/inch değerinin artması ile kesilme direncinin de arttığı belirtilmiştir. Örgü yapısı bakımından karşılaştırılma yapıldığında düz örgünün en yüksek, bal peteği örgüsünün en düşük kesilme direnci gösterdiği görülmüştür.

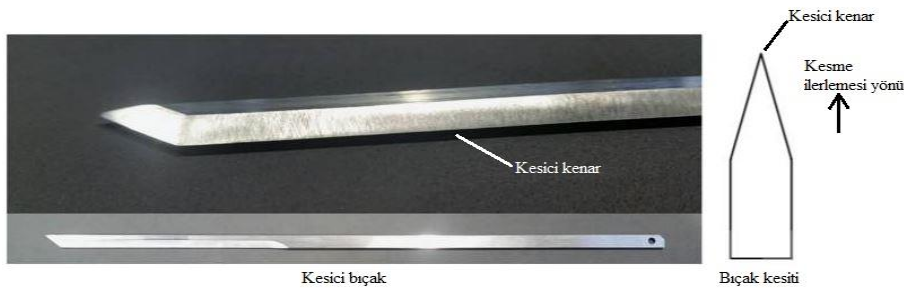
W. Shi, S. Wang ve arkadaşları [12] tarafından, yüksek hız ve hassasiyet elde etmek amacıyla kumaş kesme makinesinin hareket kontrol kartı tabanlı kontrol sistemi üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Kumaş kesme kalınlığının özelliklerine ve kesme yolunun analizine göre, doğrudan dönüşlü kesme ve kaldırma-dönüşlü kesimi birleştiren yeni bir kesme yöntemi önerilmiştir. Kesme yolu için sistemin izin vereceği bir açı değeri belirlenmiştir. Kesme yolundaki dönüş açısı ile izin verilen açı karşılaştırılarak, makinenin doğrudan dönüşlü mü yoksa kaldırma dönüşlü mü kesim yapması gerektiğine karar verebilecek bir yapı kurulmuştur. Üretilen prototipte yapılan testlerin sonuçları, hareket kontrol kartının etkinliğinin doğrulandığı ve hız gereksinimlerinin karşılandığı gösterilmiştir.

J. Zhou'nun [13] çalışmasında, çok katlı otomatik deri kesme makinesinde malzeme kalınlığının artmasıyla birlikte kesme direncinin de artması üzerine bıçak hareket sistemi için yapı analizi yapılmıştır. Ana hareket tahrik sistemi incelenmiş, yüksek titreşimli kesme bıçağının şaft sisteminin dinamik modeli, çok gövdeli sistemlerin transfer matrisi yöntemine göre elde edilmiştir. Sınır koşullarının uygulanmasıyla şaft sisteminin doğal frekansının hesaplanması, sürgü-krank mekanizması için dinamik denge analizinin yapılmasında kullanılmıştır. Matlab ile yapılan simülasyon sonuçları yapı iyileştirme yoluyla atalet kuvvetlerinin azaldığını ve kesimin düzgünlüğünü arttırmada iyi olduğunu göstermiştir.

S. Boz ve Z. Öndoğan [14], kesim parametrelerindeki değişimin kesim süresi ve kesim kalitesine etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada farklı model ve kumaş özelliklerine sahip 6 ayrı kesim süreci incelemişlerdir. Bu parametrelerin genel kesme, çentik, hız/ivme, bıçak frekans kontrolü, bileme, transfer, kesme düzeni, ortak hat azaltma olduğu belirtilmiştir. Çalışma boyunca, farklı kumaş tiplerinin kesimi sırasında bazen benzer parametrelerle çalışılabilirken çoğu zaman kumaş, kalıp, pastal ve serim özelliklerine göre parametrelerde değişiklik yapmak gerektiği görülmüştür. Özellikle farklı tipteki kumaşların kesiminde uygulanacak vakum şiddetinin belirlenmesi sırasında kumaş hava geçirgenlikleri ölçülmüş ve kumaş hava geçirgenliği ile uygulanacak vakum şiddeti arasındaki bağıntı ortaya konulmuştur. Vakum ile sabitlenmesi iyi olan kumaşların kesiminin iyileştiği, bıçak dikey frekansının da kaliteli kesim için olabildiğince yüksek değerde olması gerektiği anlaşılmıştır.

G. Pınarlık ve G. Abdulla [15], kesme yöntemlerine yönelik yaptıkları çalışmalarında talaşlı, talaşsız, termik, su jeti, ultrasonik kesme gibi yöntemlerin kullanıldığı belirtilmiştir. Eski ve yeni kesme yöntemleri incelenmiş, kesme yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Tekstil malzemelerinin kesiminde kullanılan bıçakla kesme yöntemi, talaşsız kesme yöntemleri içerisinde sınıflandırılmıştır. Materyallerin kesme yöntemlerinin seçiminde malzemenin yapısı, kalınlığı, kesme hızı ve kesmede istenen yüzey kalitesi gibi parametrelerin önemli olduğu belirtilmiştir. Malzemelerin kesilmesinde çok sayıda kesme yönteminin icat edildiği, bu yeni yöntemlerin sınırlı sayıda malzeme kesebildiği, dolayısıyla bu gelişmelere rağmen mekanik kesme yönteminin kullanımından vazgeçilmediği vurgulanmıştır.

Q. Cosson-Coche, O. Cahuc ve arkadaşları [16], endüstriyel bir kesme makinesi üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Makinenin bölümleri açıklanmış, kesimin 25 mm strok ve 100 Hz frekansta çalışan kesici bıçak ile yapıldığı belirtilmiştir.



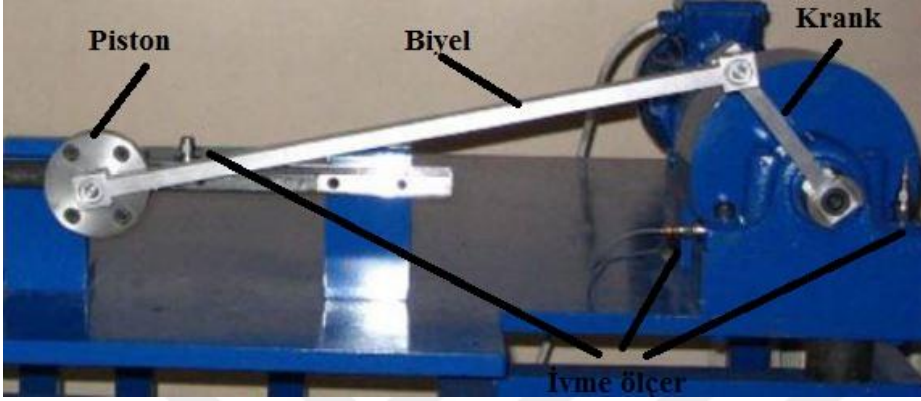
Şekil 1.11. Kesim bıçağı geometrisi [16]

Kesimin kalitesini etkileyen parametreler malzeme özellikleri, kesme bıçağının tipi, kesim sırasında malzemeye uygulanan vakum basıncı, kesim bıçağı frekansı, kesme hızı, serilen malzeme yüksekliği olarak sıralanmıştır. Kesim sırasında bıçağa gelen kuvvetleri ölçmek için tabla içerisine piezoelektrik sensörler yerleştirilmiştir. Bıçak sıcaklığını ölçmek için ise kızılötesi özellikli bir pirometre seçilmiştir. Yapılan deneyde 60 kat serilmiş denim kumaş kullanılmış, düz bir kesim yapılmıştır ve buna göre bıçak frekansının artmasıyla kesim sırasında bıçağa gelen yüklerin azaldığı, dolayısıyla kesimin kolaylaştığı görülmüştür. Kesme işlemi sırasında bıçağın sıcaklığı hızlı bir şekilde kesme frekansıyla orantılı bir şekilde maksimum değere ulaşmıştır. Sonuç olarak bıçağın davranışını anlamak için kesme kuvvetlerini simüle edebilen bir kesme modeli oluşturulmuştur. Bu model bıçağın kinematikini, geometrisini ve kesilen malzemenin mekanik özelliklerini dikkate alarak geliştirilmiştir. Modelden elde edilen sonuçların, deneysel veriler ile benzer olduğu belirtilmiştir.

I. P. Naeeni, A. Keshavarzi ve arkadaşları [17], krank-biyel mekanizmalarının kesme makinelere uygulanması ile ilgili çalışmalarında, kesme sistemlerinde iyi performans vermesi dolayısıyla tercih edilen bu mekanizmanın performans kriterleri, parametrelerin uygun seçimine bağlanmıştır. Biyel kol ve krank uzunluğu, krank açısal hızı, parçaların eylemsizlik değerlerinin sistem kinetiğini nasıl etkilediğini görebilmek için kinetik parametrelerin ortalamasını baz alan bir yöntem izlenmiştir. Kaydırıcı kütlesi ataletinin ortalama torka etkisi görülmezken, bağlantı noktalarındaki tepki kuvvetlerine büyük ölçüde etki ettiği anlaşılmıştır. Kesme hızını arttırmak için uygulanacak yöntemlerin krank uzunluğunu arttırmak ve krank açısal hızını arttırmak olduğu belirtilmiştir.

Z. Yang ve arkadaşlarının [18] çalışmasında, aksenal olarak ileri-geri hareketli takım tezgahlarının ana hareket sistemlerinde tercih edilen mekanizma için (krank-biyel mekanizması) hareket denklemleri elde edilmiştir. Bu hareket denklemleri vektör denklem yöntemine dayanılarak oluşturulmuştur. Hareket analizi baz alınarak ana hareket sistemindeki öğelerin kuvvet analizi gerçekleştirilmiştir. Matlab/Simulink programı kullanılarak yapılan simülasyon ile sistem dinamiklerinin karakteristik eğrileri çıkarılmıştır. Her ekipman için kuvvet değişim grafikleri sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar ileri-geri hareketli takım tezgahlarının yorulma ömrünü tahmin etmekte referans kabul edilmiştir.

S. Erkaya [19] çalışmasında, slider-krank mekanizmasının eklem boşluklarının yatak titreşimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel bir test düzeneği kurulmuş, hareket sırasında yatak titreşimlerini ölçmek için üç farklı noktaya ivmeölçer yerleştirilerek titreşim verileri elde etmiştir. Test düzeneğinde 1,5 kW AC elektrik motoru, motor kontrolü için frekans invertörü kullanılmıştır.



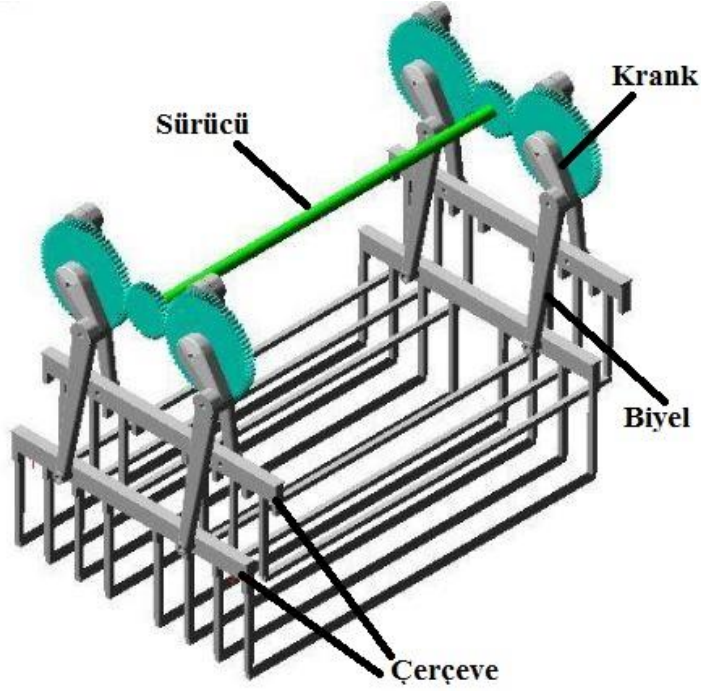
Şekil 1.12. Deney düzeneği hareket sistemi [19]

Farklı hız ve boşluk boyutlarında elde edilen deneysel veriler ile kusurlu birleşme noktasına sahip mekanik sistemlerin yatak titreşimlerini tahmin etmek için bir sinir ağı modeli kurulmuştur. Sonuçları karşılaştırmak adına radyal tabanlı fonksiyon sinir ağı ve genelleştirilmiş regresyon sinir ağı olmak üzere iki tür sinir ağı uygulanmıştır. Radyal tabanlı sinir ağı simülasyonu, deneysel sonuçlara daha iyi bir yakınsama göstermiştir.

O. Lanets ve arkadaşlarının [20] çalışmalarında, kontrol edilebilir bir krank mekanizması kullanarak titreşim üreten bir sistemin eksantrikli tahrik sisteminin iyileştirilmesi amacıyla titreşim frekans ve genliğinin düzgün bir şekilde değişmesine olanak sağlayan krank mekanizması tasarımı önerilmiştir. Mekanizmanın kinematığını tanımlayan hareket denklemleri için kapalı vektör döngüleri yöntemi kullanılmıştır. Mekanizma hareketinin sayısal modellemesi için Mathcad yazılımı kullanılmıştır. Solidworks yazılımı ile mekanizmanın simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda değişen çalışma ortamına uyum sağlayan, sürgü konumunun değişmesiyle uyarım genliğinin ayarlandığı bir krank mekanizması tasarlanmıştır.

S.S. Karibeeran, R. Alaguraja ve arkadaşları [21], klasik dokuma tezgahının ağızlık mekanizması ile ilgili çalışmalarında, geleneksel kaydırmalı krank sistemi ile etkinleştirilen dokuma tezgahlarındaki ağızlık dökülme modülünün kinematığı ve

dinamik analizi için elektronik tablo programı hesaplama yöntemi sunulmuştur. Sistemdeki dinamik kuvvetlerin geleneksel kinematik modelin çeşitli eklemleri üzerindeki etkisini incelenmiştir. Slider-krank mekanizmasının tasarım faktörü oranının değiştirilmesiyle mekanizmanın optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.



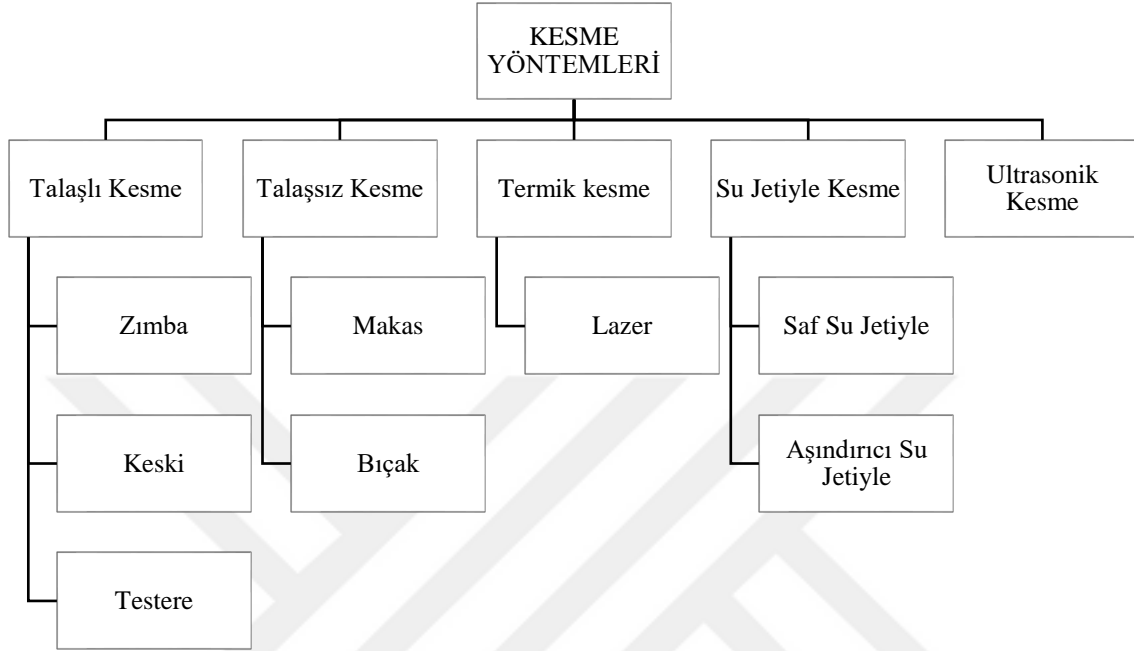
Şekil 1.13. Tüm sistemin CAD modeli [21]

Tasarım faktörü olarak biyel kolun kranka oranı kullanılmış ve 2.75, 3, 3.5 değerleri baz alınmıştır. Bu oranlara dayalı değiştirilmiş modeller Solidworks programı ile modellenmiş, kuvvet analizleri ve sistem simülasyonu ADAMS programı ile gerçekleştirilmiştir. Böylece, optimum krank ve biyel kolu boyutları ve hızlarının seçilmesinde parametre çalışmalarının yürütülmesi sağlanmıştır.

1.2 Kesme Yöntemleri

Milattan önce taş çağlarında insanlar ihtiyaçlarına göre taşları birbirine sürterek, çarparak şekil vermişler, kendi kesici aletlerini yapmışlardır. İlk bıçaklarını taştan (çakmaktaşı, obsidiyen) üreten insanlar maden çağlarında bakır, tunç, demir gibi malzemeleri kesici aletler yapmakta kullanmışlardır [15]. Geçmişte ilkel yöntemlerle karşılanan kesme ihtiyacı, çağlar boyu süren gelişim ile birlikte günümüzde teknolojik yöntemlerle karşılanmaktadır.

Gelişen bu kesme yöntemleri tekstil ve konfeksiyon alanında genel olarak; talaşlı kesme, talaşsız kesme, termik kesme, su jetiyle kesme, ultrasonik kesme şeklinde sınıflandırılabilir [15].

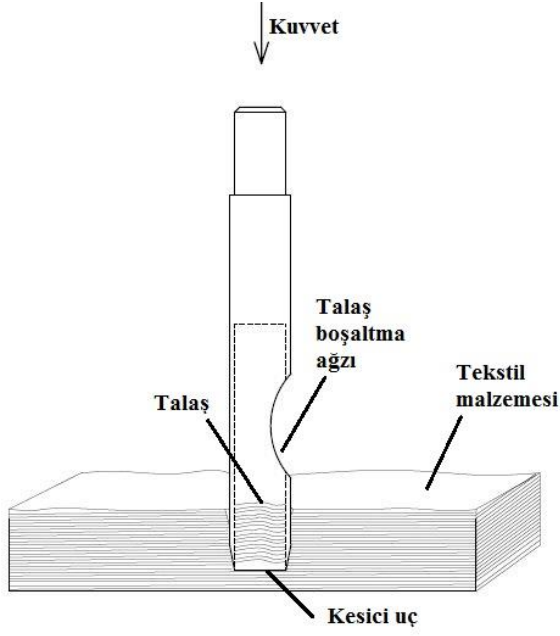


Şekil 1.14. Tekstil malzemelerini kesmek için kullanılan yöntemler [15]

1.2.1 Talaşlı kesme

Keski, testere ve zımba (punch) ile yapılan kesme işlemidir. Bu yöntemde kesim sırasında talaş kaldırıldığından bu şekilde sınıflandırılır. Kesim işlemi sırasında kesiciye, kesilecek malzemeye doğru bir kuvvet uygulanır. Böylece keskin kenarların iş parçasına batması sağlanır ve talaş kaldırılır.

Zımbada kesici ucun batırılmasıyla, testerede dişlerin kesme yönünde kaydırılmasıyla, keskiye iş parçasına dalan kısım ile yüzey arasındaki açının artırılmasıyla talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 1.15. Zimba

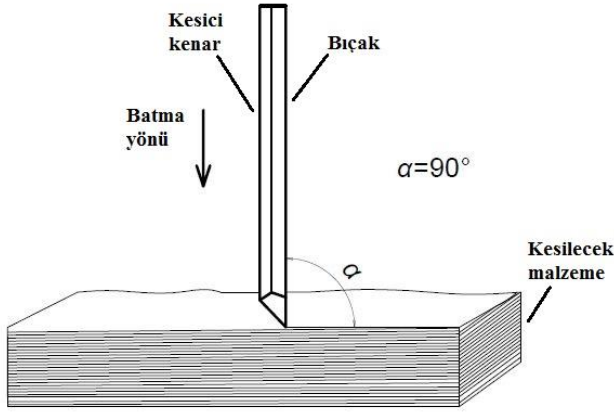
Kesim işleminde diğer bıçaklar tarafından kolayca veya hızlı bir şekilde kesilemeyecek kadar küçük yuvarlak delikler oluşturmak için farklı çapta zimbalar (0,5 - 20 mm) kullanılabilir.

1.2.2 Talaşsız kesme

Kesme işleminin makasla ya da bıçakla yapıldığı ve iş parçasından talaşın kaldırılmadığı kesme yöntemidir. Bıçakla kesmede, iş parçasına dik olarak konumlandırılan bıçağa, kesilecek malzemeye dalacak şekilde kuvvet uygulanmaktadır. Bıçak ucunun keskin olması batma sırasında gereken kuvvetin azalmasını sağlamaktadır.

Bıçak parçaya girerken de parçadan çıkarken de kesme işlemine devam etmektedir. Bıçağın yukarı-aşağı hareketi devam ederken yatayda da hareket etmesi kesme işlemini kolaylaştırır.

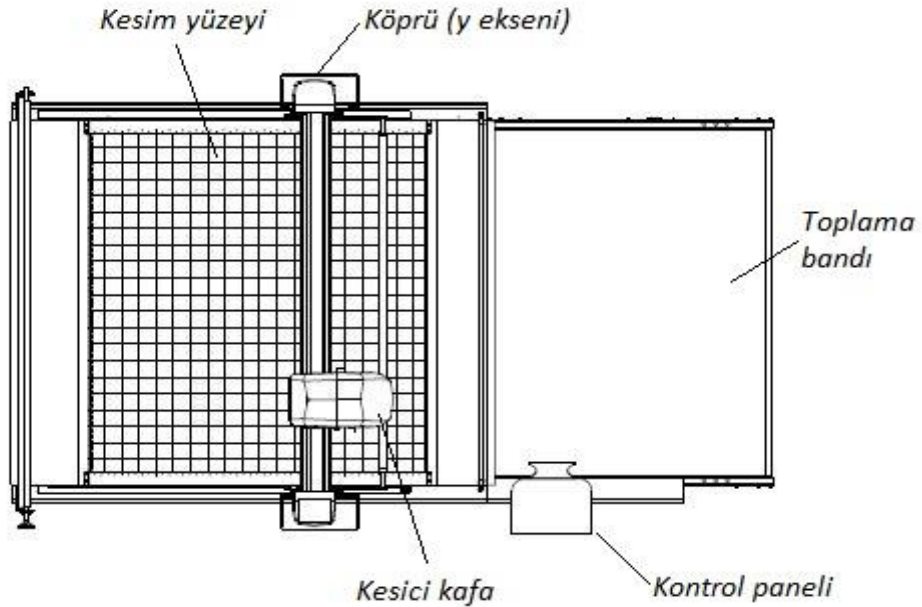
Makasla kesmede ise iş parçasının rahatça ağızlanması ve kesilebilmesi için makas bıçaklarının iş parçası yüzeyine dik konumda olması gerekir [15].



Şekil 1.16. Bıçakla kesme

1.2.2.1 Bıçaklı otomatik kesim sistemleri

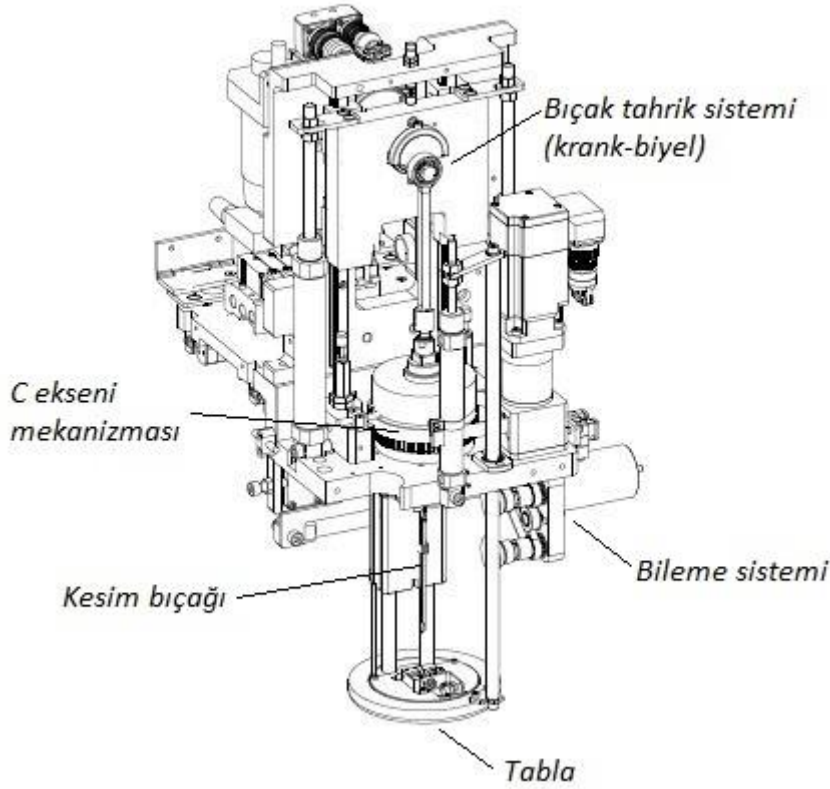
İlk tam otomatik çok katlı kumaş kesme makinesi 1960'lı yıllarda üretilmiştir [7]. O günden bu yana birçok şirket otomatik bıçaklı kesim sistemleri üretmiştir. Bu sistemler hazır giyim, otomobil endüstrisi, mobilya, reklamcılık, savunma sanayisi gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1.17. Otomatik kumaş kesme makinesi

Bıçakla kesme, özellikle tekstil malzemelerini işlemek için en yaygın olarak kullanılan yöntem olmuştur. Çok katlı kesim işlemlerinde yüksek kalite ve hassasiyet sağlaması tercih edilmesindeki faktörlerdendir.

Çok katlı çalışabilen bir otomatik kesim makinesinin kesici kafa sistemi; tabla, kesim bıçağı, bıçak bileme tertibatı, C eksenli mekanizması ve bıçağa hareket veren bıçak tahrik sistemi bölümlerinden oluşmaktadır.



Şekil 1.18. Otomatik kumaş kesme makinesi kesici kafası

Tabla, kesim sırasında malzemeye baskı uygulayarak bıçağa daha düzgün bir kesim yüzeyi sağlamaktadır. Bıçak tahrik sistemi kesim bıçağına belirli bir strokta lineer hareket sağlar ve bunun için kaydırıcı-krank mekanizması tercih edilmektedir. Bu hareketle kesim bıçağı malzemeye dalar ve kesim yapar. Kesim esnasında keskin kenarı körelen bıçağın tekrar keskinleştirilmesi bileme sistemi ile yapılır.

Kesilecek olan materyal cinsine, serilmiş kumaşın çok katlı ya da tek katlı olmasına göre kesim bıçağı değişiklik gösterebilir.

Sürükleme bıçağı: Genellikle tek katman serilmiş materyallerin kesiminde kullanılmaktadır. Bıçak, kesme işlemi sırasında kesilecek çizgi boyunca sürüklenir. Bıçağın kesici kısmı düz ya da sivri olabilir. Kesilecek malzemeye göre bıçak açısı değişkenlik göstermektedir.

Bıçak boyu, kesme baskısı da yine malzemeye göre ayarlanmaktadır. Keskin köşeler, küçük daireler, çentikler kesmek için kullanılırlar. İnce malzemelerde, kağıt, plastik, kauçuk ve sert tekstillerde rahatlıkla uygulanabilir.

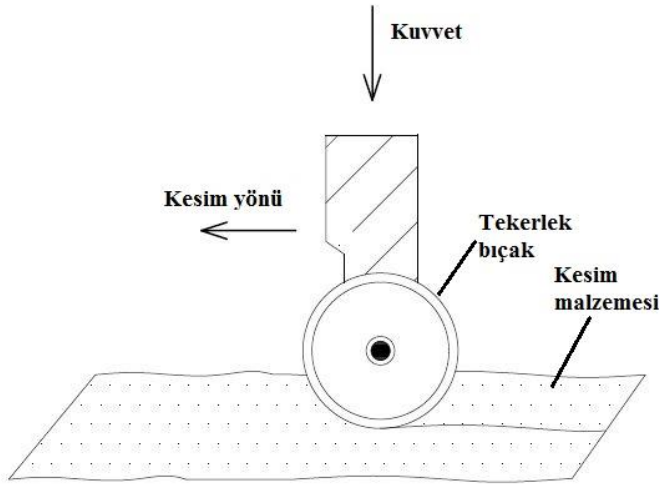


Şekil 1.19. Sürükleme bıçağı (drag knife) [7]

Düşük maliyetli bir bıçakla kesme yöntemidir. Maliyetine göre diğer kesme aletlerine kıyasla çok iyi kesme hassasiyeti sağlamaktadır. Ancak kesim sırasında malzemede sürtünme kuvvetleri oluşturur ve koparmayı başaramazsa ürünü sürükleme riski vardır. Yüzeğe yaptığı baskıdan dolayı sivri ucu ile kesim yüzeyine çok fazla zarar verebilir.

Tekerlek bıçak (pizza bıçağı): Tahriksiz tekerlek bıçağa uygulamada pizza bıçağı da denmektedir. Kesim sırasında tekerlek (yuvarlak, dairesel) bıçağın keskin kenarı kesim çizgisi üzerinde gezer. Bıçak çapı kesilen malzeme özelliklerine göre değişmektedir. Küçük çaplı bıçaklar (18 – 28 mm) ince malzeme, karmaşık ve hassas kesimde tercih edilir. Daha büyük çaplı bıçaklar (45 – 60 mm) kalın ve düz kesimi olan malzemelerde kullanılır [7].

Sert ve zorlu malzemelerin kesimi için bıçağa tahrik verilebilir. Daha kolay uygulamalar için ise tahrik sistemi uygulanmadan kesme yapılabilir.



Şekil 1.20. Tekerlek bıçak

Tekerlek bıçaklar plastik, tekstil ürünleri, kauçuk, kağıt ve köpük gibi materyaller için kullanılmaktadır. Bıçağın dönmesi sebebiyle kesilen malzemenin kesim yüzeyinde yer değiştirmesi az olmaktadır. Tek kat kesim için uygundur. Bıçağın basıncı sadece bir noktaya odaklanmadığından kesim yüzeyini, drag bıçağa kıyasla, daha az deformasyona uğratmaktadır. Ancak ayrıntılı şekiller ve keskin köşeleri kesmekte yuvarlak bıçaklar kullanılmaz.

Salınımlı bıçak: Kesim sırasında düzenli bir şekilde, belirli bir strokta yukarı ve aşağı (Z eksenini) hareket yaparak çalışan bıçaktır. Bu hareketini kaydırıcı-krank mekanizması ile sağlamaktadır. Bu tip bıçaklar çok katlı kesimlere de uygundur. Sert ve kalın malzemeleri kesmekte tercih edilirler. Hem basit hem de karmaşık şekilli kesimleri gerçekleştirebilirler. Şekil 1.18’de gösterilen sistem salınımlı bıçak mekanizmasına iyi bir örnektir.

Salınımlı bıçakların boyları, stroğu ve şekilleri malzemeye göre değişebilir. Sivri uçlu ve ince bıçaklar küçük şekilleri, küçük radüsleri hassas bir şekilde kesmek için kullanılır. Kısa stroklu (5 mm) bıçaklar ince, yumuşak veya orta sertlikteki tekstiller için kullanılırken, uzun stroklu bıçaklar (20 – 25 mm) kalın ve sert malzemeler için tercih edilir [6, 7].

Bıçağın salınım etkisiyle malzemeyi tam olarak koparabilmesi için malzemenin en alt yüzeyine dalması gerekir. Bunu sağlamak için ise kesim yüzeyinde ince kılıklı plastik

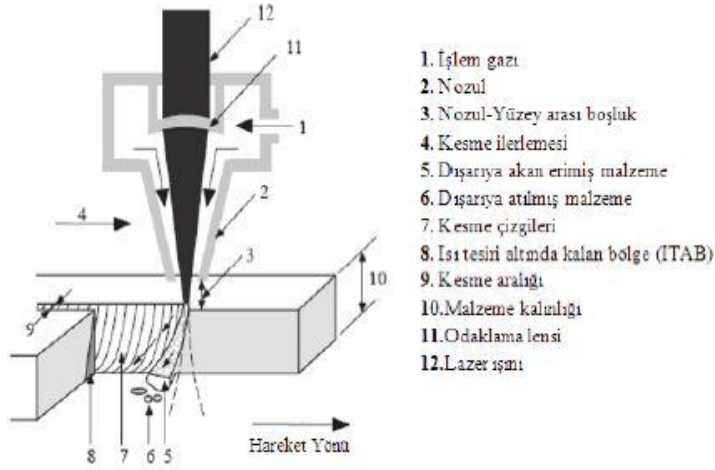
fırçalar kullanılmaktadır. Böylece bıçak malzemeyi tam olarak koparır ve kesim yüzeyine çok az zarar verir.

Çentik bıçak: Malzemeye hızlı, kolay ve hassas bir şekilde çentik atmak için kullanılırlar. Bıçağın keskin tarafı malzeme üzerinde ' V ' şeklinde bir kesim yapar. Çentiğin büyüklüğü, derinliği ve yönü kesilecek materyale göre belirlenir [7].

1.2.3 Termik kesme

Termik kesmede malzemeler ısı yöntemleriyle aşındırılır ve kesme sağlanır. Bu yöntemle kesme işleminin fiziğine göre sınıflandırılması yakma, ergitme, buharlaştırma şeklindedir [22]. Bu sınıflandırmada ortak nokta lazer ile kesim yöntemidir.

Lazer ışığı, ışık şiddeti artırılmış eş fazlı ışınımlardan oluşan ışık demetidir. Lazer ışık demeti iyi toplanabildiği için uzun mesafelere aktarılabilir. Lazer ışığı diğer ışık kaynaklarından daha şiddetlidir. Gelişen lazer teknolojileriyle birlikte günümüze kadar birçok lazer türü geliştirilmiş olup, bu lazerler kullandıkları dalga boylarına, kullanılan aktif maddenin cinsine, enerjinin etkinliğine göre uygulama alanlarında çeşitlilik gösterirler [23].



Şekil 1.21. Lazerle kesme [23]

Kesme kafasının ana parçaları nozul (kesici ağızlık) ve odaklama lensidir. Kesim kafasına sabitlenmiş özel bir lens lazer ışınını tam olarak odaklar ve tam yuvarlak küçük bir ışın çapı oluşturur. Kesme kalitesinin iyi olması için odaklama lensi daima temiz tutulmalıdır ve bunun için kesme gazı kullanılmaktadır [7, 22].

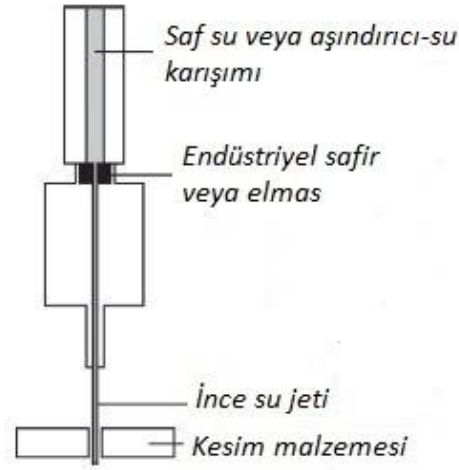
Kesici ağızlık basınçlı gazı kesme boşluğuna yönlendirir. Ayrıca kesimde oluşacak buhar ve parçacıklardan lensi korumaktadır.

Sıkıştırılmış gaz, odaklama lensini temiz tutmakla birlikte kesilen malzeme kalıntılarını da uzaklaştırır. Ayrıca ısıdan etkilenen kesim malzemesini soğutur ve düzgün kesim kenarları oluşmasını sağlamaktadır.

1.2.4 Su jetiyle kesme

Yüksek basınçlı su jeti ile kesme sistemleri 1960 ve 1970'li yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. 1300 ile 6000 bar aralığında, basınçlandırılmış suyla, basınçlı suya aşındırıcı eklenmesiyle ve aşındırıcı madde-su karışımının basınçlandırılmasıyla materyal kesme işlemleri yapılmaktadır [7]. Su jeti ile çelik, mermer, ahşap, tekstil malzemeleri, plastik, alüminyum gibi malzemeler kesilebilir.

Su jeti kesim yönteminde temel olarak iki tip vardır; saf su jetiyle kesme ve aşındırıcı su jeti ile kesme. Aşındırıcı su jetinde aşındırıcının sonradan eklenmesi ve aşındırıcı eklenmiş karışımın basınçlandırılması şeklinde çeşitleri vardır.



Şekil 1.22. Su jeti kesim kafası [7]

Aşındırıcı su jeti ile kesme sert malzemeler için kullanılır. Soğuk bir kesim yöntemidir. Ancak kesim kenarlarında konik yüzeyler oluşabilir.

Saf su jetli kesiciler plastik, kauçuk, deri, tekstil malzemeleri gibi biraz daha yumuşak materyallerin kesiminde kullanılmaktadır.

Soğuk bir kesme yöntemi olması, keskin köşeleri işleminin kolay olması, bilenmesi gereken bir kesici takım kullanılmaması bu yöntemin avantajlarındandır. Ancak 50 mm kalınlığına kadar olan malzemelerin kesiminde ekonomiktir, daha kalın malzemeler için daha fazla aşındırıcı kullanımı gerektirir. Çalışması sırasında ses seviyesi yüksektir. Koruyucu ekipman kullanılması gerekmektedir.

1.2.5 Ultrasonik kesme

Çok eksenli CNC ultrasonik kesim uygulamalarının gelişmesi 2000'li yılların başlarında ön plana çıkmıştır. Bu kesim yöntemi kompozit, tekstil, termoplastik film, kauçuk gibi materyaller için kullanılmaktadır.



Şekil 1.23. Ultrasonik kesim kafası [7]

Korna içerisinde yüksek frekanslı ses enerjisi üretilir ve bu enerji kornaya bağlanmış kesici alete odaklanır. Kesici alet hızlı bir şekilde titreşir. Saniyede 20000 defa titreşebilen bıçak, kuvvet uygulanarak değil titreşim ile kesim yapar. Kesim işlemi kesici takımın dayandığı özel bir kesim yüzeyi üzerinde yapılmaktadır [7].

Ultrasonik kesim tek katlı ya da çok az kat serilmiş tekstil malzemelerini kesmekte kullanılabilir. Karmaşık şekillerde ve çentiklerde yüksek hassasiyet sağlamaktadır.

Bu kesim yöntemi ısı ve su kullanılmayan soğuk bir yöntemdir. Suya ve ısıya duyarlı malzemelerin kesimine uygundur. Kesimin ardından hassas ve temiz kenarlar bırakmaktadır. Toz, kirletici madde, duman üretmez.

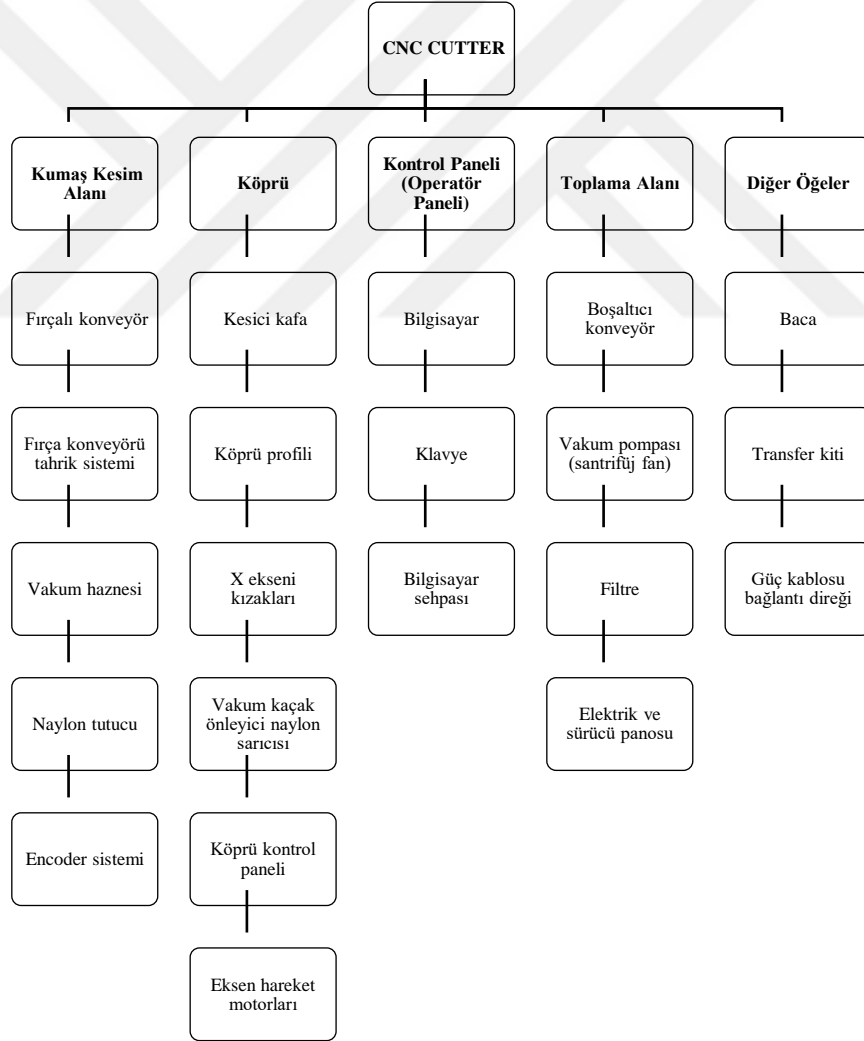
2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Bilgisayar Destekli Bıçaklı Kesici

CNC Cutter makineleri, işletmeler tarafından seçilirken, sahip olduğu özellikleriyle tercih edilirler. Kesim kalitesi, kesme hızı, sahip olduğu teknoloji seviyesi, mekanik özellikleri, kesebildiği kumaş türü ve katman yüksekliği, ergonomi gibi temel unsurlar CNC Cutter makinelerinin seçilme kriterlerini ortaya koymaktadır.

2.1.1 Bilgisayar Destekli Bıçaklı Kesicinin Bölümleri

Bu çalışmaya konu olan Serkon Makina DC70 model CNC Cutter'ın, yukarıda belirtilen özelliklerle ilişkili olarak, ana bölümleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.



Şekil 2.1. CNC Cutter'ın başlıca bölümleri

Şekil 2.1’de belirtilen unsurların hepsi öncelikle rijit ve gönyesine getirilmiş bir şase üzerinde toplanmaktadır. Eksen hareketleri sırasında kasıntı olmaması ve hareketlerin tekrarlanabilir olması için kurulum sırasında gönyeye dikkat edilmektedir. Sistemin X eksen hareketleri için pinyon - kremayer ya da kayış - kasnak mekanizmaları tercih edilmektedir.

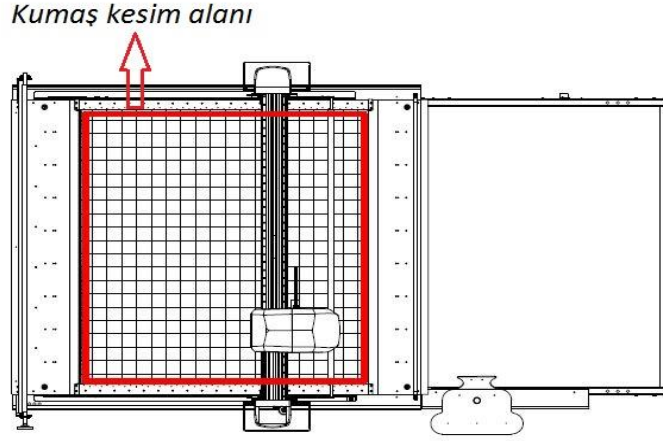


Şekil 2.2. CNC Cutter (Serkon DC70) [6]

2.1.2 Kumaş kesim alanı

Kumaş kesim alanı bölgesinde; fırçalı konveyör, fırça konveyör tahrik sistemi, vakum haznesi, naylon tutucu, encoder sistemi gibi temel öğeler yer almaktadır. Kesilecek kumaş türüne göre bazı özellikler ilave edilebilir. Kumaş kesiminin yapıldığı esas bölümdür. Boyutları, kesimi yapılacak malzemeye göre değişkenlik gösterebilir.

Genel olarak sistemin çalışmasında öncelikle serim masasına katlar halinde serilmiş kumaş, konveyör yardımıyla otomatik olarak kesim alanına alınmaktadır. Kesim otomatik olarak gerçekleştirildikten sonra kesilmiş parçalar yine konveyör sistemi ile toplama alanına transfer edilmektedir.



Şekil 2.3. Kumaş kesim alanı

2.1.2.1 Fırçalı konveyör

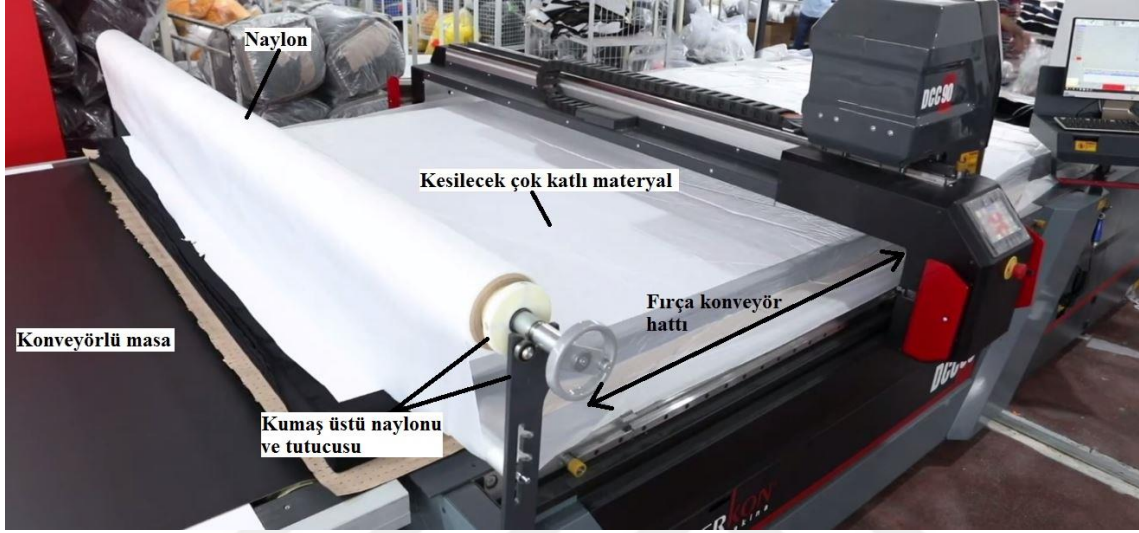
Kesimin yapıldığı zemin yan yana dizilmiş fırça bloklarından oluşur. Kesici bıçak bu fırçaların içine girerek en alt katmandaki kumaşı rahatça kesmekte ve parçaların tam olarak koparılmasını sağlamaktadır. Ayrıca fırçaların tabanında bulunan delikler sayesinde hava geçirgenliği sağlanır ve uygulanan vakum ile birlikte kesimi yapılan malzeme sabitlenmiş olur.



Şekil 2.4. Kesim alanı fırçaları [6]

2.1.2.2 Fırça konveyörü tahrik sistemi

Fırçalı konveyör, kumaşı serim masasından kesim alanına otomatik olarak almaktadır. Hareketini, vakum haznesi altına veya içine yerleştirilen bir motordan zincir-dişli mekanizmasıyla sağlamaktadır. Üzerindeki malzemeyi vakum etkisi altında da çekebilme kabiliyetine sahiptir.



Şekil 2.5. Fırçalı konveyör sistemi

2.1.2.3 Vakum haznesi

Fırçalı konveyörün alt bölümüdür. Kesim esnasında hazne içerisindeki hava bir santrifüj fan kullanılarak vakumlanmaktadır. Oluşan vakum basıncı fırçaların üzerindeki kumaşın kesim sırasında sabit kalmasını sağlamaktadır.

2.1.2.4 Naylon tutucu

Kesimin başında kesilecek malzemeye uygulanan vakum, henüz herhangi bir hava geçişi olmadığından, kesilecek malzemeyi sabitlemek için yeterlidir. Ancak kesim başlar başlamaz, kesilen kısımlardan hava geçişi hızla artmaktadır. Dolayısıyla vakum basıncı değeri de düşmeye başlamakta ve vakumun kumaş üzerindeki etkisi azaldığından kumaşın sabitlenmesi zorlaşmaktadır. Buradaki olumsuz durumun önüne geçebilmek için köprü ile birlikte hareket eden bir naylon serme-toplama sistemi vardır. Bu sistemin kesim alanı tarafındaki sabit kısmı naylon tutucudur. Köprü kesilmiş alandan uzaklaştığında naylonu çeker ve kesilmiş kısımların üstünü kapatarak vakum basıncının korunmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.6. Naylon tutucu [6]

2.1.2.5 Encoder sistemi

Fırça konveyörünün ilerleme miktarını kontrol etmek için tahrik mili üzerine entegre edilmiş encoder kullanılmaktadır. Kesilen kumaş toplama alanına doğru hareket ettirilirken aynı zamanda yeni kesilecek kumaş, kesim alanına alınır. Bu noktada ne kadar uzunlukta bir kumaşın alınacağına dair kontrol encoder sistemi ile sağlanmaktadır. Bazı sistemlerde fırça konveyörü için servo motor kullanılmaktadır ve bu sistemlerde harici encoder kullanılmayabilir.

2.1.3 Köprü

Makinenin bu bölümünde, Y ekseninde hareket eden öğeler taşıyıcı bir profil üzerinde konumlanmıştır. CNC Cutter'ın en önemli kısımlarından biri olan kesici kafa, köprü hareketini sağlayan motor ve tahrik elemanları, kontrol paneli, vakum kaçak önleyici naylon ve kızaklar bu bölümde bulunmaktadır.



Şekil 2.7. Köprü

2.1.3.1 Kesici kafa

Kesim alanındaki malzemenin kesimini gerçekleştiren bölümdür. Köprü üzerinde konumlanmıştır ve hareketi servo motorla sağlanmaktadır. Kesici bıçak, bir kaydırıcı-krank mekanizması ile çalışmaktadır. Bu mekanizma ile dönel hareket lineer harekete çevrilir ve lineer hareket kesici bıçağa aktarılır. Belirli bir strok değeriyle çalışan bıçak malzemeye doğru dalarak tabandaki fırçaların bir miktar içine girer. Böylece malzeme tam olarak kesilmektedir.

Otomatik kesimde, kesici bıçak sistemi 360° dönebilme kabiliyetine sahiptir. Bu özelliği sayesinde dönüşlerde daha başarılı kesimler yapmaktadır. Sistem “C ekseni” olarak adlandırılır ve C ekseni hareketi servo motor ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.8. Kesici kafa

Kesici bıçağın keskin kenarı belirli bir süre kesim yaptıktan sonra bileme aparatı ile otomatik olarak bilenmektedir. Dairesel kesitli, aşındırıcı özellikteki bileme taşları kendi ekseninde dönerek bıçağa yaklaştırılır ve bıçak yüzeyinden talaş kaldırılarak körelen kenar keskinleştirilir. Bazı bileme sistemlerinde ise şeritler halinde zımparalar kullanılmaktadır. İyi bir bileme kesim kalitesini iyileştirmekle birlikte kesim hızını da arttırmaktadır.

Kafanın bölümleri arasında, kesim sırasında malzemeye baskı yapan, bıçağa kılavuzluk eden, bıçağa gelen kuvvetlerin anlık takip edilip bıçak kesim yönünün optimize edilmesini sağlayan sensör ya da yük hücrelerini barındıran tabla bulunmaktadır. Tabla bölümü C eksenine bağlı hareket etmektedir. Kumaşa baskı yaparak kesimi kolaylaştırır.

Kafa, kesme işleminin yanı sıra çentik atma, delik delme gibi işlemleri de gerçekleştirmektedir. İşaretleme için yapılan “V” şeklindeki çentikler genellikle kesime başlamadan önce yapılır. Delik delmek için ise matkap kullanılmaktadır. Sert kumaşlarda soğuk matkap, gevşek yapılı kumaşlarda belirgin bir delik oluşturmak için elektrikle ısıtılan sıcak matkap kullanılmaktadır.

2.1.3.2 Köprü profili

Köprü profili, kesici kafayı taşıyan bölümdür. Kafa üzerindeki ekipmanların elektrik kabloları, köprü üzerindeki hareketli kablo kanalı ile taşınmaktadır. Hareketlerin kararlılığı, tekrarlanabilir olması açısından rijit bir köprü yapısı kullanılmaktadır.

2.1.3.3 X eksen kızakları

Kızaklar, köprünün X ekseninde (şase üzerindeki lineer raylarda) hareket etmesini sağlayan lineer arabaların bağlandığı, köprü profilinin iki yanına sabitlenen alüminyum levhalardan oluşmaktadır. Gantry sistemlerde X eksen hareket motorları, kızaklar üzerine bağlanmaktadır. Ayrıca kontrol paneli ve güvenlik butonları bu aksam üzerindedir.

2.1.3.4 Vakum kaçak önleyici naylon

Kumaş kesim alanındaki naylon tutucunun köprü tarafından taşınan bölümü olmakla birlikte görevi aynıdır. Sürekli kesim özelliği olan makinelerde (kesim alanına kumaş alınırken aynı zamanda kesim yapılması özelliği) böyle bir sisteme gerek duyulmamaktadır.



Şekil 2.9. Vakum kaçak önleyici naylon

2.1.3.5 Köprü kontrol paneli

Bilgisayarlı kontrol panelinin haricinde referans alabilmek, köprü ve kafayı manuel hareket ettirebilmek amacıyla köprü üzerinde bir panel konumlandırılmıştır.



Şekil 2.10. Köprü kontrol paneli [24]

2.1.3.6 Eksen motorları

Bıçağın kesilecek kumaş üzerinde doğru pozisyona gitmesi için X ve Y eksen hareketleri servo motorlarla sağlanmaktadır. Y eksen motoru köprü profili üzerinde, X eksen motoru ise ana şase veya köprü üzerinde bulunabilmektedir. Motor seçimi, sistemi 80 m/dk kesim hızları ve $1,5g_n$ ivme değerlerinde çalıştırabilecek kabiliyette olmasına göre yapılmaktadır.

2.1.4 Kontrol paneli (operatör paneli)

Bilgisayar, klavye-mouse ya da ekranın konulduğu bir sehpadan oluşur. Cutter bileşenlerinin yazılım aracılığıyla kontrol edilmesini sağlayan ekipmanlardır. Windows tabanlı olan bu bilgisayarlar, donanımın uygunluğu açısından all in one ve dokunmatik ekranlı olarak da kullanılmaktadırlar.



Şekil 2.11. Operatör paneli [24]

2.1.5 Toplama alanı

Kesilen parçaların, sıradaki konfeksiyon aşamasına gönderilmek üzere, kesim makinesi üzerinden toplandığı, otomatik olarak çalışan konveyör sistemli bir bölümdür. Bu bölümün hemen altında makinenin başka önemli bileşenleri yer almaktadır.

Kesim sırasında katlı serilmiş malzemeye vakum uygulayan ve böylece malzemelerin sabitlenmesini sağlayan vakum pompası bulunmaktadır. Vakum pompası temelde bir elektrik motoru ve santrifüj fanından oluşmaktadır. Kayış kasnak sistemi ile tahrik edilen santrifüj fanın vakum basıncı, -230 mbar seviyelerine kadar çıkabilmektedir. Makine özelliklerine göre 15, 18 ve 30 kW değerinde elektrik motoru kullanılmaktadır.

Hazneye uygulanan vakum sırasında hava fana gelmeden önce bir filtreden geçmektedir. Kesim sırasında ortaya çıkan kumaş tozları filtrede birikir ve yüksek hızlı santrifüj fanın pervane ve rulmanlarına zarar gelmesi önlenmektedir. Yoğun çalışmalarda gerekli ise filtre bakımı ve temizliği günlük yapılabilir.

Makine servo motor sürücüleri, motion kontrol ekipmanları ve diğer elektrikli parçalar bir pano içerisinde toplama alanı altındaki bölümde bulunmaktadır.

2.1.6 Diğer öğeler

Santrifüj fan ile vakumlanan hava, çıkış bölümünde gürültü seviyesini arttırmaktadır. Sesi azaltmak için fan çıkışında susturucu özellikli bir baca kullanılmaktadır. Baca ile birlikte ses seviyesi 75-78 dB seviyelerine düşmektedir.

Kurulan kesimhane düzeninde bir CNC Cutter birden fazla serim masası önünde çalışabilmektedir. Transfer kiti sayesinde, Cutter serim masaları arasında otomatik olarak transfer olmakta ve böylece çalışma hiç durmamaktadır. Transfer kiti; makine tekerlekleri, transfer motoru ve zemin üzerine döşenmiş transfer raylarından oluşmakta, tekerlekler bu raylar üzerinde hareket etmektedir.

Makine elektrik enerjisini, bulunduğu ortamın tavan bölümünden çekilen kablo hattı ve bu hattı taşıyan ray ve arabalar sayesinde sağlamaktadır. Enerjinin bu şekilde sağlanması transferin kolay yapılmasına imkan vermektedir.

2.2 Kullanılan Yazılımlar

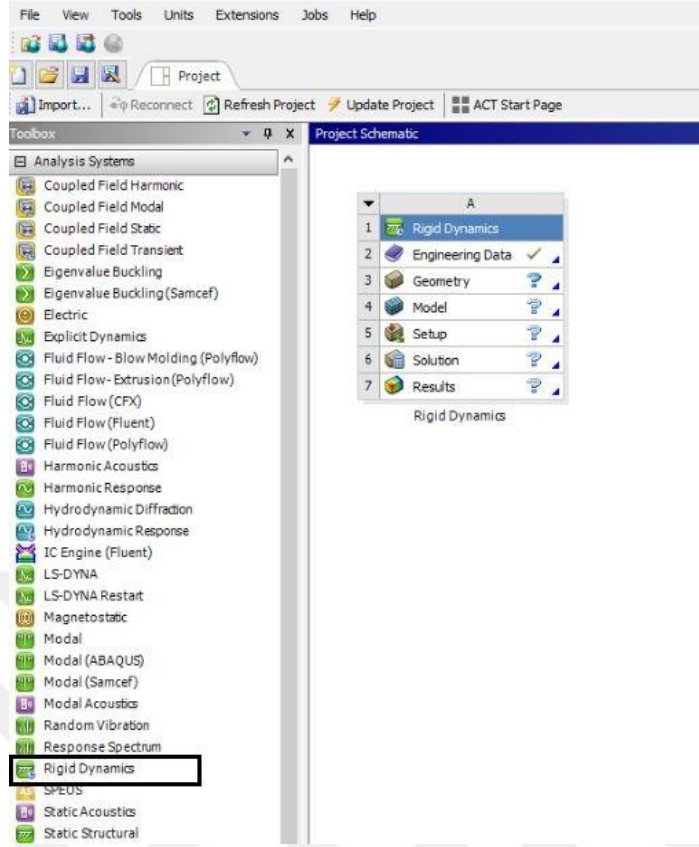
Bu çalışma kapsamında yapılan analizler için Ansys, tasarım modellemeleri için SolidWorks CAD programı kullanılmıştır.

2.2.1 Sonlu Elemanlar Yazılımı

Ansys, çeşitli mühendislik alanlarında kullanılan, geniş kapsamlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır ve titreşim, mukavemet, ısı geçişi, akışkanlar dinamiği gibi alanlar arasında bağlantılı olacak şekilde analizler gerçekleştirilebilir. Böylece yazılım, ürünlerin tasarlanmasının ardından bilgisayar ortamında test edilmesine olanak sağlamaktadır.

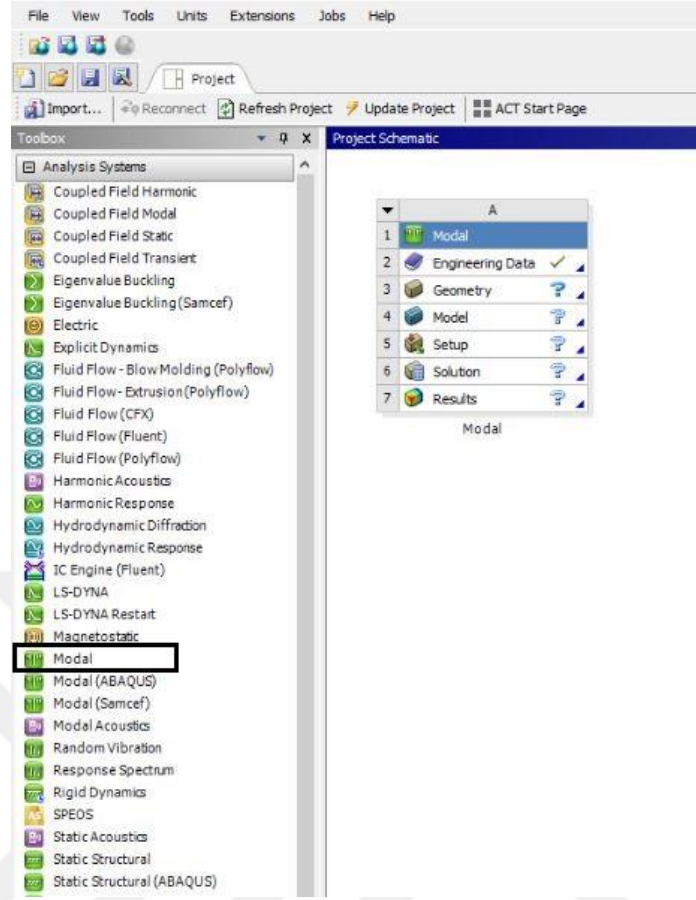
Çalışmalar sırasında kinematik analiz için Ansys/Rigid Dynamics, doğal frekans analizi için Ansys/Modal modülleri kullanılmıştır.

Program açıldığında tüm modüllerin listelendiği bir ekran çıkmaktadır. Bu listeden çalışılacak modül seçilerek proje şeması oluşturulmaktadır.



Şekil 2.12. Ansys giriş ekranı ve “Rigid Dynamics” proje şeması oluşturma

“Rigid Dynamics” modülü ile çalışıldığında, “Engineering Data” içerisinde, analizde kullanılacak malzemeler tanımlanır ve projeye ataması yapılmaktadır. “Geometry” bölümünde analizi yapılacak tasarım modeli yüklenmektedir. “Model” sekmesinde, yüklenen tasarım modelindeki parçalara, daha önceden projeye tanımlanan malzemelerin ataması yapılmaktadır. Ardından parçalar arasındaki bağlantılar tanımlanır. Mekanizma hareketi de tanımlandıktan sonra “Solution” bölümünde analiz çözdürülür ve sonuçlar elde edilmektedir.



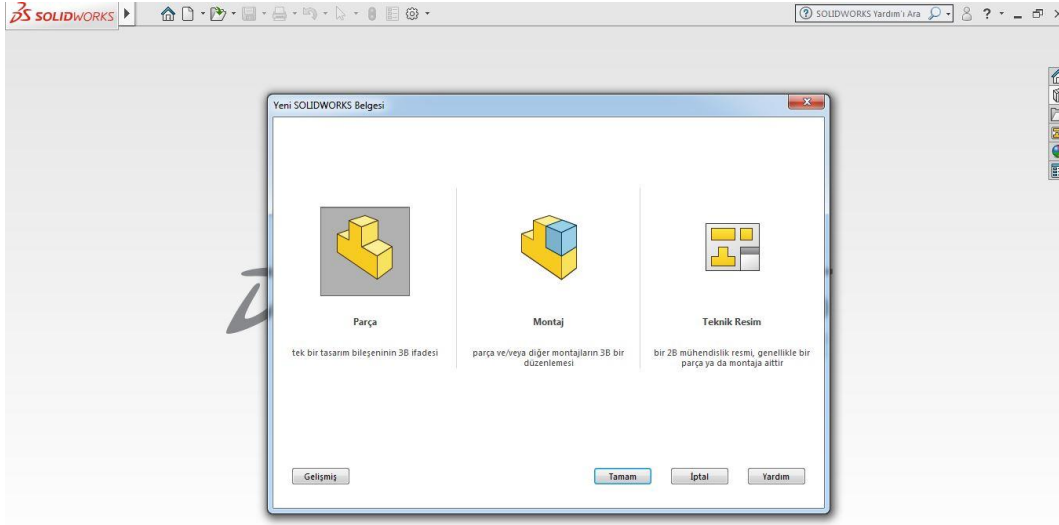
Şekil 2.13. Ansys giriş ekranı ve “Modal” proje şeması oluşturma

“Modal” modülü ile çalışıldığında “Engineering Data” ve “Geometry” bölümlerinin işlevleri “Rigid Dynamics” modülünde anlatıldığı gibi kullanılmaktadır. “Model” kısmında her parçanın malzemesi atanır ve parçalar arası kontaklar ve bağlantıların cinsi tanımlanmaktadır. Bu bölümün devamında gerekli ayarların yapılmasıyla mesh uygulanmaktadır. İncelenmek istenen mod sayısı ve özellikleri belirlenir. “Solution” bölümünde analiz çözdürülür ve sonuçlar elde edilmektedir.

2.2.2 Üç Boyutlu Modelleme Yazılımı

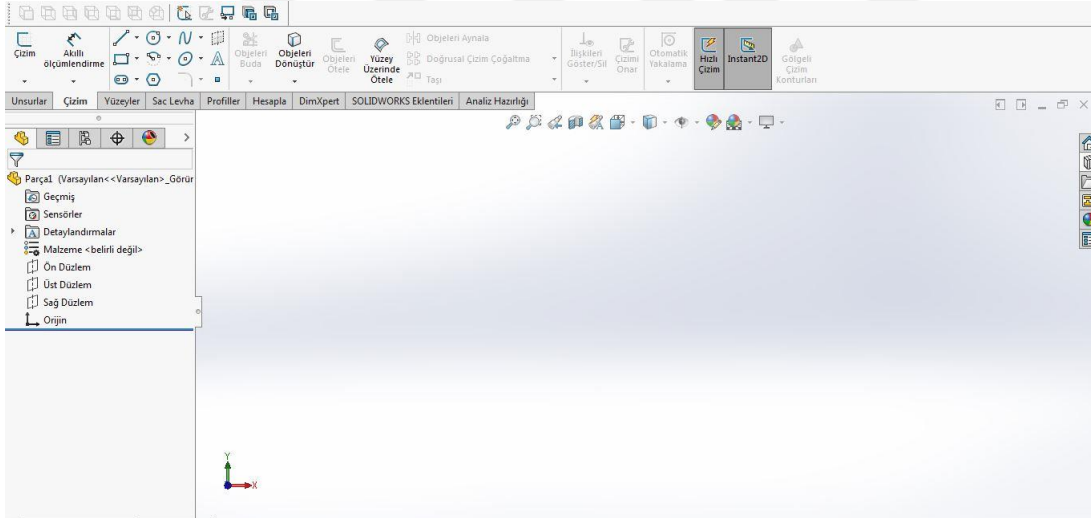
SolidWorks üç boyutlu modelleme yapabilen, bilgisayar destekli bir tasarım programıdır. CAD modülünün yanında Simulation, Motion, Flow Simulation, Plastics gibi birbiriyle ilişkili olarak çalışabilen modülleri de bulunmaktadır. Parçaların sanal ortamda tasarlanmasıyla birlikte üretim açısından yüksek doğruluk ve hız kazandırması en büyük avantajlarındandır.

Bu çalışmada SolidWorks CAD kullanılmıştır. Parçaların modellenmesi sonrası montajları yapılarak mekanizmanın bütünü modellenmiştir.



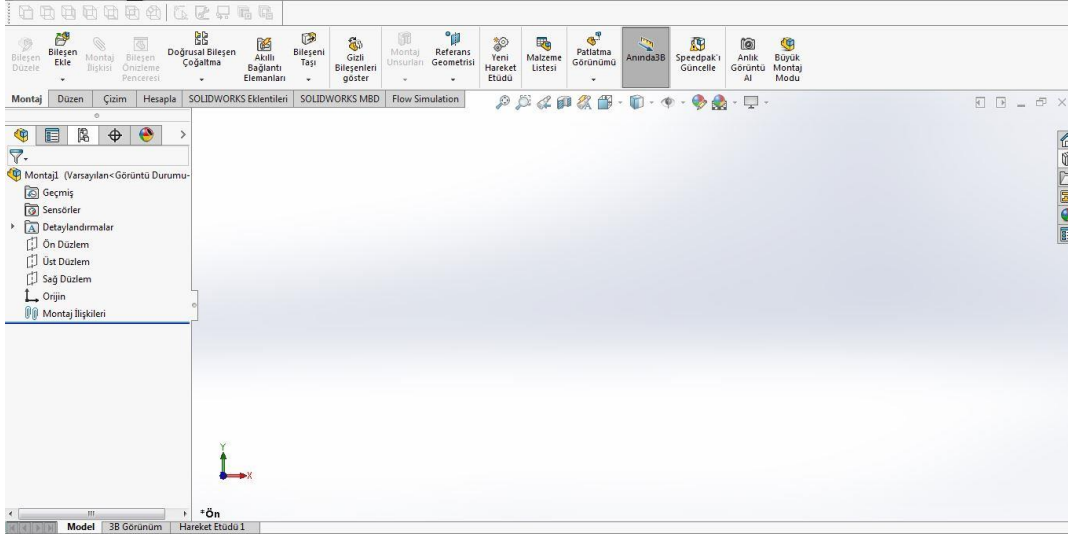
Şekil 2.14. SolidWorks karşılama ekranı

Program açıldığında gelen karşılama ekranından çalışmanın türü seçilmektedir.



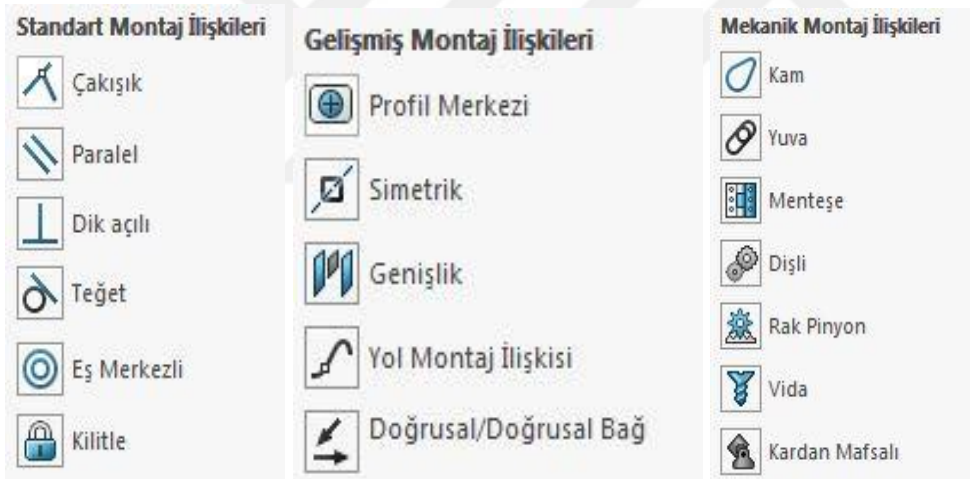
Şekil 2.15. SolidWorks parça oluşturma ekranı

Çalışmaya başlanacak düzlem (ön, üst, sağ) seçilir ve 'Çizim' seçilerek iki boyutlu çizime başlanır. 'Unsurular' sekmesinde bulunan komutlarla çizim üç boyutlu katı modele çevrilir.



Şekil 2.16. SolidWorks montaj çalışma ekranı

Montaj ekranı açıldığında, daha önce çizilen katı modeller 'Bileşen Ekle' komutu ile montaj çalışma sayfasına alınır.



Şekil 2.17. Solidworks montaj ilişkileri

Parçaların birbirleri arasındaki ilişkiler tanımlanarak mekanizmanın bütünü modellenmiş olur.

2.3 Titreşim Ölçüm Cihazı ve Deney Düzenegi

2.3.1 Titreşim Ölçüm Cihazı

Deney düzenegi üzerinden titreşim verilerinin alınması için SKF Quick Collect Sensör CMDT 39X model cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2.18. SKF - CMDT 39X Titreşim ölçer

Cihaz SKF firmasının yazılım sistemine sahiptir. Android cihazlarla uyumlu çalışabildiğinden sahada kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

Tablo 2.1. Titreşim ölçüm cihazı özellikleri [25]

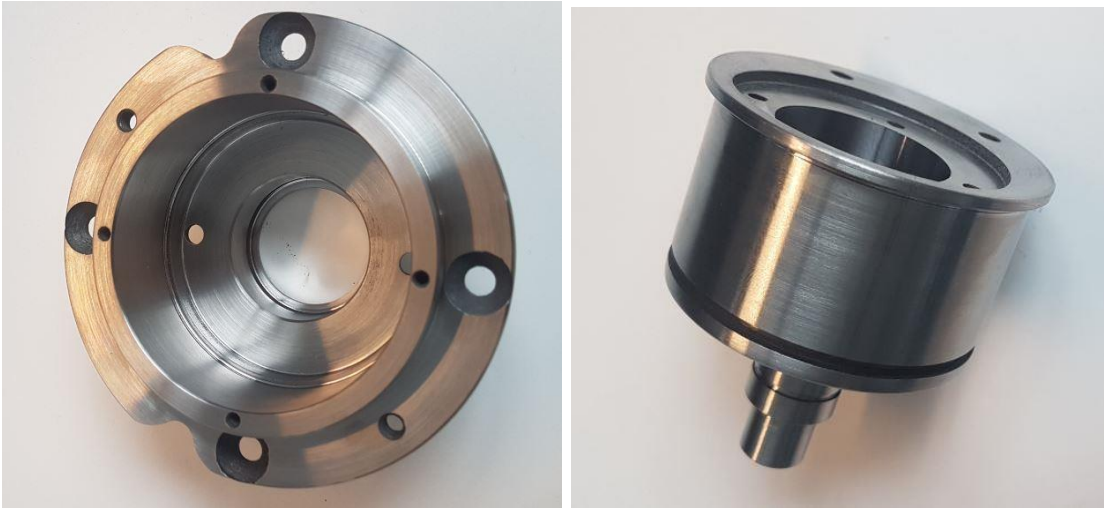
Marka-Model	SKF-CMDT 39X
Ölçüm grafikleri	mm/s-Hz, gE-Hz
Su ve toza dayanıklılık	IP65
Pil	Lityum
Çözünürlük çizgileri	Hız:400, Zarflanmış ivme:800
Maksimum frekans	Hız:1kHz, Zarflanmış ivme:2kHz
Maksimum hız	80 mm/s

2.3.2 Deney Düzeneği

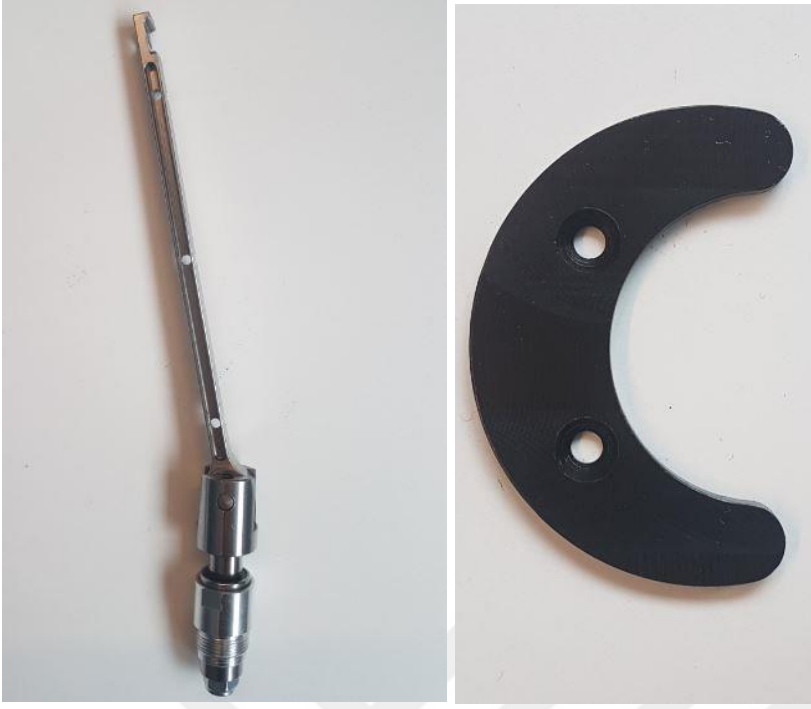
Dengelenmiş kesme mekanizması Serkon Makina DC70 model CNC Cutter'a uyumlu şekilde tasarlanmıştır ve montaj edilen kesici mekanizmanın ana parçaları aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.19. Kesici mekanizma kızıağı



Şekil 2.20. Sırasıyla krank dış yatağı ve krank



Şekil 2.21. Sırasıyla biyel kol montajı ve dengeleme ağırlığı

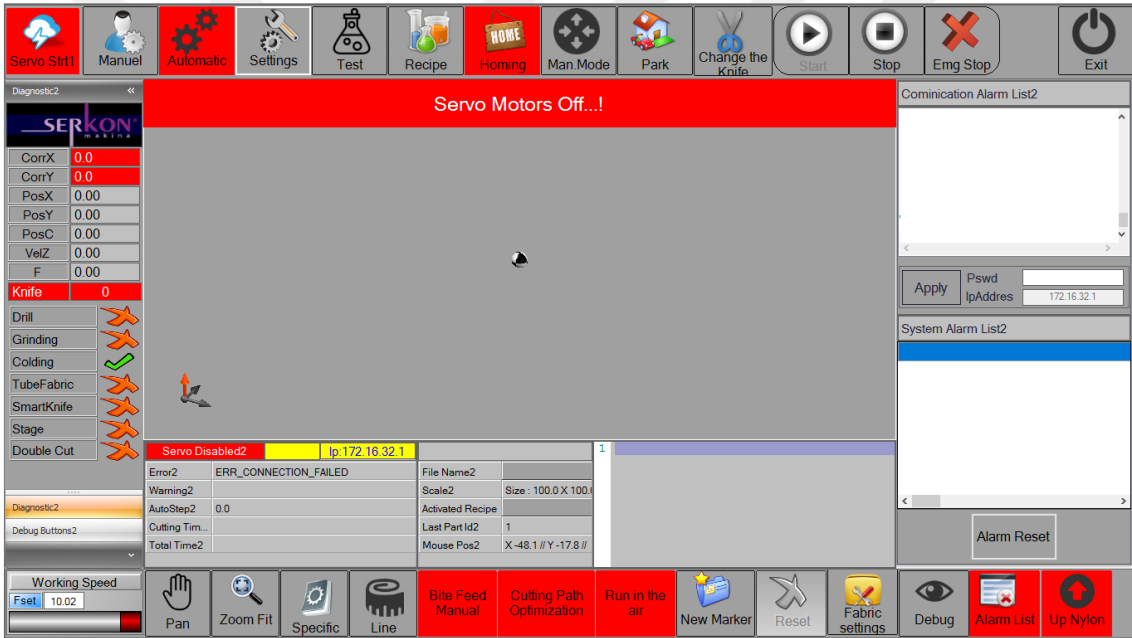


Şekil 2.22. Deney düzeneği ve titreşim ölçümü

Titreşim ölçer, kesici mekanizmanın dönen kısmını en dıştan yataklayan krank dış yatağına, X eksenı doğrultusunda ölçüm alınacak şekilde yapıştirılmıştır [26]. Şekil 2.22'de mekanizmanın X-Y eksenleri gösterilmiştir.

Bıçak hareketini sağlamak için İtalya menşeli CMZ marka AC Servo motor kullanılmaktadır. 1.7 Nm tork sağlama ve 6000 d/dk hızda dönme özelliklerine sahiptir [6].

Makineyi kontrol etmek, kesim yapabilmek için yerli bir yazılım olan Master Cut programı kullanılmaktadır. Makine kontrol parametreleri bu program ile girilebildiği gibi tasarımcılar tarafından oluşturulan CAD kesim dosyaları da bu programla açılarak kesimler gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.23. Serkon Makina 'Master Cut' yazılımı arayüz ana sayfası [24]

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Kesici mekanizma için yapılan tasarımın ardından kinematiği, sarsma kuvvetleri ve dengelenmesi ve doğal frekansı üzerine analizler gerçekleştirilmiştir. Ardından deney düzeneği kurularak titreşim ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bulgular, karşı ağırlıkla dengelenmiş ve dengelenmemiş durumlar açısından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar mekanizmanın dengelenmesinin titreşimi azaltması konusunda belirleyici olduğunu göstermiştir. Deneysel çalışmada elde edilen titreşim verileri maksimum değerler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çünkü çok katlı serilmiş materyallerin kesimi sırasında olumsuz titreşimlerin azaltılması kesim kalitesini iyileştirmektedir [13].

3.1 Kesici Mekanizma Tasarımı

Kesici mekanizma tasarımında Serkon Makina firmasının CNC kumaş kesici makinesinin çalışma koşulları, kesici kafa şase boyutları, elektriksel ürünler ve sensörlerin yerleşimi dikkate alınmış ve boyutlandırma buna göre yapılmıştır. Parçaların bilgisayar ortamında modellenmesinde SolidWorks CAD programı kullanılmıştır.

Mekanizma çalışma sırasında, gerekli durumlarda maksimum 6000 d/dk hızlarına çıkarak malzemenin kolay kesimini sağlayabilecek, genel kesimlerde 5000 d/dk ile 5200 d/dk aralığında çalışabilecektir.

Tablo 3.1. Tasarım parametreleri

Parametreler	Sembol	Birim	Değer
Krank yarıçapı	r	mm	10
Strok	s'	mm	20
Max. açısal hız	ω	rad/s	628,32
Biyel uzunluğu	l	mm	132,5

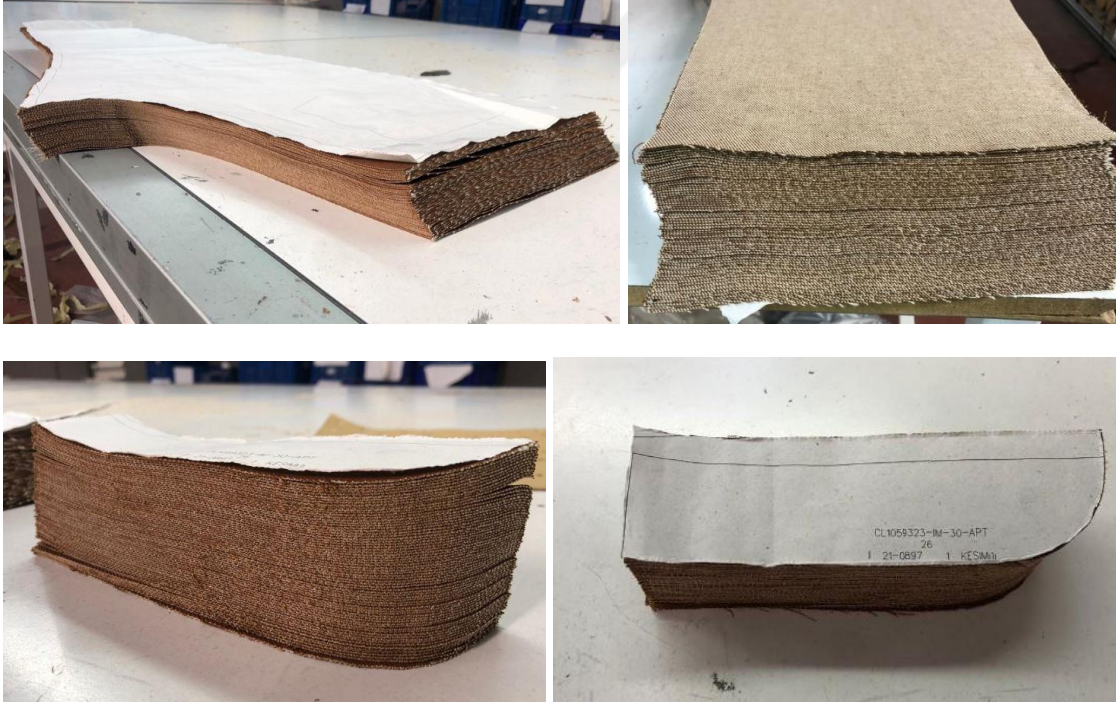
Tablo 3.1’de belirtilen parametreler kesici mekanizmanın çok katlı serilmiş kumaşlarda başarılı kesimler yapabilmesi için belirlenmiş değerlerdir. Strok değeri, kalın ve sert tekstil malzemelerin kesiminde 25 mm’ye kadar çıkabilmektedir [7]. Dokuma gibi sert kumaşların yüksek katlı kesiminde ise bıçak devrinin yüksek olmasına ihtiyaç

duyulmaktadır. Aksi durumda koparma problemleri, düzgün kenar çıkaramama gibi durumlar (Şekil 3.1) ortaya çıkabilir.



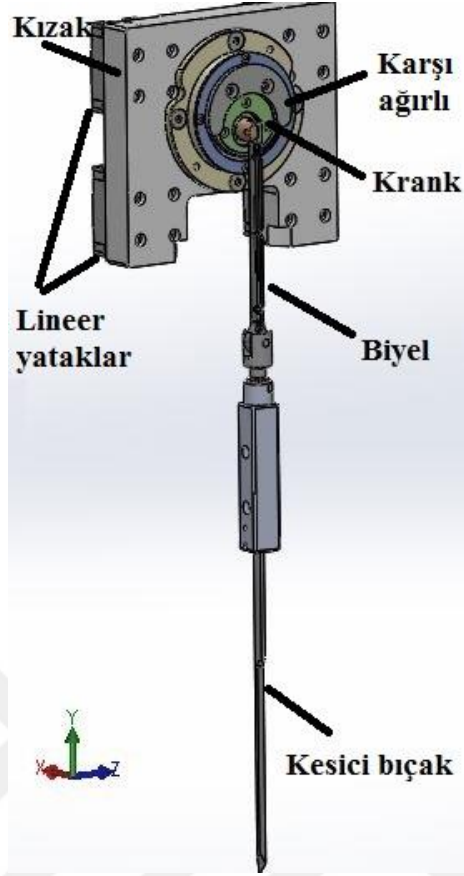
Şekil 3.1. Kot kumaşta kesim hataları

Düğü kesilmiş, saha uygulamasında konfeksiyon aşamalarından dikimhaneye geçebilecek parçalar aşağıdaki gibi gösterilebilir.



Şekil 3.2. Düğü kesilmiş dokuma kumaş örnekleri

Dolayısıyla tablo 3.1’de belirtilen parametrelere dayalı modellenen kesici mekanizma şekil 3.3’te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Kesici mekanizma modeli

Üç boyutlu modelleme sonucunda parçaların fiziksel özellikleri tablo 3.2'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 3.2. Tasarımdan elde edilen değerler

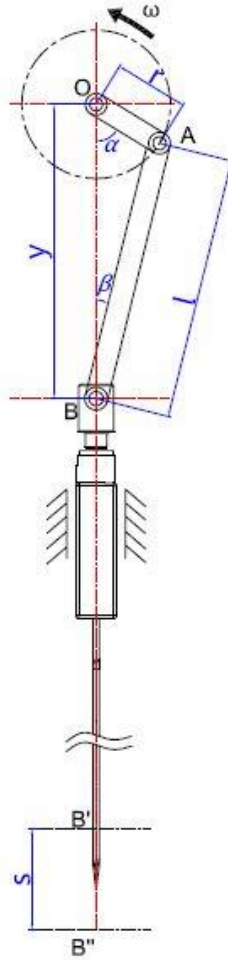
Tasarım öğeleri	Sembol	Birim	Değer
Biyel kütlesi	m_b	g	24,84
Krank kütlesi	m_c	g	453,63
İler-geri hareketli kütleler	m_k	g	143,97

Biyel kol kütlesi hesaplanırken kaydırıcı bağlantılarındaki rulmanların kütleleri, biyel kola ilave edilmektedir. Krankın kütlesi hesaplanırken biyel kol bağlantı pimi kütlesi, iç

rulman grubu kütlesi kranka ilave edilmektedir. Biyel kütlesi, m_b , krank kütlesi, m_c , ileri-geri hareket eden öğelerin toplam kütlesi, m_k olarak belirtilmiştir.

3.2 Kesici Krank-Biyel Mekanizmasının Kinematığı

Mekanizma hareket ettiğinde kesici bıçak B' ve B'' noktaları arasında stroğunu (s') gerçekleştirmektedir. B' bıçağın üst konumu, B'' bıçağın alt konumu, r krank dönme yarıçapı, l biyel uzunluğu, ω açısal hızı, y krank dönme merkezi ile kesicinin biyeye bağlantı noktası arası mesafe, α krank dönme açısı, β biyel açısını ifade etmektedir.



Şekil 3.4. Kesici mekanizma şeması

Krank dönme açısı ve strok arasındaki kinematik ilişki şöyle yazılabilir.

$$s' = r + l - (r \cos \alpha + l \cos \beta) \quad (3.1)$$

$$r \cos \alpha + l \cos \beta = y \quad (3.2)$$

$$r \sin \alpha - l \sin \beta = 0 \quad (3.3)$$

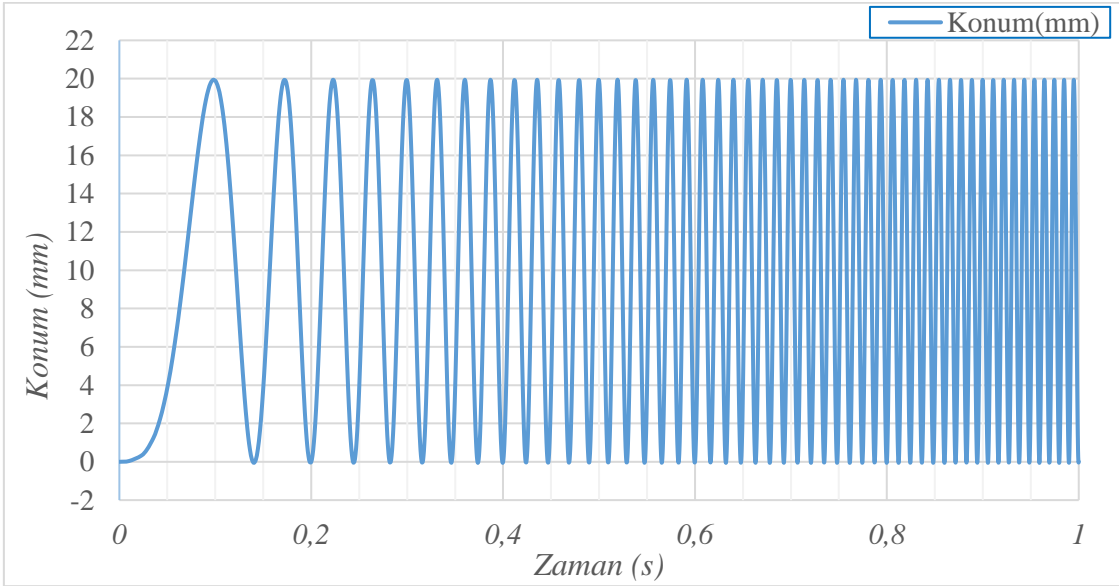
$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \alpha \right) \quad (3.4)$$

Denklem (3.4) , denklem (3.2)'de yerine yazılırsa;

$$r \cdot \cos \alpha + l \cdot \cos \left(\sin^{-1} \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \alpha \right) \right) = y \quad (3.5)$$

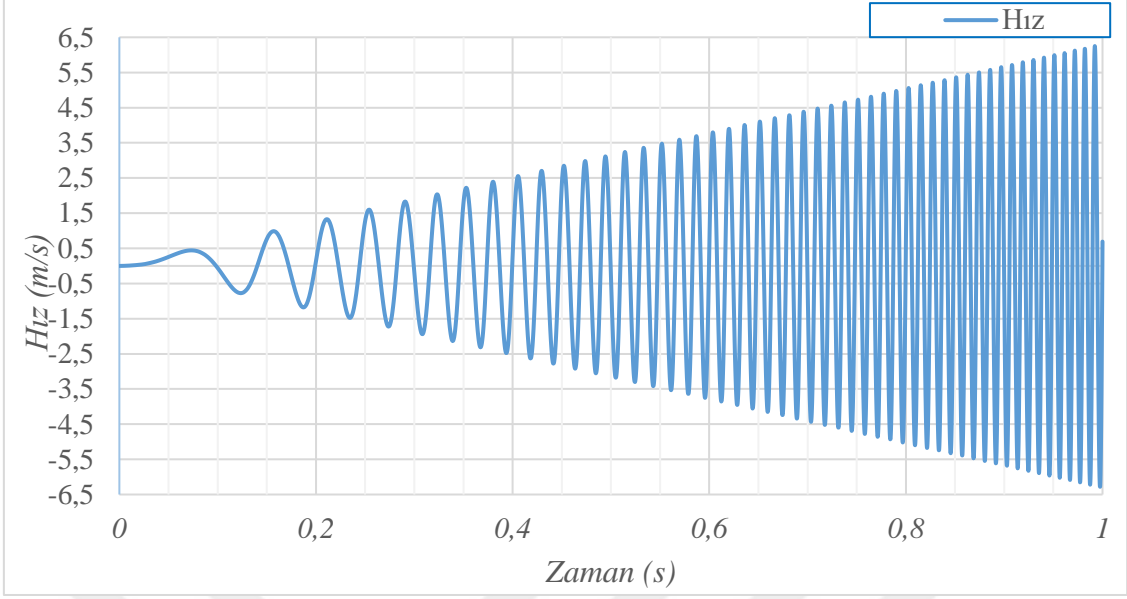
Denklem (3.5) elde edilir ve bıçak konumu krank dönme açısı cinsinden yazılabilir. Konum denkleminin ilk türevi hızı, ikinci türevi ise ivmeyi vermektedir [27, 28].

Bıçak için yapılan konum, hız ve ivme analizinden elde edilen grafikler şekil 3.5, şekil 3.6 ve şekil 3.7'de gösterilmiştir. Analiz 0 ile 1 saniye aralığında durgun halden 6000 d/dk hızına ulaşılacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



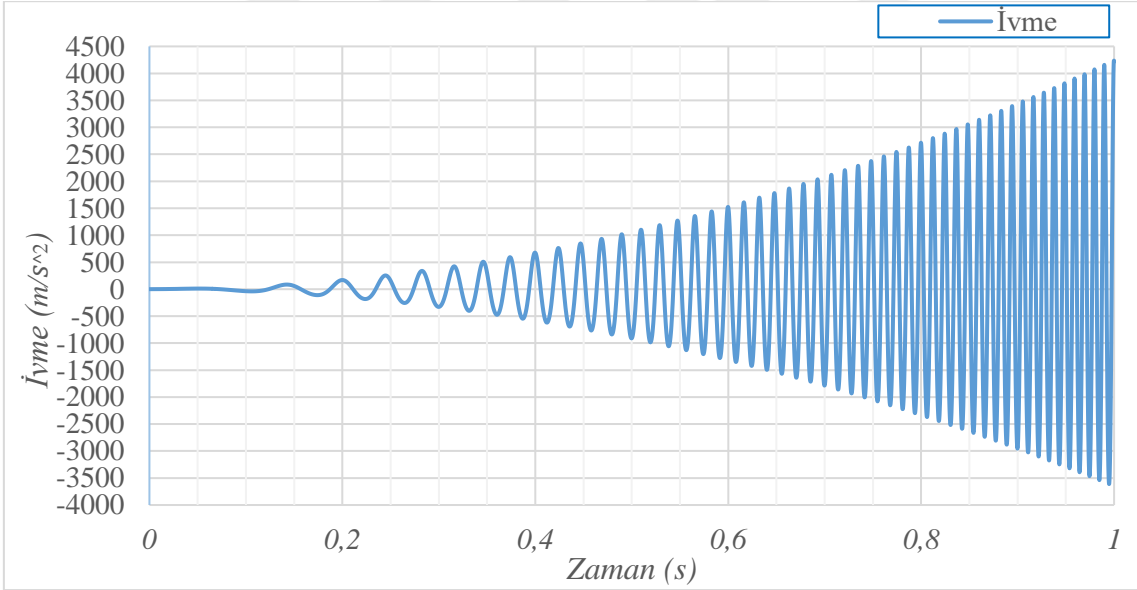
Şekil 3.5. Bıçak konum grafiği

Şekil 3.5.'teki grafik bıçağın strok mesafesinin krank yarıçapının iki katı kadar olduğunu göstermektedir. Bıçak 20 mm strok ile salınım yapmaktadır.



Şekil 3.6. Bıçak hız grafiği

Şekil 3.6 kesici bıçağın hızını göstermektedir ve maksimum hız 6,5 m/s olarak gerçekleşmektedir.



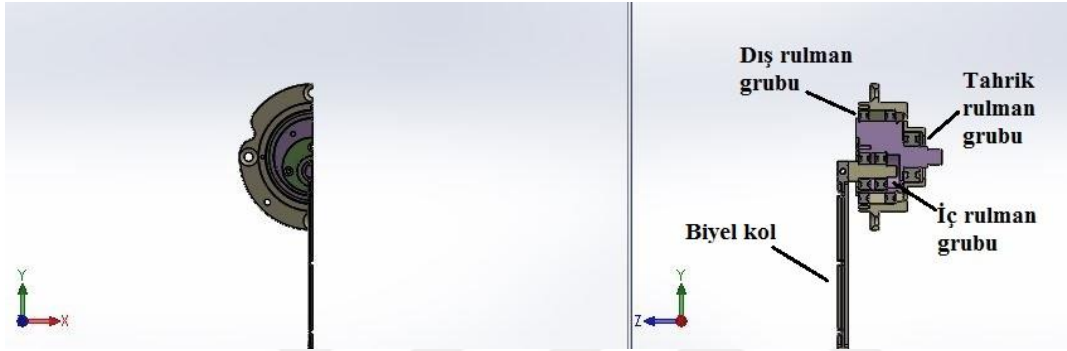
Şekil 3.7. Bıçak ivme grafiği

Şekil 3.7 bıçağın ivmelenme grafiğidir. Maksimum hıza ulaşması sırasında 4500 m/s² ivmelene gerçekleşmektedir.

3.3 Ana Hareket Sistemi Sarsma Kuvvetleri Analizi ve Titreşimin Azaltılması

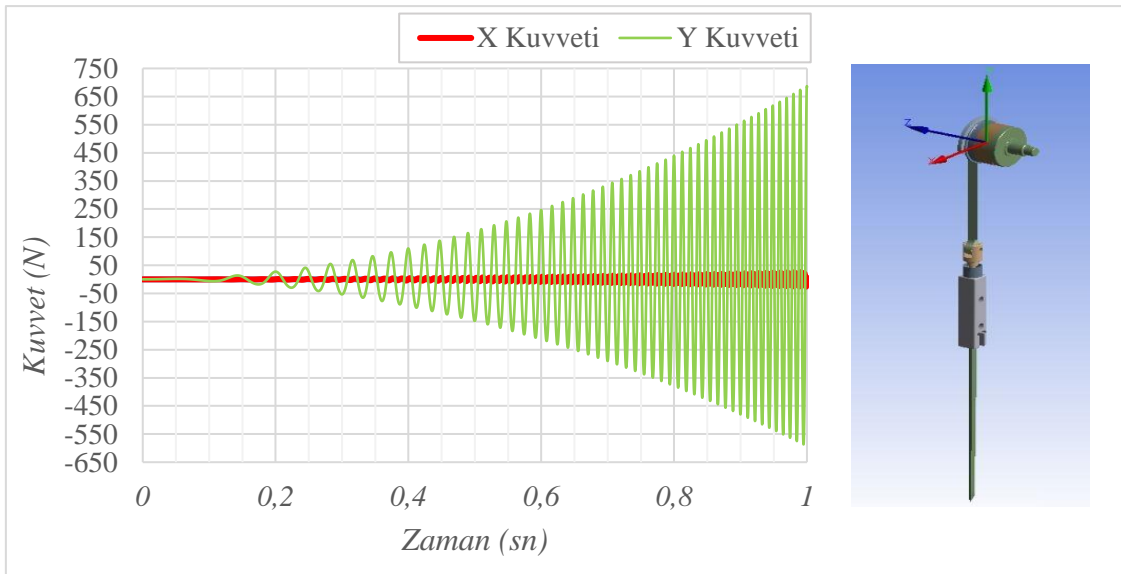
3.3.1 Ana hareket sistemi sarsma kuvvetleri analizi

Kesici mekanizmanın krank hareket grubuna göre tahrik rulman grubundaki rulmanlar dönme hareketini sağlayan motora bağlanan mili desteklemektedir (Şekil 3.8). İç rulman grubu, biyel kolun bağlantı pimini desteklemektedir. Dış rulman grubu ise krank hareket grubunda tüm dönen parçaları desteklemektedir ve dinamik dengeleme bu rulman grubunu etkilemektedir.



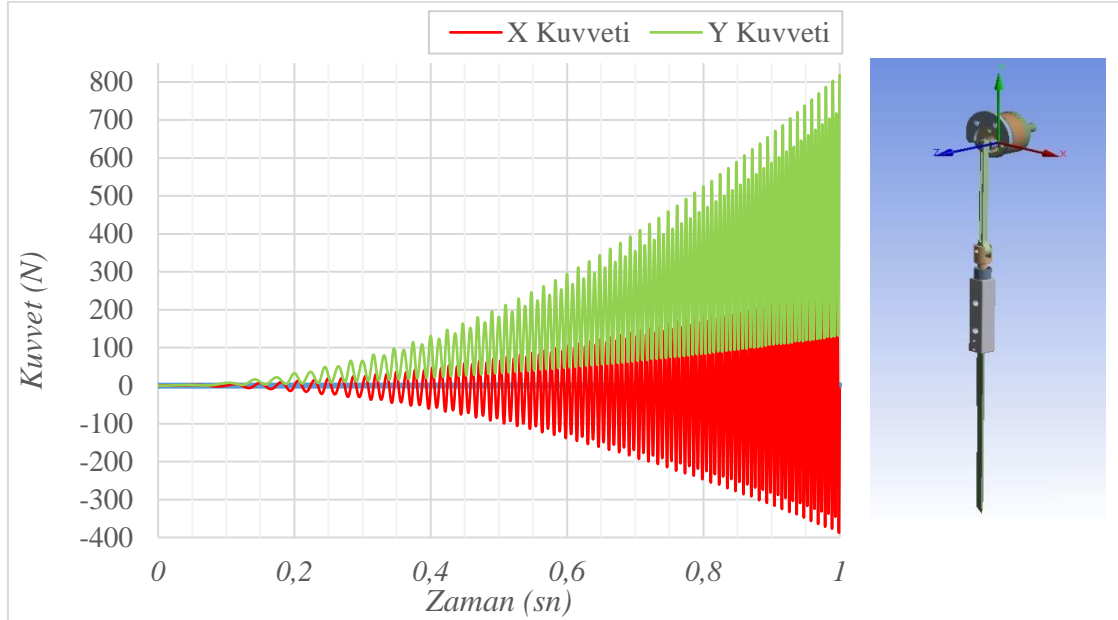
Şekil 3.8. Krank hareket grubu

Kesici mekanizmada kritik rulmanlar için Ansys analiz programı ile sarsma kuvvetleri analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz, gerçek çalışma şartlarına uygunluğu açısından, mekanizmanın 1 saniye içerisinde 0'dan maksimum çalışma hızı olan 6000 d/dk hızına ulaşacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9. Dış rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmemiş sistem)

Dış rulman grubunda, dengeleme ağırlığı olmadan, X ve Y eksenlerinde meydana gelen sarsma kuvvetleri dikkate alındığında Y eksenindeki maksimum sarsma kuvvetleri 695N ve -590N arasındadır (Şekil 3.9). X eksenindeki maksimum kuvvetlerin ise 26N ve -26N aralığında dalgalandığı görülmektedir.



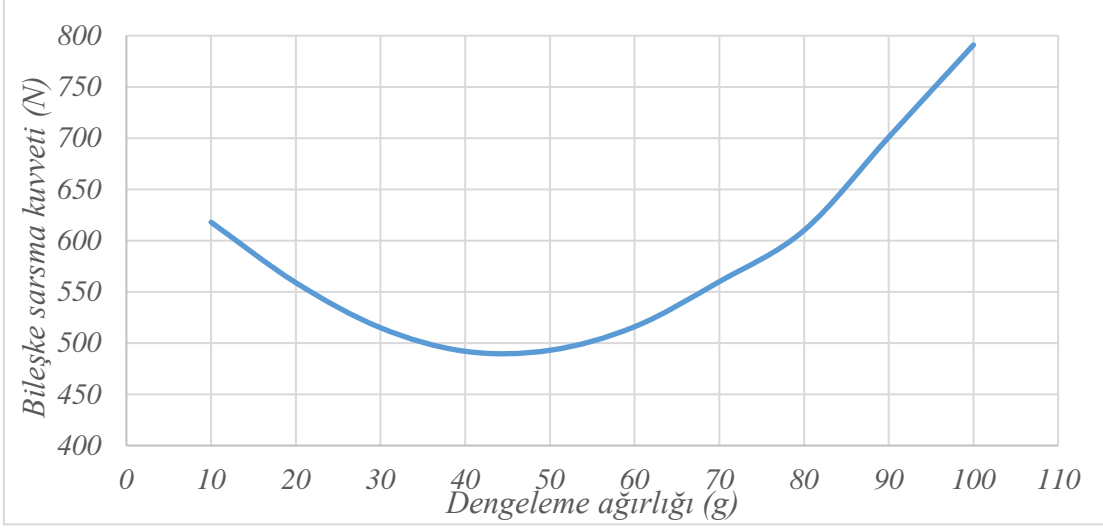
Şekil 3.10. İç rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmemiş sistem)

Biyel kolun kranka bağlandığı iç rulman grubunda, dengeleme ağırlığı olmadan, X ve Y eksenlerinde meydana gelen sarsma kuvvetleri Şekil 3.10'da gösterilmektedir. Y ekseninde 820N ile 130N aralığında gerçekleşen sarsma kuvvetleri, X ekseninde 290N ile -390N aralığında gerçekleşmiştir. Kuvvetlerin negatif ve pozitif değerleri, referans alınan koordinat sistemine göre kuvvet yönlerini ifade etmektedir.

3.3.2 Dengeleme ve titreşimin azaltılması

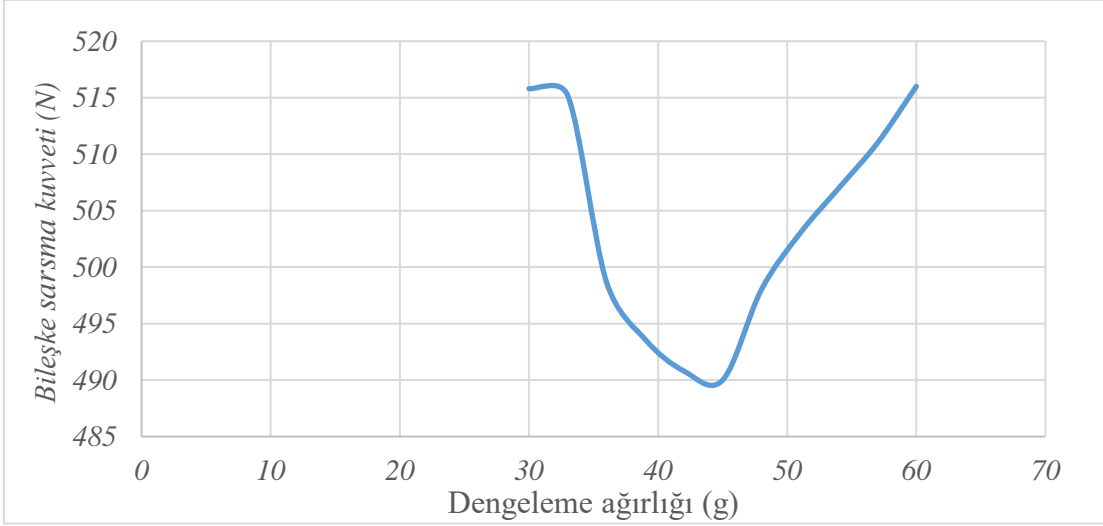
Dinamik dengeleme yapılırken, krank hareket grubunun en dışında bulunan dış rulman grubundaki sarsma kuvvetlerinin değişimi dikkate alınmış ve buradaki kuvvetlerin azaltılması amaçlanmıştır. Analizin hızlı ve anlaşılır olması amacıyla, karşı ağırlık için 10 g ile 100 g aralığında 10 farklı değer için dengeleme analizi gerçekleştirilmiş ve dış rulman grubundaki bileşke sarsma kuvvetinin değişimi incelenmiştir.

Bileşke sarsma kuvvetinin düşük olduğu aralık 30 g ile 60 g olarak bulunmuştur (Şekil 3.11). Bu aralık için dengeleme ağırlığı, önceki analize göre daha küçük değerlerde artırılarak yeni bir analiz gerçekleştirilmiştir.



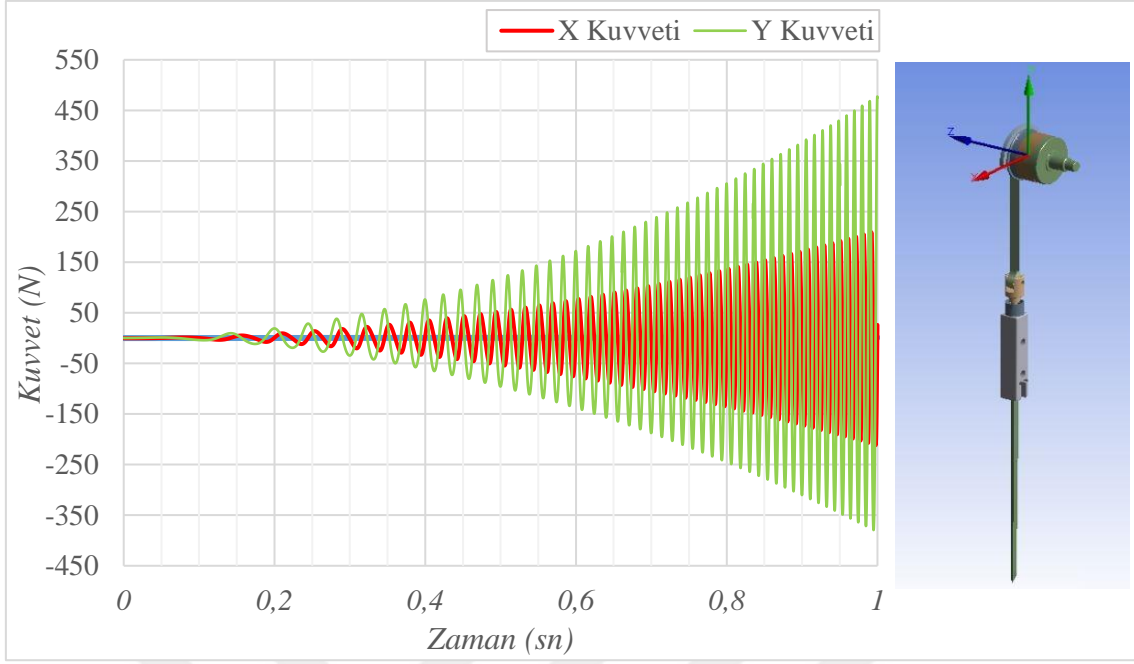
Şekil 3.11. Dış rulman grubunun değişen dengeleme ağırlıklarına göre bileşke sarsma kuvveti

Dengeleme ağırlığı optimum değerine yaklaştıkça bileşke sarsma kuvveti 515N'den 490N'a kadar düşmektedir (Şekil 3.12). Dinamik dengelemenin sağlandığı dengeleme ağırlığı 42 g'a denk gelmektedir. $r' = 12,7 \text{ mm}$ olacak şekilde dengeleme ağırlığı konumlandırılmıştır ve mekanizma için optimum denge konumu olmaktadır.

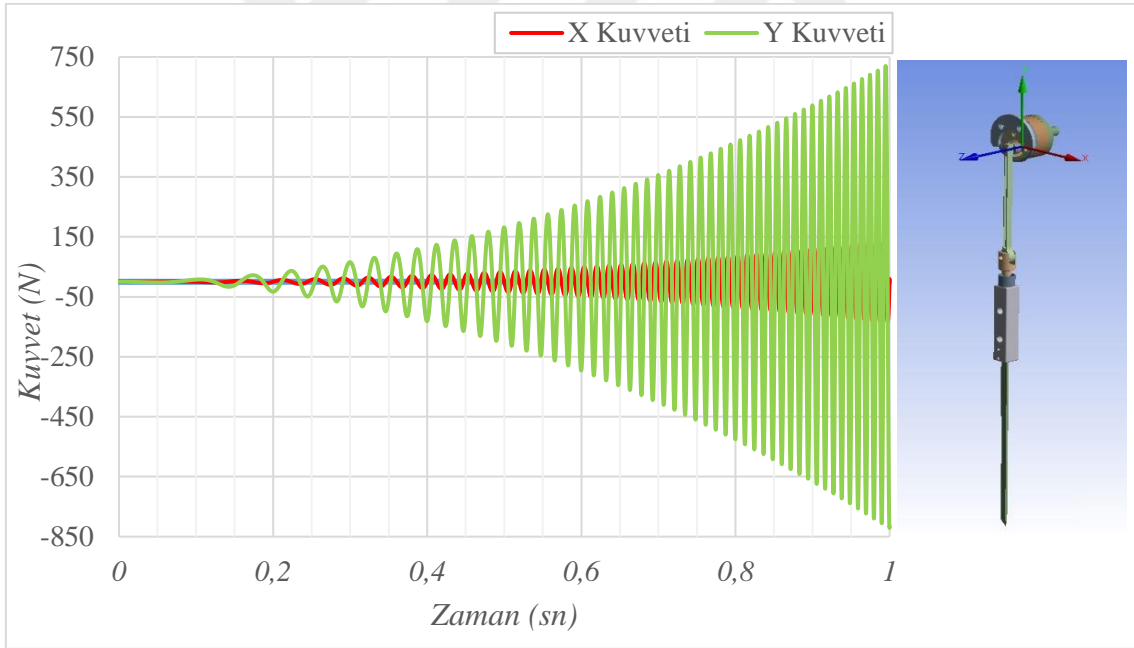


Şekil 3.12. Dış rulman grubunun küçültülerek değişen dengeleme ağırlıklarına göre bileşke sarsma kuvveti

Kesici mekanizmanın dengelenmesinin ardından yapılan dinamik analizlerle elde edilen grafikler şekil 3.13 ve 3.14'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Dış rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmiş sistem)



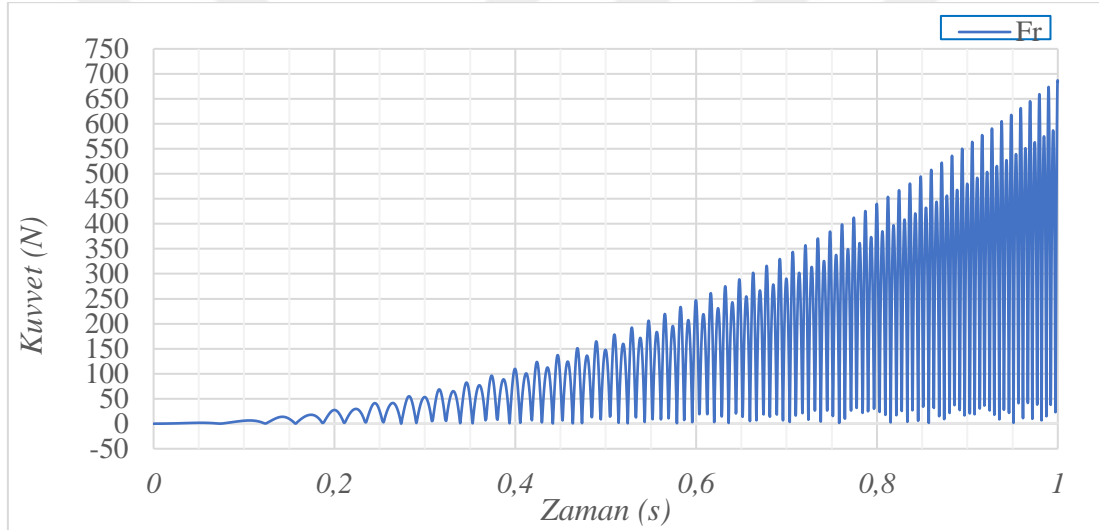
Şekil 3.14. İç rulman grubu sarsma kuvvetleri (dengelenmiş sistem)

Dengelenmiş mekanizmanın dış rulman grubu sarsma kuvvetleri Şekil 3.13'te ifade edilmiştir. Y ekseninde 480N ile -380N aralığında dalgalanmaktadır. Dış rulman grubunun dengelenmemiş sarsma kuvvetleri ile karşılaştırıldığında (695N ve -590N) hem kuvvetleri hem de dalgalanma aralığı, dengeleme ağırlığı ile azalmaktadır. X eksen

sarsma kuvveti 210N ile -210N aralığındadır. Dengelenmemiş duruma göre ise (26N ve -26N) artış olmuştur.

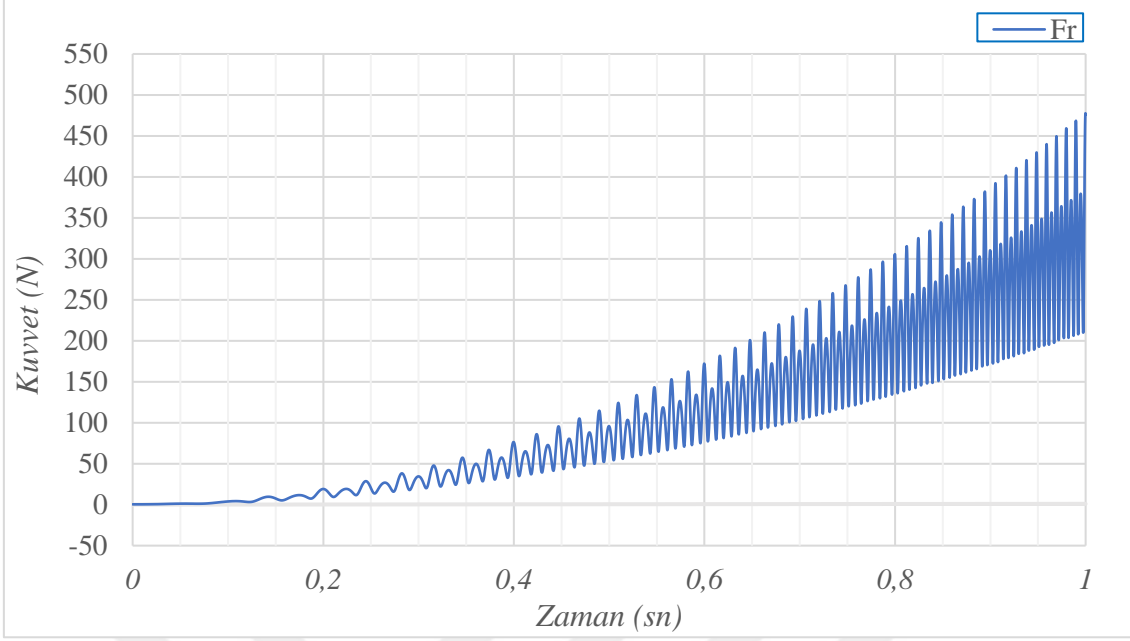
Şekil 3.14'teki grafikte görülen, dengelenmiş mekanizma iç rulman sarsma kuvvetleridir ve Y ekseninde 720N ile -820N aralığında, X ekseninde 130N ile -130N aralığındadır. İç rulman grubunun dengelenmemiş grafiğiyle karşılaştırıldığında Y eksenindeki dalgalanma aralığının arttığı, X ekseninde ise hem aralığın hem de kuvvetlerin azaldığı görülmüştür.

Dengelenmemiş mekanizmanın dış rulman grubundaki radyal kuvvet (F_r) grafiği incelendiğinde max. 700 N seviyesinde gerçekleşip ve 0 ile 700 N aralığında değiştiği görülmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Dış rulman grubu bileşke sarsma kuvveti grafiği (dengelenmemiş sistem)

Dinamik dengesi sağlanmış mekanizmanın dış rulman grubu radyal kuvveti de şekil 3.16'da elde edilmiştir. Radyal kuvvet, dengelemenin ardından max. 480 N düzeyine kadar gerilemiş ve 210 N ile 480 N aralığında değişkenlik göstermiştir.



Şekil 3.16. Dış rulman grubu bileşke sarsma kuvveti grafiği (dengelenmiş sistem)

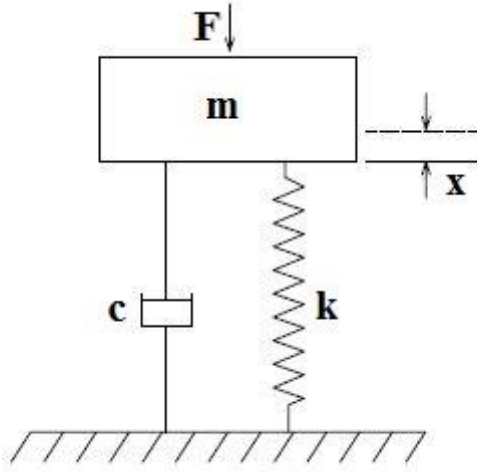
Bu iki grafik karşılaştırıldığında dengelemeden sonra dış rulman grubu max. bileşke sarsma kuvvetinde %31,4 ve dalgalanma aralığında %38,5 düşüş gerçekleşmiştir. Krank mekanizmalarının tam olarak dengelenemediği, kısmen bir dinamik dengenin sağlanabildiği görülmüştür ve bu beklenen bir sonuçtur [29, 30].

Dönen kütlelerin dengelenmesinde karşı ağırlık kullanılmaktadır [17, 31]. Karşı kütlelerin ağırlığı ve konumlandığı mesafe, krank-biyel bağlantı noktasına indirgenen toplam dönen kütleye dinamik olarak eşit olduğunda dengeleme sağlanmaktadır [32]. Dolayısıyla bulgular, literatürdeki çalışmalarla örtüşmektedir.

Ayrıca mekanizma tasarımında rulmanların seçimi kritik öneme sahiptir. Rulman seçiminde aksel ve radyal yükler dikkate alınmaktadır [33–35]. Analiz sonucu elde edilen F_r değeri, tasarımda doğru, uzun ömürlü ve çalışma süresinin daha doğru hesaplanabildiği bir rulman seçimine imkan sağlamaktadır.

3.4 Mekanizmanın Doğal Frekans Analizi

Doğal frekans, cisimlerin kütle ve esnekliğine bağlı, o frekansa maruz kaldığında sürekli ve yüksek genlikte titreşeceği frekanstır [36]. Her cisim bir doğal frekansa sahiptir ve bu frekansta uyarılmazsa doğal frekans ortaya çıkmamaktadır.



Şekil 3.17. Titreşim yapan basit bir sistem modeli

Şekil, titreşim yapan, tek serbestlik dereceli basit bir sistemi göstermektedir. Toplam kütle m , kuvvet F , yay katsayısı k , sönüm katsayısı c , başlangıç konumuna göre yer değişiminin zaman bağlı ifadesi X olarak belirtilmiştir. Sönümsüz bir serbest titreşim için hareket denklemi aşağıdaki gibidir.

$$m\ddot{x} + kx = 0 \quad (3.6)$$

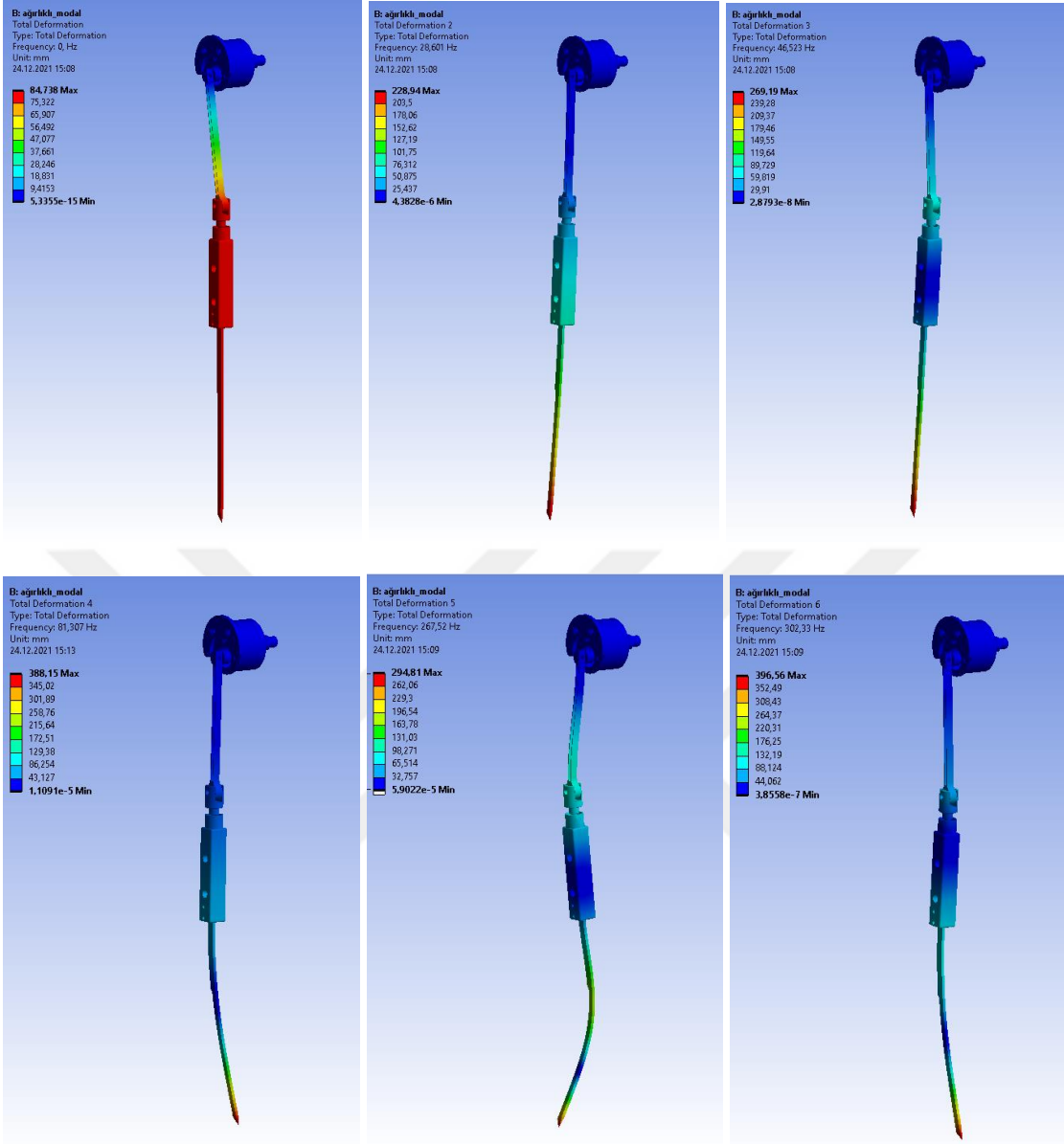
Bu denklemle tanımlanan bir sistemin doğal frekansı (ω_n) ise;

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.7)$$

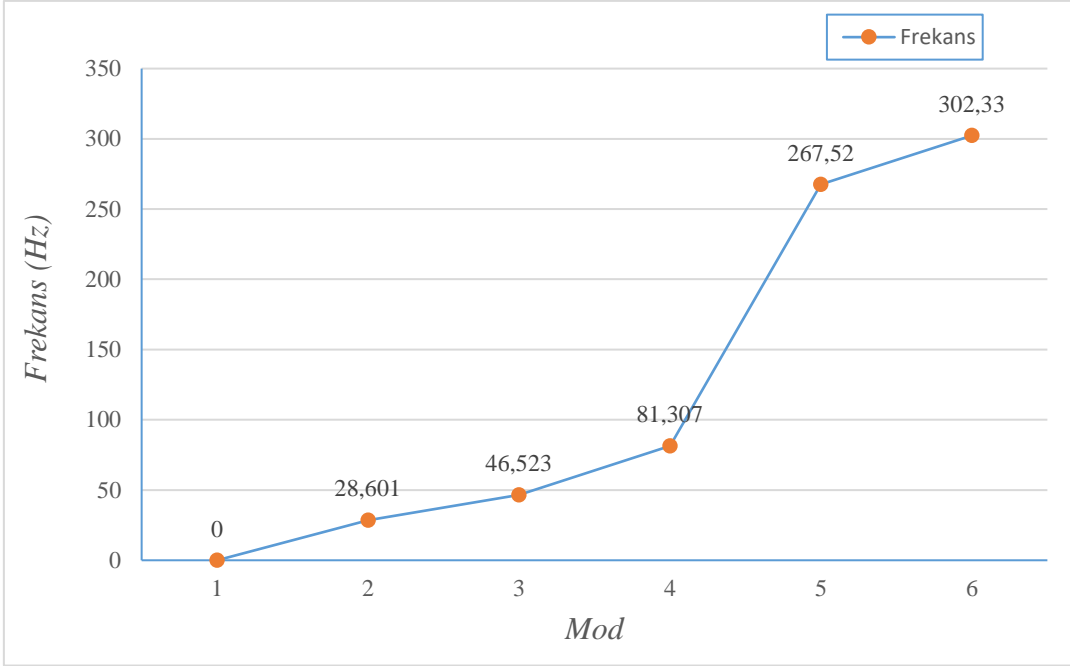
Olarak ifade edilir.

Kesici mekanizmanın çalışması sırasında oluşan titreşimlerin yüksek seviyede olması hem parçaların ömrünü hem de kesim kalitesini olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla doğal frekansa yaklaşılacak çalışma hızlarından uzaklaşmak gereklidir.

Bu çalışmada doğal frekans analizi Ansys/Modal modülü ile gerçekleştirilmiştir. Mekanizmanın çalıştığı maksimum devir 6000 d/dk olması dolayısıyla ilk altı mod şeklinin incelenmesi yeterli bulunmuştur.



Şekil 3.18. Mekanizmanın (soldan sağa sırasıyla) ilk altı mod şekli



Şekil 3.19. Frekans-mod grafiği

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 2\pi f \quad (3.8)$$

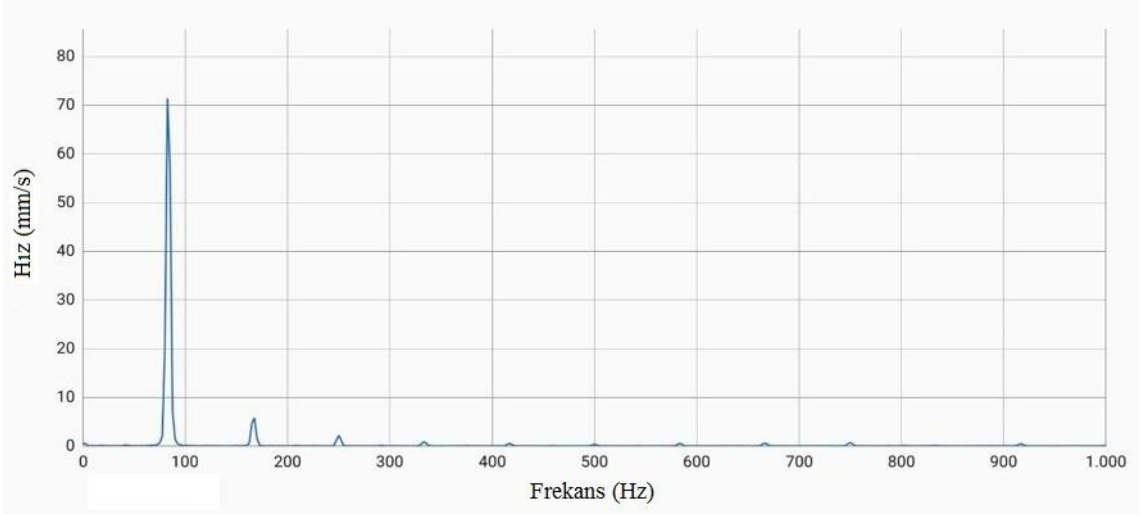
n = Dönme hızı (d/dk)

f = Frekans (Hz)

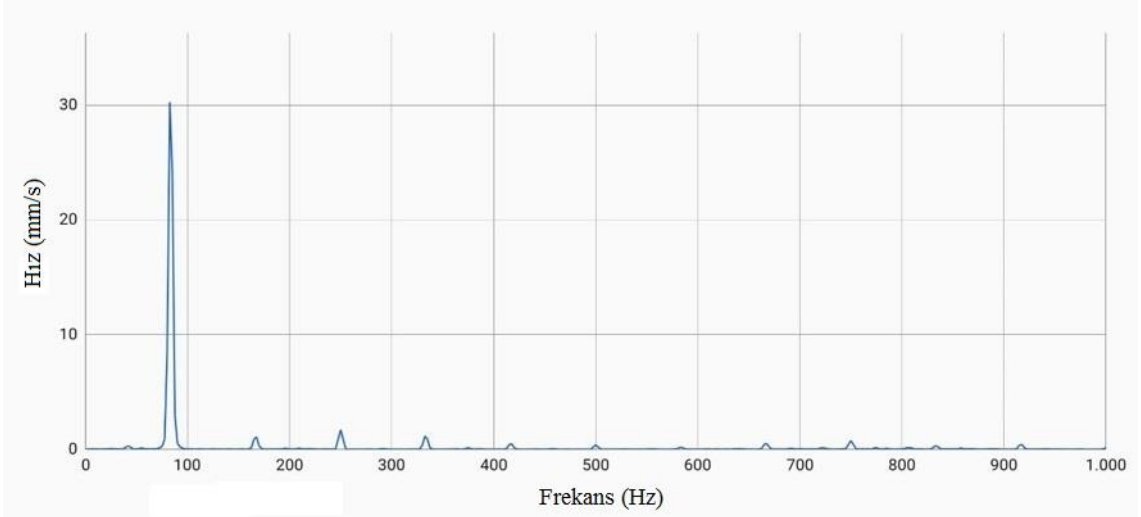
Denklemden hareketle 6000 d/dk dönme hızı 100 Hz frekans değerine karşılık gelmektedir. Şekil 3.19'daki grafiğe göre mekanizmanın bu frekansa en yakın doğal frekans değeri dördüncü modda 81,307 Hz olarak, 4878 d/dk dönme hızında, gerçekleşmektedir. Dolayısıyla 5000 d/dk ve 6000 d/dk hızlarında çalışılması sırasında, sistemin doğal frekanslarıyla çakışma olmayacak, rezonans durumundan uzaklaşılacaktır.

3.5 Titreşim Ölçümü

DeneySEL çalışma, krank grubu sarsma kuvvetleri analizi sonucu elde edilen optimum karşı ağırlığın makine üzerindeki titreşimlere olan etkisini test etmek amacıyla yapılmıştır. Ölçüm cihazı ve deney düzeneği şekil 2.22'de gösterilmiştir. 6000 d/dk dönme hızında karşı ağırlıksız çalışmak deney düzeneğinde aksaklık, arıza yaratacağından titreşimdeki değişimi görmek için 5000 d/dk hızında ölçüm yapılmıştır ve şekil 3.20, şekil 3.21'deki grafikler elde edilmiştir.



Şekil 3.20. Karşı ağırlıksız çalışmada elde edilen hız-frekans grafiği



Şekil 3.21. Karşı ağırlıkla çalışmada elde edilen hız-frekans grafiği

Bu iki grafiğe göre tüm sistemin vibrasyonunu ifade eden hız değeri, karşı ağırlık etkisiyle, 71 mm/s değerinden 30 mm/s değerine kadar düşmektedir. Dengeleme, vibrasyonda %57,7 oranında bir düşüş sağlamıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Konfeksiyon sektöründeki teknolojik gelişmeler ile birlikte kesimhanelere yönelik makineleşme sürecinde kaliteli kesim aranan, sektörde rekabet kıstası haline gelen bir özellik olmuştur. Salınımlı bıçakla kesim yapan makinelerin kesim kalitesini arttıran unsurlardan biri de kesim bıçağının devrinin yüksek olmasıdır. Bıçak devri ile kesim kalitesi arasındaki bu kritik ilişki çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada yüksek katlı materyal kesici makinenin kesim mekanizmasının devrinin arttırılması, olumsuz titreşimlerin azaltılması için karşı ağırlık yöntemiyle dinamik dengelemenin sağlanması ve titreşim seviyesinin durumu incelenmiştir.

Çalışmada üç boyutlu modellemeler için SolidWorks, sonlu elemanlar yöntemli analizler için Ansys, deney düzeneği hız kontrolü için Master Cut programları, titreşim ölçümleri için SKF CMDT 39X model cihazı kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen veriler Microsoft Excel ile grafikler haline getirilip sunulmuştur.

Tasarım gerçekleştirilirken, kesicinin saha şartlarına uyumlu olması dikkate alınmıştır. Mekanizma 5000 d/dk ile 5200 d/dk hızlarında kesim yapabilecek, kesim açısından zor olan bölümlerde, bıçağın problemsiz ilerleyebilmesi için, 6000 d/dk hızlarına çıkabilecektir.

Analizler kinematik, sarsma kuvvetleri ve dengeleme optimizasyonu ve ardından modal olmak üzere sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Kinematik analizlerle kesme bıçağının konum, hız ve ivme değerleri elde edilmiştir. Bıçak konumu krank yarıçapının iki katı olacak şekilde gerçekleşmiştir ve 20 mm strok elde edilmiştir. Maksimum hız 6,5 m/s, max. ivme 4500 m/s² olmuştur.

Sarsma kuvvetleri analizi krank grubu için gerçekleştirilmiştir. Dinamik dengeyi sağlayan en uygun karşı ağırlık 42 g, dönme merkezine uzaklığı 12,7 mm olacağı sonucuna varılmıştır. Daha sonra karşı ağırlıklı ve karşı ağırlık olmadan analizler gerçekleştirilip sarsma kuvvetleri incelenmiştir. Dış rulman grubu için elde edilen radyal kuvvetlerde dengeleme etkisiyle %31,4 azalma görülmüştür.

Mekanizmanın modal analizi gerçekleştirilerek doğal frekansın gerçekleştirilebileceği dönme devirleri incelenmiştir. Analiz açısından ilk 6 modun incelenmesi yeterli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar da bunu doğrulamaktadır. Çünkü 5. modda dahi doğal

frekans 16020 d/dk hızında kendini göstermiştir ki mekanizmanın bu değerlerde çalışması şimdilik mümkün değildir. 1716 d/dk, 2791 d/dk ve 4878 d/dk dönme hızlarında sırasıyla 2. mod, 3. mod ve 4. mod ile çakışma olacağından çalışma sırasında bu hızlar hemen geçilmelidir.

Deney düzeneğinin oluşturulup titreşim ölçümü yapılması iki durum için kıyaslanmıştır;

- Dengelenmemiş (karşı ağırlıksız)
- Dengelenmiş (karşı ağırlıklı)

Ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması için 5000 d/dk hızında çalışılarak inceleme yapılmıştır. Ölçüm cihazı özellikleri gereği 'mm/s' cinsinden genel makine vibrasyonunun ölçülmesini sağlamıştır. Ölçüm sonunda dengelenmemiş durumda 71 mm/s olarak elde edilen vibrasyon değeri, dengelenmiş durumda 30 mm/s olmuştur. Dolayısıyla dinamik dengelenme sonucu makine vibrasyonu %57,7 oranında azalmıştır.

Analiz sonucuna göre, Şekil 3.15 ve şekil 3.16 grafiklerine bakıldığında krank bölgesinde dengelenmenin etkisiyle, 5000 d/dk hızında radyal kuvvetlerin %30 kadar azaldığı görülmektedir. Elde edilen %30'luk azalma, makine titreşimini %57,7 oranında azaltma etkisiyle kendini göstermiştir. Bu durum göz önüne alındığında, dönen cismin dengesizliğinin sadece krank grubunda değil, makinenin diğer bağlantı ve boşluklu çalışma noktalarında da olumsuz titreşim etkisi yarattığı söylenebilir.

Bu ölçümler sonucu dönen cisimlerin dengesizlik etkilerinin yanında imalattan kaynaklı hata ve boşlukların, montajlamadan kaynaklanacak problemlerin ayrıca incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca bu çalışmada olduğu gibi analizler gerçekleştirilerek yapılan çalışmalar analitik yöntemlerle yapılan hesaplamalara göre elde edilen sonuçlara göre çok daha hızlı cevap vermektedir. Hızlı olmasının avantajı sahada ve ticari rekabette ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma, gelecekte eklem boşluklarının mekanizma üzerindeki titreşim etkileri, katlı serilmiş materyallerin kesimi sırasında vibrasyonun ne seviyede olacağı, bıçak hızının artmasıyla bıçağa gelen kuvvetlerin, bıçağın bileme yöntemi ve bilemenin etki seviyesine göre nasıl değişebileceği, bıçak malzemesi ve geometrisine göre artan dönme hızıyla birlikte ısınma etkisi ve bu ısınmanın özellikle kompozit malzemelerde meydana gelebilecek kesim kalitesine nasıl etki edeceği gibi konuların araştırılmasına ışık

tutmaktadır. Ayrıca farklı dengeleme yöntemlerinin uygulanması, sönümlenme elemanları kullanılarak titreşimin azaltılması gibi çalışmalar da geleceğin araştırma konuları olabilir.

Yukarıda belirtilen çalışmaların tamamlanmasıyla birlikte son yıllarda konfeksiyonlarda kullanılan makineler ve özellikle kesme sistemlerindeki gelişmelerin üzerine bir derleme çalışması yapılabilir.



KAYNAKLAR

- [1] TDK, Türk Dil Kurumu, <https://sozluk.gov.tr>, 01 Şubat 2021.
- [2] T.C. Ticaret Bakanlığı, (2020). Hazır Giyim Sektör Raporu.
- [3] Vilumsone-Nemes, I., (2018). *Automation in Garment Manufacturing*, First Edition, Elsevier Ltd.
- [4] Çetin, M.,S., (2011) Bilgisayar destekli bıçaklı bir kesici sistemin çalışma prensibinin analizi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- [5] Gries, T., Veit, D., Wulfhorst, B., (2015). *Textile Technology An Introduction*, Second Edition. Hanser Publishers, Munich, Germany.
- [6] Serkon Makina Ürün Broşürleri, www.serkonmakina.com, 01 Aralık 2021.
- [7] Vilumsone-Nemes, I., (2018). *Industrial Cutting of Textile Materials*, Second Edition, Elsevier Ltd.
- [8] Blekač, R., Geršak, J., (1998). Influence of mechanical and physical properties of fabrics on cutting process. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 10(3–4), 293–304.
- [9] Poole, M.,A., (2000) *Blade Failure in Automated Textile Cutting Machines*. M. Sc. Thesis, University of Texas at El Paso Mechanical and Industrial Engineering, El Paso, USA.
- [10] Çelik, Ş.A., Kayacan, M.C., Aydoğan, T., Çakır, A., (2002). Design and Construction of Cloth Cutting Machine by Computer Controlled. *Politeknik Dergisi*, 5(2), 173–177.
- [11] Kothari, V.K., Das, A., Sreedevi, R., (2007). Cut resistance of textile fabrics - A theoretical and an experimental approach. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 32(3), 306–311.
- [12] Shi, W., Wang, S., Gu, Y., Pan, Y., (2009). Research on the motion control system of multilayer cloth-cutting machine. *International Technology and Innovation Conference*, 12-14 October, Xi'an, China.

- [13] Zhou, J., (2011). Dynamics modeling and simulation for main drive system of automatic cutter. *Applied Mechanics and Materials*, 58–60, 1067–1072.
- [14] Boz, S., Öndoğan, Z., (2012). An investigation on the cutting parameters for various types of fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(1), 52–57.
- [15] Pınarlık, G., Abdulla, G., (2015). Kesme yöntemleri. *YEKARUM e-Dergi*, 3(1), 25–34.
- [16] Cosson-Coche, Q., Cahuc, O., Darnis, P., Laheurte, R., Teissandier, D., Chabirand, D., (2017). Experimental study on cutting flexible sheet materials using an oscillating knife. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29 (3), 349–365.
- [17] Naeeni, I.P., Keshavarzi, A., Fattahi, I., (2019). Parametric Study on the Geometric and Kinetic Aspects of the Slider-Crank Mechanism. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Mechanical Engineering*, 43(3), 405–417.
- [18] Yang, Z., Pan, X., Wang, Y., Tang, W., (2018). Kinematics and dynamics analysis of the main motion system of reciprocating machine tools. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 8 August, Yunnan, China.
- [19] Erkaya, S., (2012). Prediction of vibration characteristics of a planar mechanism having imperfect joints using neural network. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 26(5), 1419–1430.
- [20] Lanets, O., Kachur, O., Korendiy, V., Lozynskyy, V., (2021). Controllable Crank Mechanism for Exciting Oscillations of Vibratory Equipment. *4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*, 8-11 June, Lviv, Ukraine.
- [21] Karibeeran, S.,S., Prakash, M., Alaguraja, R., Radhakrishnan, M., (2015). Computer assisted design and analysis of shedding mechanism of powerloom machineries. *International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 13-19 November, Houston, USA.
- [22] Anık, S., Öğür, A., Vural, M., (1996). *Termik Kesme Teknolojisi*, Gedik Eğitim Vakfı, İstanbul, Türkiye.

- [23] Çırak, B., Durukan, Z., (2014). Lazerle Kesmenin Deneysel Analizi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Modellenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 1–18.
- [24] Serkon Makina (2022) DenimCut DC Serisi Kılavuz.
- [25] SKF(2022) SKF Quick Collec Training, <https://www.skf.com/sg/products/condition-monitoring-systems/basic-condition-monitoring-products/vibration-measurement/quickcollect-sensor>, 01 Şubat 2022.
- [26] Alçelik, N., Kam, M., (2020). Dönen Makinelerde Eksenel Kaçıklık ve Dengesizliğin Titreşim Analizi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7, 256–269.
- [27] Kılıç, E., (2021). Real-Time Acceleration Estimation of a Slider Crank Mechanism with an Enhanced Adaptive Windowing Technique. *European Journal of Science and Technology*, (28), 506–510.
- [28] Mahmood, W.,A., Elkaud, N.,S., Abu El Maaty, A.E., (2021). Possibility of applying a slider-crank mechanism to design sugarcane buds cutter. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, 4(2), 33–47.
- [29] Li, X., Chen, H., Ye, Z., Guo, H., Zou, T., (2019). Dynamic balance optimization of the cutting head for flexible materials based on solidworks. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 81(3), 3–14.
- [30] Zotov,A., Sviridov, A., Valeev, A., (2020). Stabilization of the Torque on the Shaft of a Statically Balanced Crank Mechanism. *International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines*, 16-18 September, Samara, Russia.
- [31] Groza, D., (2016). Balancing of a Slider-Crank Mechanism by Using a Counter Mass and a Progressive Spring with Two Rates. *Applied Mechanics and Materials*, 823, 37–42.
- [32] Uicker, J.,J.,J., Pennock, G.,R., Shigley, J.,E., *Theory of Machines and Mechanisms*, 5th Edition. Oxford University Press, Oxford, UK.
- [33] Kaçal, A., Işık, A., Erginli, M., (2003). Bilgisayar destekli rulman seçimi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, (4), 239–254.

- [34] Çiçek, A., (2007). Dinamik ve statik yüklere göre bilgisayar destekli rulman seçimi. Ayfon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 91–103.
- [35] Şekercioğlu, T., (2020). Rulman Ömürlerinde Güvenilirlik ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Mühendis ve Makina, 61 (700), 198–207.
- [36] Çağlayan, İ.,H., (2009). Rezonans: Makinaların ve Yapıların Gizli Düşmanı. Mühendis ve Makina, 50(598), 55–60.



