İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAM OTOMATİK 3 RENK BASKI MAKİNESİNİN KAPASİTE ARTTIRIMI İÇİN TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI

Makine Müh. İlhan ŞALGAM
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı

Danışman
Prof. Dr. Erol UZAL

Nisan, 2012

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAM OTOMATİK 3 RENK BASKI MAKİNESİNİN KAPASİTE ARTTIRIMI İÇİN TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI

Müh. İlhan ŞALGAM
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makina Mühendisliği Programı

Danışman
Prof. Dr. Erol UZAL

Nisan, 2012

İSTANBUL

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAM OTOMATİK 3 RENK BASKI MAKİNESİNİN KAPASİTE ARTTIRIMI İÇİN TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI

Müh. İlhan ŞALGAM
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Makina Mühendisliği Programı

Danışman
Prof. Dr. Erol UZAL

Nisan, 2012

İSTANBUL

Bu çalışma 30/04/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Erol Uzal(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Y.Doç.Dr.M.Cüneyt FETVACI
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Alaattin AKTAŞ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Fakültesi

Prof. Dr. M. Orhan KAYA
İstanbul Teknik Üniversitesi
Uçak ve Uzay Bilimleri

Prof. Dr. C. Erdem İMRAK
İstanbul Teknik Üniversitesi
Makina Fakültesi

ÖNSÖZ

Uzun ve oldukça yorucu bir süreç olan yüksek lisans eğitiminde pek çok kişinin yardımını gördüm.

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Yrd. Doç. Dr. M. Cüneyt FETVACI' ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez danışmanım çok değerli hocam Prof. Dr. Erol UZAL 'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteğini ve bana olan inancını her zaman hissettiğim annem Fergül ŞALGAM ve babam Tuğrul ŞALGAM' a teşekkür ederim.

Nisan, 2012 **İlhan ŞALGAM**

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ ..... **i**

İÇİNDEKİLER ..... **ii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **vi**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **x**

KISALTMALAR ..... **xi**

ÖZET ..... **xii**

SUMMARY ..... **xiii**

1.GİRİŞ **1**

1.1. TEZİN AMAÇ VE ÖNEMİ **1**

1.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **1**

1.3. TEZİN KAPSAMI **2**

2. AMBALAJ SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ **4**

2.1. AMBALAJ NEDİR **5**

2.2. AMBALAJIN GELİŞİMİ **6**

2.3. AMBALAJIN İŞLEVLERİ **6**

2.4. AMBALAJ TÜRLERİ **7**

2.4.1. Kağıt ve Karton Ambalaj **7**

2.5. OLUKLU MUKAVVA **9**

2.5.1. Oluklu Mukavvanın Tarihçesi **10**

2.5.1.1. Dünya'da Oluklu Mukavva *10*

2.5.1.2. Türkiye'de Oluklu Mukavva *11*

2.5.1.3. Oluklu Mukavvanın Sürekli Yenilikler Çağı ve Değişen Dünyaya Uyarlanması *11*

2.5.1.4. Oluklu Mukavva Tipleri *13*

2.6.OLUKLU MUKAVVA KUTU TİPLERİ **18**

3. BASKI MAKİNESİ VE ELEMANLARI 20

3.1. BASKI MAKİNELERİ İŞLEVLERİ 20

3.2. MAKİNE GENEL GÖRÜNÜMÜ 21

3.2.1. Baskılı Yükleme Ünitesi..... 22

3.2.2. İkinci Renk Ünitesi..... 24

3.2.3. Üçüncü Renk Ünitesi 26

3.2.4. Bıçak Ünitesi..... 28

3.3. BASKI MAKİNESİ DİŞLİ SİSTEMİ 30

3.3.1. Makine Dişlileri Özellikleri..... 30

3.4. BESLEME ÜNİTESİ VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI..... 31

3.4.1. Vakum Sistem ve Tırnaklı Sistem Arasındaki Farklar..... 34

3.5. BASKILI YÜKLEME MAKİNE VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI 36

3.6. İKİNCİ MAKİNE VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI 37

3.7. ÜÇÜNCÜ MAKİNE VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI 38

3.8. SERVO MOTORLAR..... 39

3.8.1.Servo Motor Çeşitleri..... 40

3.8.1.1..AC Servo Motorlar..... 40

3.8.1.2. DC Servo Motorlar 42

3.8.2. Servo Motor ve Sürücü Devre Elemanları 45

3.8.3. Servo Motorun Baskı Makinesine Sağladığı Avantajlar..... 45

3.9. OTOMASYON..... 46

3.9.1. Senkronizasyon ve Sistem Çalışması..... 46

3.9.2. Bıçak ünitesi..... 47

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KONSTRUKSİYON.....49

4.1. METODİK KONSTRÜKSİYON YAKLAŞIMLARI 49

4.2. CAD/CAM/CAE SİSTEMLERİ..... 51

4.3. CAD PROGRAMLARI ARASINDA VERİ (DATA) DÖNÜŞÜMLERİ 54

4.3.1. Veri (Data) Dönüşüm Programları Neden Gerekmektedir 54

4.3.2. DXF (*.dxf) Dosya Uzantısı ve Özellikleri 55

4.3.3. IGES (*.iges, *.igs, *.ige) Dosya Uzantısı ve Özellikleri 56

4.3.4. STEP (*.step, *.stp, *.ste) Dosya Uzantısı ve Özellikleri 56

4.3.5. ACIS SAT (*.sat, *.sab) Dosya Uzantısı ve Özellikleri 56

4.3.6. STL (*.stl) Dosya Uzantısı ve Özellikleri 57

4.3.7. PARASOLİD (*.X_T) Dosya Uzantısı ve Özellikleri 57

5. SONLU ELEMANLAR METODU 58

5.1. GİRİŞ 58

5.2. SONLU ELEMANLAR METODU'NUN UYGULAMA ALANLARI 58

5.3. SONLU ELEMANLAR METODU'NUN MODELLEME VE ÇÖZÜM BASAMAKLARI 59

6. TİTREŞİM 62

6.1.TİTREŞİM TÜRLERİ..... 62

6.1.1. Zorlamalı titreşim 62

6.1.2. Sönümlü zorlamalı titreşim 63

6.2. REZONANSIN SEBEBİ NEDİR? 65

6.3. KÜTLE-YAY-SÖNÜM MODELİNE KOMPLEKS BİR KUVVET UYGULAMAK..... 65

6.4. FREKANS CEVABI MODELİ 66

6.4.1. Frekans Cevabı Modeli..... 68

7. BASKI MAKİNESİ ELEMANLARI ANALİZİ.....69

7.1. BASKI MAKİNESİNİN STATİK ANALİZİ 69

7.1.1. Baskılı Yükleme Ünitesi Statik Analizi 69

7.1.2. Renk Üniteleri Statik Analizi 72

7.1.3. Bıçak Ünitesi Statik Analizi 75

7.2. BASKI MAKİNESİNİN TİTREŞİM ANALİZİ 79

7.2.1.Makinenın Genel Görünümü 79

7.2.2. Baskılı Yükleme Makinesinin Analizi 80

7.2.2.1. Baskılı Yükleme Makinesinin Katı Modeli 80

7.2.2.2. Baskılı Yükleme Makinesinin Sonlu Eleman Modeli 81

7.2.2.3. Baskılı Yükleme Makinesinin Analiz Açıklanması 83

7.2.3. İkinci Renk Makinesinin Analizi 84

7.2.3.1. İkinci Renk Makinesinin Katı Modeli 84

7.2.3.2. İkinci Renk Makinesinin Sonlu Eleman Modeli 85

7.2.3.3. İkinci Renk Makinesinin Analiz Açıklanması 86

7.2.4. Üçüncü Renk Makinesinin Analizi 87

7.2.4.1. Üçüncü Renk Makinesinin Katı Modeli 87

7.2.4.2. Üçüncü Renk Makinesinin Sonlu Eleman Modeli 88

7.2.4.3. Üçüncü Renk Makinesinin Analiz Açıklanması 89

7.2.5. Dördüncü Makinenin Analizi *90*

7.2.5.1. Dördüncü Makinenin Katı Modeli 90

7.2.5.2. Dördüncü Makinenin Sonlu Eleman Modeli 91

7.2.5.3. Dördüncü Makinenin Analiz Açıklanması 93

8. TARTIŞMA VE SONUÇ 94

ÖZGEÇMİŞ 95

KAYNAKLAR 96

ŞEKİLLER LİSTESİ

SAYFA

Şekil 2.1. Dalga şekli **13**

Şekil 2.2. A dalga **13**

Şekil 2.3. B dalga **14**

Şekil 2.4. C dalga **14**

Şekil 2.5. E dalga **15**

Şekil 2.6. Ondüle **15**

Şekil 2.7. Tek yüzlü **16**

Şekil 2.8. Çift Dalga Oluklu Mukavva **16**

Şekil 2.9. Üç Dalga Oluklu Mukavva **17**

Şekil 3.1. Baskı Makinesi Görünümü **20**

Şekil 3.2. Baskı Makinesi Görünümü **20**

Şekil 3.3. Makine genel görünümü (Önden görünüm) **21**

Şekil 3.4. Makine genel görünümü (Arkadan görünüm) **21**

Şekil 3.5. Baskılı yükleme ünitesi (1) **22**

Şekil 3.6. Baskılı yükleme ünitesi (2) **23**

Şekil 3.7. İkinci renk ünitesi (1) **24**

Şekil 3.8. İkinci renk ünitesi (2) **25**

Şekil 3.9. Üçüncü renk ünitesi (1) **26**

Şekil 3.10. Üçüncü renk ünitesi (2) **27**

Şekil 3.11. Bıçak ünitesi (1) **28**

Şekil 3.12. Bıçak ünitesi (2) **29**

Şekil 3.13. Bıçak ünitesi (3) **29**

Şekil 3.14. Baskı Makinesi Dişli Sistemi **30**

Şekil 3.15. Besleme ünitesi – (Orijinal Fotoğrafı) **31**

Şekil 3.16. Besleme ünitesi **31**

Şekil 3.17. Besleme ünitesi (İsometrik Görünüm) **32**

Şekil 3.18. Besleme ünitesi (İsometrik görünüm - 2) **32**

Şekil 3.19. Besleme ünitesi (Önden görünüm) **32**

Şekil 3.20. Besleme ünitesi (İsometrik görünüm - 3) **33**

Şekil 3.21. Besleme ünitesi (Patlatma Görünümü) **33**

Şekil 3.22. Tırnaklı Sistem (1) **34**

Şekil 3.23. Tırnaklı Sistem (2) **35**

Şekil 3.24. Tırnaklı Sistem (3) **35**

Şekil 3.25. Vakumlu Sistem **35**

Şekil 3.26. Baskılı yükleme vakum transfer sistemi **36**

Şekil 3.27. Baskılı yükleme vakum transfer sistemi (Patlatma Görünümü) **36**

Şekil 3.28. İkinci makine vakum transfer sistemi **37**

Şekil 3.29. İkinci makine vakum transfer sistemi (Patlatma Görünümü) **37**

Şekil 3.30. Üçüncü makine vakum transfer sistemi **38**

Şekil 3.31. Üçüncü makine vakum transfer sistemi (Patlatma Görünümü) **38**

Şekil 3.32. Dijital yapılı adım motor sürücü devresi **39**

Şekil 3.33: A.C Servo motor stator ve rotorları **40**

Şekil 3.34: Servo motor kesiti **41**

Şekil 3.35: Çeşitli servo motorlar **42**

Şekil 3.36: "Uzun", "disk", "çan" rotorlu DC servo motorların yapısı **43**

Şekil 3.37: Fırçasız D.C servo motor yapısı **44**

Şekil 3.38: Fırçalı D.C servo motor örnekleri **45**

Şekil 4.1. Metodik Konstrüksiyon İşlem Adımları (Pahl/Beitz 1993) **50**

Şekil 4.2: Üretim Süreci **52**

Şekil 4.3: Veritabanı yoluyla entegre edilen CAD, CAM ve CAE **54**

Şekil 4.4: Veri Alışverişi için Nötr Format **55**

Şekil 5.1. Sonlu elemanlar **61**

Şekil 6.1. Frekans cevabı **64**

Şekil 6.2. Frekans cevabı modeli **68**

Şekil 7.1. Baskılı Yükleme Ünitesi – Solid Sonlu Elemanlar Ağı **69**

Şekil 7.2. Baskılı Yükleme Ünitesi – Von Mises (N/m²) **70**

Şekil 7.3. Baskılı Yükleme Ünitesi – Yer Değiştirme (mm) **70**

Şekil 7.4. Baskılı Yükleme Ünitesi – Şekil Değiştirme, Uzama **71**

Şekil 7.5. Baskılı Yükleme Ünitesi – Güvenlik Faktörü **71**

Şekil 7.6. Renk Üniteleri – Solid Sonlu Elemanlar Ağı **73**

Şekil 7.7. Renk Üniteleri – Von Mises (N/m²) **73**

Şekil 7.8. Renk Üniteleri – Yer Değiştirme (mm) **74**

Şekil 7.9. Renk Üniteleri – Şekil Değiştirme, Uzama **74**

Şekil 7.10. Renk Üniteleri – Güvenlik Faktörü **75**

Şekil 7.11. Bıçak Ünitesi – Solid Sonlu Elemanlar Ağı **76**

Şekil 7.12. Bıçak Ünitesi – Von Mises (N/m²) **77**

Şekil 7.13. Bıçak Ünitesi – Yer Değiştirme (mm) **77**

Şekil 7.14. Bıçak Ünitesi – Şekil Değiştirme, Uzama **78**

Şekil 7.15. Bıçak Ünitesi – Güvenlik Faktörü **78**

Şekil 7.16. Makine analiz görünümü (Analiz) **79**

Şekil 7.17. Baskılı yükleme makinesinin katı modeli **80**

Şekil 7.18. Baskılı yükleme makinesinin sonlu eleman modeli **81**

Şekil 7.19. İkinci renk makinesinin katı modeli **84**

Şekil 7.20. İkinci renk makinesinin sonlu eleman modeli **85**

Şekil 7.21. Üçüncü renk makinesinin katı modeli **87**

Şekil 7.22. Üçüncü renk makinesinin sonlu eleman modeli **88**

Şekil 7.23. Dördüncü makinesinin katı modeli **90**

Şekil 7.24. Dördüncü makinesinin sonlu eleman modeli **91**

TABLOLAR LİSTESİ

SAYFA

Tablo 7.1 : Baskılı Yükleme Titreşim Analizi **82**

Tablo 7.2 : İkinci Renk Ünitesi Titreşim Analizi **86**

Tablo 7.3 : Üçüncü Renk Ünitesi Titreşim Analizi **89**

Tablo 7.4 : Bıçak Ünitesi Titreşim Analizi **92**

KISALTMALAR

Fluting – Oluklu karton

ETY – Etkili tüketici yanıtı

PWM – Pals genişlik modülasyonu

CAD – Bilgisayar destekli tasarım

CAM – Bilgisayar destekli imalat

CAE – Bilgisayar destekli mühendislik

ÖZET

TAM OTOMATİK 3 RENK BASKI MAKİNESİNİN KAPASİTE ARTTIRIMI İÇİN TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI

Günümüzde, artan ihtiyaç ve minimum maliyet talepleri nedeniyle her alanda en uygun, ürünlere yönelmekte ve yeni talepler ortaya çıkmaktadır. Ambalaj sektörüde bu taleplerin en üst noktalarında yer almaktadır. Ambalaj sektörü günlük her alanında yer almaktadır. Katı, sıvı, gaz her türlü ürün bir ambalajın içindedir. Bu ürünlerin rahat sevkiyatı ve deforme olmaması için en çok kullanılan ambalaj malzemesi oluklu mukavvalardır ve koliler oluklu mukavvalardan yapılmaktadır. Baskı makinaları oluklu mukavvalarının koli için şekillendirilmesini ve metin ve grafiklerin renkli olarak mukavva üzerine basılmasını sağlamaktadır. Halen kullanılmakta olan baskı makinaları tırnaklı beslemeli olduğu için bombeli mukavvaları deforme etmektedir. Ayrıca baskı üniteleri tek bir redüktörden hareket aldığından ünitelerini birbirini bağlayan dişlilerdeki boşluklar baskı kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada 3 renk baskı makinelerinde kapasiteyi arttıracak yeni bir transfer sistemi tasarımı ele alınmıştır. Bombeli gelebilecek mukavvalarda deformasyonu önleyecek vakumlu besleme sistemi geliştirilmiştir. Baskı ünitelerinin bağımsız tahriğini sağlayacak servo sistem gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde baskı makinasının verimliliği arttırılmıştır.

SUMMARY

TRANSFER SYSTEM DESIGN FOR CAPACITY INCREASEMENT OF FULL AUTOMATIC 3-COLOUR PRINTING MACHINE

Nowadays, because of rising need and minimum cost demand, most appropriate goods are preferred every sector and new products are come up. Packaging sector is one of the most requested sectors. Packaging sector is appeared in every field of daily life. Solids, liquids, gases – every kind of products – are in a package. The most used packaging material is corrugated cardboard providing easy shipping without deformation of the products. Printing machine enables the shaping of the corrugated cardboard for packages and pressing the texts and graphics on cardboard in color. Printing machine, which are still in use, deform the swaged cardboard because they are kick-feeding system. Besides this, printing machine are driven by one reducer because of this reason the gaps on gears , which combines the units, are influenced negatively.

In this thesis a new transfer system design, which increases the capacity of trichromatic color printing machine has been studied. A new vacuumed feeding system to prevent the deformation of swaged cardboard has been developed. Servo system that drives the printing units independenty has been developed. As a result, the developed transfer system combined with servo unit has increased the productivity of 3-color printing machine.

1.GİRİŞ

1.1. TEZİN AMAÇ VE ÖNEMİ

Türk ambalaj sanayinde halen yaygın olarak kullanılan baskı makinelerin de baskı merdanelerinin hareketinde elektrik motorlu dişli sistemleri kullanılır. Bu sistemlerdeki dişliler zamanla aşınarak, ürün kalitesinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Ayrıca, mevcut besleme sistemi tırnaklı olduğu için bombeli gelebilecek mukavvalar üretimin aksamasına neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları gidermek için vakumlu transferli besleme sistemi tasarlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, bu çalışmalara elektrik motorlu dişli aktarım yerine her ünitenin birbirinden bağımsız çalışmasını sağlayacak servo kontrollü dişli sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Güncel sistemlerin kapasitesini yüzde yüz artaracağı bu sistemle, vakumlu besleme ve transferler sayesinde ürün kaybını da indirilmesi amaçlanmıştır. Dişli aşınmalarında kaynaklanan hataların, otomasyon kontrolüyle ± 1mm ye kadar indirilmesi servo sistem sayesinde hedeflenmiştir. Kapasitenin elektrik motorlu sistemlerde saatte 4000 olduğu, servolu sistem sayesinde 8000'e çıktığını da göz önüne alınarak verimliliğin ciddi oranda artacağı düşünülmüştür.

1.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Baskı makineleri hakkında kapsamlı bir literatür araştırması bulunmamaktadır. Oluklu mukavva makineleri hakkında bazı tez çalışmaları (DOĞAN, 2007) yapılmasına rağmen, baskı makinelerinin çalışma prensibi üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Genel olarak baskı kalitesinin arttırılması ile ilgili neler yapılabilir, nasıl sorunlarda ne gibi çözümler üretilebilir v.b. çalışmalar mevcuttur (MEGEP, 2008). Bu alanda bilimsel çalışmaların eksikliği ciddi bir şekilde görülmektedir.

1.3. TEZİN KAPSAMI

Tam otomatik 3 renk baskı makinesinin kapasite artırımı için vakumlu besleme sistemi ve servo kontrol sistemi tasarımı gerçekleştirilecektir. En uygun malzeme seçimi yapılarak, gerekli değişiklikler yapılacaktır. Makine geneline yapılacak gerilme ve titreşim analizleri ile makinenin mühendislik normlarına göre güvenlik durumu kontrol edilmesi hedeflenmiştir.

İkinci bölümde, ambalaj sektörüne genel bakış ve ambalajın Dünya'da ki yeri ve gelişimi hakkında bilgiler verilmiştir. Baskı makinelerinin, ambalaj sektöründeki yeri hakkında genel bir kanı elde edilmesi hedeflenmiştir.

Üçüncü bölümde, baskı makinesinin sektördeki işlevi hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Baskı makinesinin CAD modellemede çizilmiş görünümü, dişli yapısı, besleme ünitesi ve vakum transfer sistemi eklenmiş ve bu elemanların görevleri açıklanmıştır. Eski makinelerdeki tırnaklı sistemin resmi eklenerek, yeni sistemle karşılaştırma yapılması amaçlanmıştır. Servo sistem hakkında bilgi verilmiştir. Elektronik haberleşme sistemi ile baskı makinesinin çalışma sistemi açıklanması hedeflenmiştir.

Dördüncü bölümde, metodik konstrüksiyon yaklaşımı açıklanmıştır. CAD/CAM/CAE sistemleri hakkında bilgi verilmiş. CAD modellemede analize geçişte kullanılan data dönüşümleri formatları açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, sonlu elemanlar metodu hakkında bilgi verilmiş, uygulama alanları anlatılmıştır.

Altıncı bölümde, yapılacak titreşim analizi öncesi, titreşim hakkında kısa bir bilgilendirme yapılmıştır. Titreşimin müsaade edilen, sınırların dışına çıkması, transfer sistemini olumsuz etkileyerek, ürün kalitesini azaltmaktadır. Bu bakımdan baskı makinesinin gövde ve merdanelerinin titreşim analizi yapılmaktadır.

Yedinci bölümde, CAD modelleri elde edilen baskı makinesinin statik gerilme analizi ve titreşim analizleri yapılmıştır. Statik analiz sonucunda gövde kalınlığının yeterli olduğu ve makinenin çeşitli parçalarının emniyetli olduğu görülmüştür. Elemanların gerilme ve deformasyonlarının emniyetli sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen makinenin çeşitli elemanlarının titreşim analizinde elde edilen titreşim

modlarının, her durum için rezonans değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Makine merdanelerinin devir hızları ile sonlu eleman modeli elde edilen titreşim frekansları karşılaştırılmıştır. Makine merdanelerinin sürekli çalışan merdaneleri ile çakışan bir frekans aralığı görülmemektedir.

Katı modelleme ve sonlu elemanlar metodu gibi bilgisayar destekli mühendislik araçları, makine tasarımında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Sistemin statik ve titreşim analizleri kolaylıkla yapılmakta ve tasarımdaki çeşitli değişikliklerin etkileri hızlı bir şekilde incelenebilmektedir.

2. AMBALAJ SEKTÖRÜNE GENEL BAKIŞ

Ülkede yükselen yaşam standardı, büyüyen şehirleşme eğilimi, tüketim alışkanlıkları ve tüketici beklentilerinin değişmesi son yıllarda dünya piyasalarında olduğu gibi Türkiye'de de fert başına düşen ambalaj tüketim payı hızla artırmaktadır. Ambalajlamanın herhangi bir ürünün; dış etkenlere karşı korunması ve kalitesi bozulmadan son tüketiciye kadar güvenli taşınması özelliği göz önüne alındığında; günümüzde ambalaj malzemesi olarak oluklu mukavva talebi diğer seçeneklerine göre sahip olduğu üstünlükleri nedeniyle giderek artmaktadır.

141 yıllık geçmişi olan oluklu mukavva, İkinci Dünya Savaşı öncesi yıllarda, ambalajlamada bir ikame maddesi değeri taşımaktaydı. Oluklu mukavvanın bir ambalaj malzemesi olarak gelişmesi, kullanımının yaygınlaşması ve önemi, İkinci Dünya Savaşı yıllarında anlaşılmıştır. Savaş yıllarının en kıymetli ambalaj malzemesi olan oluklu mukavva ambalaj kutuları, taşıdığı özelliklerden dolayı, silahlı kuvvetler dahi, pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişme, savaş yıllarından sonra oluklu hattı imalat sanayinin de hızla gelişmesini ve teknolojik yeniliklerin uygulamaya konulmasını sağlamıştır.

Ambalaj sanayi tüketim ekonomilerinin ortaya çıkışı ve hızlı nüfus artışlarıyla doğru orantılı olarak önem kazanan bir faaliyet sektörüdür. Ambalaj sanayinin mallarına olan talep türev taleptir. Bu sektörün malları genellikle bir ara malı halinde diğer sektörlere girdi olarak katılmakta, tamamlayıcılık özelliği taşımaktadır. Bu nedenle, ambalaj sektöründe üretilen mala olan talep, ambalajlanan mala olan talep değişimine paralellik izlemektedir.

Çalışmada ambalaj sektörü içinde yer alan oluklu mukavvanın gelişimi, kullanıldığı yerler, çeşitleri, üretim tekniklerinin yanı sıra Dünya'da ve ülkemizdeki gelişmeler ile birlikte mevcut durum değerlendirilecektir (ÖNEN, 2002).

2.1. AMBALAJ NEDİR

Ambalaj, mamulün depolanma ve taşınma özellikleri de dikkate alınarak, en elverişli malzeme seçilmesi ve belirli şekil verilmesi suretiyle ucuz ve tüketici ihtiyaçlarını en iyi karşılayacak şekilde paketlenmesi, sarılması işlemidir (ÖNEN, 2002).

Ambalaj bir ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaştırılması aşamalarında dağıtım zinciri olarak ifade edilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma işlemlerinde içerdiği ürünü, koruyan ve üzerinde yer alan bilgilerle iletişim sağlayan optimum maliyetli kaplar ve/veya sargılar olarak tanımlanmaktadır. Ambalajın içerme fonksiyonu ürünü bir arada tutmaya; koruma fonksiyonu ise ürünü belirli bir süre (raf ömrü) fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik etkilerden korumaya yöneliktir.

Aile yapısının küçülmesi, büyük marketlerin sayısının artması gibi nedenlerle, birim ambalaj küçük miktarlarda ürün içermekte, bu durum ise ambalajlama hattının hızlı olmasını gerektirmektedir.

Ambalajlama hattının hızlı çalışması, hattın hızına uygun malzemelerin kullanımını zorunlu hale getirmekte ve hat atıklarının azaltılması, zaman kaybının minimize edilmesi amacıyla yüksek performansta malzeme seçimi gerekli olmaktadır. Ambalajda aranması gereken diğer önemli husus da, ambalajın ürüne uygun olması ve kullanım kolaylığıdır. Ambalajın kolay açılması, bir defada tüketilmeyen ürünlerin tekrar kullanımının sağlanması buna örnek olarak gösterilebilir. Ambalajlamada kullanılan ve ambalajın meydana gelmesine hizmet eden maddelere ambalaj maddeleri denir.

Ambalaj maddeleri, ambalaj malzemeleri ve ambalaj yardımcı malzemeleri olarak ikiye ayrılabilir. Ambalaj malzemesi, ambalajın meydana gelmesi için gerekli olan mamulü örten, saran malzemelerdir. Örneğin, kağıt, karton, alüminyum ve teneke levhalar. Yardımcı ambalaj malzemeleri ise ambalajın tamamlanması için gerekli etiket, çeşitli bantlara, ip, tutkal gibi malzemelerdir.

Ambalaj sanayi tüketim ekonomilerinin ortaya çıkışı ve hızlı nüfus artışlarıyla doğru orantılı olarak önem kazanan bir faaliyet sektörüdür. Ambalaj sanayinin mallarına olan

talep türev taleptir. Bu sektörün malları genellikle bir ara malı halinde diğer sektörlere girdi olarak katılmakta, tamamlayıcılık özelliği taşımaktadır. Bu nedenle, ambalaj sektöründe üretilen mala olan talep, ambalajlanan mala olan talep değişimine paralellik izlemektedir.

Ambalajlar yapıldıkları hammaddelere göre sınıflandırılırlar. Kağıt ve karton ambalaj, selofan ambalaj, metal ambalaj, cam ambalaj, tahta ambalaj, plastik ambalaj, nebati elyaf ambalaj vb.

2.2. AMBALAJIN GELİŞİMİ

Bugünkü çağdaş ambalaj anlayışına uymasa bile, ambalajın 5000 yıldan beri kullanılmakta olduğu bilinmektedir. Milattan 3000 yıl önce, Mısırlılar, Fenikeliler, İranlılar ve Türkler camları üfleyerek şişeler, sıvı gıdalar için küp ve kavanoz gibi kaplar yapabiliyor ve ambalajlama için, bir tür papirüs kullanabiliyorlardı.

Bu ilk ambalajların kullanıldığı çağlarda, toplum ihtiyaçları arttıkça kullanılan ambalaj türleri de çoğaldı. M.S. 105 yılında kağıdın bulunuşu ve 12. yüzyıldan sonra üretim ve tüketimin hızla yaygınlaşması; 15. yüzyılda Avrupa'da başlayan yenileşme hareketleri, ambalajın gelişmesini hızlandıran en önemli etkenlerdir.

Bugünkü şeklide ambalajlamanın yapısı ve kapsamı, son 200 yılda sağlanan gelişmeler ve teknolojik yenilikler sonucu belirlenmiştir.

17. yüzyılda kağıt torbalar, 19. yüzyılda teneke ve oluklu mukavva kutular, süt ve diğer sıvı içecek maddeleri için kaliteli cam şişeler ve diğer ambalaj türleri birbiri ardınca insanlığın hizmetine sunulmuştur.

2.3. AMBALAJIN İŞLEVLERİ

Ambalajdan beklenen beş işlev vardır. Bunlar; taşıma, koruma, tanıtma, ambalajlama kolaylığı ve çevreyi korumadır.

Taşıma; ambalajın esas işlevi, ambalajlanan ürünün bir arada tutularak taşınmasıdır. Buna depolama ve istifleme de dahildir.

Koruma; ambalajlanmış ürünler, kullanıcının eline geçene kadar, bir kaç kez yükleme, boşaltma ve taşıma işlemlerinden geçerler. Bu işlemler sırasında ambalajın karşılaşabileceği tehlikelere (nem, şok, titreşim, oksidasyon, aşırı sıcaklık değişimleri) karşı ürünü koruması gerekir.

Tanıtma; ambalajlanan ürünün cinsi, nerede üretildiği, miktarı, çabuk bozulabilir veya tehlikeli olup olmadığı, ambalajı sayesinde tüketiciye tanıtılmış olur.

Ambalajlama Kolaylığı; ambalaj, ürüne kullanım kolaylığı sağlamalı ve amaca uygun olmalıdır. Örneğin, ürünler ambalaj sayesinde daha kolay yüklenir, boşaltılır ve taşınırlar. Bu yolla, işçilik maliyetinden tasarruf sağlanmış olur. Ayrıca, ambalajlı ürünlerin pazarlanması çok daha kolaydır.

Çevreyi Koruma; ambalaj, kendisini ve ambalajlanan ürünü, dağıtım zinciri boyunca, çevreyi kirletmeden tüketiciye ulaşması sağlamalıdır.

2.4. AMBALAJ TÜRLERİ

2.4.1. Kağıt ve Karton Ambalaj

Kağıdın ucuz ve işlenmesi kolay olması nedeniyle ambalaj maddeleri içinde tercih sıralamasında kağıt ve karton ilk sırada yer almaktadır. Kağıt ve karton ambalaj şekilleri sargılıklar ve sargılık kağıtlardan mamul kese kağıdı ve küçük torbalar, büyük ağır hizmet torbaları, katlanabilir veya katlanamaz karton veya mukavva kutular, etiketler, destek ve dolgu malzemeleri ve diğer katkılardır. Yapılacak ambalaj türüne göre kağıtta belirli özelliklerin bulunması gereklidir. Yerine göre bu kağıtlar çeşitli maddelerle işlenerek, kaplanarak, mumlanarak veya parafinlenerek daha iyileştirilmiş ve özellikleri değiştirilmiş olarak ambalajcılara arz edilir (SAKARYA, 2002).

Türkiye'de bilinen ve kullanılan kağıt karton ambalajlar aşağıda ele alınmıştır.

Hutbak Kağıdı, 17-18 gr/m² ağırlığında, % 100 selülozdan mamul, bir yüzü parlak, tam tutkallı, özellikle meyvelerin sarılıp muhafazasında kullanılır.

Kraft Ambalaj Kağıdı, 40 gr / m² ağırlığında, % 100 esmer selülozdan mamul, bir yüzü parlak, tam tutkallı, yüksek mukavemetli, her türlü ambalaj işinde kullanılan kağıtlardır.

Sülfit Ambalaj Kağıdı, 40-50-60-70 gr/m² ağırlığında, % 100 esmer veya beyaz selülozdan mamul, bir yüzü parlak, tam tutkallı, mukavemetli, üzerine baskı yapmaya müsait ambalaj kağıdı olarak her türlü sargılık işlerinde kullanılabilen kağıtlardır.

Kraft ve Sülfit imitasyon Kağıdı, 60-70 gr /m² ağırlığında, takriben % 60-70'i selülozdan, geri kalan kısmı temiz döküntü veya eski kağıttan mamul, vasat mukavemet isteyen ambalaj işlerinde, özellikle kese kağıdı olarak kullanılabilen kağıtlardır.

Adi Ambalaj Kağıdı (Srenz) , Selüloz miktarı daha az, çoğunlukla eski kağıttan mamul, bir yüzü parlak, % 100-180 gr/m² ağırlığında olup genellikle kasapların kullandığı kağıtlardır.

Oluklu Mukavva, 20 yüzyılda bulunmuş kağıttan mamul en önemli ambalaj maddelerinden biridir. İki düz karton (lineer) arasında bunları birleştiren oluklu bir kartondan (oluklu karton) ibaret olan oluklu mukavva şok ve basınca çok dayanıklı bir yapı teşkil eder. Olukların arasındaki mesafeye, oluk sayısına, oluklu katların sayısına ve kartonların kalınlığına göre şok ve basınca mukavemeti daha fazla olabilir.

Karton grubunda ambalaj malzemesi olarak; Gri Karton, Kroma Karton, İki Katlı (duplex) veya Üç Katlı (triplex) Kartonlar ve Saman Karton kullanılmaktadır. Yukarıda sayılan ürünlerden en ucuzu Saman Karton, en pahalı olanı ise İki Katlı veya Üç Katlı Kartonlardır. Selofan Kağıdı, Selefan, şeffaf, parlak, lifsiz ve deliksiz, rejenere selüloz esaslı, en ince bir filmdir. Genellikle gıda maddelerinin ve sigaraların ambalajlanmasında kullanılır. Selofanın Türkiye'deki ticari ismi selon'dur. Selofan, kağıttan sonra bilinen en eski ambalaj maddelerinden biridir. Selofan buhara karşı dayanıksız olup, su emme kapasitesi % 100'dür.

Kuru iken gazlara karşı geçirgen değildir. Laklanarak ve lamine edilerek özellikleri geliştirilen selofan, başlıca üç şekilde sınıflandırılabilir. Laklanmış düz selofan, nitro selüloz lakı ile laklanmış selofan, poliner kaplı selofan. Selofan ambalajının başlıca kullanım yerleri, undan yapılmış yiyecekler, taze etler, şeker ve şekerli mamüller, hazır yiyecekler, kuru yemiş ve kuru meyveler, tütün sigara ve benzeri maddeler ve bazı endüstriyel ambalajlardır.

2.5. OLUKLU MUKAVVA

Oluklu mukavvanın geçmişi yüzyıldan daha eskiye dayanır. Oluklu mukavva mal ve eşyaların korunması ve paketlenmesi ihtiyacı nedeni ile yeni bir kağıt kullanımı olarak ortaya çıkmıştır.

Bugüne kadar değişimlere uğramış olmasına rağmen, oluklu mukavva hammaddesi açısından eski örneklerinden çok farklı değildir. Hammaddesi olan kağıdın yeniden üretilebilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilen bir madde olması dolayısıyla çevre uyumu en yüksek olan ambalaj türü diye tanımlanabilir. Malzemenin tüm ömrünü, yani hammaddesinin tabiattan elde edilmesi ile, kullanımdan sonra hurdasının son işlemini içeren süreçte; oluklu mukavvanın çevre uyumu en yüksek ambalaj malzemesi olduğu kanıtlanmıştır.

Ülkemizde 1953 yılında üretilmeye başlayan oluklu mukavva hızla gelişerek bugünkü seviyesine gelmiştir. Henüz, gelişmiş ülkelerle aramızda kullanım miktarı açısından büyük farklılıklar vardır. Tarımsal ve sınai ürünlerin maliyetleri üzerinde dikkatler yoğunlaştığı ölçüde, oluklu mukavva kullanımı da artacaktır. Çünkü oluklu mukavva ambalaj bir maliyet unsuru değil; maliyet düşürme aracıdır. Büyük emeklerle ortaya çıkan ürünün iyi ambalajlanmadığı için değerini kaybetmesi ve hatta yok olması; iyi tasarlanmış, iyi üretilmiş ve kullanılmış bir ambalajla mümkündür.

Dağıtım harcamalarını azaltarak, üretim ile tüketim noktası arasındaki yolda, paketlediği ürün veya ürünleri en iyi biçimde bir arada tutma, korunma, taşıma, tanıtma görevini üstlenen oluklu mukavva ambalajların kullanıldığı alanlar, her geçen gün artmaktadır. Sıvı, katı, taneli, yumuşak, sert, dayanıklı veya hassas tüm ürünler, oluklu

mukavva ile güvenli olarak ambalajlanabilmektedir. Her oluklu mukavva kutu, paketlediği ürün özelliklerine uygun olarak tasarlanmakta; dolum koşullarına, palete, istife, depolama ve nakliyeye uygunluğu göz önüne alınarak üretilmektedir. Önceleri, genellikle taşıma ambalajı olarak kullanılırken, bugün satın aldığımız kitap, ayakkabı, hediyelik eşya, sebze meyve gibi pek çok ürünü paketleyen oluklu mukavva, özellikle çevre duyarlılığının arttığı son yıllarda, tanıtım ambalajı, çikolata ambalajı, resim çerçevesi, hediye kutusu, vitrin dekoru olarak, kullanıcıya çok yakın olmayı başarmış bir malzemedir.

1996 yılında Dünya'da kişi basına ambalaj tüketimi şöyledir;
% 42,7 Kağıt Karton,
% 10,7 Plastik,
% 10 Metal,
%13,3 Ahşap,
% 23,3 Cam.

2.5.1. Oluklu Mukavvanın Tarihçesi

2.5.1.1. Dünya'da Oluklu Mukavva

Oluklu mukavvanın gelişimine ait bazı önemli tarihler şöyledir;
1856- Healey ve Allen adlarında iki İngiliz ilk oluklu mukavvanın patentini aldılar. İlk örnek kağıt, iki adet yivli silindirden oluşan, el ile çalışan çok basit bir makine ile oluklu hale getiriliyor ve bu ürün silindir şapkaların astarı olarak kullanılıyordu.

1871- Amerikalı Albert L. Jones, oluklu mukavvanın ilk kez paketleme (ambalaj) malzemesi olarak patentini aldı ve şişe vb. kırılacak eşyaları ambalajlamakta kullandı.

1874-ABD'de Oliver Long bir yüzüne astar koyarak güçlendirdiği oluklu mukavvanın patentini aldı.

1881- Oluklu mukavvanın öncüleri sayılan bazı üreticiler yaptıkları yeniliklerle patentler aldılar. Bu kişiler çalışmalarını yeni makineler geliştirmekte yoğunlaştırdılar.
Thompson ve Norris Firması ilk mekanik olarak çalışan tek yüzlü (tek astar) makineyi geliştirdi ve ilk 3 Avrupalı üreticiye tanıttı.

1883-Londra (İngiltere)

1886-Kirchberg (Almanya)

1888-Exideuil-Sur-Vienne (Fransa)

1895-Çeşitli ekipman üreticileri oluklu mukavva işine girdiler. İlk sürekli (uzun metrajlı) oluklu mukavva makinesi Sefton Manufacturing Co. Firmasından Jefferson T. Ferres tarafından geliştirildi.

2.5.1.2. Türkiye'de Oluklu Mukavva

134 yıllık geçmişi olan oluklu mukavva, ülkemizde ilk kez 1954 yılında, dünyada üretilişinden 83 yıl sonra, Seka İzmit'te üretilmiştir. Özel sektöre ait ilk kuruluş olan DAKO, 1960 yılında İstanbul'da faaliyetine başlamış, daha sonra 1966'da BOMSAS, 1968'de OLMUKSA sektöre girmişlerdir. Sektörde gerçek anlamda hızlı büyüme ise 1981 yılından sonra görülür. İlk oluklu mukavva kutuların Amerika'da üretilmiş olması, standard kutulara bugün hala Amerikan Kutu denilmesine neden olmaktadır.

Sektöre giren firma sayısının artması ve mevcut firmaların yeni yatırımlara girmesi sonucu sektördeki kapasite ve üretim miktarları kısa sürede artmıştır.

2.5.1.3. Oluklu Mukavvanın Sürekli Yenilikler Çağı ve Değişen Dünyaya Uyarlanması

Oluklu ambalaj mukavvası üretimi çok hızlı bir gelişim gösterdi. Endüstri Devrimine eşlik eden bu gelişim nakliye ambalajına duyulan artan talebe cevap verdi. Oluklu mukavva üretimi artan ekonomik aktiviteyi yakından takip etti.

Bugün oluklu mukavva üretimi perakende ticaretteki sürekli değişime ve değişen lojistik gereksinimlere ayak uydurmuş durumdadır. 19. yüzyılın sonundan bu yana, oluklu mukavva ham maddeleri, ekipmanları, üretim prosesleri ve paketleme tekniklerinde önemli değişiklikler olmuştur.

Oluklu mukavva üretiminde kullanılan kağıt çeşitleri sürekli artmakta, kullanılan oluk ve astarların çeşit ve kaliteleri yükselmektedir. Ekipmanların geliştirilmesi ile üretim hızı artırılmıştır.

Bilgisayar kullanımı, sürekli mukavva üretimini mümkün kılıp, makinelerin durmasını engelleyerek devrim yaratmıştır. Bilgisayar kullanımı aynı zamanda ambalaj tasarımı ve sipariş prosesinde de etkili olmuştur.

Son on yıllık dönemde yeni baskı teknikleri büyük değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Paketlemenin (ambalajın) lojistik ve pazarlama fonksiyonlarındaki değişimler, ürün tanımlamak için kullanılan bar kodlar, oluklu mukavva ambalaj üzerindeki grafiklerin gelişmesini zorunlu kılmıştır. Küçük oluklar ve yüksek kaliteli kağıt kullanımı pazardaki yeni amaçlara uygun olarak yüksek standartlı grafiklere imkân sağlamıştır.

Oluklu mukavva ambalaj sanayinin ileriye dönük gelişimini etkileyen birçok faktör vardır. Bunların bazıları ambalaj sanayinin kendisinden kaynaklanırken, bazıları da perakende ticaretin yapısındaki değişimler ile büyük yiyecek ve içecek firmalarının kuruluşundan kaynaklanmıştır.

Avrupa'nın önde gelen, hızla gelişmekte olan şirket grupları ulusal ambalaj kriterlerinin yanı sıra, Avrupalı olabilmek için mal ve satış politikalarını rasyonalize etmek durumunda kalmışlardır.

Dünyanın her yerinde pek çok ürün çeşidinde marka ürünler ortaya çıkmakta, perakendeciler ambalaj konusuna daha fazla önem vermekte ve kendi ambalaj stratejilerini geliştirmektedirler.

Ülkeden ülkeye uygulamada önemli farklar olmasına rağmen " Etkili Tüketici Yanıtı " yaygın bir strateji olmaya başlamıştır. ETY, üretim zincirinde katma değer getirmeyen maliyetleri minimize eden bir proje olup, işletme giderleri ile stok miktarını azaltmayı ve tüketiciye daha iyi hizmet sunmayı amaçlar. Oluklu mukavva ambalaj da ETY'nin bir öğesidir.

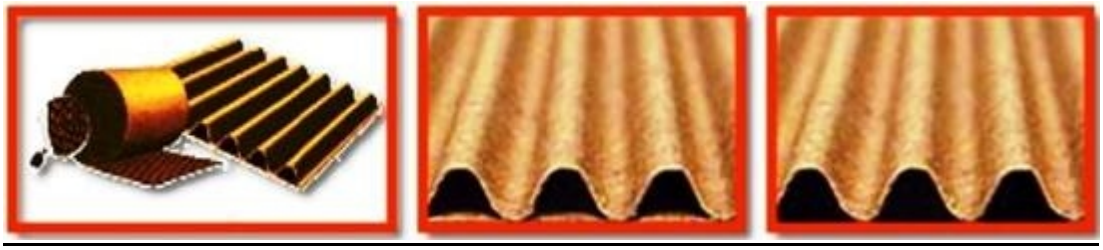
Tüketici davranışı, çevre ile ilgili mevzuat ve bilgilenme teknolojisindeki gelişmeler ürüne olan talebi etkilemektedir.

Tüketiciler çevre ve atık yönetimi ile daha çok ilgilenmeye başladıklarından beri kullanılmış ambalaj malzemesinin ne yapılacağı sorusu ortaya çıkmıştır.

Tüm bu faktörler satın alınan ürünün tipi üzerinde olduğu kadar, ambalaj tipi üzerinde de etkili olmaktadır.

2.5.1.4. Oluklu Mukavva Tipleri

Dalga



Şekil 2.1. Dalga şekli

Oluklara dik olan kesitte görülen ondüle, şekli nedeniyle dalga adıyla tanımlanır ve yüksekliğine, boyuna, metre'deki sayısına göre sınıflandırılır. Dalga şekli, oluklu mukavvanın oluklu karton tabakasında lineer'e oranla daha fazla kağıt kullanılmasına neden olur. 1 metre lineer'e karşın, dalga cinsine bağlı olarak kullanılan oluklu karton miktarı, ondüle katsayısı (germe faktörü) ile belirlenir.

A Dalga

Şekil 2.2. A dalga

Oluk yüksekliğine bağlı olarak kalın duvarlı olması, düşeydeki yükleri çok iyi taşımasını, yatayda ise kolay ezilebildiği için çok iyi yastıklama yapmasını sağlar. Yüzey ezilmeye zayıf olan bu cins, dalga aralığının fazla olması nedeniyle, düzgün baskı yüzeyi vermez. Bu özellikler, çift dalga kombinasyonlarında A dalganın iç yüzde;

birleştiği diğer dalganın, ince ve daha sık aralıklı olması nedeniyle dış yüzde kullanılmasını gerektirir. Başlangıçta ülkemizde çok yaygın kullanımı olan A dalga, yerini kağıt kullanımı açısından daha ekonomik olan daha iyi baskı yüzeyi veren C dalga'ya bırakmaktadır.

B Dalga

Şekil 2.3. B dalga

Duvar kalınlığının az olması nedeniyle düşeydeki yükleri taşımadaki dayanıksızlığına karşın, dalgalarının daha sık olması nedeniyle yüzey ezilmeye oldukça dayanıklıdır. Yine bu niteliğine bağlı olarak baskıda oldukça iyi sonuç verir. Kullanımı en yaygın olan cinstir.

C Dalga

Şekil 2.4. C dalga

A ve B dalgadan sonra ortaya çıkan, ve her ikisinin de iyi özelliklerini taşıyan bu dalga cinsi, iyi taşıyıcıdır ve baskıda iyi sonuç verir. Uzun süre A dalgaya karşı mücadele vermiş olmasına rağmen, kullanımı bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de artmaktadır.

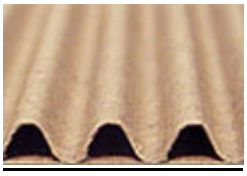
E Dalga

Şekil 2.5. E dalga

Metredeki oluk sayısının fazla olması nedeniyle, mükemmel yüzey ezilme dayanımı olan E Dalga, baskıda, tüm diğer dalga cinslerine göre en iyi sonucu verir. Bu özellikleri ve hafifliği nedeniyle, karton ambalajların yerine başarılı bir şekilde kullanılabilmektedir. E dalga, bir diğer dalga ile birleştiğinde, kusursuz ambalajlar oluştururlar, kendi başına taşıma ambalajı olarak kullanılmaz. E dalga aynı zamanda, ofset baskılı kartona lamine edilerek, tüketici ambalajı olarak kullanılır.

Yine aynı amaçlarla türeyen F dalga ise, tamamen bu amaca yöneliktir. En son üretilen dalga cinsi ise F dalganın % 20 daha ince, metre'de 0,6 mm yüksekliğinde 560 adet dalgası olan N dalgadır. Özellikleri kartona çok benzeyen bu dalga cinsi de laminasyona oldukça uygundur.

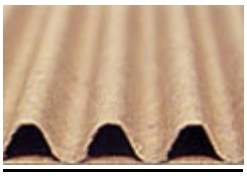
Ondüle



Şekil 2.6. Ondüle

Çeşitli dalga cinslerinde ondüle edilmiş oluklu karton kağıdına verilen isimdir.

Tek Yüzlü



Şekil 2.7. Tek yüzlü

Bir yüzüne kağıt yapıştırılmış ondüle tabakasına verilen isimdir. Bu malzeme sarma, sıkıştırma veya yastıklama amacıyla kullanılmakta olup, kutu yapımında kullanılmaz.

Oluklu Mukavva, en az üç tabaka kağıdın, geometrik bir form verilerek birleştirilmesi ile elde edilen levhaya verilen isimdir.

Çift Dalga Oluklu Mukavva

Şekil 2.8. Çift Dalga Oluklu Mukavva

İç, dış, ara ve iki ondüle olmak üzere, beş kat kağıdın birbirine yapıştırılması ile, çift dalga oluklu mukavva elde edilir. Özellikle ihracat kutularında ve ağır yük taşıyan kutularda kullanılmaktadır.

Üç Dalga Oluklu Mukavva

Şekil 2.8. Üç Dalga Oluklu Mukavva

İç, dış, iki ara ve üç ondüle olmak üzere yedi kat kağıdın birbirine yapıştırılması ile üç dalga oluklu mukavva elde edilir. Az üretilmekte olup, ağır sanayi ürünlerinin ambalajında kullanılmaktadır.

Standard Kutular

Boy x En x Yükseklik ölçülerine, dalga ve Kağıt cinsine uygun katlama payları ilave edilerek hesaplanabilen, kapak boyları değiştirilerek biçimsel olarak farklılaştırılabilen kutulardır.

Standard kutu levhaları, oluklu makinesinden, oluklara dik gelen izleri (rilleri), boyuna ve enine kesimi yapılarak çıkarlar. Bir sonraki işlemler dizisinde; kutunun baskısı yapılır, oluklara paralel ril ve yarıkları yapılır, ekleme kulağı ve kenar ıskartası kesilir ve varsa hava delikleri, tutamakları kesilir.

Kalıplı Kutular

Düz veya silindirik kontrplak üzerine, ambalajın açık sekline göre, çeşitli tipte kesme katlama bıçakları yerleştirilerek hazırlanan kalıplarla kesilen; sonsuz biçimsel esnekliğe sahip kutulardır. Avrupa'da kullanımları çok yaygındır, ülkemizde de süratle artmaktadır. Kalıplı kutular, Rotary die-cutter (silindirik kalıpla kesen) veya Flat bed die-cutter (düz kalıpla kesen) makinelerle üretilirler.

2.6.OLUKLU MUKAVVA KUTU TİPLERİ

Oluklu mukavva kutu tipleri FEFCO tarafından Uluslararası Mukavva Kutu kodu başlığı altında yayınlanmıştır.

Kesikli Tip Kutu (Slotted Type) ; Tek parçalı, yan, alt ve üst birleştirme yerleri, tutkal ile yapıştırılabilen veya bant ya da dikişle birleştirilebilen kutulardır.

Teleskopik Tip Kutu (Telescope Type) ; Birden fazla parçalı olup, bir ana kutu ve buna geçirilen kapak kutuyu içerir.

Katlamalı Tip Kutu (Folder Type) ; Genellikle tek parçalıdır. Kutunun tabanı, kapak ve duvarları birleştirilerek şekil verilir. Tutma yerleri, kilitleme kulakları ve teshir amaçlı kutular bu tip dizayn ile birleştirilerek oluşturulabilir.

Sürgülü Tip Kutu (Slide Type); Biri diğeri içinde değişik yönlerde kayabilen parçalardan oluşmuştur. Bu grup, diğer kutular için dış kılıf olarak kullanılabilen kutuları da kapsar.

Sağlam Kutu Tipi (Rigid Type); Bir ara gövde ve iki ayrı uç parçasından meydana gelmiştir. Kullanımdan önce bunlar dikiş veya benzeri bir işlemle birleştirilir.

Kendinden Kurulu Kutu Tipi (Self Erecting Cases); Bir parça halinde olup, kutu üreticisi tarafından önceden yapıştırılmış olduğu için, düz olarak taşınmakla beraber basit bir işlemle kullanıma hazır duruma getirilebilir.

İç Bölme Parçaları (Interior Fitments); Bunlar, separatör, sıkıştırma elemanı ve diğer bölme parçalarını ihtiva ederler.

Kullanımlarına bağlı olarak ambalajlar iki ana gruba ayrılırlar:

Dağıtım Ambalajları; paketledikleri malı, üreticiden tüketiciye ulaştırana dek bir arada tutar, korur, depolar ve tanıtırlar.

Tüketici Ambalajları; dağıtım ambalajı özelliklerine ek olarak, perakende satışa uygun miktarda paketlenmiş malın, sessiz satıcısıdırlar. Basit görünümlerine karşın, oluklu mukavva kutular, bu fonksiyonların tamamını yerine getirebilecek güçlü strüktüre ve özelliklere sahiptirler.

3. BASKI MAKİNESİ VE ELEMANLARI

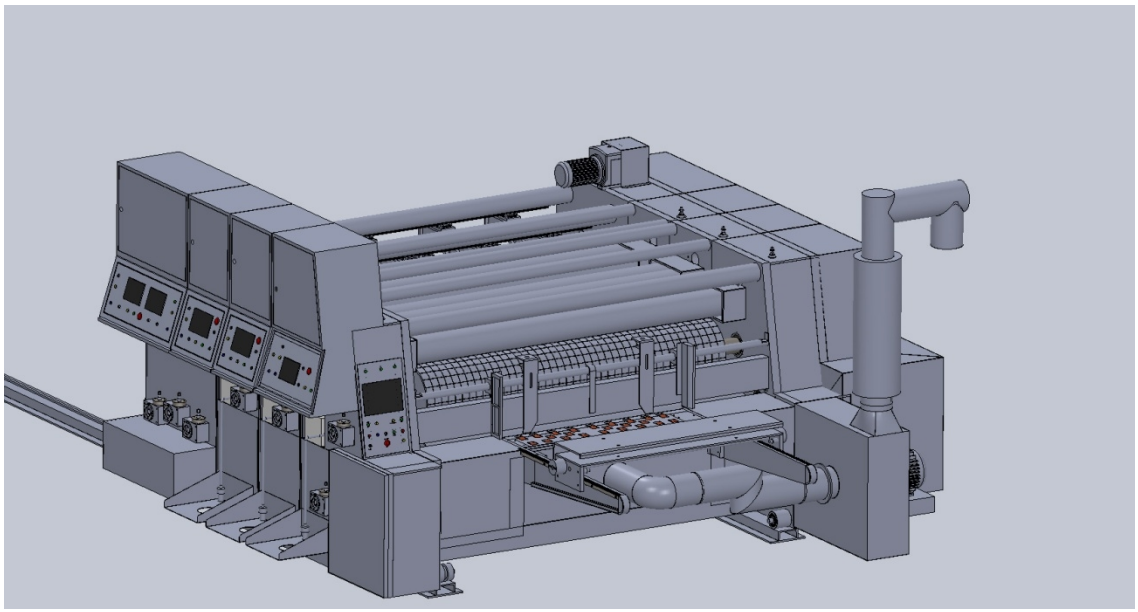
3.1. BASKI MAKİNELERİ İŞLEVLERİ

Şekil 3.1. Baskı Makinesi Görünümü

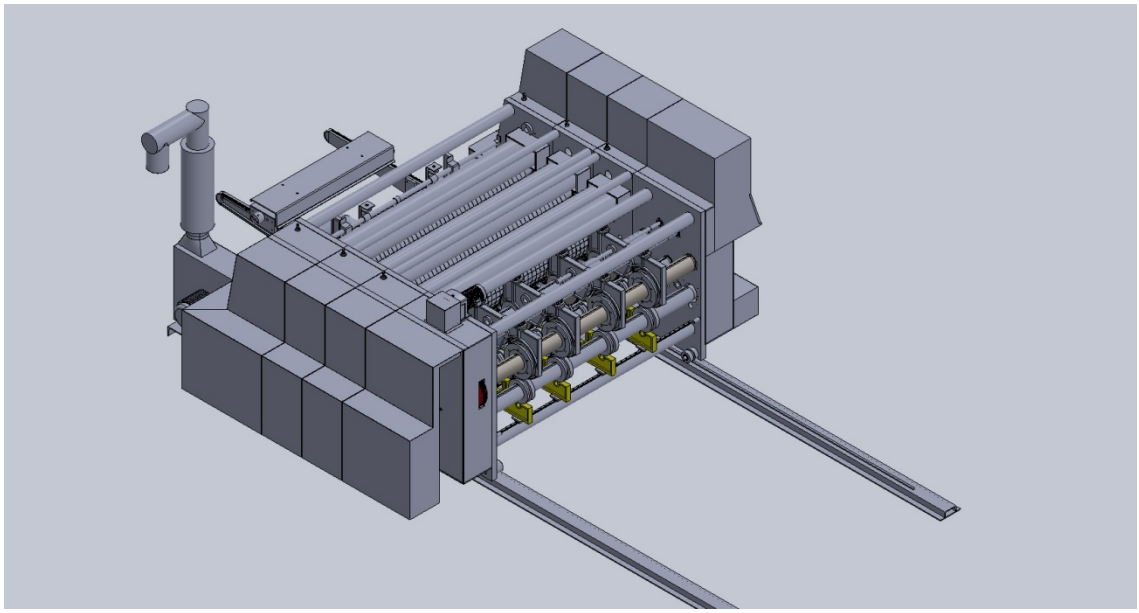
Şekil 3.2. Baskı Makinesi Görünümü

Baskı makineleri, karton üretiminde kullanılır. Ambalaj sektöründe önemli yer almaktadır. Ham plakaları, koli, pizza kutusu v.b. ambalaj malzemeleri haline getirmek için, renkli baskılar yapılmasını ve plakaların katlanıp koli haline getirilebilmesi için katlama çizgileri ve gerekli yerlerde plakadan kesme işlemlerini yerine getirir.

3.2. MAKİNE GENEL GÖRÜNÜMÜ

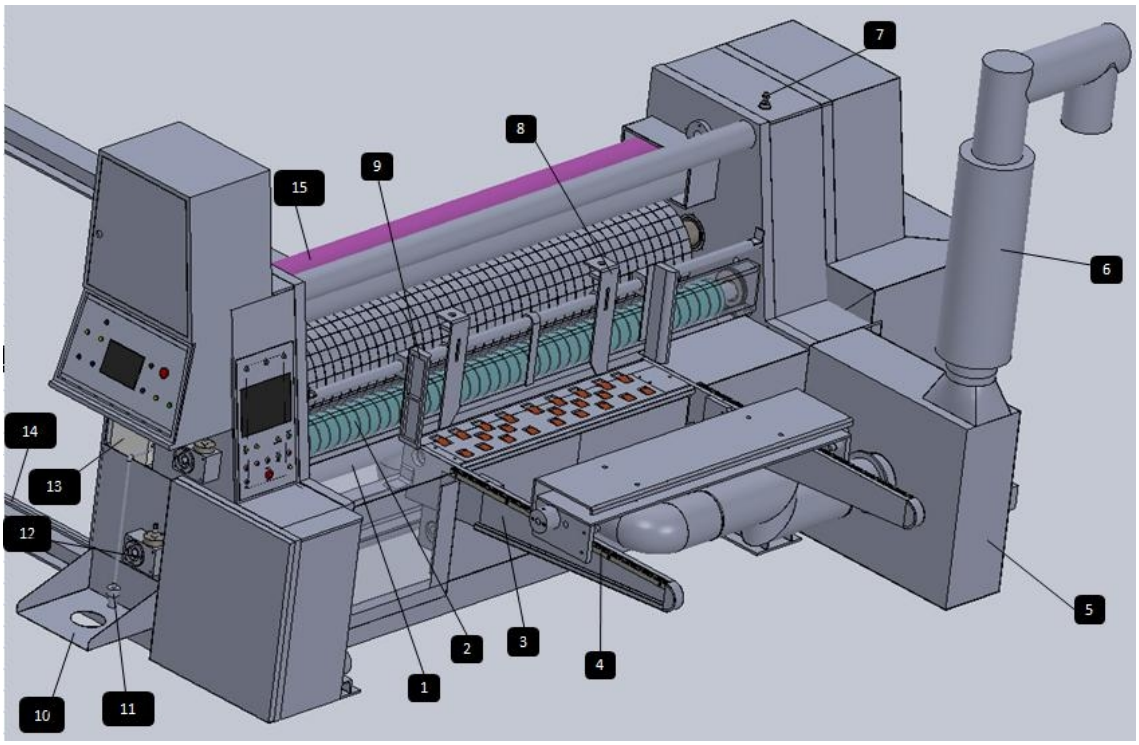


Şekil 3.3.Makine genel görünümü (Önden görünüm)



Şekil 3.4.Makine genel görünümü (Arkadan görünüm)

3.2.1. Baskılı Yükleme Ünitesi



Şekil 3.5. Baskılı yükleme ünitesi (1)

1) Alt Çekici Merdanesi

2) Lastik Çekici Merdanesi

3) Mal Verici – Lama

4) Mal Verici - Krameyer

5) Vakum Fanı

6) Susturucu

7) Kaldırma Pistonu

8) Ön Tırnak

9) Alüminyum - Ön Siper

10) Kova Haznesi

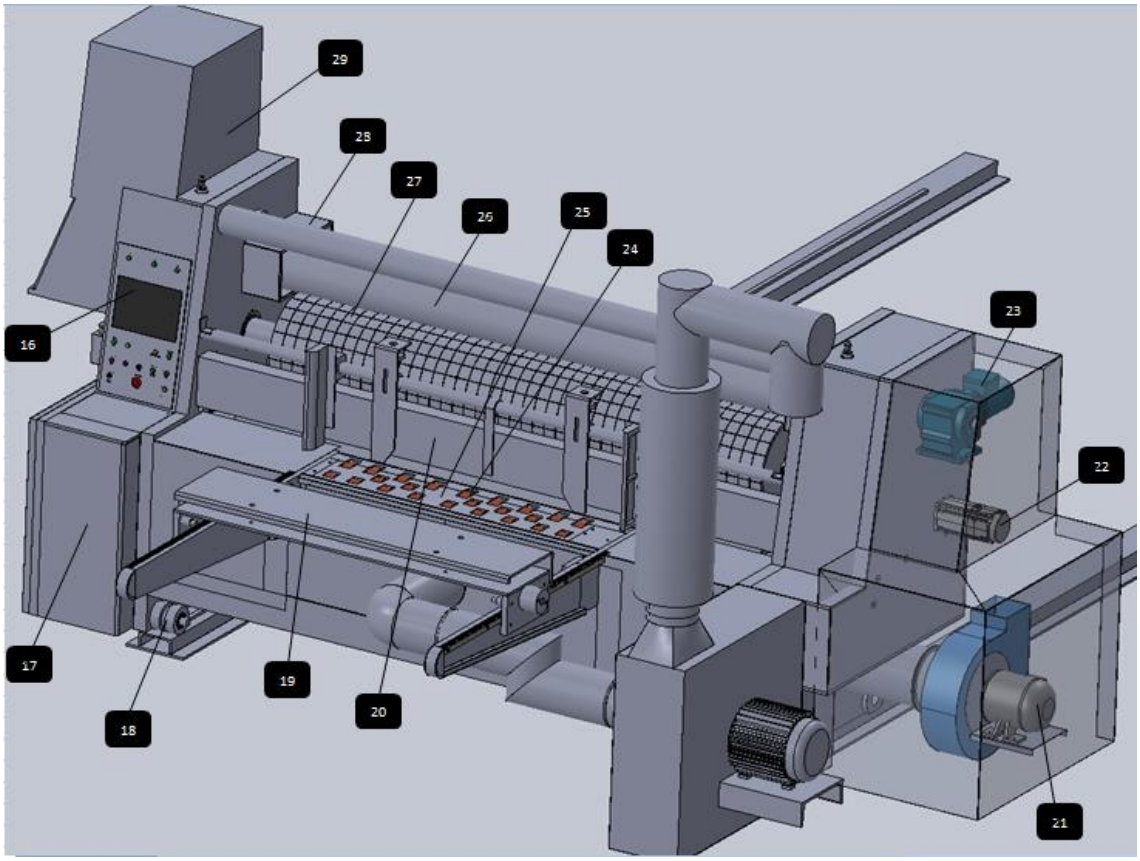
11) Süzgeç

12) Forse Redüktör

13) Boya PoMPası

14) Hareket Rayı

15) Lastik Merdanesi



Şekil 3.6. Baskılı yükleme ünitesi (2)

16) Ön Panel

17) Ana Pano

18) Hareket Makarası (Rulmanlı)

19) Mal Verici Tabla

20) Ön Siper

21) Vakum Transfer Fanı

22) Servo Motor

23) Yıkama Redüktörü

24) Ön Vakum Contası

25) Ön Vakum Tava Üst Sacı

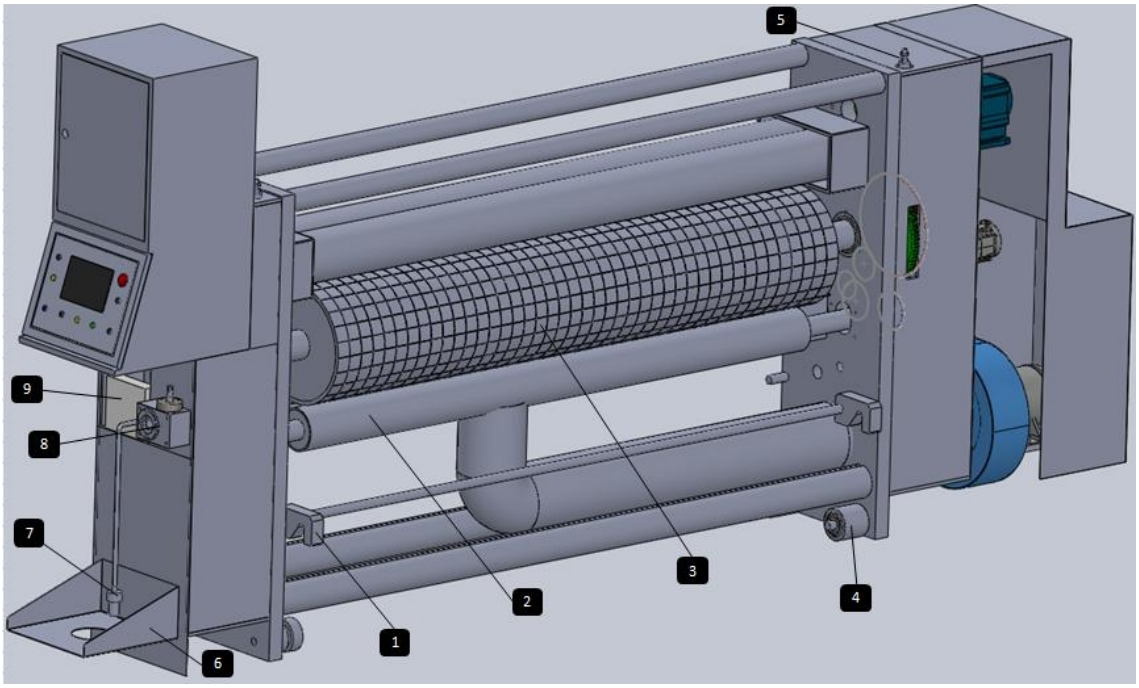
26) Tram Merdanesi

27) Klişe Kazanı

28) Boya Haznesi

29) Pencere Pano

3.2.2. İkinci Renk Ünitesi



Şekil 3.7. İkinci renk ünitesi (1)

1) Kitleme Takozu

2) Forse Merdanesi

3) Klişe Kazanı

4) Hareket Makarası (Rulmanlı)

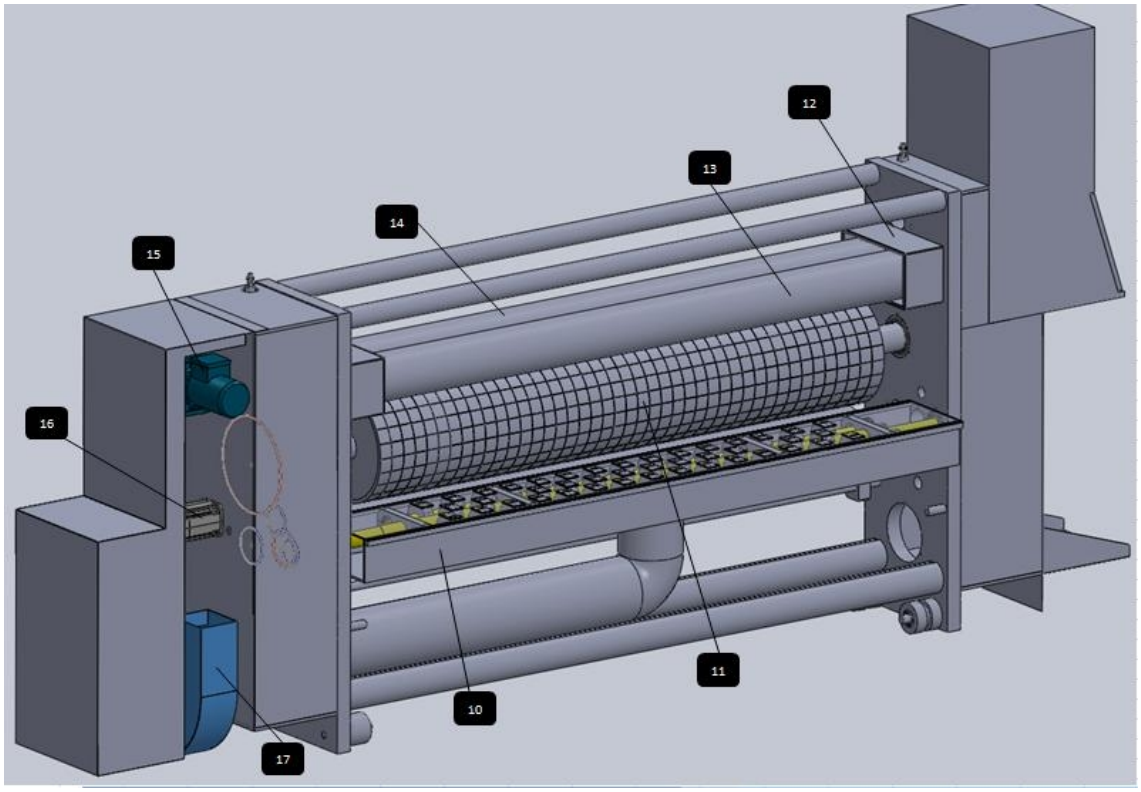
5) Kaldırma Pistonu

6) Kova Haznesi

7) Süzgeç

8) Forse Redüktör

9) Boya PoMPası



Şekil 3.8. İkinci renk ünitesi (2)

10) Vakum Transfer Tavası

11) Klişe Kazanı

12) Boya Haznesi

13) Tram Merdanesi

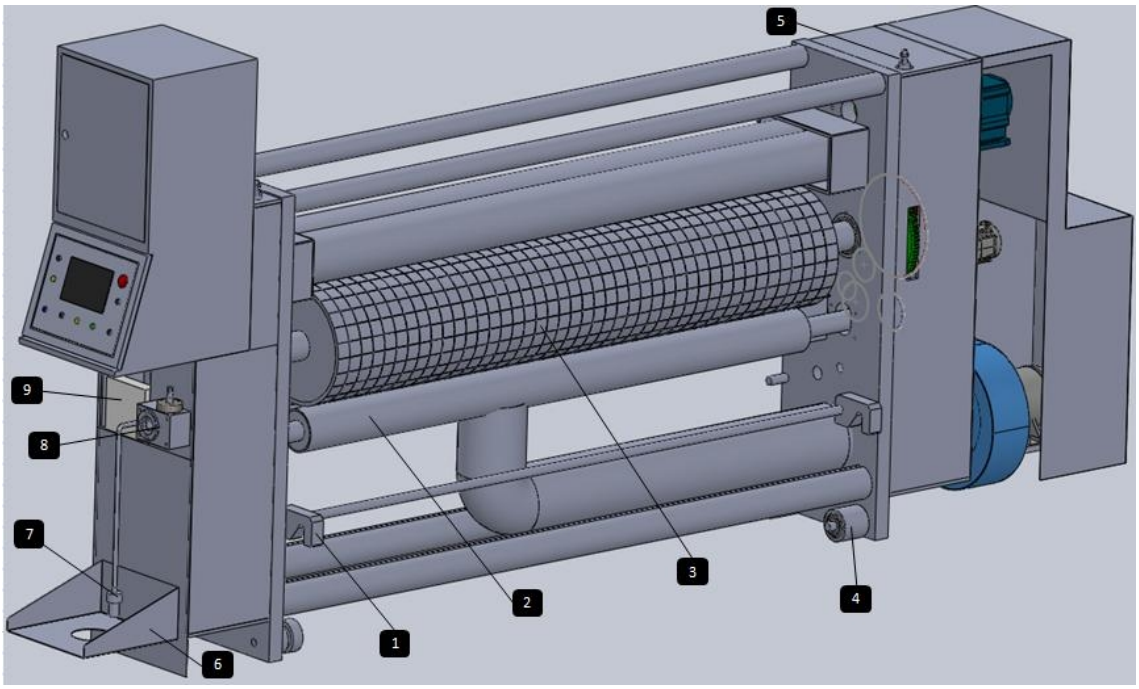
14) Lastik Merdanesi

15) Yıkama Redüktörü

16) Servo Motor

17) Vakum Transfer Fanı

3.2.3. Üçüncü Renk Ünitesi



Şekil 3.9. Üçüncü renk ünitesi (1)

1) Kitleme Takozu

2) Forse Merdanesi

3) Klişe Kazanı

4) Hareket Makarası (Rulmanlı)

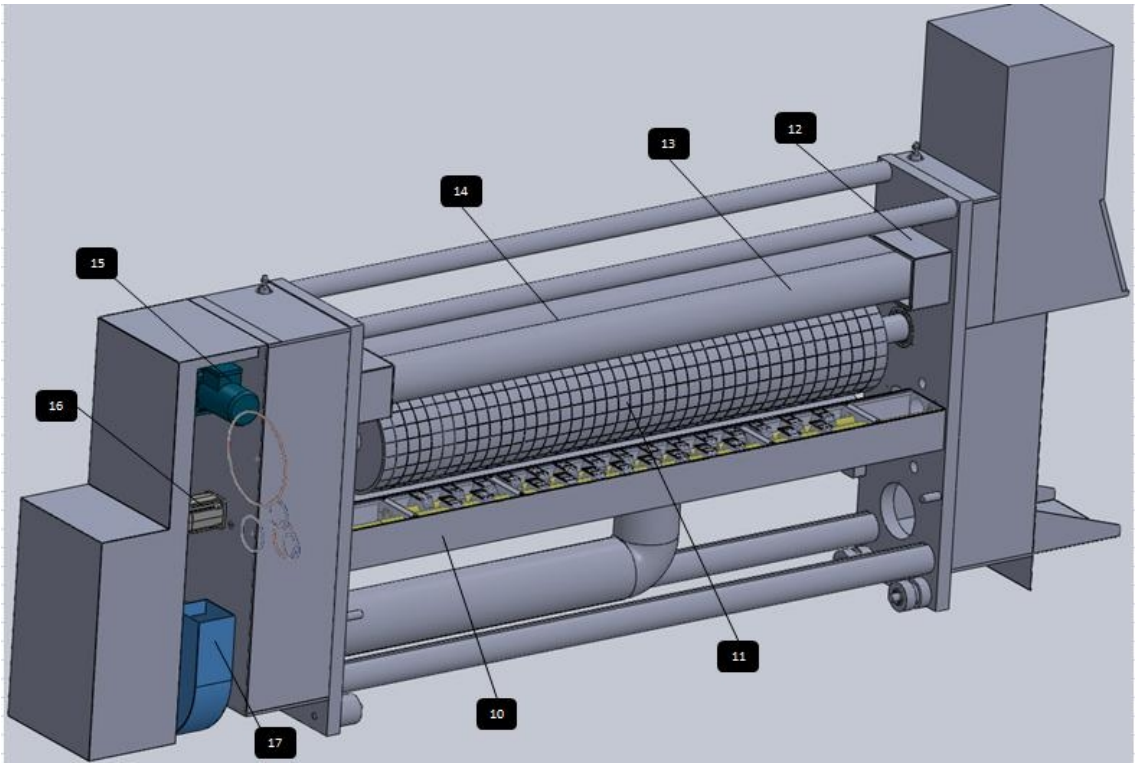
5) Kaldırma Pistonu

6) Kova Haznesi

7) Süzgeç

8) Forse Redüktör

9) Boya PoMPası



Şekil 3.10. Üçüncü renk ünitesi (2)

10) Vakum Transfer Tavası

11) Klişe Kazanı

12) Boya Haznesi

13) Tram Merdanesi

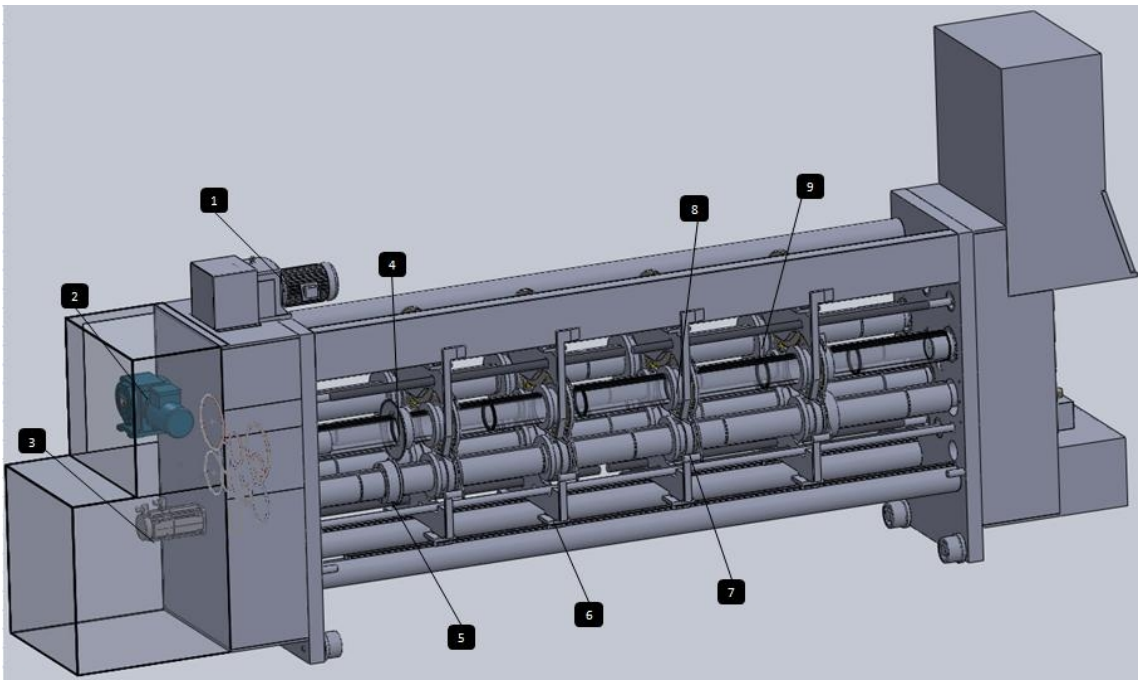
14) Lastik Merdanesi

15) Yıkama Redüktörü

16) Servo Motor

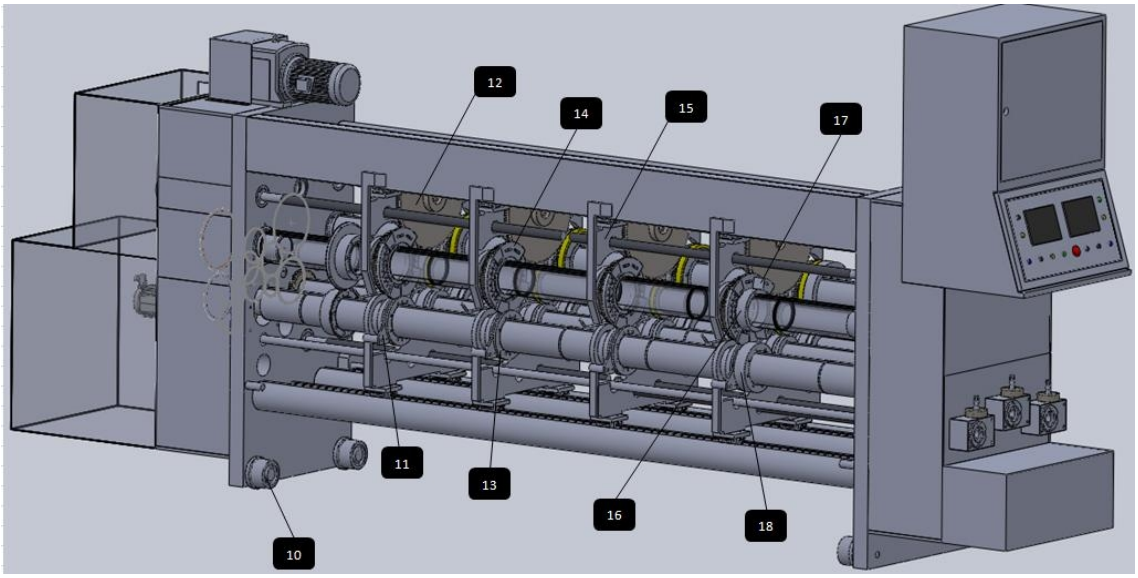
17) Vakum Transfer Fanı

3.2.4. Bıçak Ünitesi



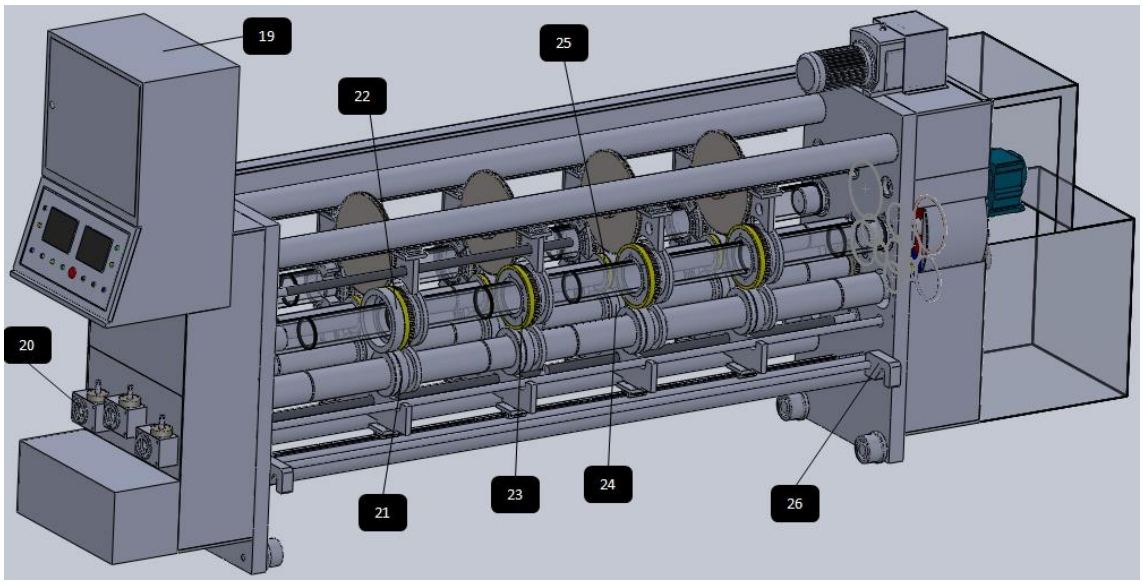
Şekil 3.11. Bıçak ünitesi (1)

1) Bıçak Yürütme Motoru
2) Otomatik Kafa Motoru
3) Servo Motor
4) Üst Traş Bıçağı
5) Alt Traş Bıçağı
6) Alt Yürütme Şablonu
7) Alt Bıçak Topu
8) Üst Bıçak Topu
9) Vidalı Mil



Şekil 3.12. Bıçak ünitesi (2)

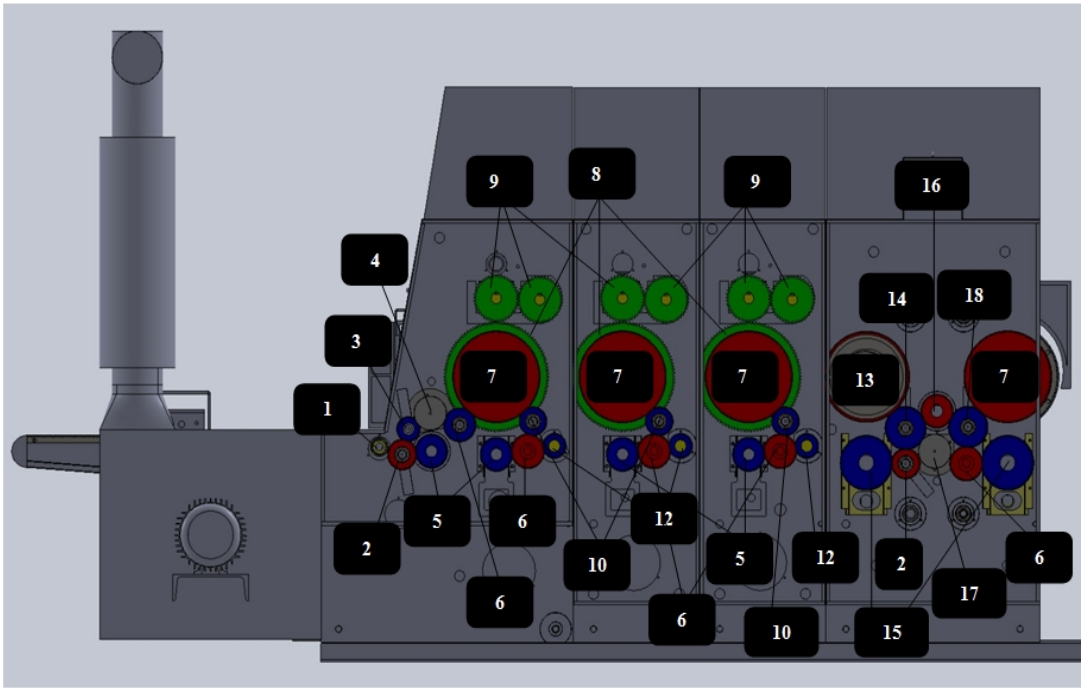
10) Hareket Makarası (Rulmanlı)
11) Sıyırıcı Ay
12) Yükseklik Ayar Dişlisi
13) Alt Bıçak
14) Bıçaklar
15) Üst Yürütme Şablonu
16) Kulak Koparma Üst Takozu
17) Kulak Koparma Aparatı
18) Kulak Koparma Alt Takozu



Şekil 3.13. Bıçak ünitesi (3)

19) Pano
20) Forse Redüktör
21) Alt Ezici Topu
22) Kulak Koparma
23) Üst Ezici Topu
24) Alt Çizgi Topu
25) Üst Çizgi Topu
26) Kilitleme Takozu

3.3. BASKI MAKİNESİ DİŞLİ SİSTEMİ



Şekil 3.14. Baskı Makinesi Dişli Sistemi

3.3.1. Makine Dişlileri Özellikleri

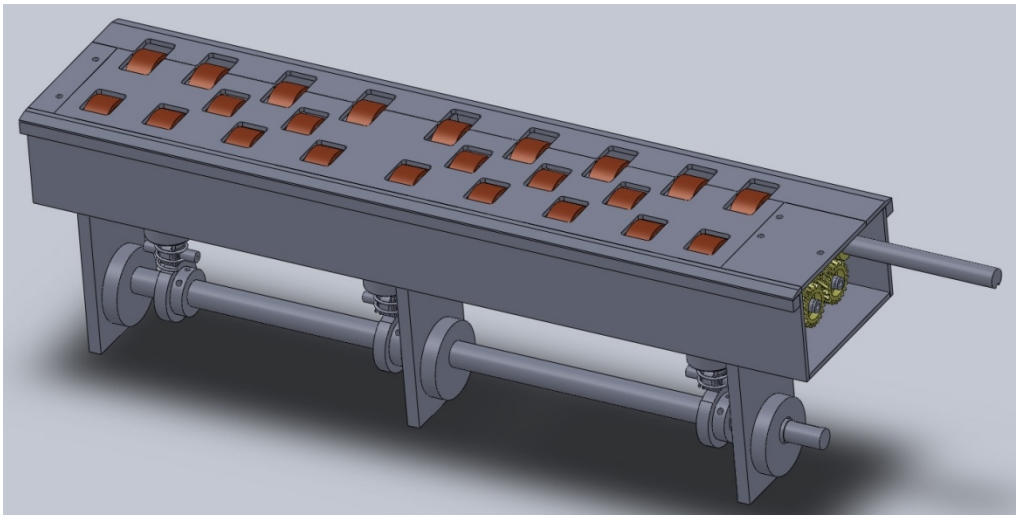
Servo motordan gelen deviri, dişliler vasıtasıyla merdanelere istenilen oranlarla aktarılması amaçlanmıştır. Ana grup dişlilerinin malzemeleri SAE-AISI: 8620 veya DIN: 21NiCrMo$_2$ ‘dir. Otomatik kafa dişlilerinin malzemeside SAE-AISI: 1050 veya DIN: Ck-45’tir.

Makine dişlilerinin dayanımını artırmak için komple sementasyon sulama veya indiksiyon sulama yapılarak malzeme sertlikleri HRC: 55-58’e çıkarılmıştır. Isıl işlemde çarkın gövdesinin geometrisi değişir ve yüzey kalitesi bozulur. Bunları gidermek içinde profil taşlama yapılmaktadır.

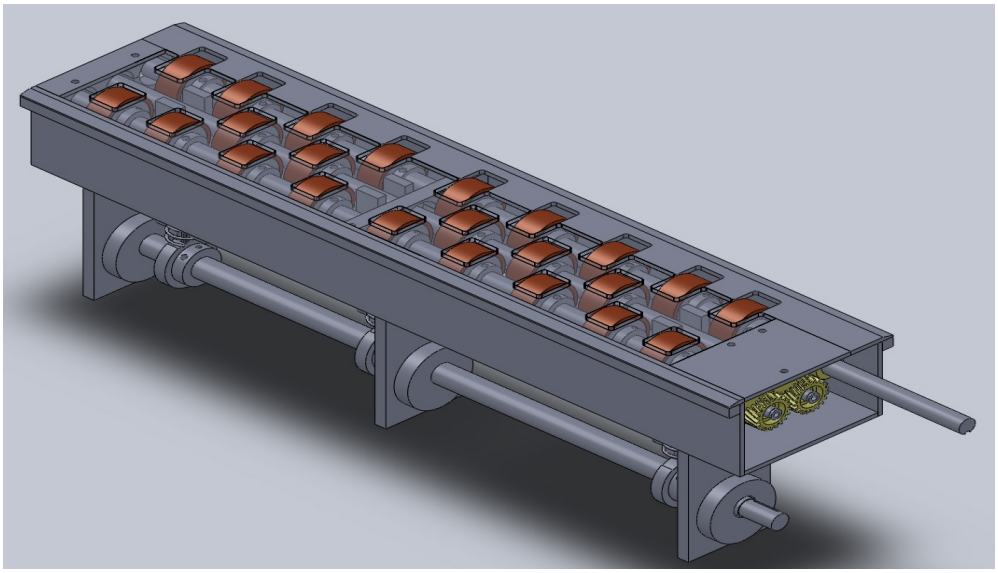
Şekil: 3.14’te görülen dişli şemasındaki mavi dişliler sağ helis modül 3 dişlileri, kırmızı dişliler sol helis modül 3 dişlileri, yeşil dişliler ise modül 4 düz dişlileri sembolize etmektedir. 6 numaralı dişlilere servo motorlar bağlanarak her bir üniteye bağımsız hareket verilmesini sağlamıştır.

3.4. BESLEME ÜNİTESİ VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI

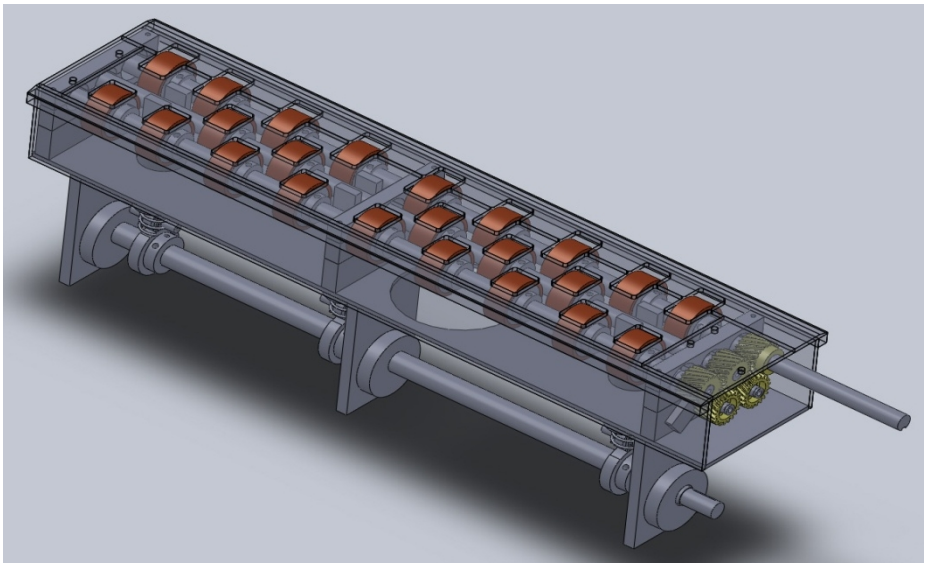
Şekil 3.15. Besleme ünitesi – (Orijinal Fotoğrafı)



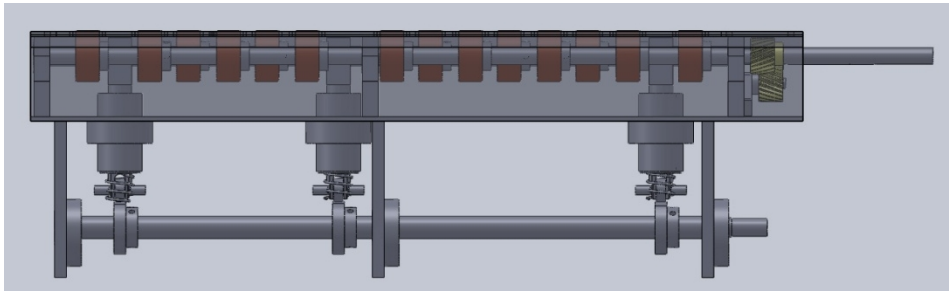
Şekil 3.16. Besleme ünitesi



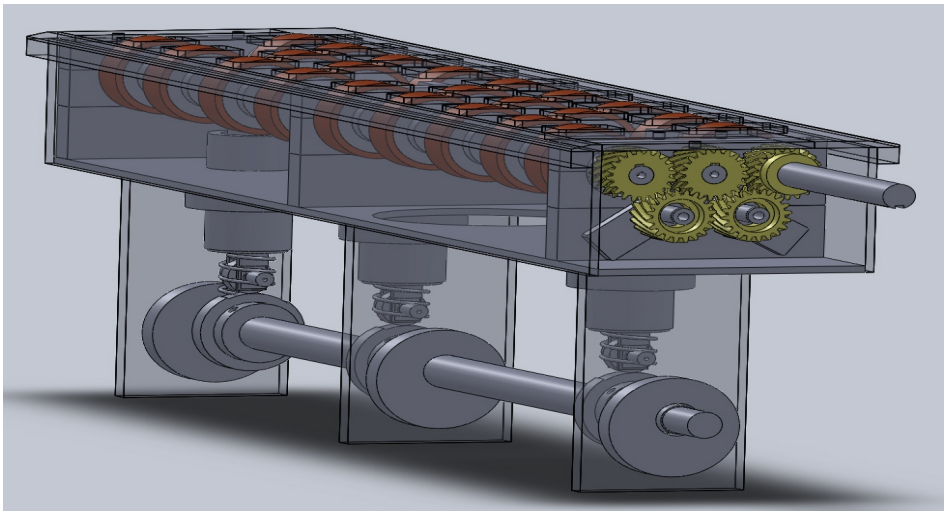
Şekil 3.17. Besleme ünitesi (İsometrik Görünüm)



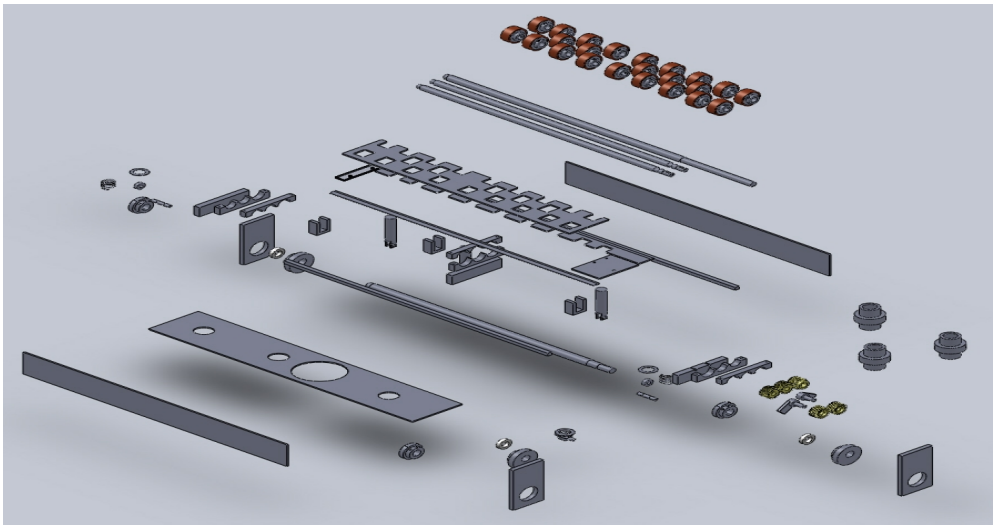
Şekil 3.18. Besleme ünitesi (İsometrik görünüm - 2)



Şekil 3.19. Besleme ünitesi (Önden görünüm)



Şekil 3.20. Besleme ünitesi (İsometrik görünüm - 3)



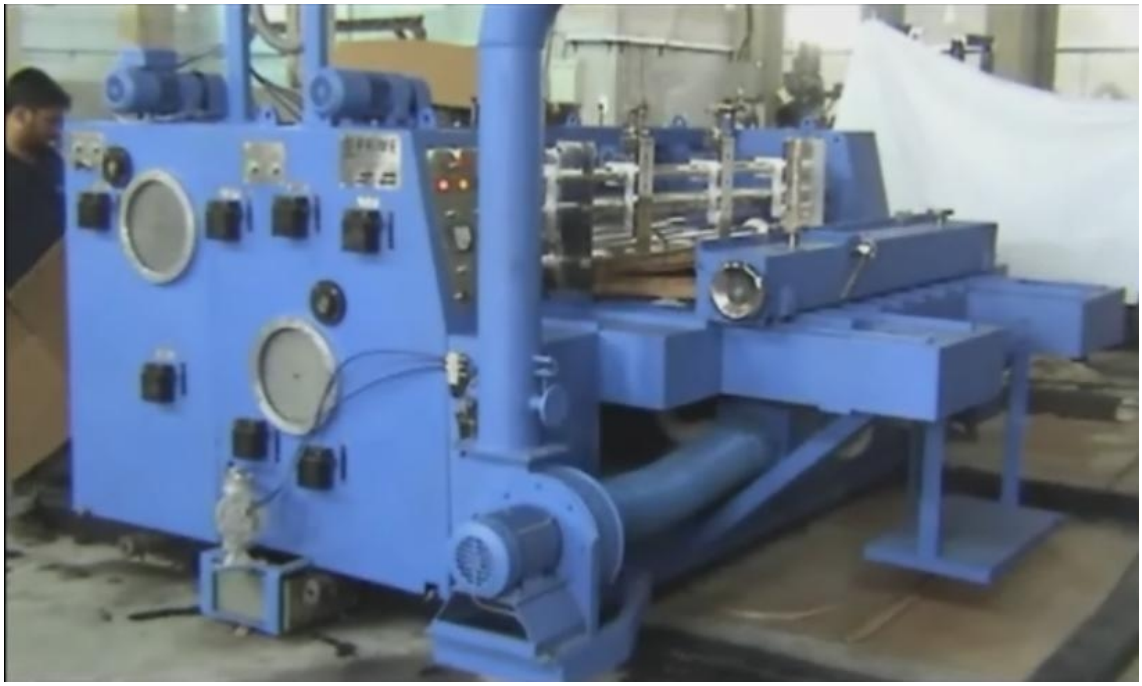
Şekil 3.21. Besleme ünitesi (Patlatma Görünümü)

Servo motorlu sistem sayesinde tırnaklı sisteme göre iki kat daha fazla plaka atılmasını sağlamaktadır. Vakumlu sistem sayesinde bombeli gelen plakalar sorun teşkil etmemektedir. Vakumlu sistem bombeli plakaları otomatik olarak düzelttiği için, tırnaklı sistemde bu gibi plakalar nedeniyle çalışması zorunlu olan personel sayısında düşmesi sağlanmıştır. Dişli olarak beş adet kestamit dişli kullanılmıştır.

3.4.1. Vakum Sistem ve Tırnaklı Sistem Arasındaki Farklar

Şekil 3.22. Tırnaklı Sistem (1)

Şekil 3.23. Tırnaklı Sistem (2)



Şekil 3.24. Tırnaklı Sistem (3)

Şekil 3.25. Vakumlu Sistem

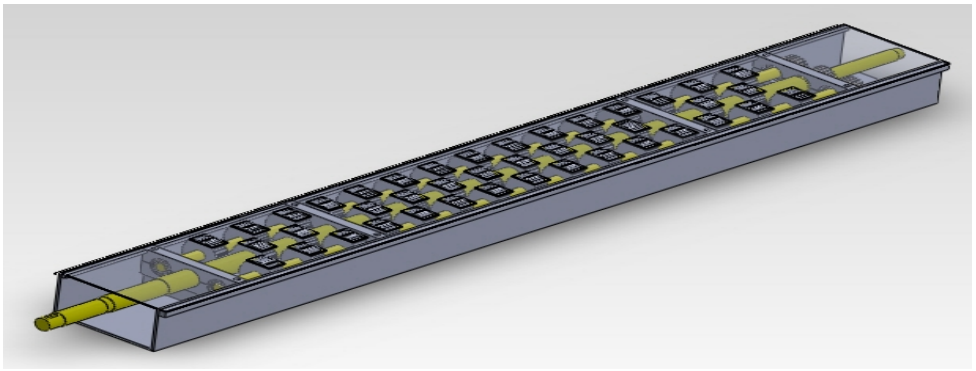
Tırnaklı sistemlerde bombeli plakalar yırtılma problemlerine sebep olurken, vakumlu sistemdeki vakum sayesinde levhaya yapışan plaka baskıya uygun bir şekilde makineye verilir.

Tırnaklı sistem, Vakumlu sisteme göre daha yavaş çalışır.

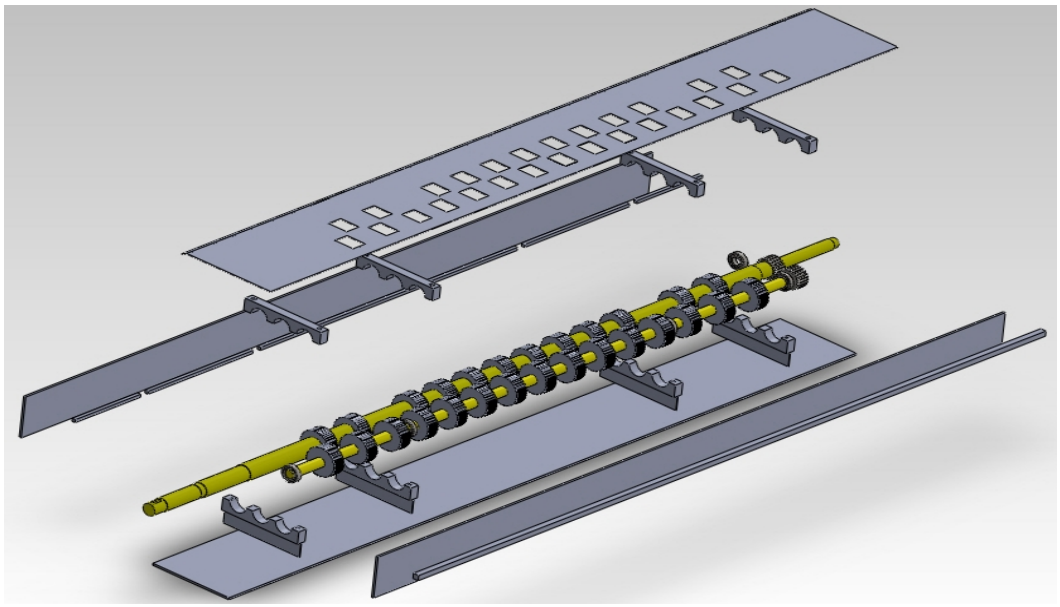
Tırnaklı sistemde 90 gr. dan düşük plakalarda çalışılamaz.

Ondüle plakalar, tırnaklı sistemde atılamazken, vakumlu sistemde atılabilir.

3.5. BASKILI YÜKLEME MAKİNE VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI



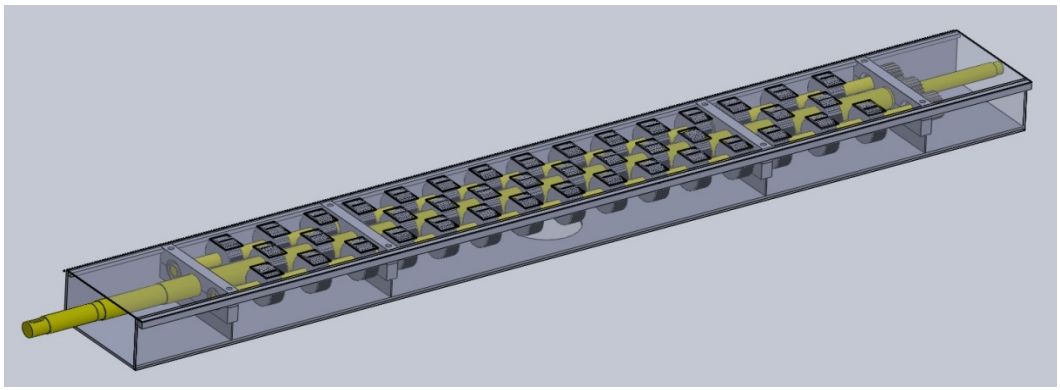
Şekil 3.26. Baskılı yükleme vakum transfer sistemi



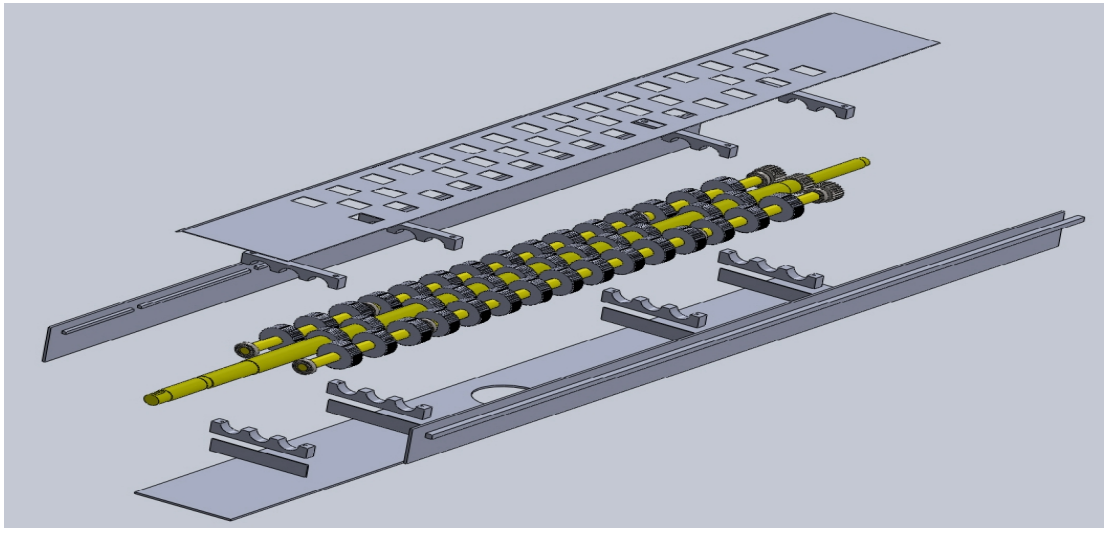
Şekil 3.27. Baskılı yükleme vakum transfer sistemi (Patlatma Görünümü)

Vakum Transfer Ünitesi, baskısı yapılmış olan plakanın diğer üniteye geçerken plakalarda olan hacimsel bozukluklar sebebiyle, varolan bombelikleri giderir. Kaliteli baskı işlemi için plakayı vakumlayarak levhaya yapıştırır. İkinci renk ünitesinde yapılacak baskı işlemine uygun halde plakanın transferini sağlar.

3.6. İKİNCİ MAKİNE VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI



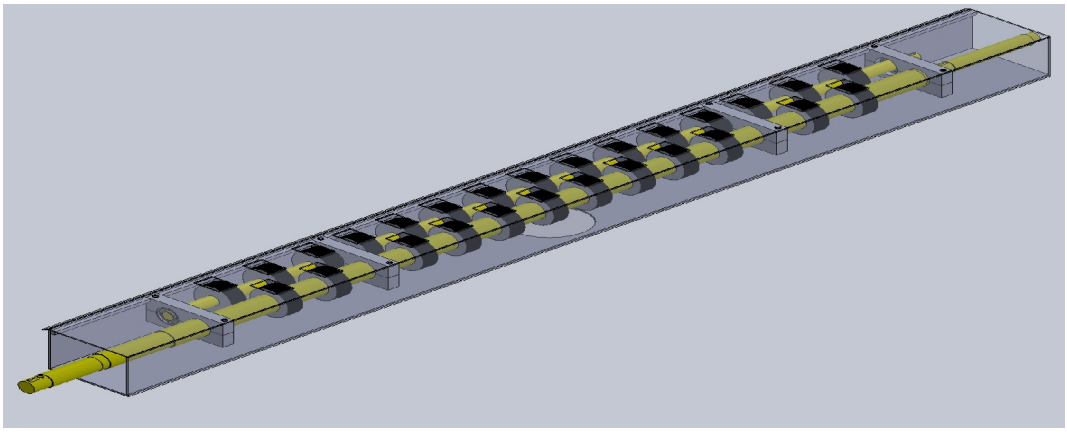
Şekil 3.28. İkinci makine vakum transfer sistemi



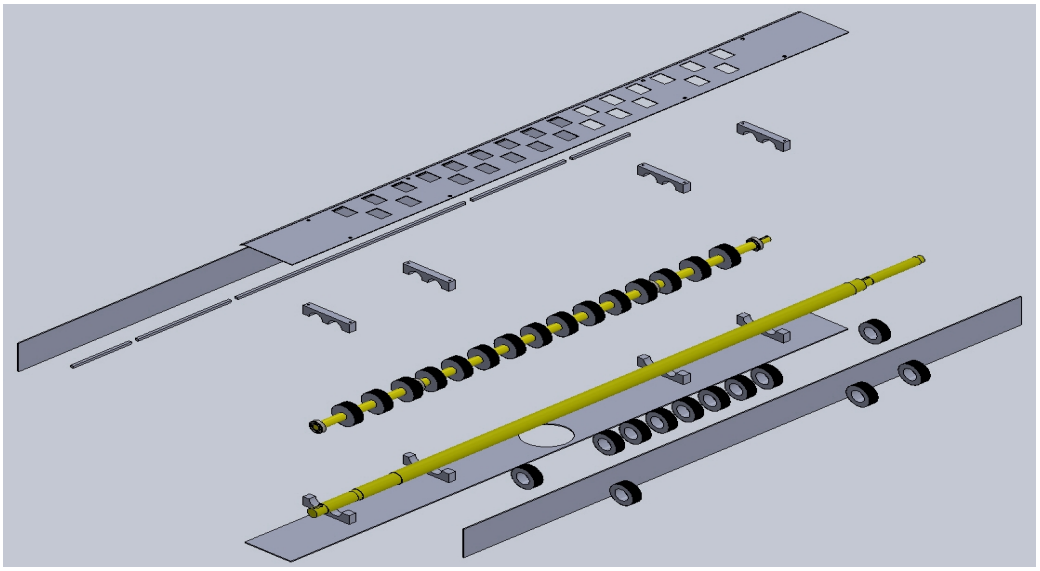
Şekil 3.29. İkinci makine vakum transfer sistemi (Patlatma Görünümü)

Vakum Transfer Ünitesi, baskısı yapılmış olan plakanın diğer üniteye geçerken plakalarda olan hacimsel bozukluklar sebebiyle, varolan bombelikleri giderir. Kaliteli baskı işlemi için plakayı vakumlayarak, levhaya yapıştırır. Üçüncü renk ünitesinde yapılacak baskı işlemine uygun halde plakanın transferini sağlar.

3.7. ÜÇÜNCÜ MAKİNE VAKUM TRANSFER SİSTEMİ TASARIMI



Şekil 3.30. Üçüncü makine vakum transfer sistemi

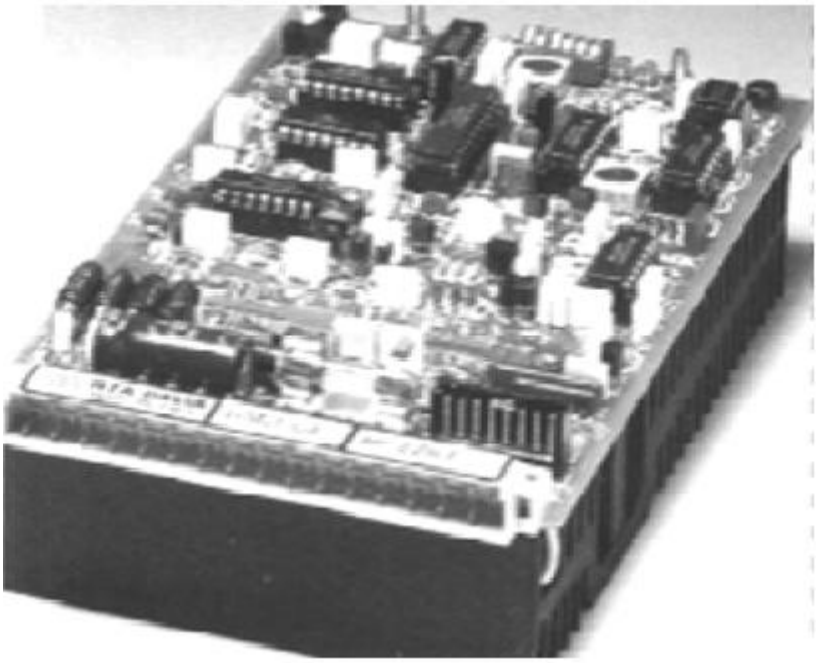


Şekil 3.31. Üçüncü makine vakum transfer sistemi (Patlatma Görünümü)

Vakum Transfer Ünitesi, baskısı yapılmış olan plakanın diğer üniteye geçerken plakalarda olan hacimsel bozukluklar sebebiyle, varolan bombelikleri giderir. Kaliteli kesme işlemi için plakayı vakumlayarak, levhaya yapıştırırır ve bıçak ünitesinde yapılacak kesme işlemine uygun halde plakanın transferini sağlar. Üçüncü makinenin, vakum transfer sistemi 2'li yapılmıştır. Çünkü 3'lü yapıldığı zaman bıçak ünitesine temas ettiği görülüp 2'li vakum transfer sistemi tasarlanmıştır.

3.8. SERVO MOTORLAR

1 devir/dakikalık hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan yardımcı motorlardır. Örneğin hassas takım tezgâhlarında ilerleme hareketleri için genellikle servo motorlar kullanılır.



Şekil 3.32. Dijital yapılı adım motor sürücü devresi

Servo motorların AC ile çalışan modelleri fırçasız, DC ile çalışan modelleri ise fırçalıdır. Bunlar, elektronik yapılı sürücü/programlayıcı devrelerle birlikte kullanılır. Günümüzde yapılan servo motor çalıştırma sürücüleri, Şekil 3.32'de görüldüğü gibi tamamen mikroişlemci kontrollü ve dijital yapılıdır.

Dijital kontrollü, hassas makinelerde çok tercih edilen servo motorların bazı özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Döndürme momentleri yüksektir.
- Döndürme momentinin iki katına kadar olan değerlere kısa süreli olarak yüklenebilirler.
- Devir sayıları 1-10000 d/d arasındaki değerlerden herhangi birisine kolayca ayarlanabilirler.
- Çok sık aralıklı olarak hareket edebilirler. Yani dur-kalk yapma sayılarının çok olması motoru olumsuz etkilemez.

- Atalet (kalkış) momentleri küçük olduğundan verilen komutları gecikme olmadan algılar ve yerine getirirler.

3.8.1.Servo Motor Çeşitleri

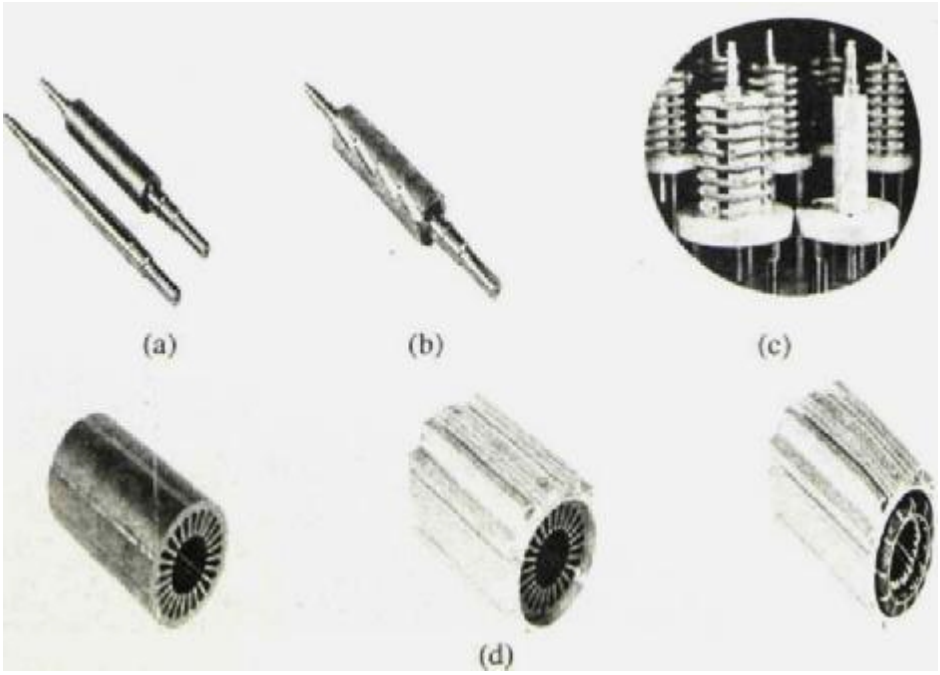
3.8.1.1..AC Servo Motorlar

Bu tip servo motorlar, genellikle iki fazlı sincap kafesli indüksiyon tipi motorlardır. İki fazlı asenkron motorlar, büyük güçlü yapılmakla birlikte çoğunlukla otomatik kontrol sistemlerinde servo motorlar olarak kullanılmak amacı ile küçük güçlü yapılır. Fırça ve kolektör olmadığından arıza yapma ihtimalleri az, bakımları kolaydır. A.C. servo motorlar, iki fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki tipte incelenir.

- A.C Servo Motorların Yapısı

İki fazlı servo motorun statorunda eksenleri arasında 90° lik elektriksel açı olan referans ve kontrol sargısı olmak üzere iki adet sargı vardır. Rotoru ise sincap kafesli sargı taşır, fakat yüksek dirence sahip olması gibi birtakım özellikler kazandırılmıştır.

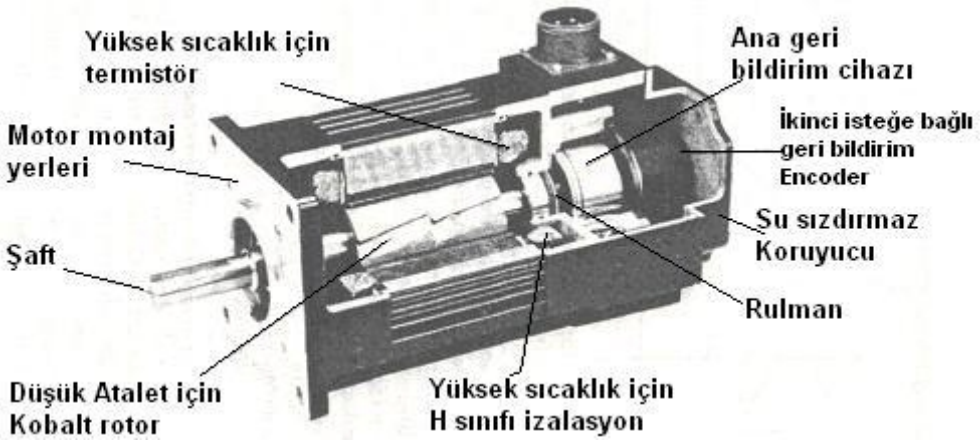
A.C. servo motorlarında rotor devresi, oldukça yüksek dirence sahip olacak şekilde imal edilir. Bu işlem ya sincap kafes çubuklarında ya da çubukların bağlantı noktalarında yüksek dirençli maddeler kullanılarak yapılır.



Şekil 3.33: A.C Servo motor stator ve rotorları

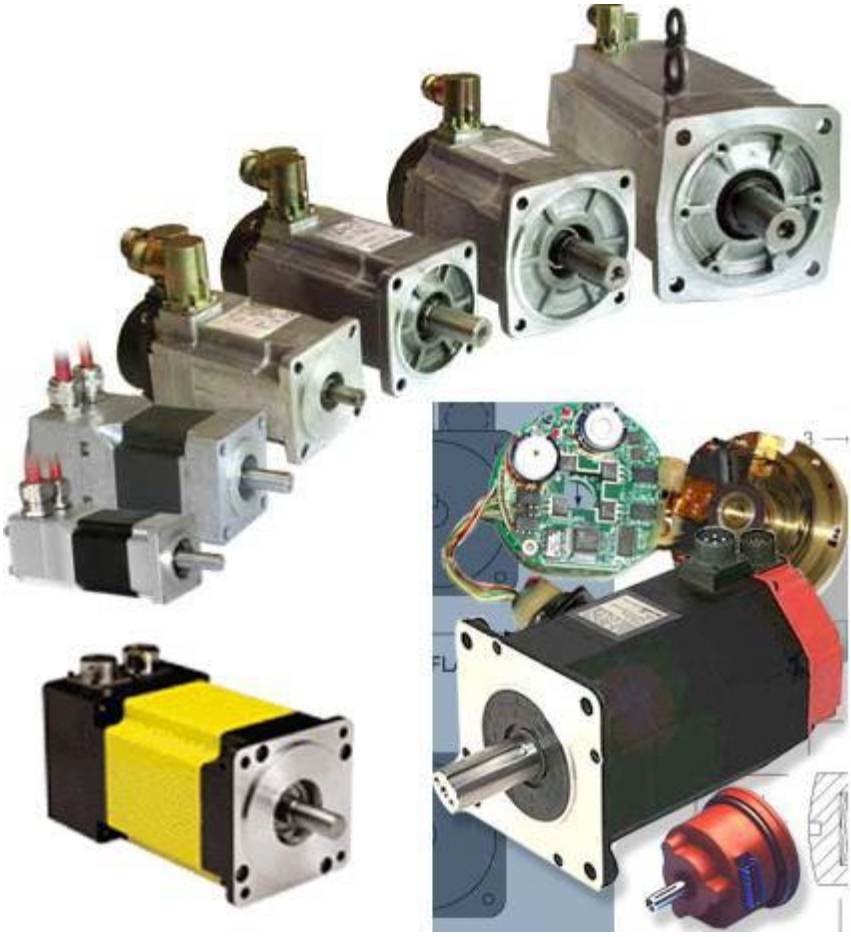
Şekil 3.33.a'da fırçasız servo motorun rotoru, Şekil 3.33.b'de düşük momentlere karşı kobalt malzemenin kullanılması, Şekil 3.33.c'de yüksek ısı ile rotorun hazırlanılışı, Şekil 3.33.d'de ise stator ve sargılarının montajı görülmektedir. Şekil 3.34'te ise komple servo motor kesiti ve parçaları görülmektedir.

Büyük güçlü AC servo motorlar iki ya da üç fazlı olarak üretilmektedir. Bu tip motorların rotorları, doğal mıknatıslı ya da kısa devre çubuklu olmaktadır. İki ya da üç fazlı servo motorların çalışma prensibi, senkron ya da asenkron tip motorlara çok benzemektedir. Üç fazlı servo motorların hız kontrolü, pals frekans çevirici devresi üzerinden pals genişlik modülasyonu (PWM) devreleriyle yapılmaktadır. Küçük güçlü (1- 10 W) AC servo motorlar ise minik boyutlu olarak iki faz ile çalışabilecek şekilde üretilir. Bunların içyapısında aralarında, 90° elektriksel açı yapacak şekilde yerleştirilmiş iki bobin ve sincap kafesine benzer rotor vardır. Servo motorların rotorları, savrulma ve atalet momentlerinin küçük olabilmesi için uzun; çapları ise küçük yapılır. Stator sargılarına uygulanan gerilimlerin frekansı 50-60-400-1000 Hz olabilir.



Şekil 3.34: Servo motor kesiti

İki fazlı servo motorların sargılarının biri referans, diğeri ise kontrol sargısı olarak da adlandırılır. Referans sargısına sabit değerli, sabit frekanslı alternatif akım uygulanır. Kontrol sargısına ise yükselteç devresinden gelen kontrol gerilimi verilir. Kontrol sargısına uygulanan akım, faz kaydırma devreleriyle 90° kaydırılarak uygulanır. İki sarımda oluşan manyetik alanlar sonucunda rotor döner.



Şekil 3.35: Çeşitli servo motorlar

3.8.1.2. DC Servo Motorlar

D.C. servo motorlar, genel olarak bir D.C. motoru olup, motora gerekli D.C. akımı aşağıdaki metotlarla elde edilir.

- Bir elektrik yükselteçten
- A.C. akımın doyumlu reaktörden geçirilmesinden
- A.C, akımın tristörden geçirilmesinden
- Amplidin, retotrol, regüleks gibi dönel yükselteçlerden elde edilir.

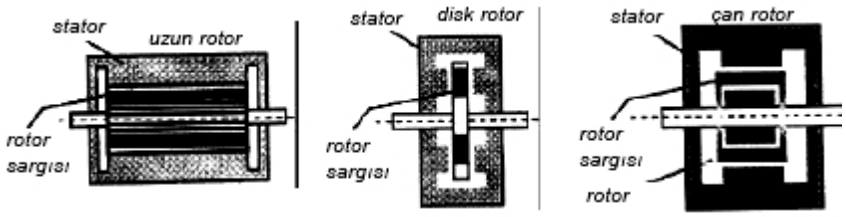
D.C servo motorlar, çok küçük güçlerden çok büyük güçlere kadar imal edilir (0,05 Hp'den 1000 Hp'ye kadar).

Bu motorlar, klasik D.C. motorlar gibi imal edilir. Bu motorlar, küçük yapılırdır ve endüvileri (yükseklik, uzunluk/çap oranıyla) kutup ataleti momentini minimum yapacak şekilde tasarlanır.

Küçük çaplı ve genellikle içerisinde bir koMPanzasyon sargısı olan kuvvetli manyetik alanlı, boyu uzun doğru akım motorlarına da servo motor denir.

DC servo motorlarda, sabit bir kutup manyetik alanı elde etmek için DC kaynak kullanılır. Endüviye ise değişken bir gerilim verilir. Bu iki gerilimin dolaştırdığı akımların oluşturduğu manyetik alanlar birbirini iterek dönüşü başlatır. DC servo motorların rotorları uzun, disk ve çan şeklinde olabilmektedir (şekil 3.35). Disk rotorlu servo motorlar, kısa ve hafif oldukları için robot mafsallarında hareket elemanı olarak kullanılabilmektedir.

İnce ve uzun rotorlu servo motorlarda ise boyutlar çok küçük olduğundan bunları her ortama monte etmek kolaydır. Çan tipi rotorlu servo motorlar ise 3000 d/d gibi yüksek hızlara çok çabuk ulaşabilme özelliğine sahiptir. Servo motorlar; dijital kontrollü makineler, pozisyon belirleme sistemleri, bilgisayar donanımları, bellekli makineler, askerî cihazlar, büro makineleri, alternatör devir ayar mekanizmaları vb. gibi yerlerde kullanılmaktadır.



Şekil 3.36: "Uzun", "disk", "çan" rotorlu DC servo motorların yapısı

Doğru akım servo motorlarında, yüksek bir dönme momenti ve aşırı yüklenebilirlik elde etmek için özellikle şiddetli bir manyetik alan oluşturulmalıdır.
D.C servo motorun en büyük dönme momenti kısa çalışmalar sırasındadır ve en küçük devir sayısında yaklaşık anma dönme momentinin dört katıdır.
Özellikle hızlı tepkili servo motorlar için motorun milinde içerisinde demir bulunmayan doğru akım motorları kullanılır.

- **Yapısı**

Bu motorlar, klasik D.C motorlar gibi endüktör, endüvi, gövde, fırça ve kolektörlerden meydana gelir,

- **Çalışması**

Motorun dönme hareketli endüktör salgılarına uygulanan D.C. akımın oluşturduğu manyetik alan ile aynı D.C. akımının fırça ve kolektörden geçirilerek endüvi sargısına uygulanması sonucu oluşan endüvideki manyetik alanın etkisi sonucu meydana gelmektedir. Endüktördeki döner manyetik alanın etkisi, endüvideki alan nedeniyle endüvinin dönmesi sağlanır.

- **Özellikleri**

· Enerji kısımları, asıl motorlara göre daha az enerjiye ihtiyaç gösterir.

· Motor çapı, normal D.C. motorlara göre daha küçüktür.

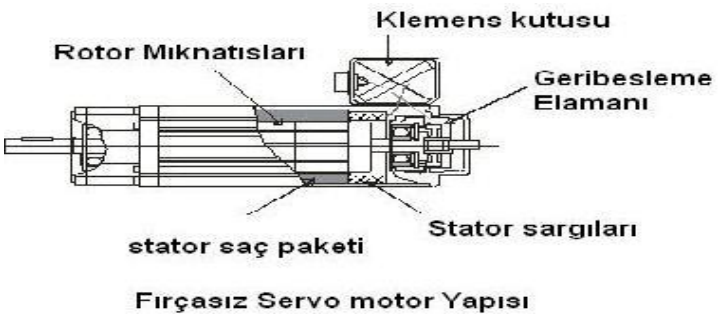
· Servo motorların boyları uzundur.

· Rotorun dönme momenti rotor çapına bağlı olarak değişir. (boylarının uzun olmasının sebebi budur).

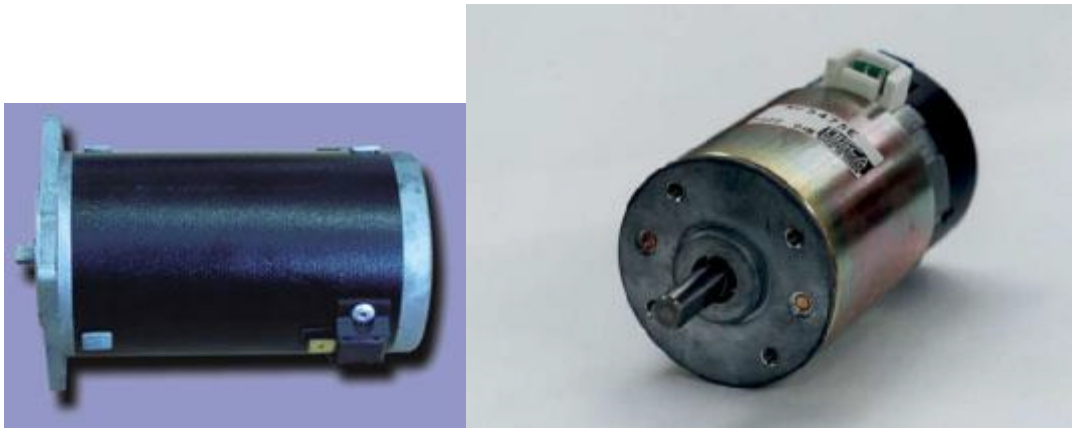
· Atalet momenti küçüktür.

- **Çeşitleri**

Servo motorlar, bir servo sistemde çalışırken ya endüvisi ya da kutuplan kontrol edilir. Kutuplar ya bu voltaj kaynağından ya da akım kaynağından beslenir. Her iki tür uygulama farklı bir hız-tork karakteristiğinin onaya çıkmasına sebep olur.



Şekil 3.37: Fırçasız D.C servo motor yapısı



Şekil 3.38: Fırçalı D.C servo motor örnekleri

Şekil 3.37,3.38 ’de servo motor çeşitlerinden örnekler görülmektedir.

Endüstride daha çok dört tip servo motor kullanılır. Bunlar:

· Alan kontrollü servo motor

· Endüvi kontrollü servo motor

· Sabit mıknatıslı- endüvi kontrollü servo motor

· Seri ayrık alanlı servo motor

3.8.2. Servo Motor ve Sürücü Devre Elemanları

Servo motorları çalıştırmak için çeşitli donanımlara ihtiyaç vardır. Aşağıda servo motorlar için kullanılan sürücü devre elamanları görülmektedir. Fırçasız D.C motor, RS485 çevirici kit ve sürücü kart bulunmaktadır.

3.8.3. Servo Motorun Baskı Makinesine Sağladığı Avantajlar

Her ünitenin birbirinden bağımsız elektronik haberleşme sistemi ile çalışmasını sağlar. Elektronik haberleşme sistemi sayesinde baskıdaki hata oranını minimize eder. İmalat kapasitesinin artmasını sağlar. Dişli aktarmalı sistemlerdeki, zamanla oluşan dişli boşluklardan oluşan baskı problemlerini, elektronik haberleşme sistemleri sayesinde önüne geçer. Dişli aktarmalı sistemlerde ünitelerin birbirine kilitlenmesi sırasında ortaya çıkan sorunların önüne geçilir.

3.9. OTOMASYON

Baskı makinesi besleme, renk ve bıçak üniteleri PLC kontrollü olarak çalışmaktadır. Kullanıcı dokunmatik ekranlar ve butonlar vasıtası ile makineyi kontrol edebilmektedir. Makinenin hız kontrolü yine butonlar vasıtasıyla PLC üzerinden 0-10 VDC sinyali artırılıp azaltılarak sağlanmaktadır.

Kullanıcı, makine üzerinde yapmak istediği ayarları ve yine makinede meydana gelebilecek bir takım arızaların bilgilerini dokunmatik paneller üzerinden kontrol edebilmektedir. PLC sistemi sadece makinenin kontrolünden sorumlu olmakla birlikte makinenin en önemli kısmını servo motor sistemleri oluşturmaktadır. Üniteler arasında mekanik hiç bir bağlantı olmamasına karşın bir biri ile haberleşmeli çalışan servo sistemlerin aralarındaki elektronik dişli denilen özellik sayesinde makine çok hassas bir şekilde senkron dönebilmektedir.

3.9.1. Senkronizasyon ve Sistem Çalışması

Makine üzerinde makinenin çalışmasını engelleyecek türde bir arıza olmadığı durumda kullanıcının verdiği start komutuyla besleme ünitesindeki PLC start çıkışı ve aynı zamanda besleme kısmındaki servo motora 0-10 V arasında hız bilgisi gönderir. PLC den gelen bu start sinyali diğer ünite PLC’ lerine ulaşır ve bütün üniteler start alır. Besleme ünitesi servo motor dönmeye başladığında sürücünün encoder çıkışı pulse üretir. Bu encoder çıkışı diğer ünite servo sürücülerine paralel olarak bağlantılıdır. Diğer ünitelerde aktif durumdaysa master olarak kabul edilen besleme servosundan gelen encoder pulselerini dişli ve redüktörlerden hesaplanıp önceden belirlenmiş olan katsayılarla takip etmeye başlar.

Kullanıcı hız artır, hız azalt butonlarını kullanarak besleme ünitesi PLC sinden gelen hız referansına 0-10 VDC arasında müdahale eder. Besleme hızlandıkça diğer ünitelerde oransal takibini sürdürür. Genel olarak makinenin çalışma prensibi bu şekildedir. Makine start ve stop komutlarına raMPalı şekilde tepki verir. Start verildiğinde öncelikle makinenin çalışmaya başlayacağı korna vasıtasıyla 2-5sn kadar ikaz edilir daha sonra sistem kullanıcının belirlediği hıza birkaç saniye içinde ulaşır. Aynı şekilde stop butonuna basılması durumunda makine aniden durmaz. Hız azalarak mekaniği zorlamadan en kısa süre içerisinde yavaşlar ve durma hızına ulaştığında start çıkışını keser.

Acil stop basılması durumunda ise raMPa sistemi devre dışı kalır, sistem start çıkışını ve hız referansını keser ve makine kendi ataleti ile durur.

Makinenin temel elektronik sistemleri dışında diğer bölümleri kontaktörlü motorlar ve valfler sayesinde çalışmaktadır. Makine üzerine bulunan renk ünitelerindeki yıkama motorları, transfer fanları, vakum motoru kontaktörlü ve yine PLC üzerinden kontrol edilen motorlardır.

Yıkama motorları otomatik ve manuel olarak kumanda edilebilmektedir. Manuel seçim yapılan renk ünitesinin yıkama bölümü makine çalıştığında yukarıda kalır ve üretilen mala baskı yapmaz fakat kendi içinde dönmeye devam eder. Otomatik konumdaysa start sinyali verildiği anda kendi içindeki çalışmasını durdurur ve aşağı inmesini sağlayan valfler yardımıyla dişli teması sağlar ve makine ile birlikte dönmeye başlar.

Transfer fanlarının çalışması tamamen makine çalışmasına bağımlıdır. Makine çalıştırıldığı andan itibaren devreye girerek çalışmaya başlar ve makine durduğunda devre dışı kalır. Vakum motoru kendisini kontrol eden bir buton sayesinde PLC üzerinden aktif veya pasif edilebilmektedir.

3.9.2. Bıçak ünitesi

Bıçak ünitesinde yapılan bıçaklar arası mesafe ayarı ve yine bıçakların kendi içindeki bir birinden olan uzaklık ayarları(yükseklik) dokunmatik panel üzerinden PLC kontrollü olarak tamamen otomatik yapılmaktadır. Kullanıcı üretimini yapacağı malın ölçülerini panele girer ve otomatik ayar butonuna basarak işlemi gerçekleştir. Buradaki bıçakları arası mesafe ve yükseklik ölçümü döner kısımlara monte edilen encoderlar üzerinden hesaplanır. Kullanıcı istediği ölçüleri girip ayar işlemini başlatır ve işlem sonunda elde ettiği değerleri yine karşılaştırmalı olarak panelden gözlemler. Bu işlem makine çalışırken yapılamaz. Bıçakların hasar görmesini engellemek için makine durdurulup ayar işlemi gerçekleştirilir. Bu gibi özel durumlar PLC yazılımında kullanıcının hata yapma olasılığına karşı engellenmiştir. Makinede tüm ayarlar(baskı yüksekliği dışında) Paneller ve butonlar vasıtasıyla gerçekleştirilir. Herhangi bir olumsuzlukla karşılaşmamak için özel durumların tamamı dikkate alınıp programlama bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.

Kullanıcı dikkat etmese dahi herhangi bir hata yapma olasılığı minimize edilmiştir.

Otomasyon sisteminde kullanılan önemli elektronik ekipmanlar

-Panasonic PLC

-SBC parker - Servo Motor

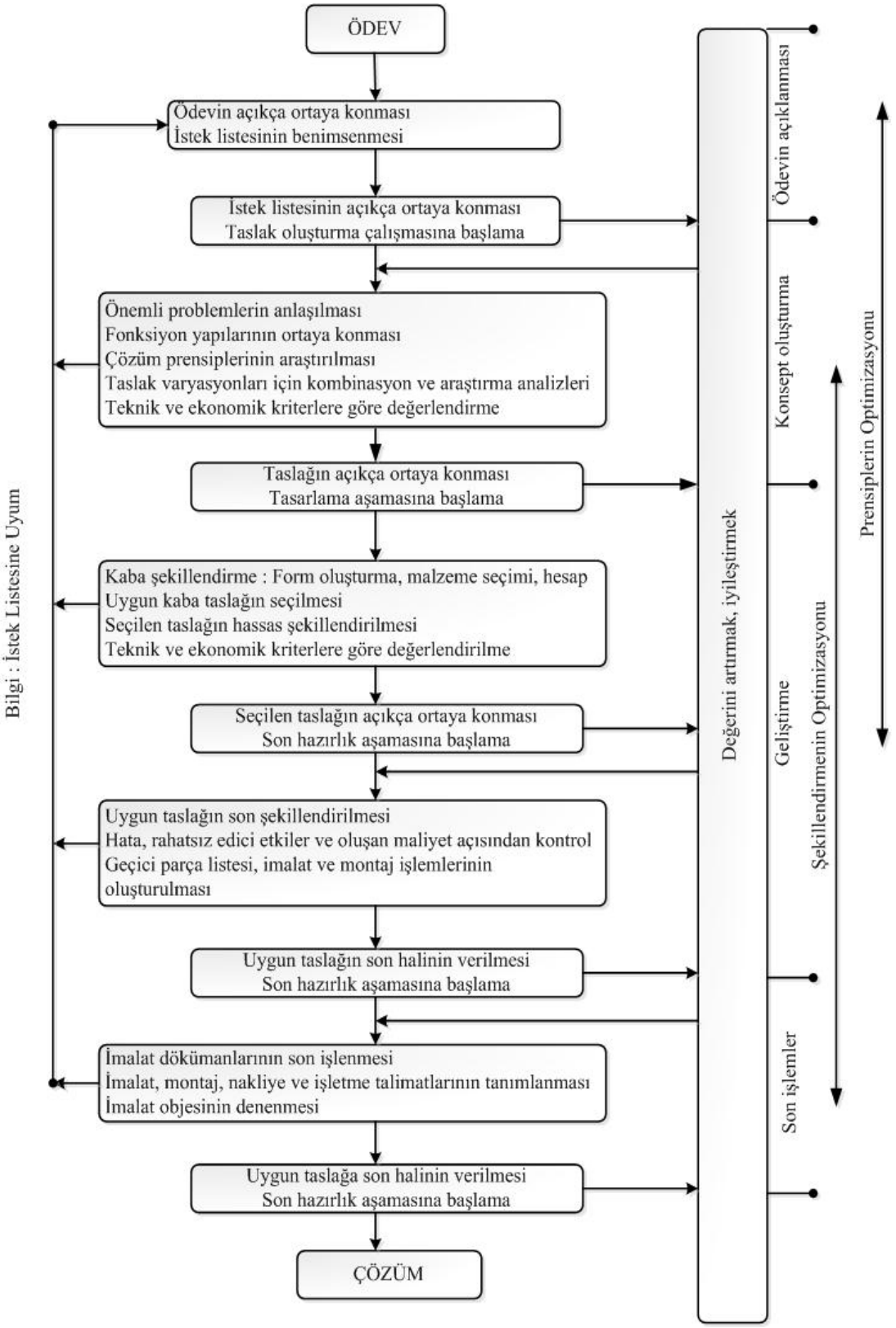
-Easyview Dokunmatik panel

-Encoder

4. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KONSTRÜKSİYON

4.1. METODİK KONSTRÜKSİYON YAKLAŞIMLARI

Konstrüksiyon işlemi; mühendisin, temel bilimlere, mühendislik bilgi ve deneyimlerine dayanarak, kendisine sorulan teknik bir probleme bir makine veya onun parçası biçiminde, genel olarak bir teknik yapıt biçiminde çözüm bulabilmek için ortaya koyduğu yaratıcı zihinsel faaliyetlerin tümüdür. Konstrüksiyonda takip edilen işlem adımları şekilde verilmiştir.



Şekil 4.1. Metodik Konstrüksiyon İşlem Adımları (PAHL/BEITZ, 1993)

Konstrüksiyon ödevi başlıca 3 sınıfa ayrılır (BABALIK, 2009)

1. **Yeni Konstrüksiyonlar :** İstek listesi ile her yönü belirlenmiş bir teknik fonksiyonu gerçekleştirecek, o güne kadar ortaya konmamış yeni bir çözüm yaratmak.

2. **Uyum Konstrüksiyonları :** Bilinen, varolan, uygulanan bir konstrüksiyonu, temel sistemi değiştirmeden alt sistemlerde yapılacak değişikliklerle, istek listesinde yapılmış değişikliklere uyum sağlayacak hale getirmek.

3. **Çeşitleme Konstrüksiyonlar :** Uygulama sınırları içerisinde, fonksiyon ve çözüm prensibi değişmeksizin, farklı boyut ve düzenlemelerde çözümler üretmek.

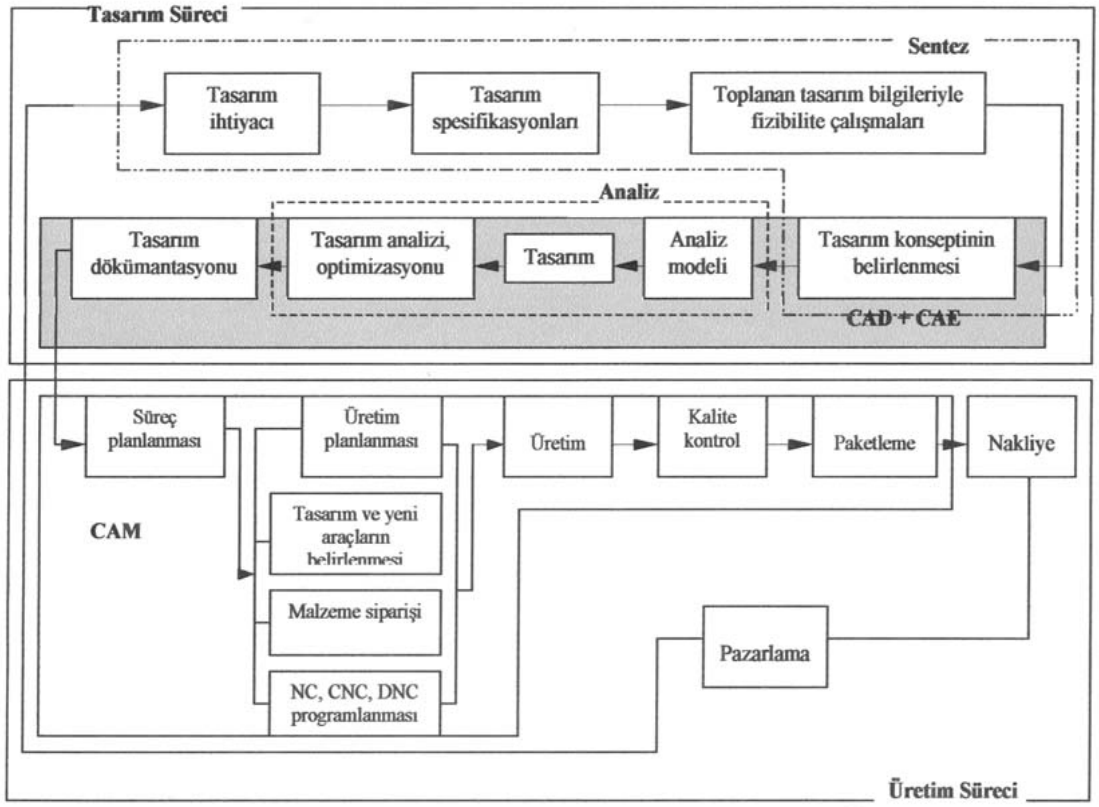
Çözüm olarak önerilen teknik yapıt, sadece istenen fonksiyonu yerine getirmekle kalmayıp; ekonomiklikten üretebilirliğe, çevre dostu olmaktan yeniden değerlendirilebilmeye, belirli boyutlardan veya kütleden büyük yada küçük olmamaya v.b. kadar daha pek çok isteğe cevap verebilmek zorundadır. İsteklerin ve sınırların çokluğu, hatta birbirine zıt oluşları dikkate alınırsa, konstrüksiyon işlemini; verilen amaca yönelik optimizasyon işlemi olarak tanımlamak da mümkündür. Ancak özellikle birbirine ters düşen isteklerin varlığı ve çokluğu nedeniyle ulaşılan sonuç göreceli bir optimizasyon olacaktır (BABALIK, 2009).

4.2. CAD/CAM/CAE SİSTEMLERİ

Günümüz endüstrisi daha kaliteli (quality:Q), düşük maliyetli (cost:C) ve müşteriye daha kısa ulaştırma zamanı (delivery:D) olan yeni ürünler sunmadıkça dünyadaki rekabete ayak uyduramaz. Buna bağlı olarak, bilgisayarların yüksek bellek kapasiteleri, yüksek işlem hızları ve gelişmiş grafik öğeleri, zahmetli ve uzun süreçli mühendislik faaliyetlerinin çözümünde kullanılmaya çalışılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD:Computer Aided Design), bilgisayar destekli imalat (CAM:Compter Aided Manufacturing) ve bilgisayar destekli mühendislik (CAE:Computer Aided Engineering) üretim evresinde bu amaca yönelik kullanılan teknolojilerdir. CAD, CAM ve CAE'nin rolünü anlamak için ürünün tasarım ve üretimi için neler yapılması gerektiğini incelemek gerekir.

Şekilde belirtildiği gibi üretim evresi tasarım ve üretimden oluşur. Tasarlama süreci pazarlama personelinin belirlediği müşteri talepleriyle başlar ve genellikle çizim şeklinde olan tamamlanmış tanımlamasıyla biter. İmalat süreci tasarım spesifikasyonlarının tanımlanmasıyla başlar ve gerçek ürünlerin kullanıcıya ulaştırılmasıyla tamamlanır.

Tasarım sürecindeki aktiviteler iki şekilde sınıflandırılır: sentez ve analiz. Şekil 4.2'deki gibi başlangıç tasarım aktiviteleri (tasarım tanımı, formülize etme, fizibilite çalışmaları, ilgili bilgileri toplama ve tasarım, tasarımı kavramsallaştırma) sentez alt sürecinin bölümleridir.



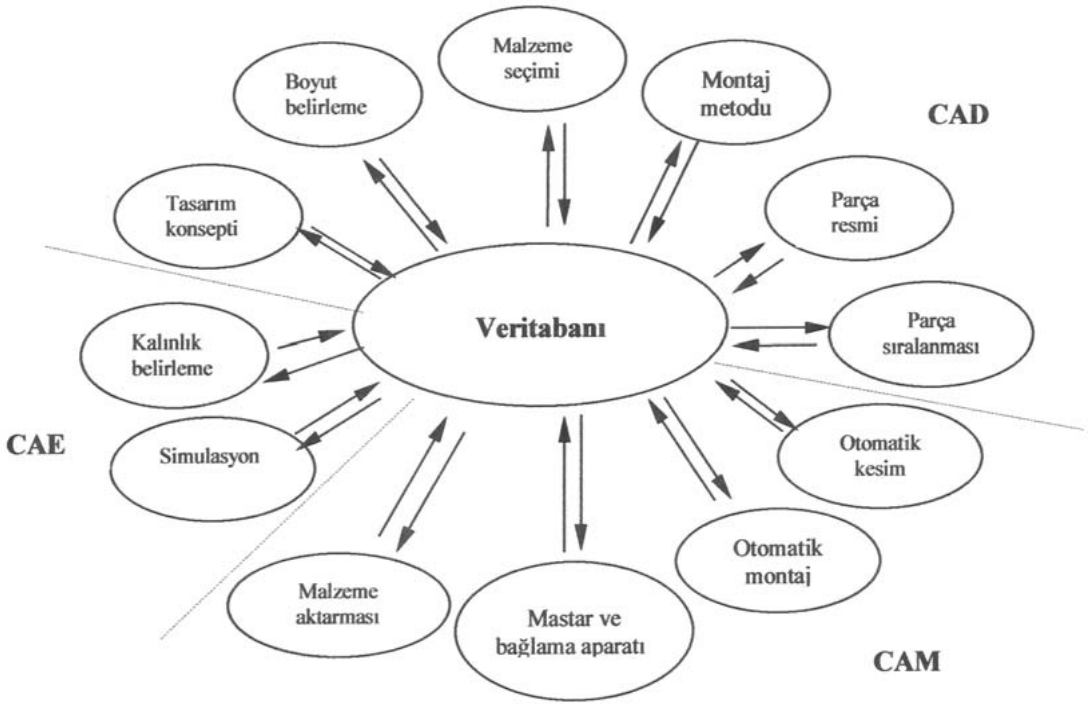
Şekil 4.2: Üretim Süreci

CAD, bilgisayar sistemlerinin, tasarımın yaratıcı, değişiklik yapıcı, analiz ve optimizasyonda yardımcı olarak kullanıldığı teknolojidir (GROOVER&ZIMMERS, 1984). Bu yüzden bilgisayar grafiklerini bir araya getiren programlar ve tasarım sürecinde mühendislik işlevlerini yürüten uygulama programları CAD sınıfındandır. Başka bir deyişle, CAD araçları bir yönden şekilleri hesaplayan geometrik araçlarda uygulama programlarına kadar değişir (ZEID, 1991). Bunların arasında, şu anda

piyasada mevcut tipik araçlar, tolerans analizi, kütle özelliği hesaplamaları, sonlu-eleman modellemesi ve analiz sonuçlarını görüntüleme özelliklerine sahiptir. CAD'in en temel işlevi tasarım geometrisini yani mekanik kısım, mimari yapı, elektronik devre, yapı düzeni v.b. tanımlamaktır. Çünkü bu işlem üretim evresinin sonraki aşamaları için çok gereklidir. Bilgisayar destekli tasarım ve geometrik modelleme bu amaç için kullanılan tipik yöntemlerdir. Bu sistemleri oluşturan geometri CAE ve CAM'de yapılacak diğer fonksiyonlar için bir temel olarak kullanılabilir. Bu CAD'in en önemli fonksiyonlarından biridir, çünkü zaman kazandırır ve her zaman ihtiyaç duyulacak geometrinin aksi takdirde yeniden tanımlanmasından ortaya çıkabilecek hataları azaltır. Bu yüzden bilgisayar destekli tasarlama ve geometrik modelleme sistemlerinin CAD'in en önemli kısımları olduğunu söyleyebiliriz (ARAL,1991).

Bilgisayar destekli üretim (CAM), üretim operasyonlarının plan, yönetim ve kontrolünü doğrudan ya da dolaylı olarak bilgisayar sistemleriyle yüz yüze getiren teknolojidir. CAM'in en ileri alanlarından bir NC'dir. Bu, bir hammaddeyi ezen, kesen, işleyen, döven veya son haline getiren makinenin programlanmış bilgilerini kullanma tekniğidir. Şimdi bilgisayarlar CAD'den gelen geometrik data ve operatör tarafından sağlanan ek bilgileri kullanarak NC komut setlerini üretebilmektedir. Araştırmalar daha çok işleme operatörün katkısını minimize etme yönünde sürmektedir.

CAM'in diğer dikkat çekici işlevi, iş düzenlenmesinde çalışacak konumlandırma araçları ve NC makineleri için iş parçaları seçecek robotları programlamaktır. Bu robotlar kaynak, dizme veya zemindeki parçaları taşımak gibi bireysel vazifelerde de yer alabilir. Süreç planlama da bilgisayar otomasyonunun hedefidir. Süreç planı bir montajın baştan sona fabrika edilme gereği olan üretim basamaklarının detaylı serisini belirleyebilir. Eksiksiz bir otomatik süreç planlamanın imkansızlığına rağmen, bir kısmın süreç planı, benzer kısımlar için de hali hazırda varsa üretilebilir. Bu amaç için, benzer kısımları bir araya getirerek organize eden grup teknolojisi geliştirildi. Parçalar eğer slot, paket, kanal, oyuk vb. gibi ortak üretim özelliklerine sahipse benzer şekilde sınıflandırılabilirler. Bu yüzden, parçalardaki benzerlikleri otomatik olarak kontrol için, CAD veritabanının bu tür özelliklere ait bilgiye sahip olması gereklidir.



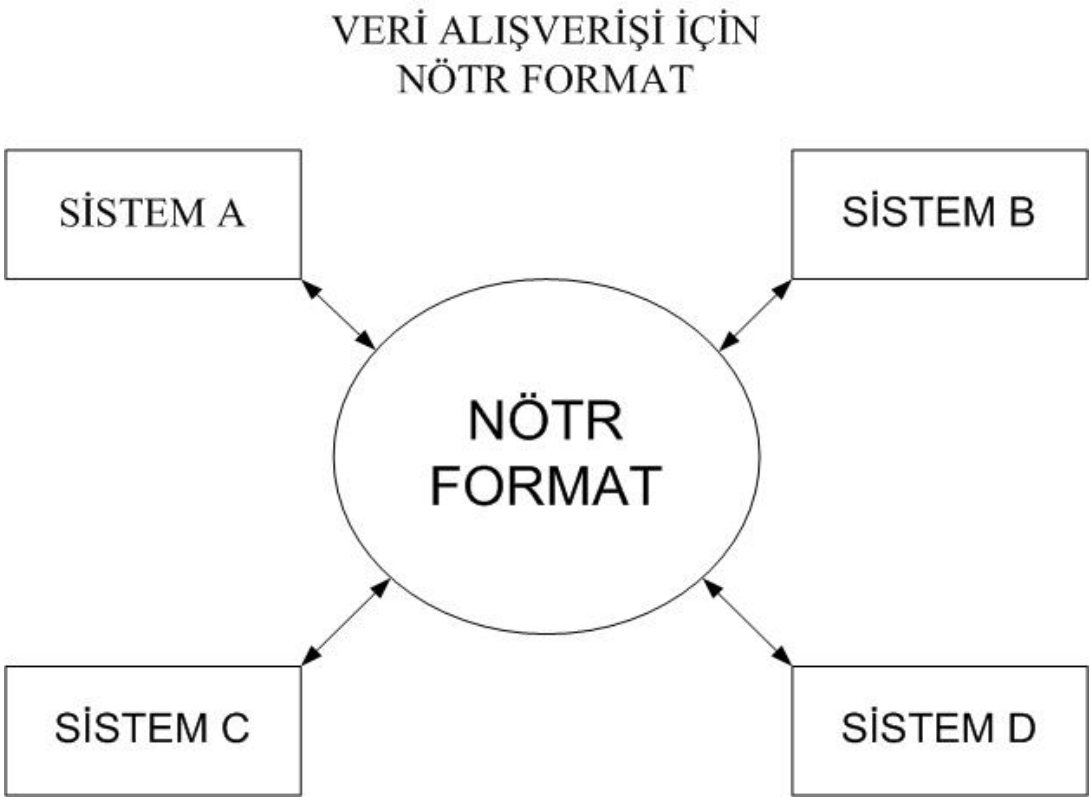
Şekil 4.3:Veritabanı yoluyla entegre edilen CAD, CAM ve CAE

Bu Şekil, CIM'in parçaları olan, bir veritabanı yoluyla entegre edilmiş CAD, CAM ve CAE aktivitelerini göstermektedir.

4.3. CAD PROGRAMLARI ARASINDA VERİ (DATA) DÖNÜŞÜMLERİ

4.3.1. Veri (Data) Dönüşüm Programları Neden Gerekmektedir

CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımlarının günden güne sayısının artmasıyla, yazılımlar arasında veri transferi yapabilmek için CAD yazılımları arasında verileri paylaşabilmek için ortak kullanılacak dosya yapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Her programın kendine özgü veri yapısı olduğundan dolayı değişik CAD yazılımları arasında veri paylaşımı yapmak oldukça zordur. Bundan dolayı üretim hızını ve verimliliği arttırabilmek için farklı CAD yazılımları kullanan firmalar arasında tasarım ve/veya çizim verilerinin paylaşımını yapabilmek gerekir. Üç boyutlu yüzey, üç boyutlu katı model verilerini CAM (Bilgisayar Destekli Üretim) yazılımlarına aktararak, CNC tezgahlarda üretim yapabilmek için gerekli kodları türetebilmek amacıyla ortak kullanılan CAD veri formatları oldukça avantaj sağlamaktadır.



Şekil 4.4:Veri Alışverişi için Nötr Format

CAD yazılımlarının veri tipleri ikiye ayırabilir;

Özgün (native) veri formatı: CAD programının kendine özgü veri yapısıdır.

Tarafsız / Nötr (Neutral): Farklı CAD yazılımları veya sistemleri arasında ortak veri paylaşımını sağlayan veri yapısıdır.

CAD yazılımları arasında kullanılan tarafsız veri dosya tiplerini ve özelliklerini sırasıyla aşağıda belirtilmiştir (GYTE, 2007).

4.3.2. DXF (*.dxf) Dosya Uzantısı ve Özellikleri

DXF (Drawing Exchange Format) Çizim Dönüştürme Formatı sadece iki boyutlu çizimlerin farklı CAD yazılımları arasında aktarılması için kullanılır. Üç boyutlu katı veya yüzey model verilerini içermez. DXF olarak kaydedilen dosyaların uzantısı "*.dxf" şeklindedir. Eğer programlar arasında teknik resim verisi paylaşılacaksa DXF dosya yapısı kullanılabilir.

4.3.3. IGES (*.iges, *.igs, *.ige) Dosya Uzantısı ve Özellikleri

IGES (Initial Graphics Exchange Specification) Grafik Başlangıç Değişimi Tanımı CAD/CAM sistemleri arasında ürün verisi iletişimi kavramına hitap etmek için geliştirilmiş ilk standart değişim biçimidir. Düşük seviyeli bir ortak formattır. Geometrik veriler dışında bilgi yoktur. Başarısı uygulama ve CAD verisine bağlıdır. Verilerin geometrik şekiller ve yüzeyler şeklinde aktarılmasını sağlar. Dosya uzantısı "*.iges, *.igs, *.ige" şeklinde olabilir. 1979 yılında endüstri konsorsiyumu desteğiyle geliştirilmiştir. Güncel sürümü 5.3, en son geliştirilen ise 6.0 sürümüdür.

Veri değişimi esnasında genellikle karşımıza şu seçeneklerle çıkabilir;

- Entity Type 144 (Nesne Tipi 144): Trimmed Surface (Budanmış Yüzeyler)
- Entity Type 186 (Nesne Tipi 186): B-REP Solid (B-REP Katı)

4.3.4. STEP (*.step, *.stp, *.ste) Dosya Uzantısı ve Özellikleri

STEP (Standart for Exchange of Product Model Data ISO 10303) Ürün Modeli Verileri İçin Dönüştürme Standardı, ISO'nun IGES, DXF, SET ve VDAFS yerine önerdiği dönüşüm formatıdır. IGES'e göre ciddi bir gelişim söz konusudur. Fakat yine de halen toleranslar ve sistemlerin farklı yorumlamalarından kaynaklanan problemler mevcuttur. STEP ilk olarak 1984 senesinde önem kazanmış, ilk standartlar 1994'de çıkarılmıştır. Standartlaştırma işleminin gelişme sürecinde teknik bilgileri devam ettirmemesi nedeniyle, STEP ticari CAD sistemlerinde en son işlevsel özellikleri yansıtamamıştır. STEP ürünün geometrik bilgilerini de üretim süreci bilgileri gibi barındırır. Fakat tasarım parametreleri, özelliklerini ve tasarım amaçlarını dönüştüremez. STEP veri formatıyla üç boyutlu katı, yüzey model bilgileri farklı sistemler arasında transfer edilebilir. STEP olarak kaydedilen dosyaların uzantıları "*.step, *.stp, *.ste" şeklinde olabilir. STEP veri değişim standardı iki farklı yapıda olabilir.

AP-203: Üç boyutlu tasarımla ilgili parça ve montaj bilgilerini içermektedir

AP-214: AP-203 desteklediği özelliklerle birlikte katman, renk ve diğer bazı özellik bilgilerini içerir.

4.3.5. ACIS SAT (*.sat, *.sab) Dosya Uzantısı ve Özellikleri

ACIS Spatial Teknolojileri firması tarafından geliştirilmiş B-REP tabanlı bir katı modelleme motorudur. Birçok PC temelli katı model yazılımı bu altyapıyı

kullanmaktadır. ACIS motoru yardımıyla oluşturulan modellerin geometrik şeklilerinin matematik bilgileri meydana getirilir. Oluşturulan bilgiler "*.sat, *.sab" dosya uzantısı biçiminde saklanır. ACIS SAT dosya formatı farklı sistemler arasında katı model dosyaların aktarılması için kullanılabilir.

4.3.6. STL (*.stl) Dosya Uzantısı ve Özellikleri

STL (Stereolithography) dosya yapısı ASCII yapısında veya imalat sektöründe kullanılmak üzere BINARY yapıda bir dosyadır. Oluşturulan katı modeli üçgen yüzeyler şeklinde muhafaza eder. Veriyi oluşturan üçgen sayısı ne kadar fazla olursa modelin hassasiyeti de o kadar iyi olur ve daha başarılı bir model elde edilmiş olur. Dosya uzantısı "*.stl" dir. Bu dosya yapısı daha çok tersine mühendislik uygulamalarında, hızlı prototipleme cihazlarında veri girdisi olarak ve farklı CAD/CAM yazılımları arasında veri transferi yapmakta kullanılır.

4.3.7. PARASOLİD (*.X_T) Dosya Uzantısı ve Özellikleri

Parasolid, ShapeData tarafından geliştirilen, şimdi Siemens PLM Software'in sahibi olduğu geometrik bir modelleme sistemidir.

Parasolid yeteneklerini, model oluşturma ve Boole modelleme operatörleri, özellik modelleme desteği, gelişmiş yüzey, kalınlaşma ve hollowing, karıştırma ve filleting ve sac modelleme gibi düzenleme yardımcı programları içerir. Parasolid'de geometri değiştirme ve çevreleyen verilerin otomatik rejenerasyon özelliği detayları kaldırılması da dahil olmak üzere doğrudan model düzenleme için araçlar içerir. Parasolid'de gizli hat, tel kafes ve hazırlanması, mozaiği ve model verileri sorular da dahil olmak üzere, geniş kapsamlı grafik ve render desteği sağlanır.

Parasolid dosya uzantısı *.x_t 'dir. Parasolid sadece 3 boyutlu dosyaların aktarımında kullanılır. 2 boyutlu aktarımlar için uygun değildir.

5. SONLU ELEMANLAR METODU

5.1. GİRİŞ

Sonlu elemanlar metodu, günümüzde karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan bir sayısal metoddur. İlk defa 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için geliştirilmiş olan bu metodun, daha sonraki on yıl içerisinde uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de başarı ile kullanılabileceği anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise sonlu elemanlar metodu ve çözüm teknikleri hızlı gelişmeler kaydetmiş ve günümüzde birçok pratik problemin çözümü için kullanılan en iyi metodlardan birisi olmuştur. Metodun değişik mühendislik alanı için bu kadar popüler olmasının ana nedenlerinden birisi genel bir bilgisayar programının yalnız giriş verilerini değiştirerek herhangi bir özel problemin çözümü için kullanılabilmesidir.

Sonlu elemanlar metodundaki temel düşünce, karmaşık bir probleme, problemi basite indirgeyerek bir çözüm bulmaktır. Esas problemin daha basit bir probleme indirgenmiş olması nedeni ile kesin sonuç yerine yaklaşık bir sonuç elde edilmekte, ancak bu sonucun çözüm için daha fazla çaba harcayarak iyileştirilmesi ve kesin sonuca çok yaklaşılması, hatta kesin sonuca ulaşılması mümkün olmaktadır. Elde bulunan konvansiyonel matematiksel araçların kesin sonucu, hatta yaklaşık bir sonucu dahi bulmakta yetersiz kalması durumunda ise sonlu elemanlar metodu kullanılabilecek tek metod olmaktadır.

Sonlu elemanlar metodunda, çözüm bölgesi, çok sayıda, basit, küçük, birbirine bağlı, sonlu eleman adı verilen alt bölgelere ayrılmaktadır (ARIKAN, 2005).

5.2. SONLU ELEMANLAR METODU'NUN UYGULAMA ALANLARI

Sonlu elemanlar metodu, yapısal mekanik problemlerinin yanı sıra, ısı iletimi, akışkanlar mekaniği, elektrik ve manyetik alanlar ile ilgili mühendislik problemlerinin çözümü için de başarı ile kullanılmaktadır. Metodun bu kadar çok uygulama alanı bulmasının nedenlerinden birisi, değişik mühendislik problemlerinin arasındaki

benzerliklerdir. Bu benzerlikler aşağıdaki problemler için verilmiş olan diferansiyel denklemlerden de anlaşılabilir.

5.3. SONLU ELEMANLAR METODU'NUN MODELLEME VE ÇÖZÜM BASAMAKLARI

Sonlu elemanlar metodunda katı, sıvı veya gaz gibi gerçek cisimler veya sürekli ortam, birbirine bağlanmış, sonlu eleman adı verilen alt bölümler ile tarif edilmektedir. Bu elemanlar birbirlerine düğüm noktası adı verilen özel noktalardan bağlanmışlardır. Düğüm noktalan genellikle elemanların birbirine bağlandıkları yerler olan eleman sınırlarında bulunmaktadır. Sürekli ortamın içerisindeki deplasman, gerilme, sıcaklık, basınç, hız vs. gibi değişkenlerin gerçekte nasıl değiştiği bilinemediğinden, bunların basit fonksiyonlar ile yaklaşık olarak ifade edilebildikleri varsayılmaktadır. Bu yaklaşık fonksiyonlar, değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri cinsinden ifade edilmektedir. Sistem için denge denklemleri vs. gibi yeni denklemler yazıldığı zaman, bilinmeyenleri değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri olan ve ortak çözülmeleri gereken yeni denklemler ortaya çıkmaktadır. Genellikle matris denklemleri şeklinde olan bu denklemlerin çözülmesi ile de değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri elde edilmektedir. Yaklaşık fonksiyonları, değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri cinsinden ifade edilmiş olmaları nedeni ile de, bu fonksiyonların eleman içerisindeki ve sonuç olarakta bütün sürekli ortam içerisindeki değerleri bulunmakta ve istenilen sonuçlar elde edilmiş olmaktadır.

Genel bir sürekli ortam probleminin sonlu elemanlar metodu ile çözümü daima belirli basamaklardan oluşan bir yöntem ile elde edilmektedir. Bu yöntem bir statik yapı probleminin çözümü için aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır. Bunlardan 1,4 ve 5. basamaklar sonlu elemanlar programının kullanıcısı tarafından, diğerleri ise program tarafından yerine getirilmektedir.

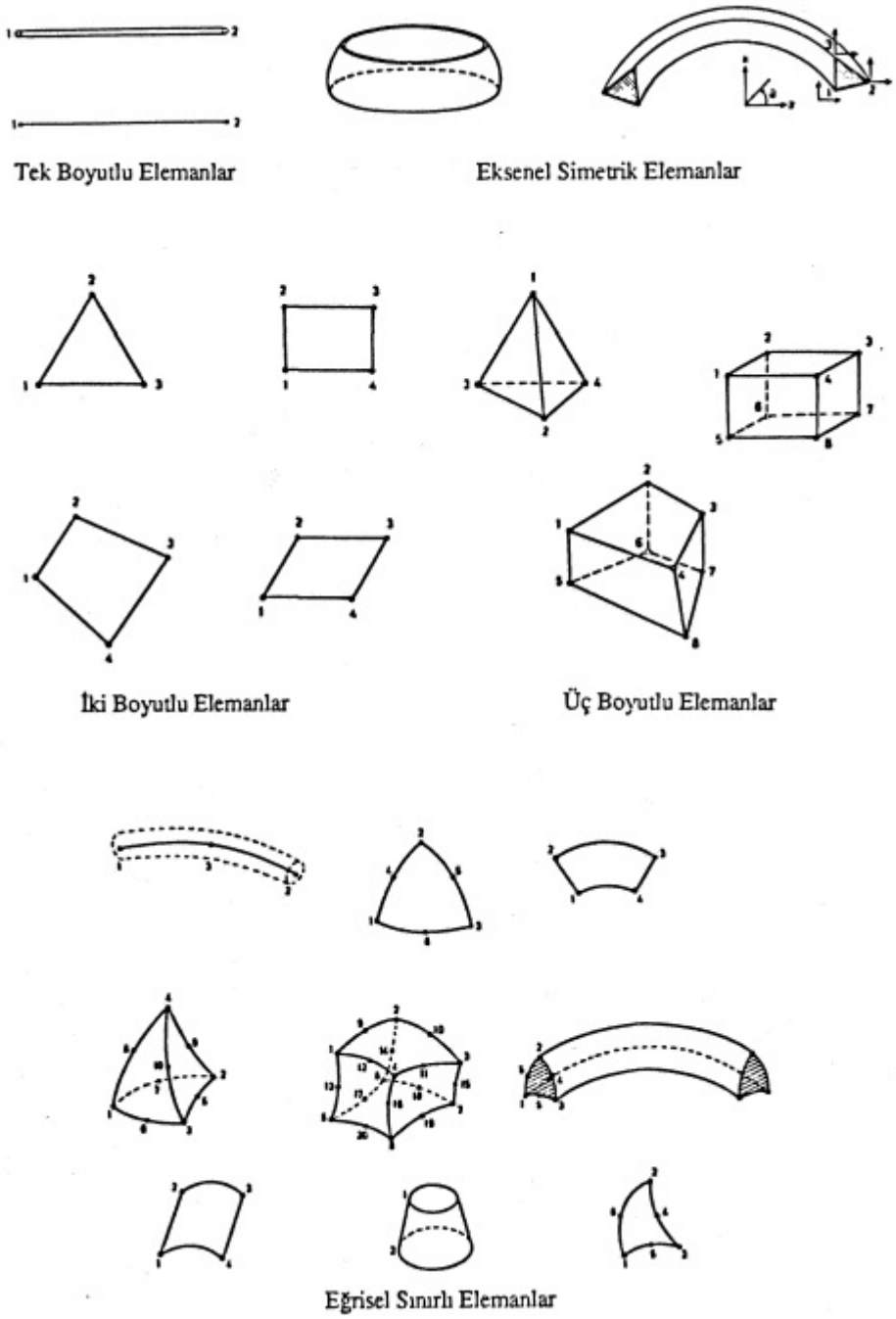
- **Yapının veya çözüm bölgesinin elemanlara ayrılması**

Sonlu elemanlar metodunda ilk basamak, yapıyı veya çözüm bölgesini alt bölümlere yani sonlu elemanlara ayırmaktır. Bu ayırımda uygun sonlu elemanlar kullanılmalı, elemanların cinsi, sayısı ve düzeni tespit edilmelidir.

- **Her elemanın özelliklerinin formüle edilmesi,**

Eleman katılık matrislerinin ve yük vektörlerinin bulunması
Karmaşık bir yapının herhangi bir yük altındaki deplasmanın kesin olarak tahmin edilmesi imkansız olduğundan, bir eleman için, bilinmeyen çözümü yaklaşık olarak ifade edilebilecek uygun bir deplasman modeli seçilmelidir. Bu model hesaplamalar açısından basit olmalı, ancak bazı yakınsama gereklerini de yerine getirmelidir. Çoğunlukla bu model bir polinom şeklinde olmaktadır. Denge denklemleri veya varyasyonel prensipler ve yaklaşık deplasman modeli kullanılarak eleman katılık matrisleri ve yük vektörleri bulunmalıdır.

- **Yapının veya çözüm bölgesinin sonlu elemanlar modeli'inin elde edilebilmesi için elemanların birleştirilmesi**
- **Bilinen yüklerin (kuvvet ve/veya moment) uygulanması**
- **Yapının nasıl desteklendiğinin belirtilmesi**
- **Bilinmeyen düğüm noktası deplasmanlarının bulunması**
- **Eleman gerilme ve birim uzamalarının hesaplanması**



Şekil 5.1. Sonlu elemanlar (ARIKAN, 2005)

6. TİTREŞİM

Titreşim bir denge noktası etrafındaki mekanik salınımdır. Bu salınımlar bir sarkacın hareketi gibi periyodik olabileceği gibi çakıllı bir yolda tekerleğin hareketi gibi rastgele de olabilir.

Titreşim bazen arzu edilir. Örneğin; bir akort çatalının, üflemeli çalgılarda veya mızıkada dilin, veya bir hoparlörde koninin hareketi birçok aletin doğru kullanılması için gerekli olan arzu edilir titreşimdir.

Daha sıklıkla, titreşim istenmeyen bir harekettir, çünkü boşa enerji harcar ve istenmeyen ses ve gürültü oluşturur. Örneğin, motorların, elektrik motorlarının ya da herhangi mekanik aracın çalışma esnasındaki hareketi istenmeyen titreşimler üretir. Böyle titreşimler motorlardaki dönen parçaların balanssızlığından, düzensiz sürtünmeden, dişli çarkların hareketinden kaynaklanabilir. Dikkatli tasarımlar genellikle istenmeyen titreşimleri minimize ederler.

Ses ve titreşim çalışmaları birbirleriyle oldukça yakın şekilde bağlantılıdır. Ses, basınç dalgaları, ses telleri gibi yapıları titreştirerek oluşturulur ve basınç dalgaları da kulak zarı gibi yapıların titreşimine sebep olur. Bu yüzden, gürültüyü azaltmaya çalışmak sıklıkla bir titreşimi azaltma problemidir.

6.1.TİTREŞİM TÜRLERİ

Serbest titreşim, bir başlangıç hareketi verilen ve daha sonra serbestçe salınmaya bırakılan sistemlerde meydana gelen titreşim türüdür. Bir çocuğu salıncakta sallanırken ardından ittirmek ve daha sonra serbest bırakmak veya bir akort çatalına vurmak ve daha sonra salınmaya bırakmak bu titreşim türünün örnekleridir. Mekanik sistem daha sonra kendi frekansı veya frekanslarında titreşecek ve sıfıra gidecektir (WIKIPEDIA).

6.1.1. Zorlamalı titreşim

Değişen bir kuvvet veya hareket bir mekanik sisteme uygulandığında oluşan titreşim türüdür. Balanssızlık dolayısıyla çamaşır makinesinin titreşimi, araç titreşimleri (motordan, yaylardan veya yoldan kaynaklanan), veya deprem sırasında bir binanın titreşimleri bu titreşim türünün örneklerine dahildir. Zorlamalı titreşimde

titreşimin frekansı uygulanan zorlamanın veya hareketin frekansına bağlıdır, fakat titreşimin genliği ise sistemin mekanik davranışına bağlıdır.

6.1.2. Sönümlü zorlamalı titreşim

Bu bölümde kütle yay sönüm modeline formülü aşağıdaki gibi olan, harmonik değişen bir kuvvet eklediğinde nasıl davranacağı incelenecektir. Böyle bir kuvvet örneğin dönmede dengesizlikten kaynaklanabilir.

$$F = F_0 \cos(2\pi f t)$$

Eğer yine kütle üzerindeki kuvvetleri toplarsak, aşağıdaki adi diferansiyel denklemleri elde ederiz:

$$m + c + kx = F_0 \cos(2\pi f t)$$

Bu problemin kararlı durum çözümü şu şekilde yazılabilir;

$$x(t) = X\cos(2\pi f t - \emptyset)$$

Sonuç, kütlenin uygulanan kuvvetle aynı frekansta, f, salınacağını fakat arada bir faz farkı φ olacağını gösterir.

Titreşimin genliği ”X” ise aşağıdaki formülde olduğu gibi tanımlanır:

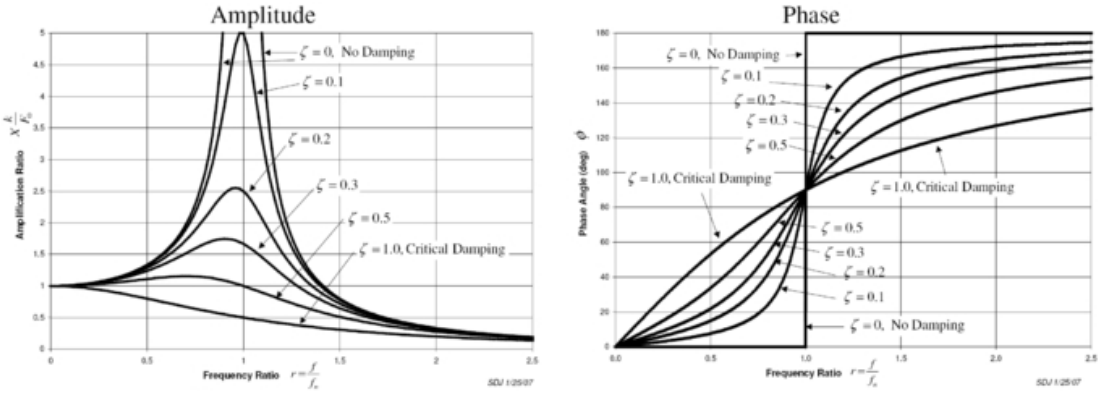
$$X = \frac{F_0}{k}$$

Burada “r” harmonik kuvvetin frekansının sönümsüz kütle-yay-sönüm modelinin doğal frekansı olarak tanımlanır.

$$r = \frac{f}{fn}$$

Faz farkı, φ, ise aşağıdaki formülle tanımlanır:

$$\emptyset = arc\tan\left(\frac{2\xi r}{1 - r^2}\right)$$



Şekil 6.1. Frekans cevabı (THOMPSON, 1996)

Şekil 6.1. de görüldüğü üzere, bu fonksiyonların çizimi, sistemin frekans cevabı denir, zorlamalı titreşimin en önemli özelliklerinden birini gösterir(THOMPSON, 1996). Zorlama frekansının doğal frekansla hemen hemen aynı olduğu($r \approx 1$) çok az sönümlü sistemlerde titreşimin genliği çok yüksek olabilir. Bu olgu rezonans-mekanik rezonans olarak adlandırılır. (Böyle bir durumda sistemin doğal frekansı sıklıkla rezonans frekansı olarak adlandırılır)

Eğer rezonans mekanik bir sistemde meydana gelirse çok zararlı olabilir. Sistemde nihai bir bozulmaya sebep olabilir. Sonuç olarak titreşim analizinin en önemli sebeplerinden biri rezonansın ne zaman meydana geleceğini tahmin etmek ve gerçekleşmesini önlemek için ne gibi önlemlerin alınacağına karar vermektir. Genlik çizimlerinde görüldüğü gibi, sönüm eklemek titreşimin genliğini önemli derecede azaltır. Aynı zamanda genlik, sistemin kütlesi veya direngenliği değiştirilerek doğal frekansın zorlama frekansından uzaklaştırılmasıyla da düşürülebilir. Eğer sistem değiştirilemiyorsa, belki zorlama frekansı değiştirilebilir (örneğin kuvvete sebep olan makinenin dönme hızını değiştirerek).

Aşağıdakiler ise zorlamalı titreşimin frekans cevabı çizimleri ile ilgili diğer noktalardır:

- Belirli bir frekans oranında, titreşimin genliği, “X”, doğrudan zorlamanın genliği F_0 ile orantılıdır(örneğin kuvveti ikiye katlarsanız titreşimde ikiye katlanır).
- Çok az ya da sıfır sönümde, titreşim zorlama ile aynı fazdadır ve r<1 dir, ve eğer 180 dereceli faz farkı mevcutsa frekans oranı r>1 dir.

- r 1'den çok küçükse(r<<1) genlik sadece statik kuvvet F_0 altındaki yayın uzamasıdır. Bu uzama statik uzama δ_{st} olarak adlandırılır. Bu yüzden r<<1 olduğunda sönüm ve kütlenin etkileri minimumdur.
- r>>1 iken titreşimin genliği statik uzamadan δ_{st} daha azdır. Bu bölgede kütle tarafından üretilen kuvvet(F=m.a) hakimdir, çünkü kütlenin maruz kaldığı ivme frekans arttıkça artar. Bu bölgede yaydaki uzama, X, azaldığından, yay tarafından zemine iletilen kuvvet(F=k.x) azalır. Böylece kütle-yay-sönüm sistemi harmonik kuvveti zeminden izole eder. Buna titreşim izolasyonu denir. İlginç olarak r>>1 olduğunda daha fazla sönüm titreşim izolasyonunun etkisini azaltır, çünkü sönüm kuvveti(F=c.V) de zemine transfer edilmektedir.

6.2. REZONANSIN SEBEBİ NEDİR?

Eğer kütle ve yayı enerji depolama elemanları olarak görürseniz rezonansı anlamak çok kolaydır. Kütle kinetik enerji depolarken yay ise potansiyel enerji depolar. Daha önce de bahsedildiği gibi, kütle ve yay üzerinde hiçbir kuvvet yoktur, onlar enerjilerini doğal frekansa eşit oranda bir ileri bir geri dönüştürürler. Diğer bir deyişle eğer enerji verimli bir şekilde kütle ve yayın içerisine poMPalansaydı enerji kaynağının doğal frekansa eşit oranda beslenmesi gerekirdi. Bir kütle ve yaya bir kuvvet uygulamak bir çocuğu salıncakta sallamaya benzer, eğer daha yükseğe sallamak istiyorsanız doğru zamanda ittirmek zorundasınız. Salıncak örneğinde olduğu gibi daha büyük bir hareket elde etmek için uygulanan kuvvetin illa ki çok yüksek olması gerekmemektedir. Bu itmeler sadece enerjinin sistemin içine eklenmesini sağlar.

Sönüm ise enerji depolamak yerine enerjiyi harcar. Sönüm kuvveti hızla orantılı olduğundan, hareket büyüdükçe enerji daha fazla sönümlenir. Böylece sönüm elemanı tarafından sönümlenen enerji ile kuvvet tarafından beslenen enerjinin eşit olduğu bir noktaya ulaşılır. Bu noktada sistem kendi maksimum genliğine ulaşır ve uygulanan kuvvet aynı kaldığı sürece bu genlikte titremeye devam eder. Eğer hiç sönüm yoksa enerji yutacak hiçbir şey yoktur ve böylece hareket teorik olarak sonsuza gider.

6.3. KÜTLE-YAY-SÖNÜM MODELİNE KOMPLEKS BİR KUVVET UYGULAMAK

Sönümlü zorlamalı titreşim bölümünde modelimize sadece basit harmonik bir kuvvet uygulanmıştı, fakat bu iki güçlü matematiksel araç kullanılarak epeyce genişletilebilir. Bunlardan birincisi bir sinyalin zaman fonksiyonunu alıp frekansın bir fonksiyonu olarak harmonik bileşenlerine ayıran analizidir. Örneğin kütle yay sönüm modelimize şu şekilde tekrar eden bir kuvvet uygulayalım—0.5 saniyeliğine 1N'luk bir kuvvet ve ardından 0.5 saniyeliğine hiç kuvvet uygulamayalım. Bu çeşit kuvvet 1Hz'lik kare dalga şekline sahiptir.

Kare dalganın fourier dönüşümü kare dalgayı oluşturan harmoniklerinin genliklerini gösteren bir frekans spektrumu oluşturur(Aynı zamanda faz farkı da oluşur ancak genellikle bunla daha az ilgilenilir ve bu yüzden sıklıkla da çizilmez). Fourier dönüşümü aynı zamanda geçici (Örneğin: darbeler) veya karışık fonksiyonlar gibi periyodik olmayan fonksiyonların incelenmesinde de kullanılabilir. Modern bilgisayarların avantajlarını kullandığımız günümüzde Fourier dönüşümü daima Hızlı Fourier Dönüşümü(FFT) denen, bir pencere fonksiyonunun kombinasyonu olan bir algoritma kullanılarak bilgisayar ile uygulanır.

Kare dalga kuvvet durumuna döndüğümüzde, birinci öğe 0.5 N'luk sabit bir kuvvettir ve frekans spektrumunda "0" Hz'lik bir değerle temsil edilir. Sonraki öğe ise 1 Hz'lik ve 0.64 genliğinde bir sinüs dalgasıdır. Bu 1 Hz'deki çizgiyle gösterilmiştir. Takip eden öğeler alakasız frekanslardadır ve mükemmel kare dalgalar üretmek için sonsuz sayıda sinüs dalgası içerir. Böylece Fourier dönüşümü bize kuvvetimizi daha kompleks kuvvetler (örneğin kare dalga) yerine uygulanan sinüzoidal kuvvetlerin bir toplamı olarak anlamamızı sağlar.

Sönümlü zorlamalı titreşim bölümünde tek bir harmonik kuvvet için titreşim çözümü verilmişti fakat Fourier dönüşümü genellikle çoklu harmonik kuvvetlerde uygulanır. İkinci matematik aracımız ise Süperpozisyon prensibidir. Bu prensip, eğer sistem lineerse kuvvetlerin çözümlerinin toplanmasına izin verir. Kütle-yay-sönüm modelinde eğer yay kuvveti deplasmanla ve sönümde ilgilenilen hareket menzilinde hızla orantılıysa sistem lineerdir. Böylece, kare dalgalı problemin çözümü kare dalganın frekans spektrumunda bulunan harmonik fonksiyonlardan tahmin edilen her bir titreşimin toplanmasıdır.

6.4. FREKANS CEVABI MODELİ

Bir titreşim probleminin çözümünü bir girdi/çıktı ilişkisi olarak görebiliriz. Burada kuvvet girdi titreşim ise çıktıdır. Eğer kuvveti ve titreşimi frekans tabanında gösterirsek(genlik ve faz) aşağıdaki ilişkiyi yazabiliriz:

H(ω) frekans cevabı fonksiyonu olarak adlandırılır (aynı zamanda transfer fonksiyonu olarak da adlandırılır fakat teknik olarak çok doğru değildir) ve hem genlik hem de faz bileşenlerini (eğer kompleks sayı olarak gösterilirse reel ve sanal bileşenler) içerir. Frekans cevabı fonksiyonunun (FRF-Frequency Response Function) genliği daha önce kütle-yay-sönüm modeli için gösterilmişti.

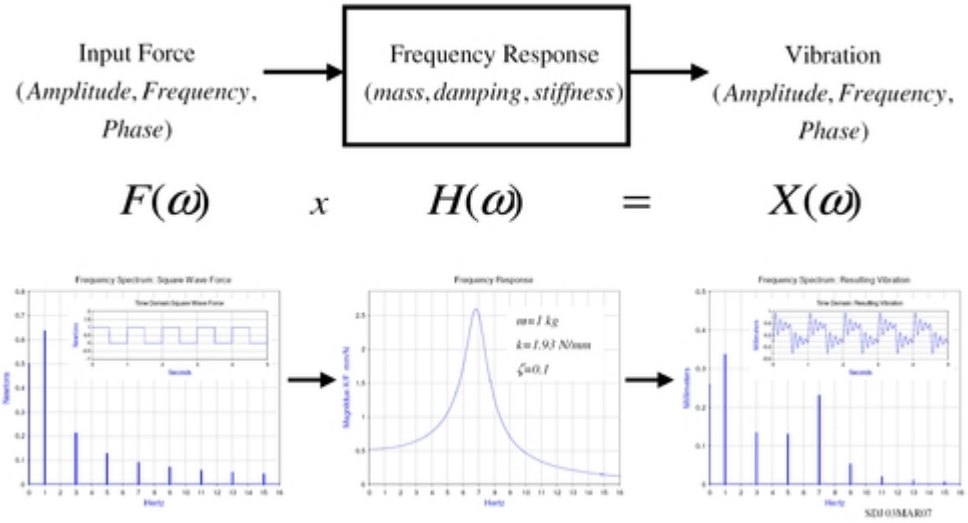
$$|H(\omega)| = \left|\frac{X(\omega)}{F(\omega)}\right| = \frac{1}{k}\frac{1}{\sqrt{(1-r^2)+(2\xi r)^2}}$$

FRF'nin fazı da aynı zamanda daha önce aşağıdaki gibi gösterilmişti:

$$H(\omega) = \arctan\left(\frac{2\xi r}{1-r^2}\right)$$

Örneğin; kütlesi 1 kg, yay direngenliği 1.93 N/mm ve sönüm oranı 0.1 olan bir kütle yay sönüm sisteminin FRF'sini hesaplayalım. Bu sistem için verilen kütle ve yay değerleri 7 Hz'lik bir doğal frekans verir. Eğer önceki 1 Hz lik kare dalgayı sisteme uygularsak kütlenin tahmin edilen titreşimini hesaplayabiliriz. Şekil nihai titreşimi göstermektedir. Bu örnekte kare dalganın dördüncü harmoniği 7 Hz'e denk düşer. Girdi kuvveti görece düşük 7 Hz'lik bir harmoniğe sahipken kütle yay sönüm yüksek bir 7 Hz' lik titreşim oluşturur. Bu örnek çıkış fonksiyonunun hem zorlama fonksiyonuna hem de kuvvetin uygulandığı sisteme bağlı olduğunu açığa çıkarır.

Şekil aynı zamanda çıkış fonksiyonunun zaman tabanı gösterimini de içerir. Bu ters bir Fourier analizi kullanılarak frekans tabanından zaman tabanına geçerek yapılmıştır. Uygulamada, bu pek yapılmaz çünkü frekans spektrumu bütün gerekli bilgileri sağlar.



Şekil 6.2. Frekans cevabı modeli

6.4.1. Frekans Cevabı Modeli

Frekans cevabı fonksiyonunun(FRF) illa ki sistemin kütlesi, direngenliği ve sönümü bilinerek hesaplanması gerekmez; deneysel olarak da ölçülebilir. Örneğin; eğer bilinen bir kuvvet uygulanırsa ve frekansı taranırsa ve ardından çıkış fonksiyonunu ölçülürse frekans cevap fonksiyonu hesaplayabilir ve böylece sistem karakterize edilir. Bu teknik bir yapının titreşim karakteristiklerini belirlemek için deneysel modal analiz alanında kullanılır.

7. BASKI MAKİNESİ ELEMANLARI ANALİZİ

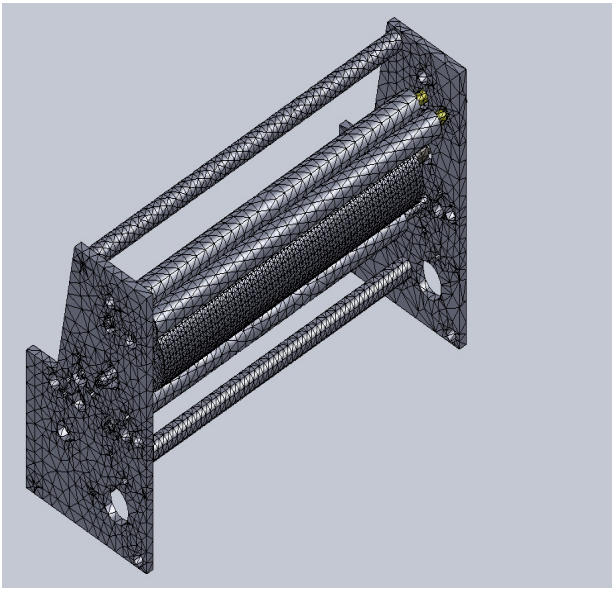
7.1. BASKI MAKİNESİNİN STATİK ANALİZİ

7.1.1. Baskılı Yükleme Ünitesi Statik Analizi

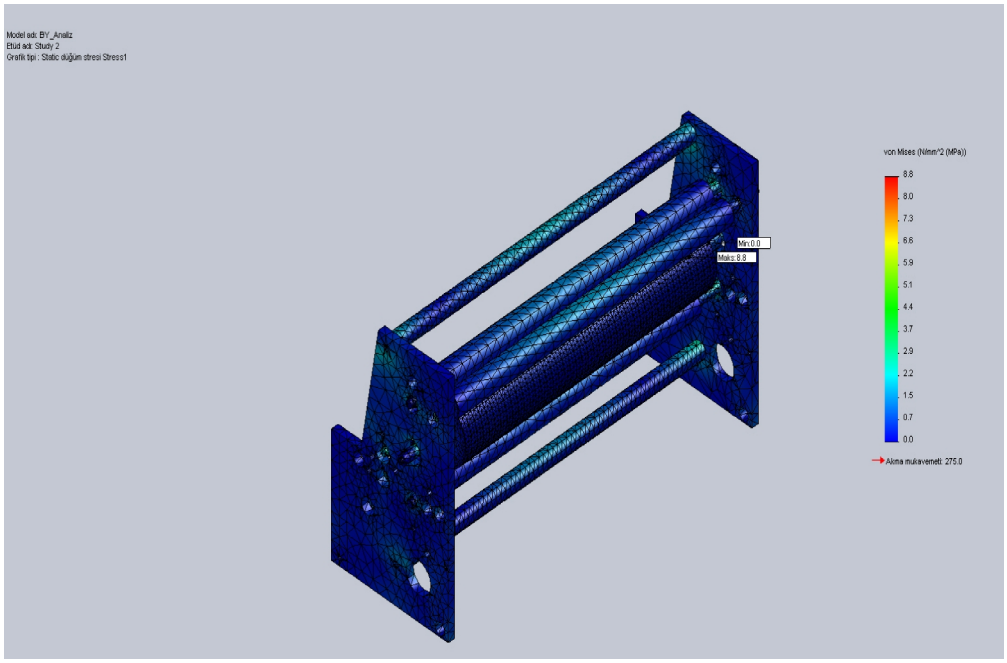
Katı modellemesi Solidworks programında yapılan Baskılı Yükleme Ünitesinin analizi Solidworks Simulation programı yapılmıştır. Solidworks Simulation'da açılan Baskılı Yükleme Ünitesinin öncelikle malzeme seçimi yapılır. Malzeme olarak St-37 olarak seçilmiştir. St-37 malzeme özellikleri,

- Elastisite Modülü : 210 GPa
- Poission Oranı : 0.28
- Kopma Mukavemeti : 350 MPa
- Akma Mukavemeti : 275 MPa

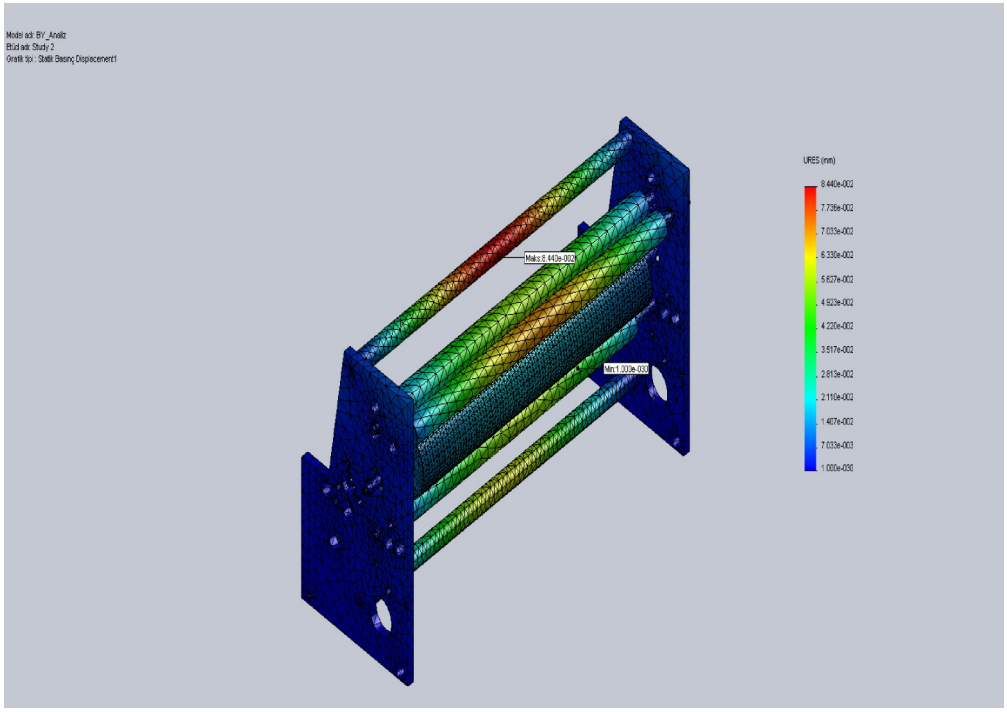
Katı model gövde altlarından sabitlenir. Kuvvet olarak sisteme dışarıdan bir kuvvet uygulanamadığı için yerçekimi sekmesi açılarak malzemelerin kendi ağırlıklarının uyguladığı kuvvet gözönüne alınır. Sonra sonlu elemanlar ağı işlemi başlatılır. Sonlu elemanlar ağı işlemi tamamlandıktan sonra analiz başlatılır.



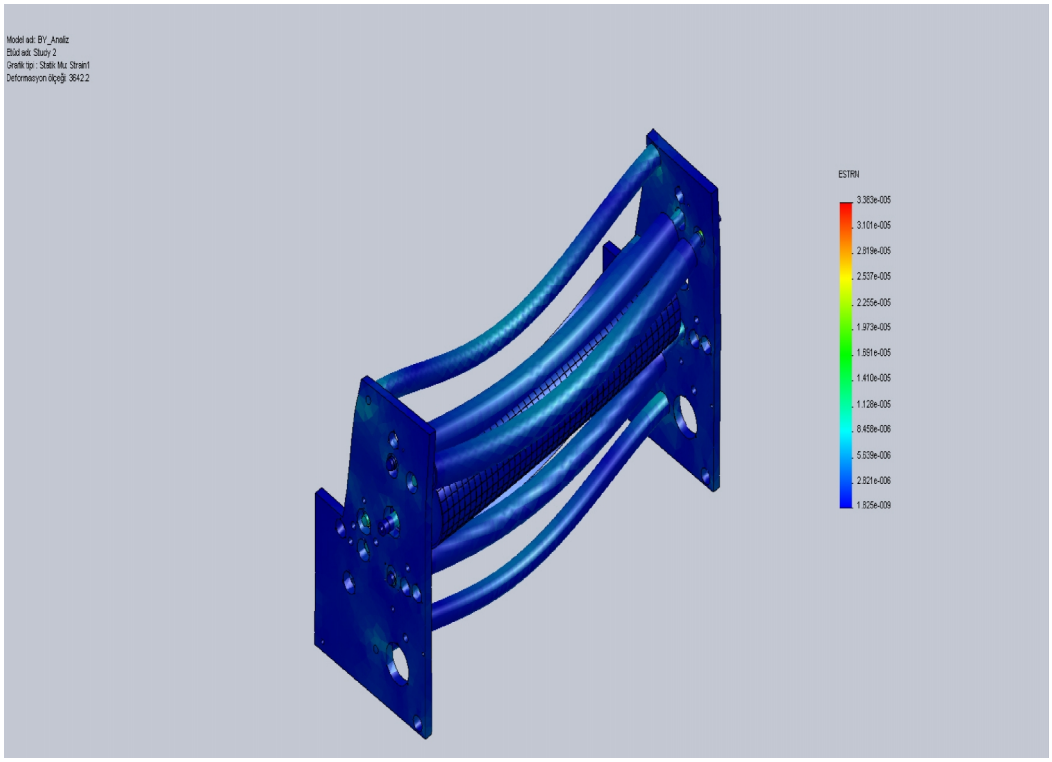
Şekil 7.1. Baskılı Yükleme Ünitesi – Solid Sonlu Elemanlar Ağı



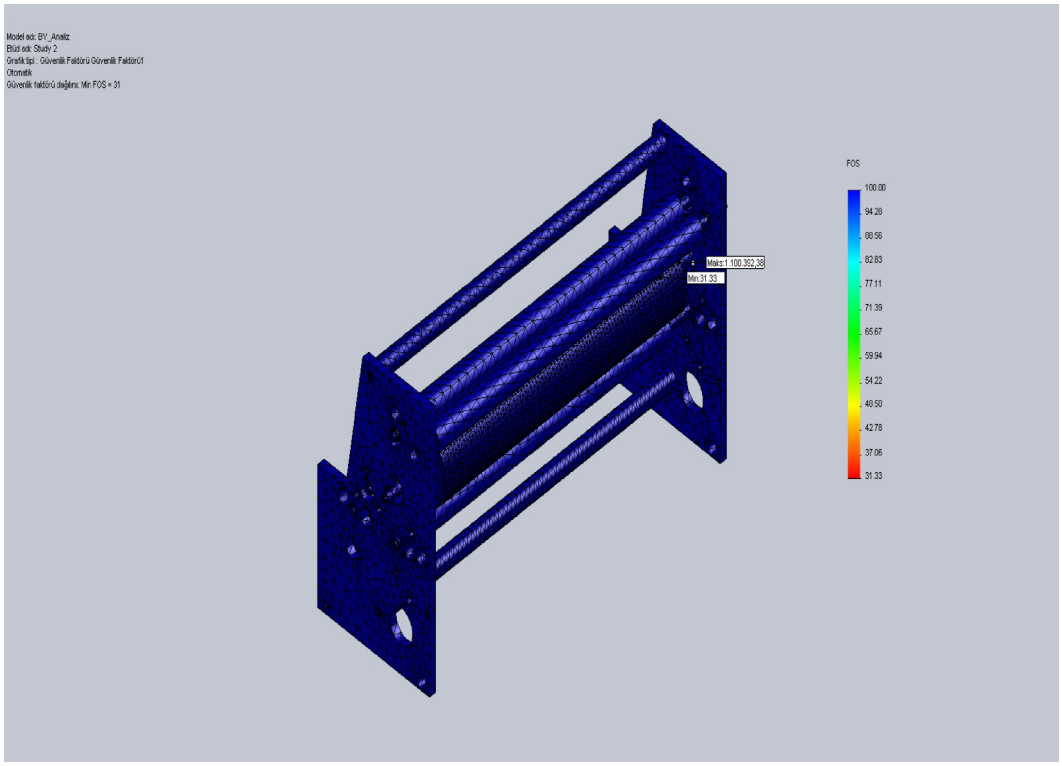
Şekil 7.2. Baskılı Yükleme Ünitesi – Von Mises (N/m²)



Şekil 7.3. Baskılı Yükleme Ünitesi – Yer Değiştirme (mm)



Şekil 7.4. Baskılı Yükleme Ünitesi – Şekil Değiştirme, Uzama



Şekil 7.5. Baskılı Yükleme Ünitesi – Güvenlik Faktörü

Sonuç: Gerilim analizinde akma sınırı 235 MPa iken, makinedeki gerilme oranı maksimum 8.77675 MPa ‘dır.

Ünitedeki maksimum yerdeğiştirme miktarı 0.0843976 mm’dir.

Ünitedeki maksimum uzama oranı $3.38277x10^{-5}$ ‘dir.

Makinenin güvenlik faktörü 31.3328 ’dir.

Makinenin, baskılı yükleme ünitesinin güvenli olduğu görülmektedir.

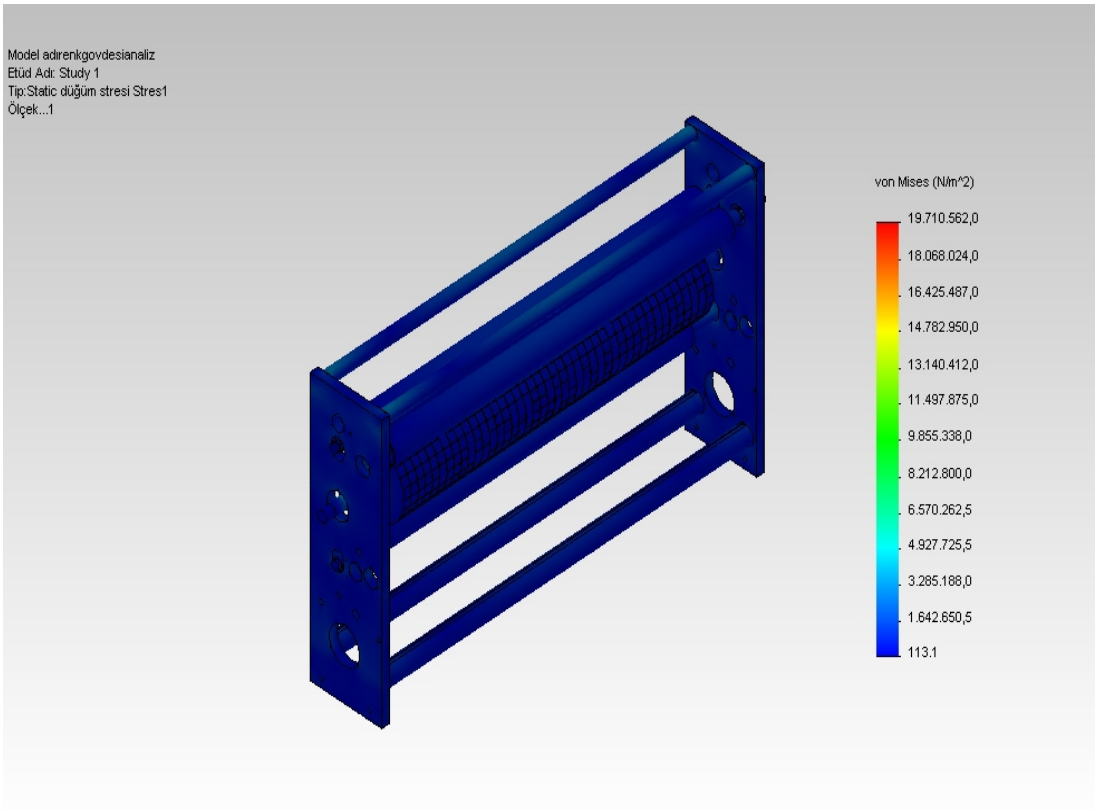
7.1.2. Renk Üniteleri Statik Analizi

Katı modellemesi Solidworks programında yapılan Baskılı Yükleme Ünitesinin analizi Solidworks Simulation programı yapılmıştır. Solidworks Simulation’da açılan Baskılı Yükleme Ünitesinin öncelikle malzeme seçimi yapılır. Malzeme olarak St-37 olarak seçilmiştir. St 37 malzeme özellikleri,

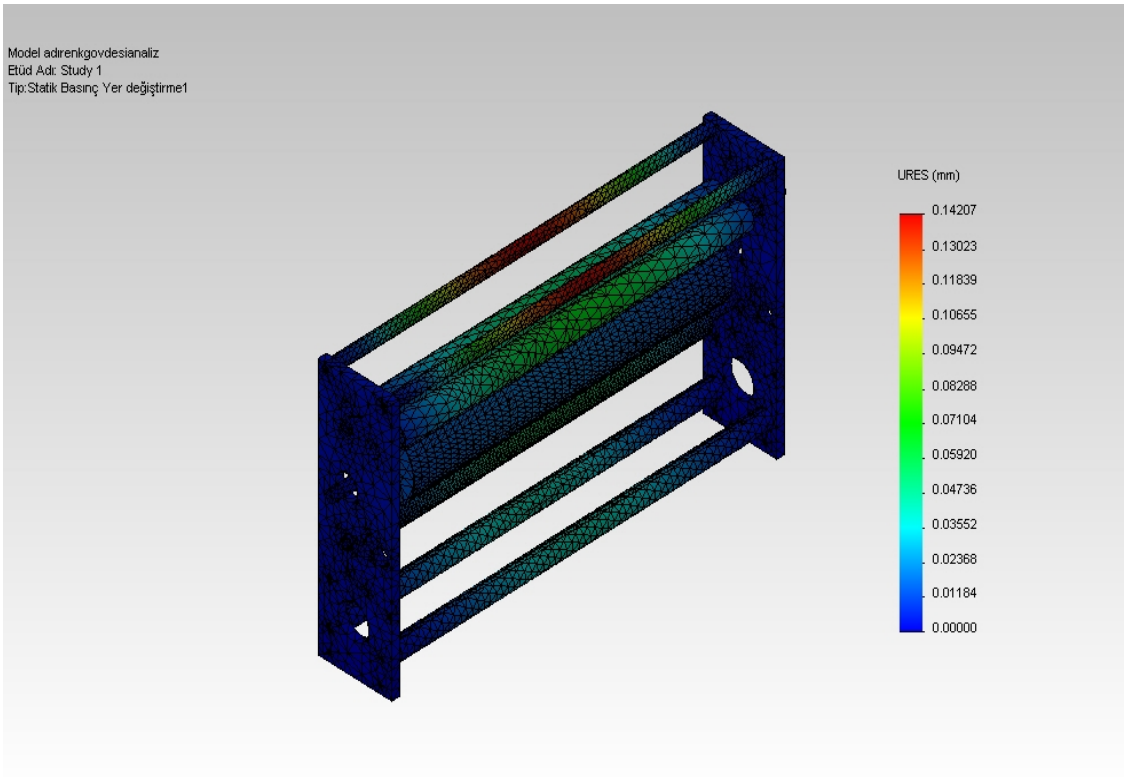
- Elastisite Modülü : 210 GPa
- Poission Oranı : 0.28
- Kopma Mukavveti : 350 MPa
- Akma Mukavveti : 275 MPa

Katı model gövde altlarından sabitlenir. Kuvvet olarak sisteme dışarıdan bir kuvvet uygulanamadığı için yerçekimi sekmesi açılarak malzemelerin kendi ağırlıklarının uyguladığı kuvvet gözönüne alınır. Sonra sonlu elemanlar ağı işlemi başlatılır. Sonlu elemanlar ağı işlemi tamamlandıktan sonra analiz başlatılır.

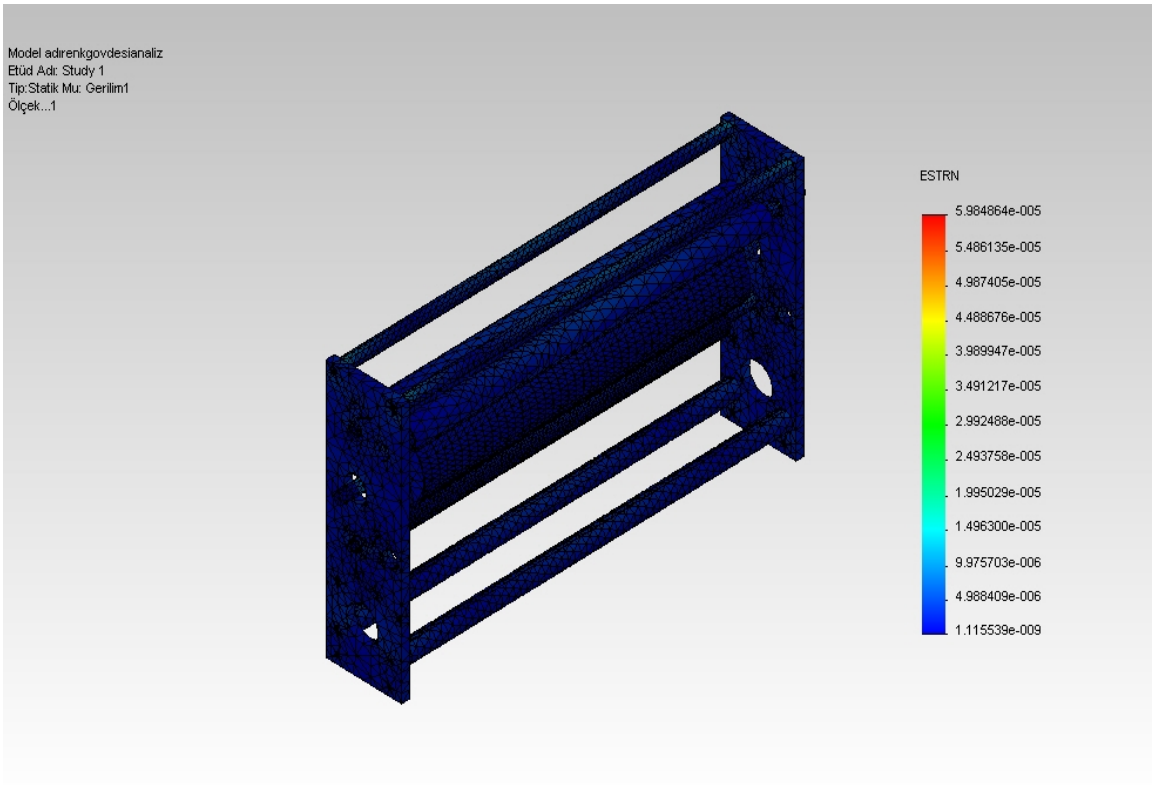
Şekil 7.6. Renk Üniteleri – Solid Sonlu Elemanlar Ağı



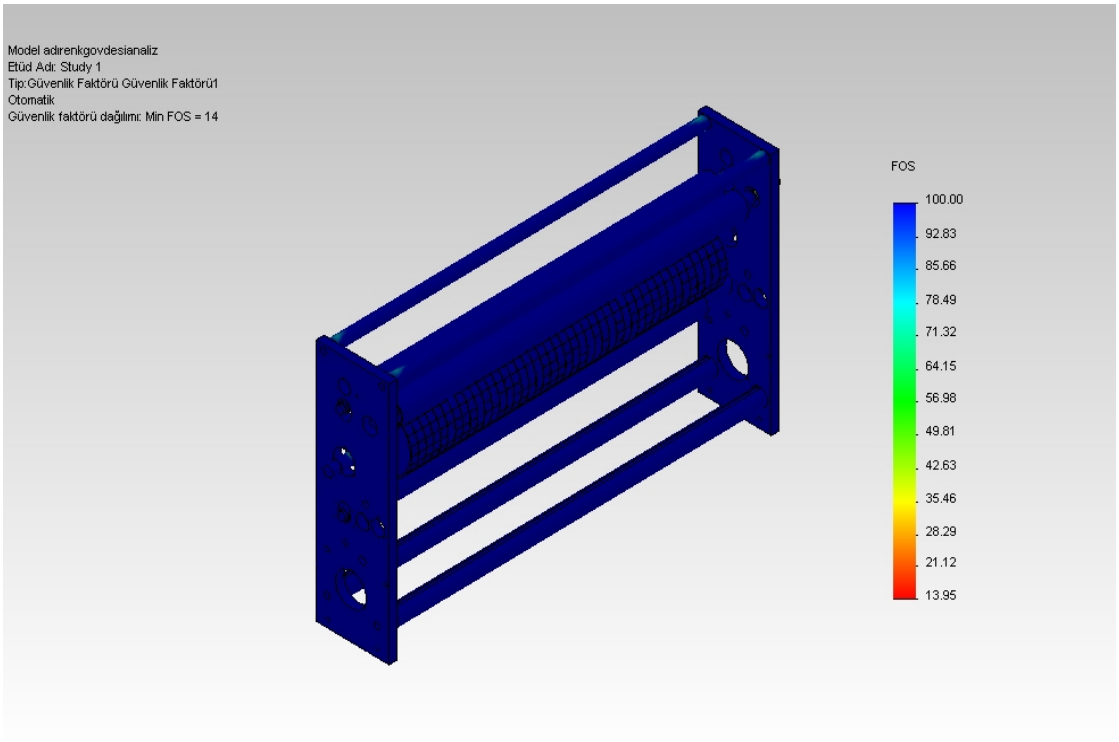
Şekil 7.7. Renk Üniteleri – Von Mises (N/m²)



Şekil 7.8. Renk Üniteleri – Yer Değiştirme (mm)



Şekil 7.9. Renk Üniteleri – Şekil Değiştirme, Uzama



Şekil 7.10. Renk Üniteleri – Güvenlik Faktörü

SONUÇ : Gerilim analizinde akma sınırı 275 MPa iken, makinedeki gerilme oranı maksimum 19,710562 MPa ‘dır.

Ünitedeki maksimum yerdeğiştirme miktarı 0.14207 mm’dir.

Ünitedeki maksimum uzama oranı $5.984864x10^{-5}$ ‘dir.

Makinenin güvenlik faktörü 13.95’dur.

Makinenin, renk ünitelerinin güvenli olduğu görülmektedir.

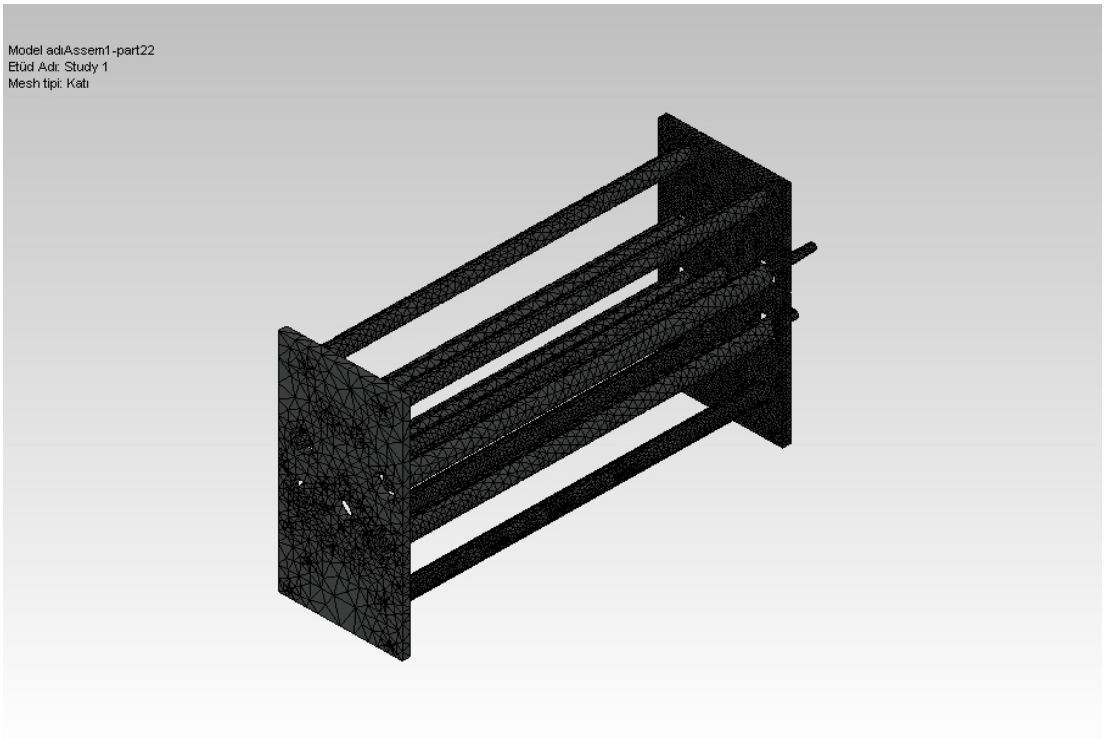
7.1.3. Bıçak Ünitesi Statik Analizi

Katı modellemesi Solidworks programında yapılan Baskılı Yükleme Ünitesinin analizi Solidworks Simulation programı yapılmıştır. Solidworks Simulation’da açılan Baskılı Yükleme Ünitesinin öncelikle malzeme seçimi yapılır. Malzeme olarak St-37 olarak seçilmiştir. St 37 malzeme özellikleri,

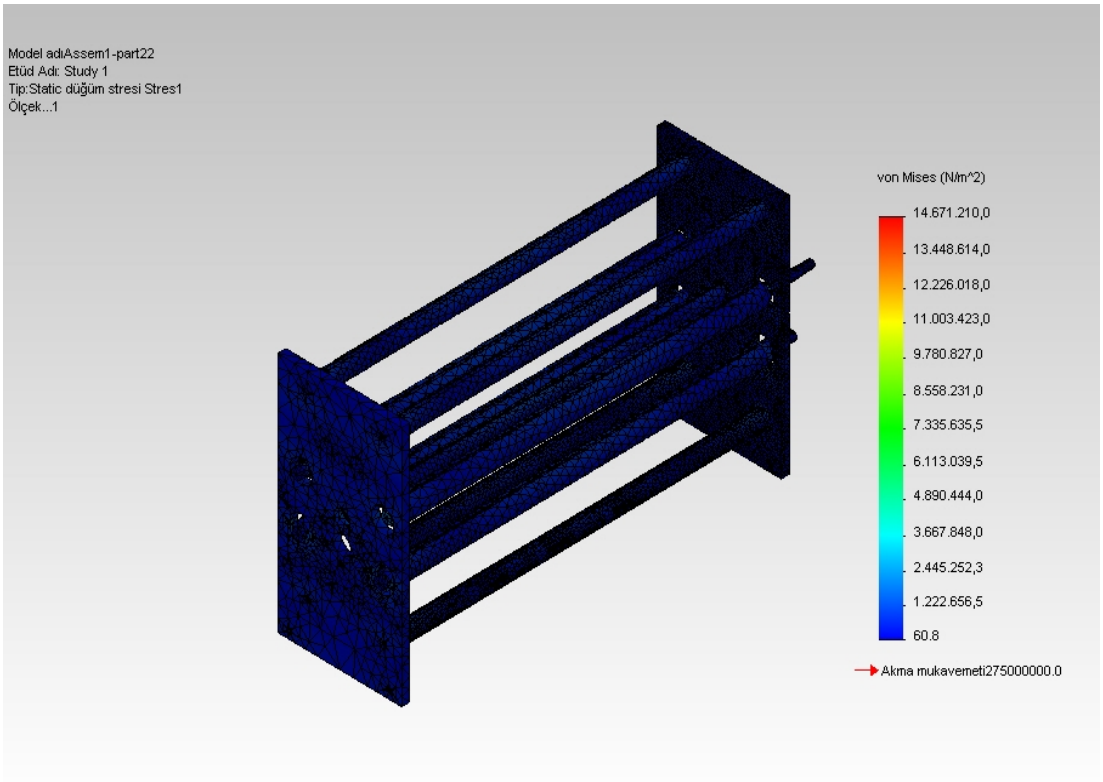
- Elastisite Modülü : 210 GPa
- Poission Oranı : 0.28
- Kopma Mukavveti : 350 MPa

- Akma Mukavveti : 275 MPa

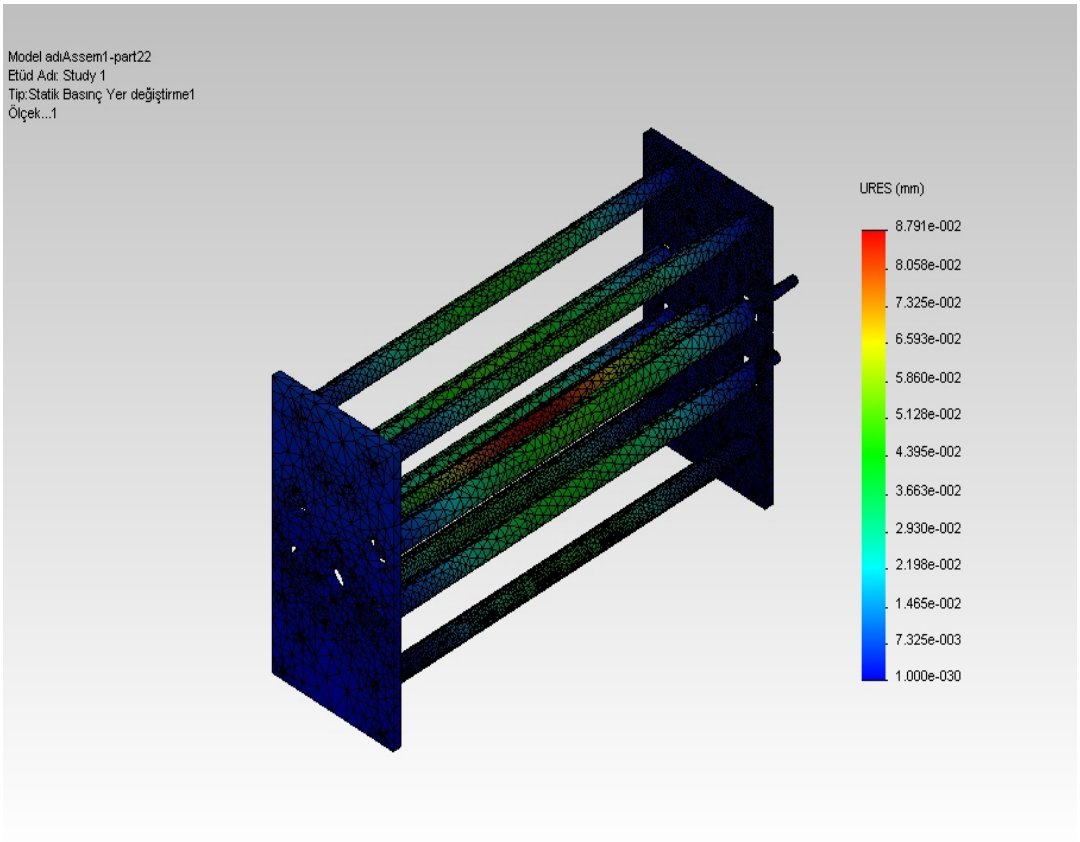
Katı model gövde altlarından sabitlenir. Kuvvet olarak sisteme dışarıdan bir kuvvet uygulanamadığı için yerçekimi sekmesi açılarak malzemelerin kendi ağırlıklarının uyguladığı kuvvet gözönüne alınır. Sonra sonlu elemanlar ağı işlemi başlatılır. Sonlu elemanlar ağı işlemi tamamlandıktan sonra analiz başlatılır.



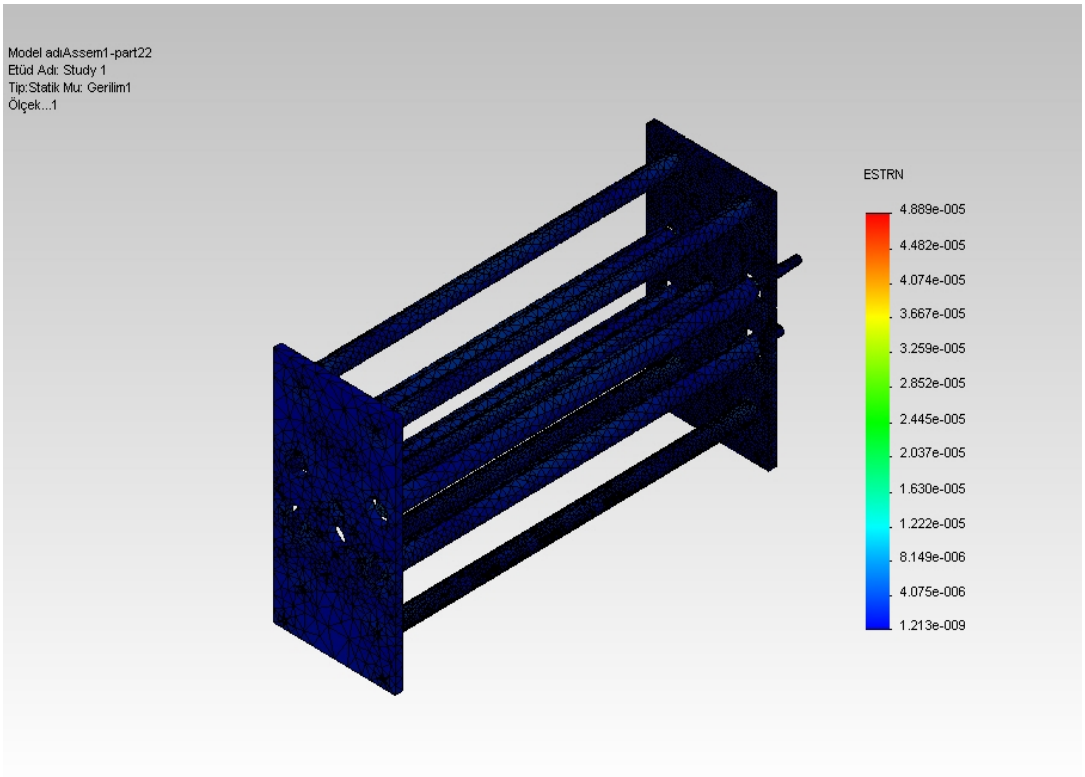
Şekil 7.11. Bıçak Ünitesi – Solid Sonlu Elemanlar Ağı



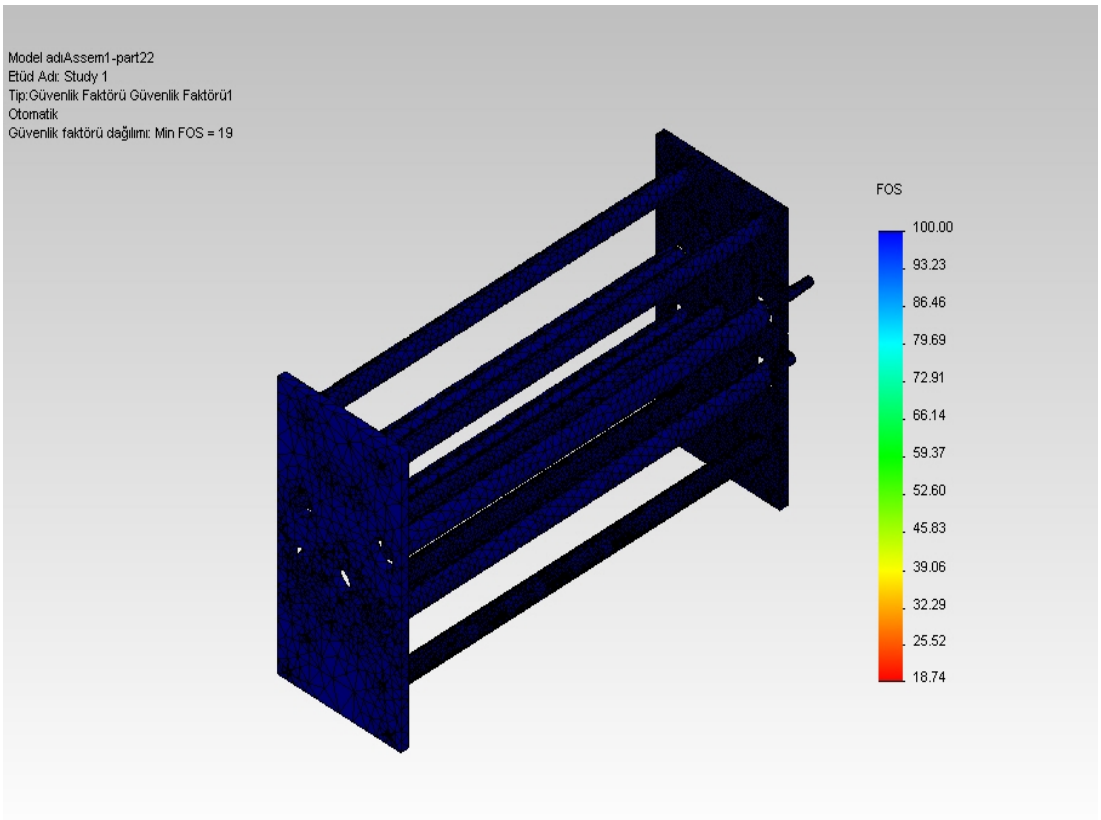
Şekil 7.12. Bıçak Ünitesi – Von Mises (N/m²)



Şekil 7.13. Bıçak Ünitesi – Yer Değiştirme (mm)



Şekil 7.14. Bıçak Ünitesi – Şekil Değiştirme, Uzama



Şekil 7.15. Bıçak Ünitesi – Güvenlik Faktörü

SONUÇ : Gerilim analizinde akma sınırı 275 MPa iken, makinedeki gerilme oranı maksimum 14,671210 MPa‘dır.

Ünitedeki maksimum yerdeğiştirme miktarı $8.791x10^{-2}$ mm’dir.

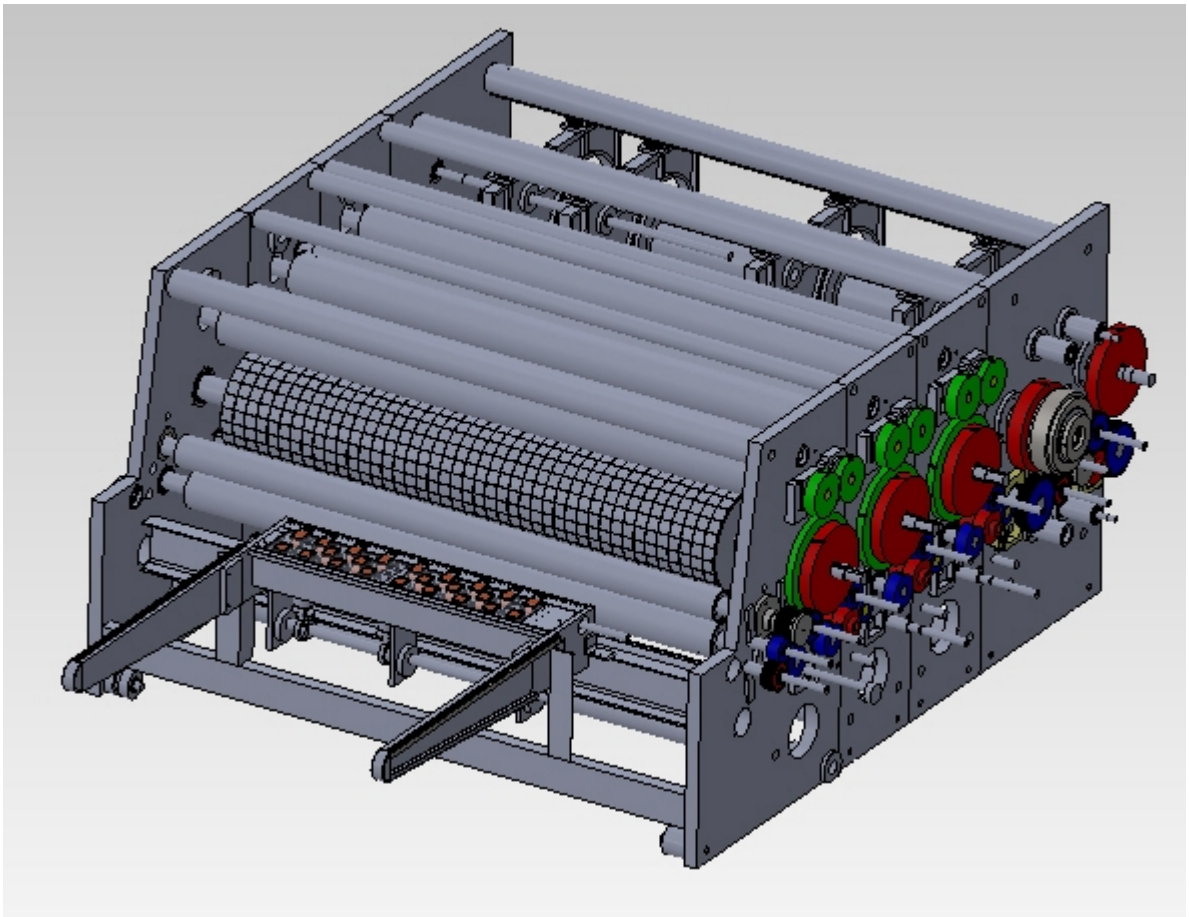
Ünitedeki maksimum uzama oranı $4.889x10^{-5}$ ‘dir.

Makinenin güvenlik faktörü 18.74’tür.

Makinenin, bıçak ünitesinin güvenli olduğu görülmektedir.

7.2. BASKI MAKİNESİNİN TİTREŞİM ANALİZİ

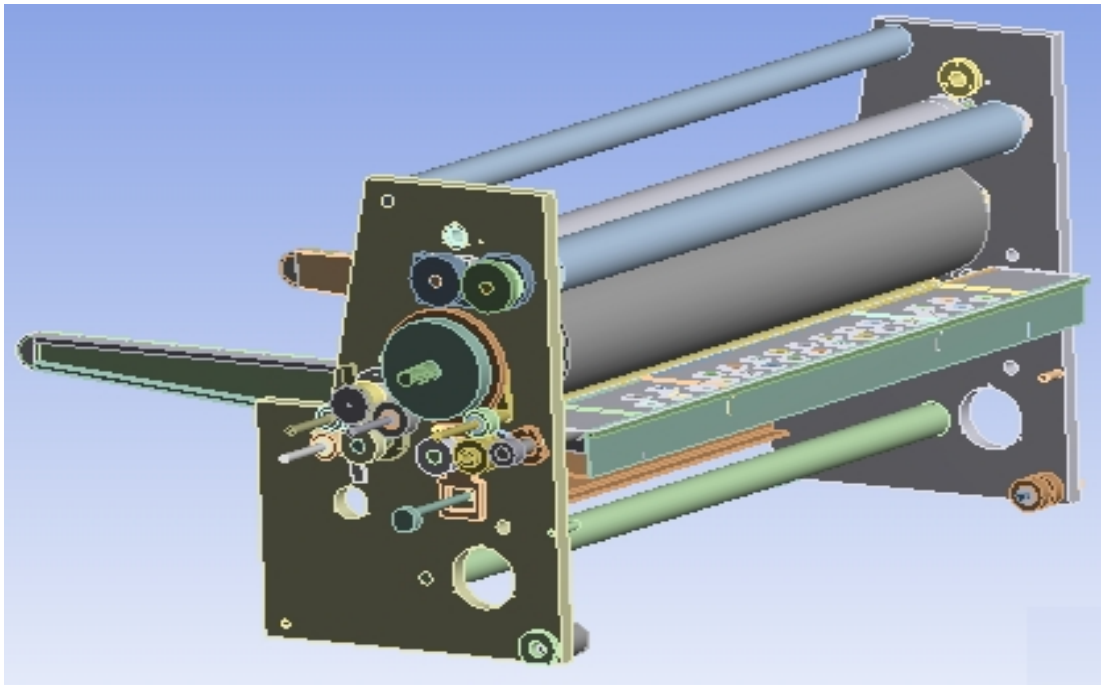
7.2.1.Makinenin Genel Görünümü



Şekil 7.16. Makine analiz görünümü (Analiz)

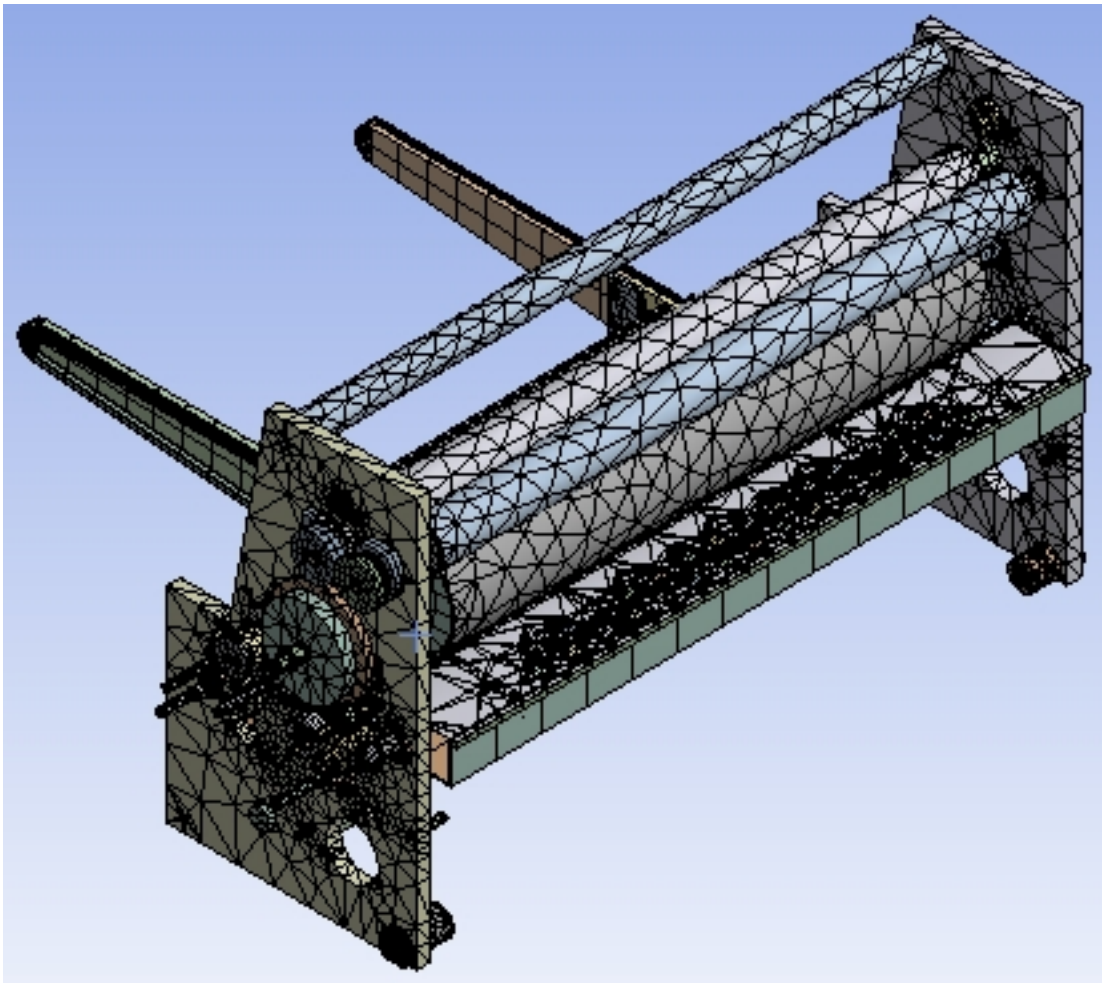
7.2.2. Baskılı Yükleme Makinesinin Analizi

7.2.2.1. Baskılı Yükleme Makinesinin Katı Modeli



Şekil 7.17. Baskılı yükleme makinesinin katı modeli

7.2.2.2. Baskılı Yükleme Makinesinin Sonlu Eleman Modeli



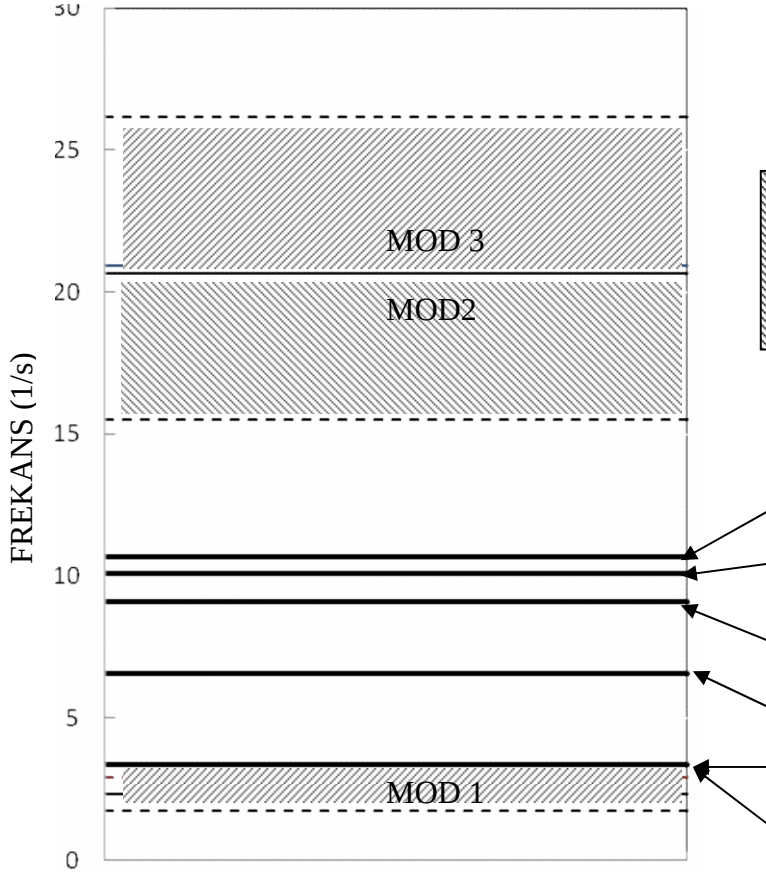
Şekil 7.18. Baskılı yükleme makinesinin sonlu eleman modeli

Bu modelde kullanılan eleman türü dörtgen yüzlü ve üçgen yüzlü elemanlardır. Kullanılan eleman adeti 591715'dir.

HESAPLANAN DOĞAL FREKANSLARIN DİKKATE ALINMASI GEREKENLERİNİN MAKİNE MERDANELERİNİN DEVİR HIZLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Hesaplanan Değerler

Mod	Frekans [Hz]
1	2,3291
2	20,654
3	20,939



Merdane	Dönüş Hızı (dev/sn)
Lastik çekici	10,698
Alt çekici	10,08
Forse	9,094
Kazan	3,384
Tram	6,554
Lastik	6,554

Tablo 7.1 : Baskılı Yükleme Titreşim Analizi

SONUÇ: Makinenin merdanelerinin sürekli çalışmadaki dönüş hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur. Ancak, 1. moda ait doğal frekans, makinenin tüm merdanelerinin çalışma anındaki dönüş hızından küçüktür. Yani, hızlanma ve yavaşlama anında 1. moda ait doğal frekansın etkilediği riskli bölgeden çabuk geçilmelidir. Daha da önemlisi, birinci makinenin düşük hızlarda sürekli çalıştırılması gerektiğinde, hiç bir merdanenin dönüş hızının 1. moda ait riskli bölgeye karşılık gelen (1,7 ~ 2,9) devir/s

hızlarında dönmesine izin verilmemeli, bu bölge dışındaki devir sayılarında yavaş çalışmaya izin veren bir kontrol sistemi uygulanmalıdır.

7.2.2.3. Baskılı Yükleme Makinesinin Analiz Açıklanması

IGES, PARASOLİD ve CATİA uzantılarına çevirip Ansys'de analiz yapabilmek için herbir üniteyi ayrı ayrı çizerek gerekli formata dönüştürülmüştür. Versiyon uyumsuzluğu nedeniyle program bu formatları açamamıştır. Parasolid uzantısında herhangi bir sorun yaşamadan açılmıştır.

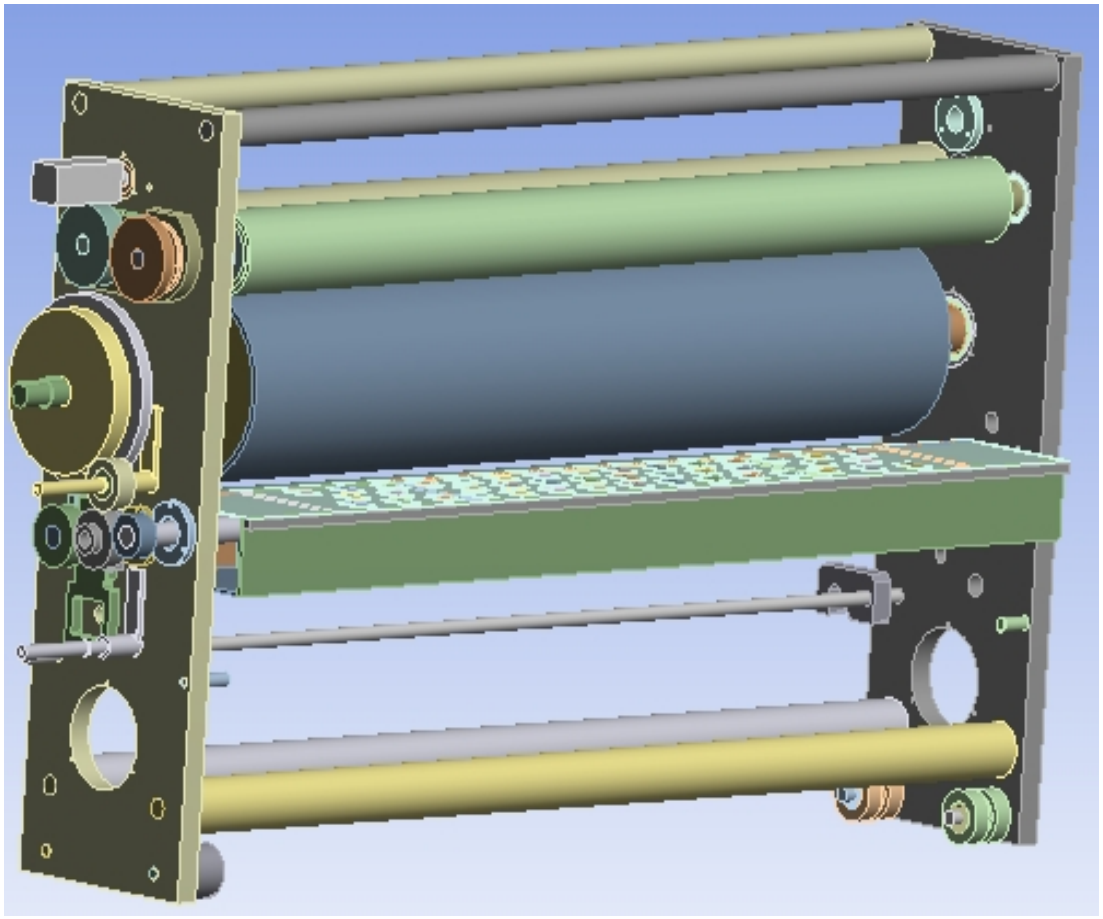
Analize başlamadan önce herbir ünitenin montajlarının doğruluğundan emin olduktan sonra Baskılı Yükleme Ünitesi (1. Renk Ünitesi) 'ni Ansys'te workbench komutunda açıp Modal Analysis komutunda gerekli düzenlemeleri yaparak yaklaşık olarak 3-3.^{30} saat süren analize başlanmıştır.

Frekans modlarını ilk analizde 20 adet yapılmıştır, sonra Baskılı Yükleme Ünitesi için 3 adet modun yeterli olduğuna karar verilmiştir. Maksimum değerimiz 10,698 dev/sn olduğu için diğer MOD değerlerinin gerekli olmadığı öngörülmüştür.

Çıkan sonuçlarla değerlendirip makinenin titreşim'e karşı uygunluğunu öngörebilmek için merdanelerin devir sayısını tek tek hesaplayıp bir tablo oluşturulmuştur. Çıkan sonuçlarla uygunluğu karşılaştırılmıştır. Makinenin merdanelerinin dönüş hızları MOD A ya ait doğal frekansı geçmemiştir. Makinenin boşaltma kolları çıkartılarak yapılan analizlerde MOD A ile belirtilen frekansın görülmediği bulunmuştur. O nedenle, boşaltma kollarının gövdeye bağlantısı uygun yönde esneklik sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Prototip geliştirme aşamasında bu durum göz önünde bulundurulacaktır.

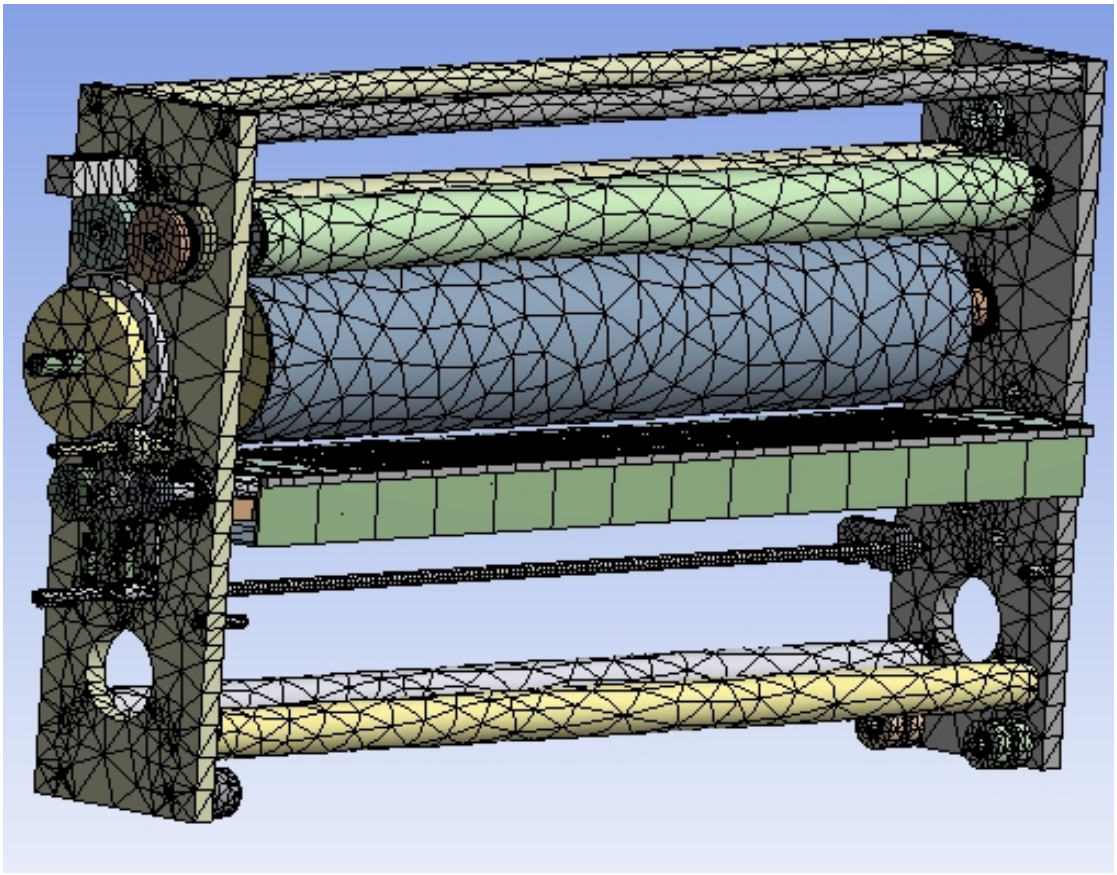
7.2.3. İkinci Renk Makinesinin Analizi

7.2.3.1. İkinci Renk Makinesinin Katı Modeli



Şekil 7.19. İkinci renk makinesinin katı modeli

7.2.3.2. İkinci Renk Makinesinin Sonlu Eleman Modeli

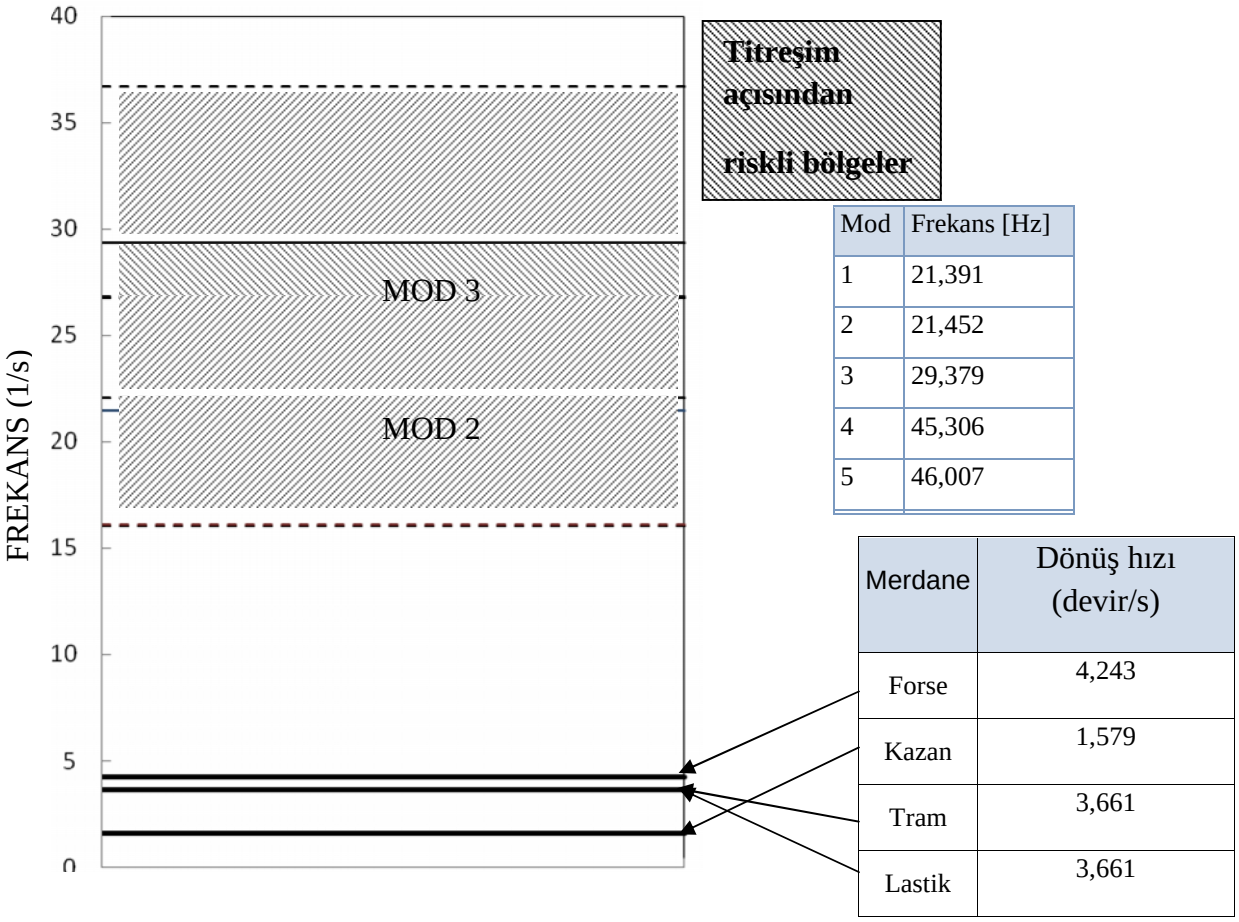


Şekil 7.20. İkinci renk makinesinin sonlu eleman modeli

Bu modelde kullanılan eleman türü dörtgen yüzlü ve üçgen yüzlü elemanlardır. Kullanılan eleman adeti 445755’dir.

HESAPLANAN DOĞAL FREKANSLARIN DİKKATE ALINMASI GEREKENLERİNİN MAKİNE MERDANELERİNİN DEVİR HIZLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Hesaplanan değerler



Mod	Frekans [Hz]
1	21,391
2	21,452
3	29,379
4	45,306
5	46,007

Merdane	Dönüş hızı (devir/s)
Forse	4,243
Kazan	1,579
Tram	3,661
Lastik	3,661

Tablo 7.2 : İkinci Renk Ünitesi Titreşim Analizi

SONUÇ: Makinenin merdanelerinin sürekli çalışmadaki dönüş hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur ve doğal frekanslar merdanelerin dönüş hızlarından oldukça yüksektir. Dolayısıyla makine titreşim açısından emniyetlidir.

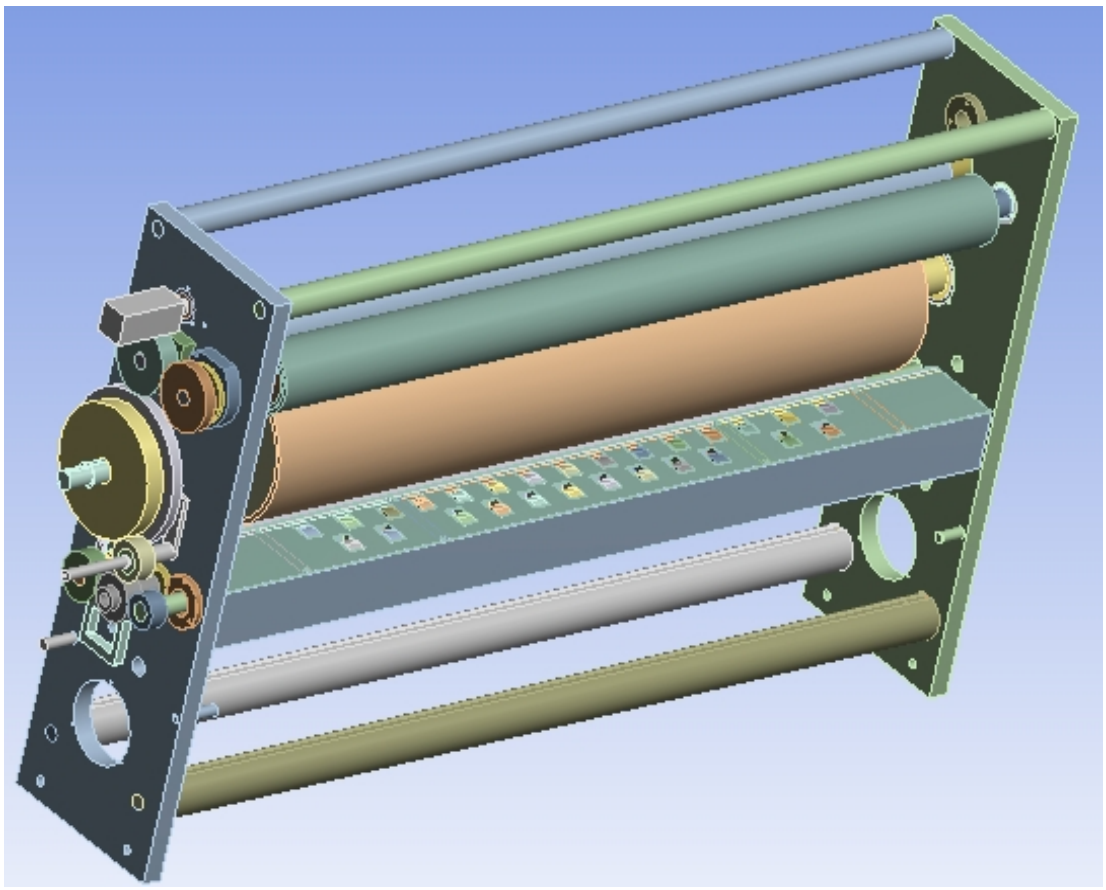
7.2.3.3. İkinci Renk Makinesinin Analiz Açıklanması

Solidworks'te katı modellemesi yapılan ünitenin formatını Parasolid'e çevirerek Ansys Workbench'te açılmıştır. Modal Analsys komutunda gerekli düzenlemeleri yaparak sonlu elemanlar ağı işlemine başlanmıştır. Sonlu elemanlar ağı işlemi tamamlandıktan

sonra analiz için gerekli komutları girerek analizi çalıştırılmıştır. Merdanelerin devir oranları ile elde ettiğimiz verileri karşılaştırınca, 2. Renk ünitesi merdaneleri dönüp hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur ve doğal frekanslar merdanelerin dönüş hızlarından oldukça yüksektir. Dolayısıyla makine titreşim açısından emniyetlidir.

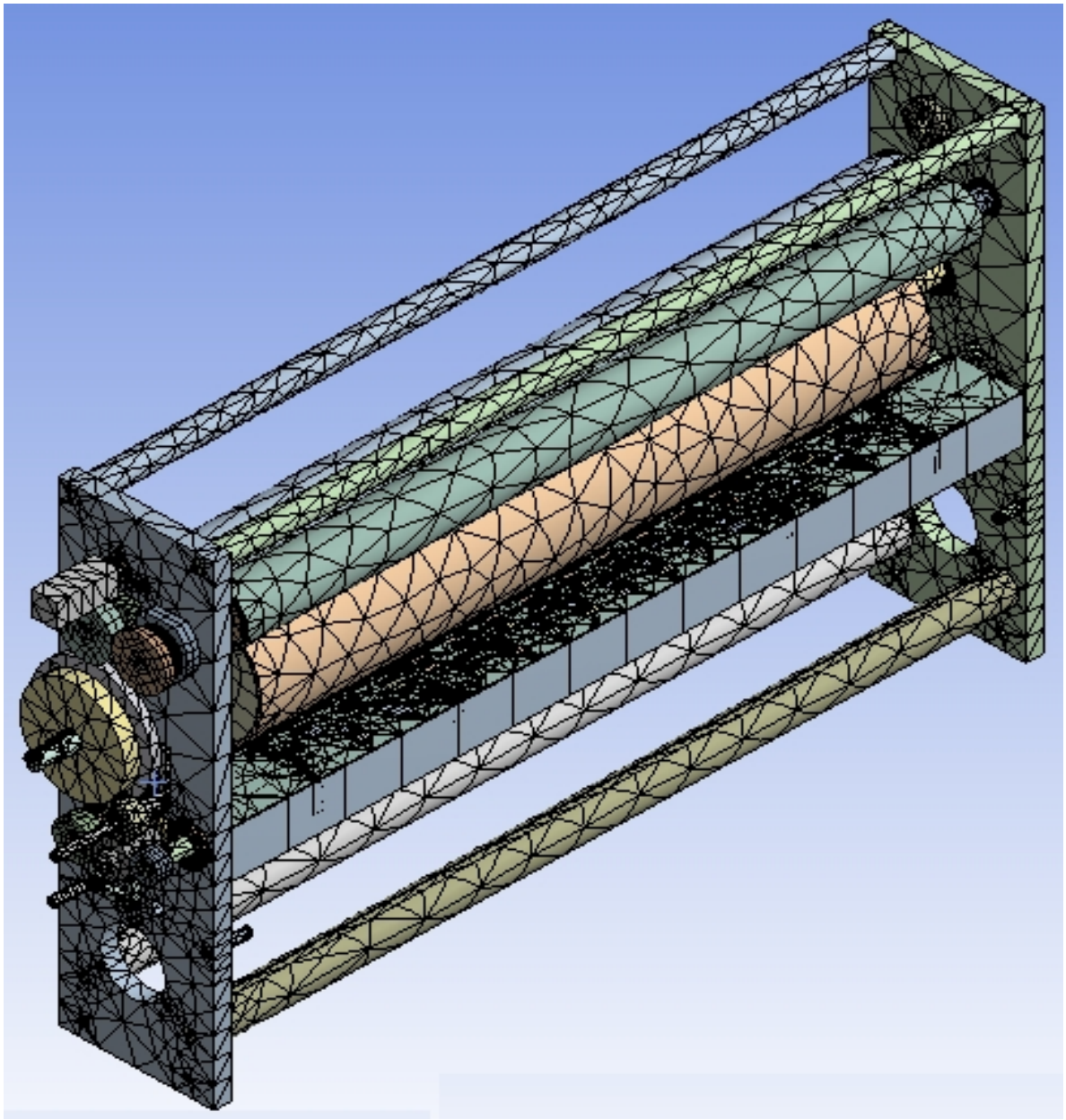
7.2.4. Üçüncü Renk Makinesinin Analizi

7.2.4.1. Üçüncü Renk Makinesinin Katı Modeli



Şekil 7.21. Üçüncü renk makinesinin katı modeli

7.2.4.2. Üçüncü Renk Makinesinin Sonlu Eleman Modeli

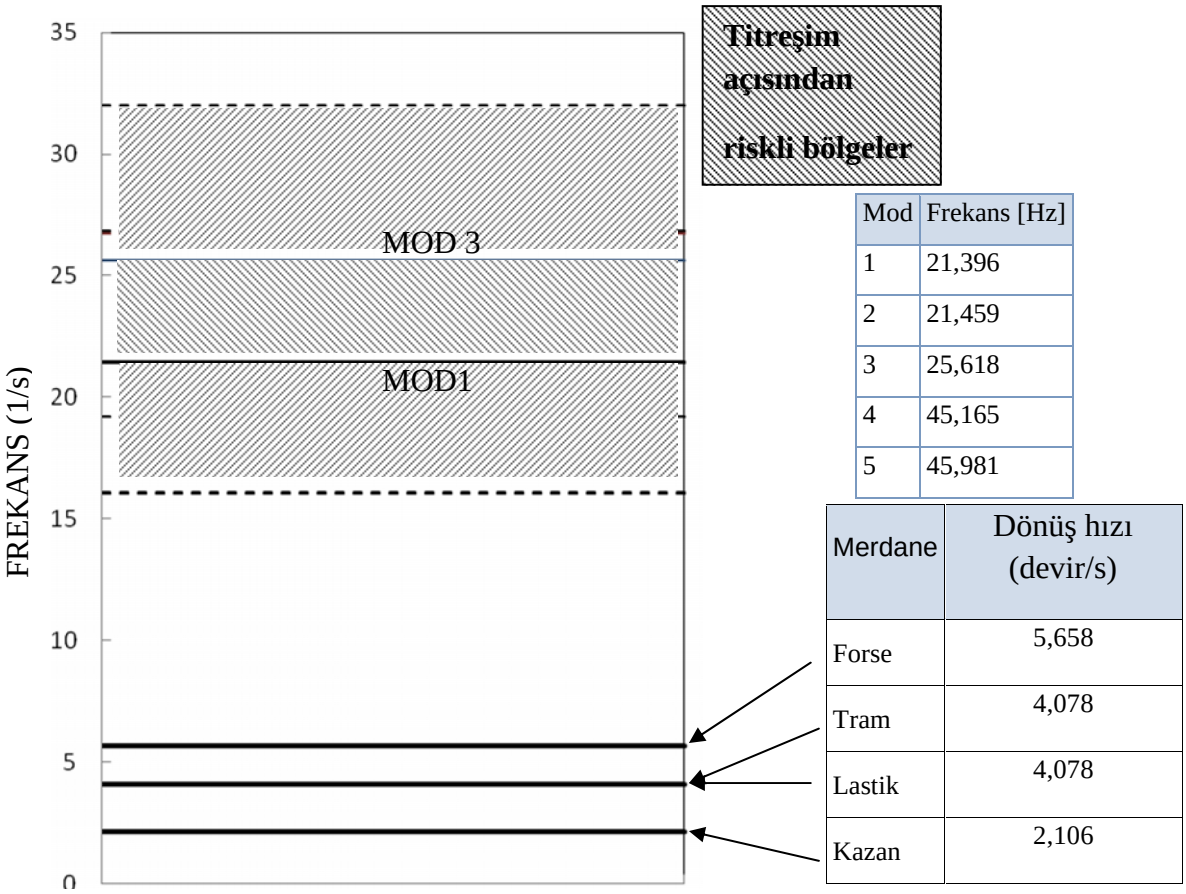


Şekil 7.22. Üçüncü renk makinesinin sonlu eleman modeli

Bu modelde kullanılan eleman türü dörtgen yüzlü ve üçgen yüzlü elemanlardır. Kullanılan eleman adeti 311501'dir.

HESAPLANAN DOĞAL FREKANSLARIN DİKKATE ALINMASI GEREKENLERİNİN MAKİNE MERDANELERİNİN DEVİR HIZLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Hesaplanan Değerler



Mod	Frekans [Hz]
1	21,396
2	21,459
3	25,618
4	45,165
5	45,981

Merdane	Dönüş hızı (devir/s)
Forse	5,658
Tram	4,078
Lastik	4,078
Kazan	2,106

Tablo 7.3 : Üçüncü Renk Ünitesi Titreşim Analizi

SONUÇ: Makinenin merdanelerinin sürekli çalışmadaki dönüş hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur ve doğal frekanslar merdanelerin dönüş hızlarından oldukça yüksektir. Dolayısıyla makine titreşim açısından emniyetlidir.

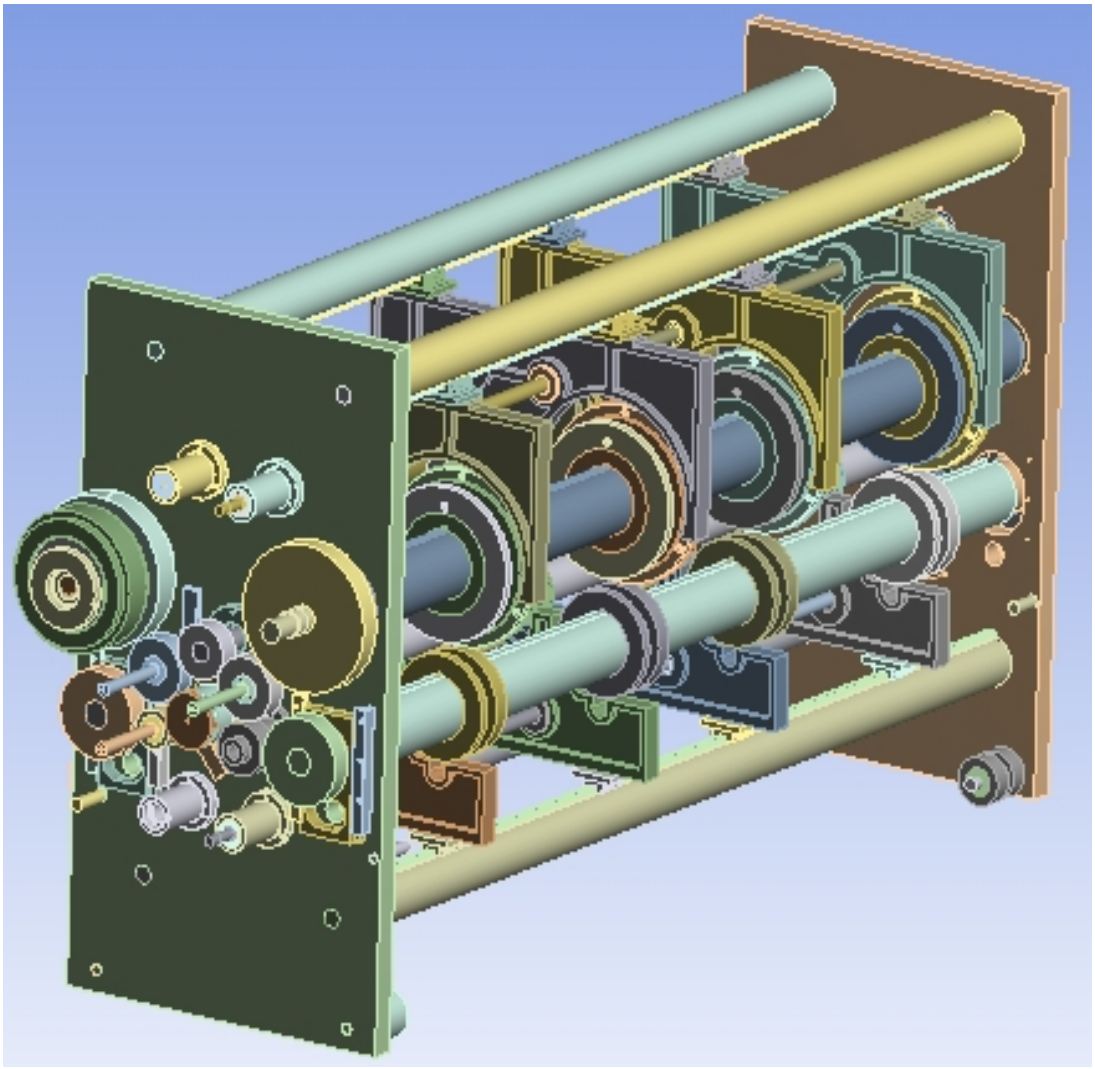
7.2.4.3. Üçüncü Renk Makinesinin Analiz Açıklanması

Solidworks'te katı modellemesi yapılan ünitenin formatını Parasolid'e çevirerek Ansys Workbench'te açılmıştır. Modal Analysis komutunda gerekli düzenlemeleri yaparak

sonlu elemanlar ağı işlemine başlanmıştır. Sonlu elemanlar ağı işlemi tamamlandıktan sonra analiz için gerekli komutları girerek analizi çalıştırılmıştır. Merdanelerin devir oranları ile elde ettiğimiz verileri karşılaştırınca, 3. Renk ünitesi merdaneleri dönüp hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur ve doğal frekanslar merdanelerin dönüş hızlarından oldukça yüksektir. Dolayısıyla makine titreşim açısından emniyetlidir.

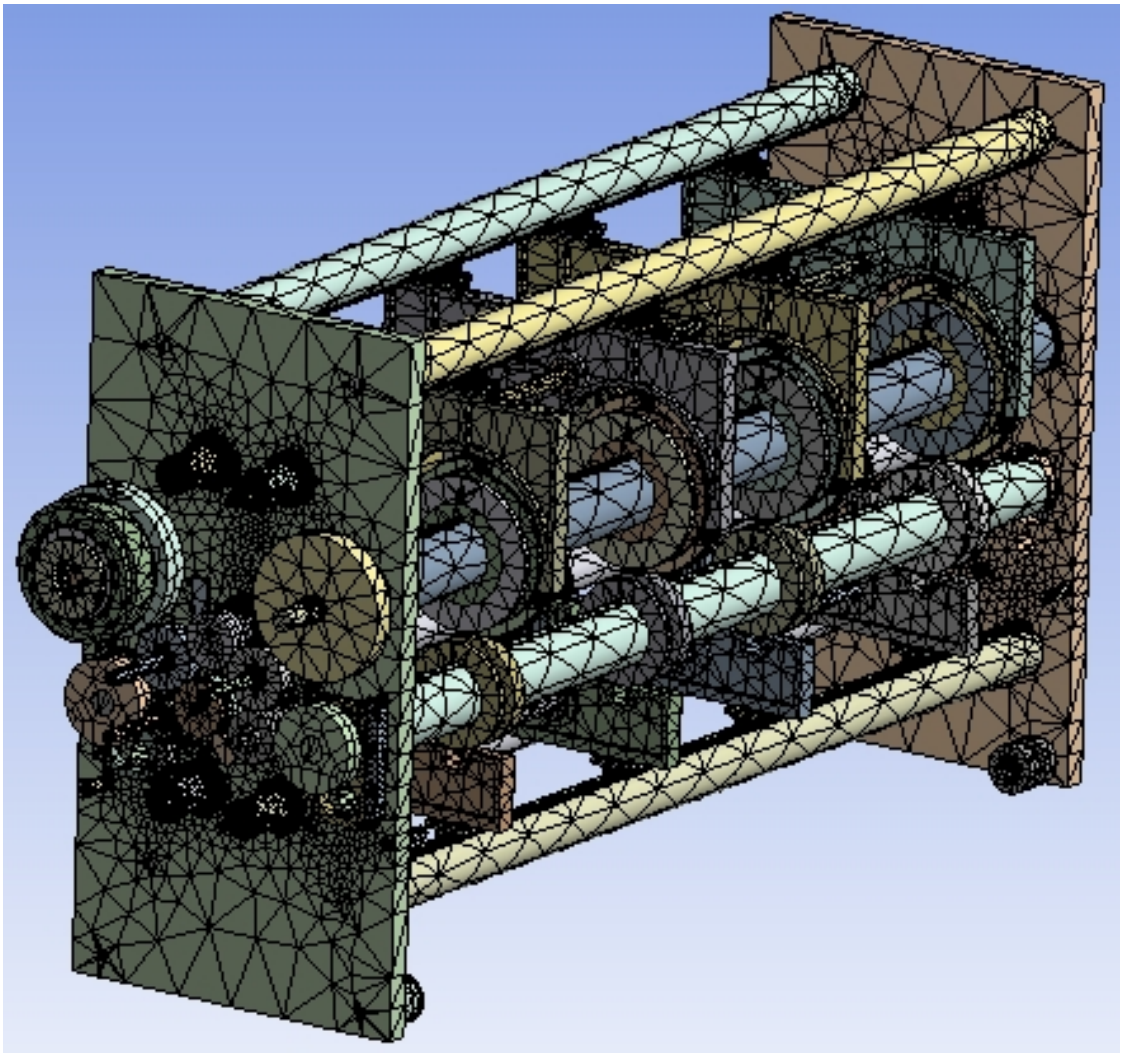
7.2.5. Dördüncü Makinenin Analizi

7.2.5.1. Dördüncü Makinenin Katı Modeli



Şekil 7.23. Dördüncü makinesinin katı modeli

7.2.5.2. Dördüncü Makinenin Sonlu Eleman Modeli

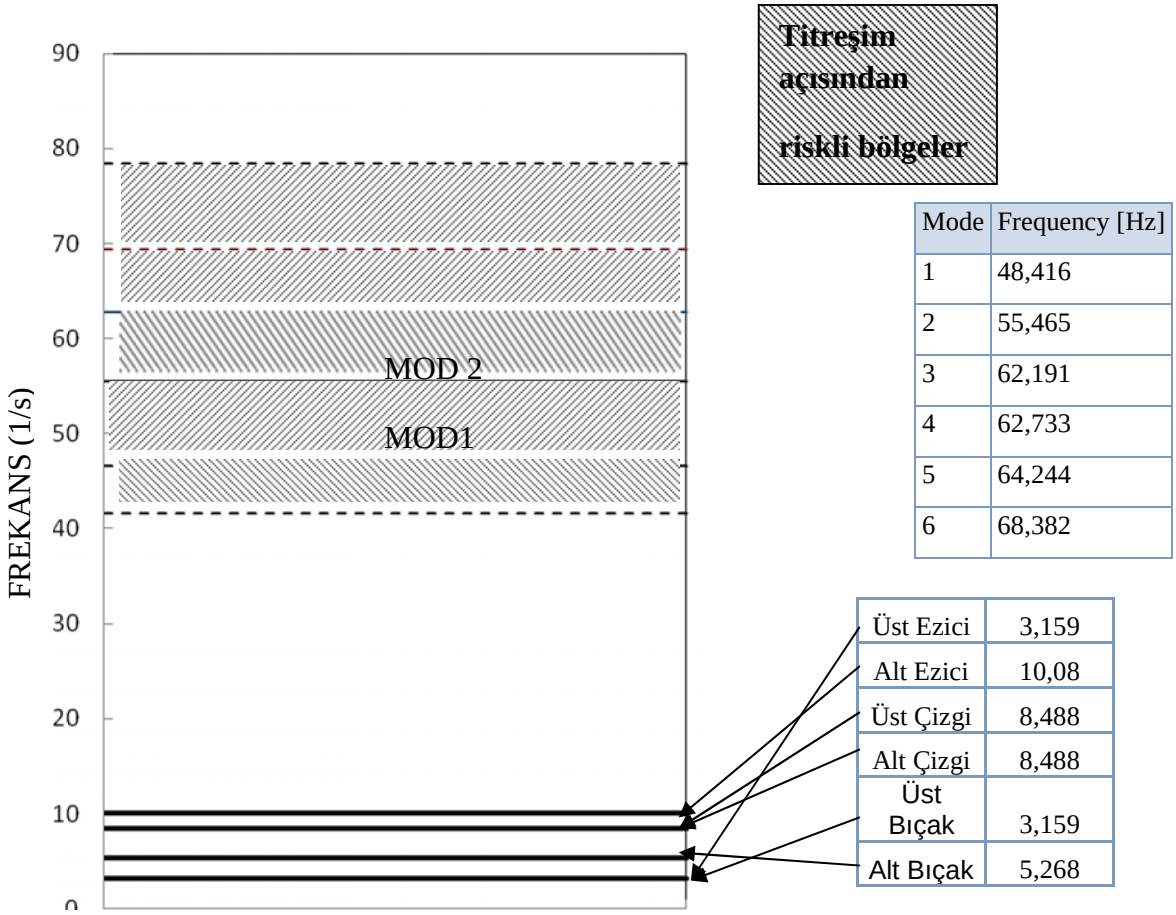


Şekil 7.24. Dördüncü makinesinin sonlu eleman modeli

Bu modelde eleman türleri, dörtgen yüzlü ve üçgen yüzlü elemanlardır. Kullanılan eleman adeti 933518’dir.

HESAPLANAN DOĞAL FREKANSLARIN DİKKATE ALINMASI GEREKENLERİNİN MAKİNE MERDANELERİNİN DEVİR HIZLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Hesaplanan Değerler



Mode	Frequency [Hz]
1	48,416
2	55,465
3	62,191
4	62,733
5	64,244
6	68,382

Üst Ezici	3,159
Alt Ezici	10,08
Üst Çizgi	8,488
Alt Çizgi	8,488
Üst Bıçak	3,159
Alt Bıçak	5,268

Tablo 7.4 : Bıçak Ünitesi Titreşim Analizi

SONUÇ: Makinenin merdanelerinin sürekli çalışmadaki dönüş hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur ve doğal frekanslar merdanelerin dönüş hızlarından oldukça yüksektir. Dolayısıyla makine titreşim açısından emniyetlidir.

7.2.5.3. Dördüncü Makinenin Analiz Açıklanması

Solidworks'te katı modellemesi yapılan ünitenin formatını parasolid'e çevirerek Ansys Workbench'te açılmıştır. Modal Analysis komutunda gerekli düzenlemeleri yaparak sonlu elemanlar ağı işlemine başlanmıştır. Sonlu elemanlar ağı işlemi tamamlandıktan sonra analiz için gerekli komutları girerek analizi çalıştırılmıştır. Merdanelerin devir oranları ile elde ettiğimiz verileri karşılaştırınca, Bıçak ünitesi merdaneleri dönüp hızları ile çakışan bir frekans aralığı yoktur ve doğal frekanslar merdanelerin dönüş hızlarından oldukça yüksektir. Dolayısıyla makine titreşim açısından emniyetlidir.

8. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ambalaj sektörünün günümüzdeki önemi hakkında vermiş olduğumuz bilgiler ışığında çalışmamıza başlanmıştır.

Baskı makinelerinin kapasite arttırımı için ünitelerin katı modelleri çizilmiştir. Vakum besleme sistemi ile tırnaklı besleme sistemi arasındaki farkları, avantajları ve dezavantajlarını açıklanmıştır. Vakum beslemeli sistem ile bombeli mukavvalara baskı imkanı ve bir eleman daha az çalıştırma avantajı sağlanmıştır.

Baskı makinesinin, mühendsilik normlarına uygunluğunu kontrol edebilmek için statik ve titreşim analizlerini gerçekleştirilmiştir. Statik analizde, gerilme, yer değiştirme ve güvenlik faktörlerini göz önüne alarak makinenın sınır şartları içerisinde olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla makinenin, statik analiz şartlarına göre güvenli olduğuna karar verilmiştir.

Titreşim analizinde, makinenin merdanelerinin sürekli çalışmadaki dönüş hızları ile çakışan bir frekans aralığı olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla makinenin, titreşim açısından emniyetli olduğuna karar verilmiştir.

Katı modelleme ve sonlu elemanlar metodu gibi bilgisayar destekli mühendislik araçları, makine tasarımında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Sistemin statik ve titreşim analizleri kolaylıkla yapılmakta ve tasarımdaki çeşitli değişikliklerin etkileri hızlı bir şekilde incelenebilmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

İlhan ŞALGAM, 1986 yılında Ankara'da doğdu. İlköğretim eğitimini Ömer Seyfettin İlköğretim Okulu ve Tüccar ve Sanayiciler Derneği İlköğretim Okulu'nda okudu. Liseyi Pertevniyal Lisesinde okudu. Lisenin ardından 2004-2008 yılları arasında Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü bitirdi.

2010 yılında İstanbul Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Özel bir firmada baskı makineları ile ilgili Tübitak Projesinde sorumlu mühendis olarak çalışmaktadır.

KAYNAKLAR

ALTUNSAÇLI A., 2003, Elektrik Motorları ve Sürücüleri, Color Ofset.

ARIKAN, M. A., 2005, Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları.

AUTODESK INVENTOR 11 User's Guide.

BABALIK, C. F., 2009, Makine Elemanları Konstrüksiyon Örnekleri.

BANACH, D.T., Travis JONES, Alan J. KALAMEJA, Autodesk Inventor 9.

BEDFORD D.D., M.R. HENDERSON, P.M. WOLFE, Computer integrated design and Manufacturing, McGrawn Hill Inc. Singapore, 1991.

ÇAKICI, L., 1987, İşletmelerde Ambalaj Sorunları ve Ambalajlama Alanındaki Gelişmeler, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No: 559.

DOĞAN, F., 2007, Oluklu Mukavva Üretiminde Kullanılan Dönel Kazan Tasarımı, Lisans Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi

DURAN, O.,1991, Basım Tekniği İşletmeciliği, Cem Ofset.

Essentials Plus, Autodesk Press, CANADA, 2004.

GROOWER, E.W., J.R. ZIMMERS, CAD/CAM: Computer design and manufacturing, Prestice-Hall International Editions, UK, 1992.

GYTE, 2001, CAD/CAM/CAE Sistemlerine Giriş.

KALPAKJIAN, S., Manufacturing engineering and technolojy. Addison-Wesley Publising CoMPany, NewYork, USA, 1990.

MEGEP, 2006 - Makine Teknolojisi Üç Boyutlu Yüzey Modelleme.

MEGEP, 2007, Elektrik Elektronik Teknolojisi Step ve Servo Motorlar.

MEGEP, 2008, Matbaa Alanı Flekso Baskı Hataları.

NALBANT, M., AutoCAD ve Mechanical Desktop ile çizim teknikleri ve modelleme. Beta yayınevi, İstanbul, 2004.

ÖNEN, M. O., 2002, Oluklu Mukavva Ambalaj Ürünleri, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.

Pathtrace Engineering System EdgeCAM User Guide, UK, 2005.

SAKARYA, S., 2002, Kağıt-Karton ve Ahşap Ambalaj Sanayi Değerlendirme Raporu.

SAYISAL GRAFİK, AUTODESK INVENTOR 11 Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu, 2006.

SAYISAL GRAFİK, Mekanik İletişim Dergisi.

The Engineerring Department Consulting Firm, Autodesk Inventor 10 Deluxe Bundle, 2005.

THOMPSON, W.T., *Theory of Vibrations*, Nelson Thornes Ltd, 1996, ISBN 0-412-78390-8

WIKIPEDIA, 2007, *Titreşim* [online], WIKIPEDIA, http://tr.wikipedia.org/wiki/Titre%C5%9Fim [Ziyaret Tarihi: 16 Eylül 2011].

ZEID, I., CAD/CAM Theory and practice, McGraw Hill Inc. Singapore, 1991