



**HAVADAN SATHA ATILAN BİR BOMBANIN BÜTÜNLEMESİNDE
KULLANILAN TEZGAHIN TASARIMI VE YAPISAL ANALİZİ**

Sinan AKKOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2014

Sinan AKKOÇ tarafından hazırlanan “HAVADAN SATHA ATILAN BİR BOMBANIN BÜTÜNLENMESİNDE KULLANILAN TEZGAHIN TASARIMI VE YAPISAL ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makina Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Abdullah DURAN

İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan:

İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye:

İmalat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 17 / 06 / 2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dökümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sinan AKKOÇ

17 / 06 / 2014

HAVADAN SATHA ATILAN BİR BOMBANIN BÜTÜNLEMESİNDE KULLANILAN TEZGAHIN TASARIMI VE YAPISAL ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sinan AKKOÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2014

ÖZET

Birbirlerine bütünlenip bir ürün oluşturan parçaların bütünlenmesi için aparatlara ve tezgahlara ihtiyaç duyulmuştur. Bir bütünleme işleminde ürün montaj (bütünleme) sıralaması adım adım belirlenmeli ve ona göre tezgah tasarımları yapılmalıdır. Bu tezgahlar mümkün olduğu kadar az yer işgal etmeli ve en az sayıda parçadan oluşmalıdır. Bir bütünleme hattında işyeri düzenlemesi yapılırken; bütünleme yapılacak işyeri düzeni, optimum el ve ayak hareket hacmi, görme hacmi, bakış yönü ve mesafesi ve insan yapısının özellikleri büyük rol oynamaktadır. Bütünleme hatları; iş sağlığı ve güvenliği, ergonomi, maliyet ve zaman kıstasları değerlendirilerek hazırlanmalıdır. Bütünleme hattını oluşturacak tezgahlarında, bu doğrultuda hazırlanması gerekir. Bu tezgahların taşıyacağı parça özellikleri belirlenerek sistemin dayanım hesaplamaları yapılır. Bu çalışma kapsamında, havadan satha atılan bombalar için yeni bir bütünleme süreci belirlenmiştir. Geliştirilen bütünleme tezgahı yerli imal edilmiş bombalar için uygulanacaktır. Bu tezgahın Ar-Ge aşamasında yapılan bütünlemeler değerlendirilerek kullanıcı ve süreçten kaynaklanan hata oranları minimize edilmiş, kritik bölgelerde sistemin yapısal güvenilirliği sonlu elemanlar yöntemlerinden yararlanılarak kontrol edilmiştir. Tezgahının iskelet yapısını oluşturan parçalar 450MPa'ya yakın dayanımı değerleri göstermektedir. Yapılan sonlu elemanlar analizi sonucunda, 1ton yük altında direkler üzerinde oluşan gerilme değeri 30MPa, kiriş üzerinde oluşan gerilme değeri 85,2MPa ve kirişteki yer değiştirme miktarı 0,339mm olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu yapısal analizlerle, oluşan bu yükler karşısında tezgahın mekanik bir başarısızlığa uğramayacağı saptanmıştır.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Bütünleme Tezgahı, Montaj Hattı, Yapısal Tasarım
Sayfa Adedi : 59
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Abdullah DURAN

DESIGN AND STRUCTURAL ANALYSIS OF AN AIR TO GROUND MISSILE
ASSEMBLY LINE
(M. Sc. Thesis)

Sinan AKKOÇ

GAZI UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
June 2014

ABSTRACT

Apparatus and rigs for the assembly of constituent parts of a final product were needed. For the assembly of items to form a product each process shall be determined step by step, and rig design shall be made accordingly. The space requirement for these apparatus and rigs shall be little as possible and shall consist of minimum number of parts. While designing the assembly rig for the workspace; workspace layout, the optimum hand and movement volume, visual volume, gaze direction and distance, and characteristics of the human structure play a major role. Assembly line has to be developed by considering health and safety regulations, ergonomics, and cost and time constraints. Rigs being used on the assembly line have to be designed accordingly. Strength calculations of the system are made by defining the part specifications that are going to be assembled on these rigs. In this study, new assembly process is determined for air to surface bombs. Improved mounting system will be applied to domestic manufactured bombs. Error rates resulting either from the user and process are minimized by evaluating assemblies that are made within the Research and Design period and structural reliability in critical areas of the system was checked by the used of finite element methods. Parts that form chassis of the rig have yield strengths around 450MPa. According to the finite element analysis, under a 1 ton of load stress values of 30MPa on poles 85,2MPa on beam and displacement value of 0,339mm have been calculated. With respect to these results, no mechanical failure is expected under pre-described loadings.

Science Code : 708.3.028
Key Words : Assembly Rig, Assembly Line, Structural Design
Page Number : 59
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Abdullah DURAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah DURAN'a teşekkür ederim. Mekanik tasarım ve yapısal analiz faaliyetleri kapsamında çeşitli vesileler ile yardımlarını esirgemeyen değerli mesai arkadaşım Dr. Harun GÖKÇE'ye teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarım sırasında, sabrıyla bana yardımcı olup sıkıntıları aşmamda her zaman yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. HAZIR PARÇA EKİPMANLARI	7
3.1.Lineer Yataklar	7
3.2.Redüktörler	10
3.3.Rulmanlar	12
3.4.Masaüstü Transfer Bilyaları	14
3.5.Kare ve Dikdörtgen Kesitli Profiller	15
4. GELİŞTİRİLEN BÜTÜNLEME TEZGAHI	17
4.1. Bomba Genel Özellikleri	17
4.2. Bütünleme Tezgahı Genel Özellikleri	18
4.3 Bütünleme Aşamaları	24
4.3.1. AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı	24
4.3.2. Ana Bütünleme Tezgahı	26
4.3.3. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı	37
4.4. Beklenmeyen Durumlara Karşı Alınan Tasarım Önlemleri	39
5. GELİŞTİRİLEN BÜTÜNLEME TEZGAHI'NIN YAPISAL ANALİZİ ..	45
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55

	Sayfa
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Lineer yataklar	8
Şekil 3.2. Redüktörler	10
Şekil 3.3. Rulmanlar	13
Şekil 3.4. Masaüstü transfer bilyeleri	15
Şekil 3.5. Kare ve dikdörtgen kesitli profiller	16
Şekil 4.1. Bomba bütünü	18
Şekil 4.2. Bütünleme Tezgahı.....	20
Şekil 4.3. Bir operatörün tezgah üzerindeki çalışma biçimi örneği, 1	21
Şekil 4.4. Bir operatörün tezgah üzerindeki çalışma biçimi örneği, 2.....	21
Şekil 4.5. AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı	22
Şekil 4.6. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı	23
Şekil 4.7. AHB Taşıma Sandığı	24
Şekil 4.8. AHB dikey konumlama	25
Şekil 4.9. AHB pozisyonlama	25
Şekil 4.10. AHB'nin tezgah üzerindeki konumu	26
Şekil 4.11. AHB'nin bütünleme eksenine getirilmesi.....	27
Şekil 4.12. Destekleme Parçası.....	27
Şekil 4.13. Destekleme Parçası'nın AHB'ye bağlantısı.....	28
Şekil 4.14. Gövde 3 konumlama.....	28
Şekil 4.15. AHB Grubu-Gövde 3 bütünlemesi	29
Şekil 4.16. Gövde 4 Bütünü-Arka Kapak bütünlemesi.....	30
Şekil 4.17. Gövde 4 Bütünü, Arka Kapak-Gövde 3 Grubu bütünlemesi.....	31
Şekil 4.18. AHB sabitleme	32
Şekil 4.19. Ön Harp Başlığı	32
Şekil 4.20. ÖHB konumlama	33
Şekil 4.21. Gövde 2 konumlama.....	34
Şekil 4.22. Gövde 2- ÖHB bütünlemesi.....	34
Şekil 4.23. Gövde 2 Grubu-Gövde 3 Grubu bütünlemesi	35
Şekil 4.24. Gövde 1 konumlama.....	36
Şekil 4.25. Gövde 1 bütünlemesi.....	36

Şekil	Sayfa
Şekil 4.26. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı'nın konumlandırılması	37
Şekil 4.27. Bombanın yatay konuma hazır hale getirilmesi	38
Şekil 4.28. Bombanın yatay konuma getirilmesi	39
Şekil 4.29. Tablanın kendi ekseni etrafında döndürülmesi	40
Şekil 4.30. Susta Mekanizması	42
Şekil 4.31. Tablanın sağa-sola ve ileri-geri hareket ettirilmesi	42
Şekil 4.32. Susta Mekanizması hareket sağlayıcı kanalları	43
Şekil 4.33. Tabla bütünü genel görüntüsü	43
Şekil 5.1. Analiz edilen mekanik tasarım modeli	45
Şekil 5.2. Bütünleme tezgahının SEA	46
Şekil 5.3. a) Tek serbestlik dereceli, b) Çok serbestlik dereceli yapılar	47
Şekil 5.4. SEA'nın sınır şartları	49
Şekil 5.5. Yapısal analiz çözümü (Von Misses stres dağılımı)	50
Şekil 5.6. SAE 1040 gerilme-birim uzama grafiği	51
Şekil 5.7. Yapısal analiz çözümü (Displacement yer değiştirme dağılımı)	52
Şekil 5.8. Kirişin maruz kaldığı yük-gerilme durumu	53
Şekil 5.9. Kirişin maruz kaldığı yük-yer değiştirme durumu	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

z

Diş sayısı

i

Çevrim oranı

η_g/η_χ

Giriş mili verimi/Çıkış mili verimi

M_g/M_χ

Giriş mili dönme momenti/Çıkış mili dönme momenti

Kısaltmalar

Açıklamalar

AHB

Arka Harp Başlığı

ÖHB

Ön Harp Başlığı

SEA

Sonlu Elemanlar Analizi

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe teknolojiideki gelişmeye bağılı olarak ürünler daha karmaşık hal almaktadır. Bu da ürünü oluşturan parçaların bütünlenmesini kolaylaştıran bütünleme aparatlarına olan ihtiyacı da arttırmaktadır. İşletmelerin, ticari rekabet ortamındaki varlıklarını sürdürebilmeleri için bütünleme aparatlarının kullanılması önemli bir ihtiyaç haline gelmektedir. Tasarlanacak bütünleme tezgahlarında parçaların bütünlenmesindeki öncelik sıraları göz önüne alınarak montaj hattı oluşturulmaktadır. Montaj hattını, bütünlenecek ürünlerin bütünleme sıralaması gözetilip işgücünden faydalanılarak transfer edildiğı, ürünlerin aralarındaki öncelik ilişkileri gözetilerek oluşturulan istasyonların, bir hat boyunca sıralanmasıyla oluşan sistem olarak tanımlayabiliriz.

Son yıllarda ülkemizde hızla gelişen savunma sanayinde de bu bütünleme tezgahları önemli bir yer teşkil etmektedir. Bombaların Ar-Ge aşamalarında diğere ürünlerde olduğı gibi üretim maliyeti düşük ve kolay üretilen aparatlarla bütünlemeleri yapılmaktadır. Bu aparatlar zaman kaybına sebebiyet veren ve insan gücünün daha fazla kullanıldığı aparatlardır. Seri üretim aşamasına geçildiğinde bu düzeneklerde elde edilen tecrübelerden de faydalanılarak bütünleme tezgahları oluşturulmaktadır.

Ülkemiz savunma sanayine yatırım artmış ve envantere giren birçok mühimmat geliştirilmiştir. Mühimmatlar; havadan havaya, havadan satha ve sathıtan satha atılanlar olmak üzere 3 gruba ayrılır. Bu çalışmada havadan satha atılan bir bombanın seri üretimini sağlayacak bütünleme tezgahı tasarımı yapılmıştır. Bu tezgah tasarlanırken, ilk etapta insan güvenliğine etki edecek faktörler düşünülmüştür. Bu yüzden tezgahta bulunan teleskopik silindirli hidrolik piston hariç elektrikle çalışan herhangi bir sistem tercih edilmemiştir. Hidrolik pistonun motoru da bütünleme alanından 5m uzakta konumlandırılmıştır. Bunun sebebi bombanın patlayıcı içermesiyle doğrudan ilişkilidir.

Tezgah tasarımında endüstride kullanılan hazır parçalar kullanılarak daha az tasarım işgücü harcanmıştır. Hazır parçalar seçilirken bütünlemeyi kolaylaştıran ve istenilen yük girdilerini sağlayacak olması göz önüne alınmıştır. Ayrıca hazır parçaların seçimi yapılırken ülkemizde bulunan kaynaklardan temin edilebiliyor olmasına da özen gösterilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde bütünleme süreçlerinin optimizasyonu konusunda yapılan araştırmalar detaylı biçimde incelenmiştir. Literatürdeki araştırmalarda, günümüze kadar bütünleme aşamasında yaşanan hataların en aza indirilebilmesi, zaman ve maliyet kazançları üzerine durulmuştur. Günümüz çalışmaları, tasarlanan ürünlerin henüz tasarım aşamasında bütünlemesi düşünülerek geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ružarovský vd. kolay montaj için tasarım alanında otomatik montaj aletlerinin gelişimi için tasarım metodolojisi önerme konusunda çalışmalar yapmışlardır. Bu alanda esnek montaj robotlarının yapısını inceleyerek tasarımda kullanılacak parçaların malzeme akış planlaması ile montaj maliyetini en aza indirmeyi amaçlamışlardır [1].

Danišová vd. montaj için tasarım sürecinde robotik sistemlerden Kartezyen Montaj Robotu ile yeni bir anlayış ortaya koyarak montaj edilebilir hareket mekanizmasının bilinen doğrulanmış modelini incelemişlerdir. Çevre dostu ekipmanlar kullanarak farklı uygulamalar ile sorunlu ve karmaşık montaj sistemlerinin kolay monte edilebilmesinde önemli çalışmalar yapmışlardır [2].

Kilbridge ve Wester, geliştirdikleri basit yöntemde, ilk aşamada bir atama tablosu oluşturmuş, daha sonra öncelik ilişkileri ve çevrim süresini dikkate alarak, istasyonlara gerekli iş ögesi kaydırmaları yapmışlardır [3].

Jackson, “Çizgisel Dengeleme için Bilgisayar Destekli Süreç Geliştirme” başlıklı çalışmasında, geliştirdiği dinamik programlama yöntemi ile en az sayıda bütünleme yaptırmayı sağlayan bir çözüm bulmaya çalışmaktadır [4].

Buxey, bütünleme süreçlerinde ortaya çıkan boş zamanların azaltılmasını sağlamak amacıyla bir çözüm yöntemi tanımlamıştır. Bu çözüm yönteminin amacı, boş zamanın azaltılmasını sağlamak için, benzer istasyonların paralel kurulmasını

ve işletilmesini sağlamaktır. Geliştirdikleri yöntem bilimi mevcut bütünleme sistemlerinde uygulanmış ve süreç iyileştirmeye katkı sağlandığı görülmüştür [5]. Raouf vd. tarafından kritik yol adı verilen bir yöntem bilimi geliştirilmiştir. Bu yöntemde amaç, belirli bir çevrim süresi için gerekli en az bütünleme istasyonu sayısını elde etmektir. Uygulama ile beraber, zamana bağlı olarak bütünleme aşamasında kritik adım olarak adlandırılan bütünleme aşamalarının karmaşık yapısının kolaylaştırılması ve bütünleme süreçlerinin basitleştirilmesi sağlanmıştır [6].

Agrawal, “Denge Montaj Hattındaki Aktif İlişkilendirme Konsepti” başlıklı çalışmasında, “en büyük küme” kuralı olarak adlandırılan bir iş bölüştürme yöntemi geliştirmiştir. Bu kural, bütünleme aşamasındaki tüm süreçlerin, mevcut iş dağılımlarının dengeli ve birbiri ile ilişkili bir yapıda kurgulanmasını sağlamaktadır [7].

Dectro, “Dengeleme Döngüsü Zamanı ve İş İstasyonları” başlıklı çalışmasında, bütünleme hatlarında oluşan çevrim sürelerinin, istasyon sayısını aynı anda dikkate alarak, tek amaçlı bir maliyet modeli ile sunması amaçlanmıştır [8].

Dar-el ve Rubinovitch, bütünleme hatlarında çalışan personellerin öğrenme, gelişim ve tecrübe gibi nedenlerle ortaya çıkan, bütünleme süreçlerindeki performans değişikliklerinin en aza indirildiği bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem, uzun bütünleme sürelerine sahip az miktarda üretim yapan bir montaj hattında uygulanmıştır. Sonuç olarak, bu metodolojinin bütünleme aşamaları için başarılı bir şekilde uygulanabilirliği belirlenmiştir [9].

Miltenburg vd. 1990 yılında ürün sıralama problemini çözmek için Dinamik Programlama Algoritması geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritma her ne kadar ürün çeşidi bakımından üstel artış gösterse de; Miltenburg tarafından 1989’da geliştirilen sezgisel yöntemin düşük ürün çeşidi ve yüksek taleplerde test edilmesi için yeterli olmuştur. Ancak geliştirilen algoritma büyük problemler için çok fazla zaman gerektirmektedir. Bu nedenle yüksek kapasiteli bütünleme süreçlerinde kullanılamamaktadır [10].

Cheng ve Ding, “Yenilenen Karışık Ürünlü Montaj Hatlarının Gerçek Zamanlı Olarak Ağırlık Varyasyonlarının Düşürülmesi” başlıklı çalışmada, var olan birçok ürün seviyeleme problemini çeşitli büyüklükteki ürün grupları üzerinde test etmişlerdir. Yenilenen karmaşık bütünleme süreçlerinin, gerçek zamanlı ağırlık varyasyonları incelenmiş ve bütünleme hatlarında alt bütünleme aşamalarının oluşturulması sağlanmıştır [11].

Zhu ve Ding, iki aşamalı bir bütünleme istasyonunda, parça seviyelemeye yapılan bir değişikliğin, mevcut ürün üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Geliştirdikleri etki analizinde, nihai ürünün değişim oranının en aza indirilmesi için karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak, iki istasyonlu bütünleme süreçlerinin ağırlık oranlarının, tek istasyonlu bütünleme süreçlerine göre daha düşük ve etkin şekilde uygulanabilirliği gözlemlenmiştir [12].

Mingzhou ve David Wu, “Karmaşık Yapıya Sahip Bütünleme Hatlarındaki Hat Dengeleme Problemleri için Heristik Yöntemler” başlıklı çalışmada, 2002 yılında Monden tarafından geliştirilen amaç kovalama metodu ile kendi geliştirdiği Variance Algoritmasını mevcut bir bütünleme sürecinde karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, Variance metodunun amaç kovalama metoduna göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [13].

Bard vd. bütünleme süreçlerindeki hat uzunluklarının en aza indirilmesi ve parça kullanım hızını sabitlemek için iki amaçlı bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Mevcut hatlardaki iş ve zaman ağırlıkları ortaya çıkartılmış, bu verilere göre bazı hatlar birleştirilmiştir. Birleştirilecek hatların belirlenmesi için Tabu arama yöntemi bu uygulamada önerilmiştir [14].

Tsai, bütünleme süreçlerinde yaşanabilecek hat durma risklerini en aza indiren ve süreç fayda değerlerini artıran iki amaçlı bir optimizasyon metodu geliştirmiştir. Geliştirilen sistem, farklı bütünleme süreçlerinde denenmiştir. Çok hatlı karmaşık bütünleme süreçleri için uygulanabilirliği düşük olduğu saptanmıştır. Ancak, iki farklı ürün bütünlemesi için tek hatlı aşamalarda başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [15].

Hyun vd. montaj hatlarının iyileştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada üç amacı göz önünde bulundurmuşlardır. Bu amaçlar, toplam çalışma süresini en aza indirmek, parça kullanım oranını sabit tutmak ve toplam hazırlık maliyetini minimize etmek olarak belirlenmiştir. Genetik Algoritma metodu kullanarak yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem çeşitli bütünleme süreçlerinde denenmiş ve uygulanabilirliği tespit edilmiştir [16].

McMullen ve Frazier, 2000 yılında parça kullanım oranını ve hazırlık sayısını minimize etmek amacı için benzetilmiş tavlama optimizasyon algoritmasını kullanarak bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntem, tabu arama çözümü ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, benzetilmiş tavlama çözümü, tabu arama çözümüne göre daha iyi sonuç vermiştir [17].

Endüstriyel bütünleme aparatları üretim süreçlerini iyileştiren en önemli kavramlardandır. Bütünleme aparatları günümüzde modüler sistemler ve özel süreç bütünleme sistemleri olarak iki farklı alanda gelişme göstermiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda üretim süreçlerinin daha hızlı ve kolay yapılabilmesi için birçok farklı mekanizma yapısına dayanan bütünleme aparatları geliştirmiş, bu yöntembilimi ile süreç optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmalar günümüzde de yoğun olarak devam etmektedir.

Bu çalışma ile literatürdeki çalışmalara ek olarak savunma sanayiinde iş güvenliği için tehlike arz eden mühimmat sistemlerinin bütünleme süreçlerine katkı sağlayacak yeni bir bütünleme tezgahı geliştirilmiştir. Geliştirilen tezgah havadan satha atılan bir mühimmatın seri üretimini sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Bu tezgah tasarlanırken, ilk etapta insan güvenliğine etki edecek faktörler düşünülmüştür.

3. HAZIR PARÇA EKİPMANLARI

Hazır parçalar seri bir şekilde üretildikleri için hem son kullanıcılar için, hem de ürün tasarımcıları için vazgeçilmez elemanlardır. Maliyetlerinin düşük olması, ölçü bakımından istenilen hassasiyetlerin sağlanabilmesi, hazır parçaların endüstride tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenler ile ürün tasarımcıları, mümkün olduğu kadar hazır parçaları kullanarak tasarımlarını gerçeğe dönüştürmeyi tercih ederler.

Günümüzde hazır parçalar neredeyse bütün ürünlerde kullanılır hale gelmiştir. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen bomba bütünleme tezgahı için de birçok hazır parçaya ihtiyaç duyulmuştur. İhtiyaç duyulan hazır parçaların endüstride kullanım amaçları aşağıda belirtilmektedir.

3.1. Lineer Yataklar

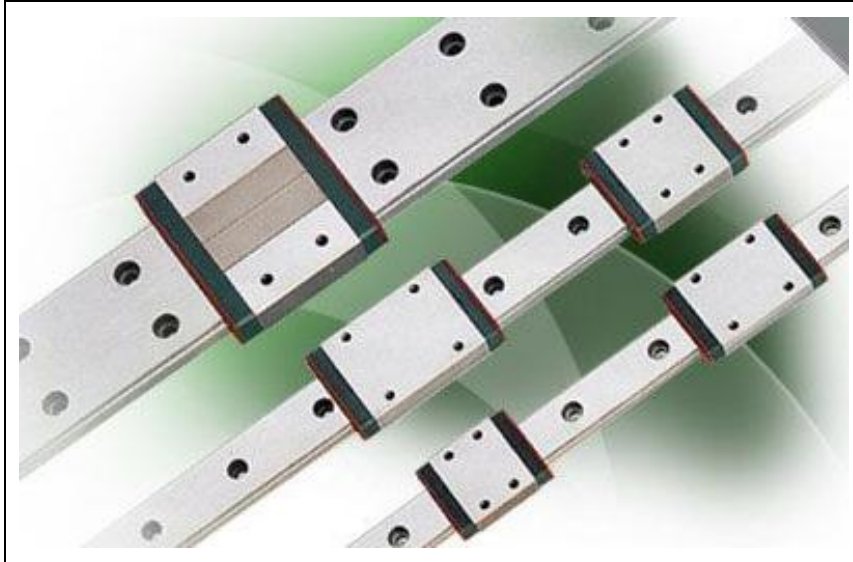
Lineer kılavuzlama sistemleri doğrusal hareket için kullanılan yataklama elemanlarıdır. Lineer yataklar (Şekil 3.1), rotatif yataklarda da olduğu gibi kendi içlerinde yuvarlanma elemanlarının tipine göre farklı gruplara ayrılmaktadır. Lineer kılavuzlama sistemleri kullanıldıkları alanlara göre farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde tasarlanırlar. Taşıma ve besleme sistemlerinde öncelik hızdır. Ölçüm cihazları ve takım tezgahlarında ise hassasiyet ve rijitlik ön plana çıkmaktadır.

Her lineer kılavuzlama sisteminin, uygulanacak yataklama tipine göre karakteristik özellikleri vardır. Lineer sistemlerin seçiminde genel kurallar belirli bir noktaya kadar yardımcı olacaktır; çünkü her sistemin tasarımında çok sayıda faktörün göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yük, ivme, hız, strokun yanında sıcaklık, yağlama, titreşim, montaj, bakım vb. gibi şartlar da önem taşımaktadırlar. Lineer kılavuzlama sistemleri, lineer kılavuzlama ve kaymalı lineer kılavuzlama sistemleri olarak iki farklı yapıya ayrılır.

Lineer Kılavuzlama Sistemleri

Lineer kılavuzlama sistemleri; profil kılavuzlama sistemleri, profil makaralı kılavuzlama sistemleri, mil kılavuzlama sistemleri, yassı kafes kılavuzlama sistemleri, makara sirkülasyonlu lineer pabuçlar ve tahrikli üniteler (aktüatörler ve tablalar) olarak mevcuttur.

Kılavuzlama sistemleri bir ray/taşıyıcı araba, mil/lineer rulman veya aralarında bilyeli/masuralı düz kafesler olan ray/ray kombinasyonundan oluşurlar. Tahrikli lineer üniteler ise mekanik kılavuzlama sistemi, elektrik motoru ve kontrol ünitesine sahip bir veya birden çok ekseninde çalışabilen sistemlerdir.



Şekil 3.1. Lineer yataklar [18]

Lineer kılavuzlama sistemleri sınırsız strok uzunluklarına uygun olarak tasarlanmışlardır. Yassı kafes kılavuzlama sistemleri ise kafes kinematiği sebebiyle birkaç istisna haricinde, sınırlı stroklarda uygulanırlar. Lineer arabalar - hareket yön hariç her yönden gelen yükleri ve tüm eksenlerdeki momentleri karşılayabilirler. Lineer rulmanlar iki yönden gelen yükler için uygundur ve eksenel kaçıklıkları dengeleyebilirler. Daha yüksek rijitlik ve hassasiyet için lineer sistemler ön gerilimli olarak imal edilebilirler veya istenilen ön gerilim montaj esnasında sağlanabilir. Hassasiyet ve önyükleme çeşitliliği sayesinde yüksek kılavuzlama ve konumlandırma standartları olan sistemler imal edilebilir.

Kılavuzlama sisteminin boyutunu belirlemek için öncelikle yükün büyüklüğü ve ömür beklentisini dikkate almak gereklidir. Masuralı sistemler, benzer boyutlardaki bilyeli sistemlere göre genellikle daha büyük yüklere maruz kalabilirler. Bu sebeple bilyeli sistemler küçük/orta seviyedeki yüklerde ve yüksek hızlarda; masuralı sistemler ise yüksek seviyedeki yüklerde kullanılırlar. Özellikler ağır yüklerin karşılanması gerekiyorsa, yassı kafes ve sirkülasyon makaralı pabuç sistemlerinin kullanılması uygundur.

Kaymalı Lineer Kılavuzlama Sistemleri

Yuvarlanma elemanlı yataklarda, üniteler birbirlerinden yuvarlanma elemanları (masura/bilye) ile ayrılmışlardır; kayar yataklarda ise hareket edebilen parça sabit bir ray veya mil üzerinde kaymaktadır. Sistemin tipine bağlı olarak kayıcı katman sabit veya hareketli parçaya uygulanır. Yağlama işlemi, kayıcı katmanda bulunan yağ ile gerçekleştirilir.

Kaymalı lineer kılavuzlama sistemlerinin aşınmaları düşük ve statik yük kapasiteleri yüksektir; ani yüklere ve kirliliğe dayanımları fazladır. Düşük gürültülü ve takılma yapmadan çalışırlar. Bakımsız tip sistemler yağlamaya ihtiyaç duymazlar ve malzeme yapıları sayesinde zorda çalışma özelliğine sahiptirler. Kaymalı lineer kılavuzlama sistemleri bu özellikleri sayesinde özellikle yataklamanın bakımsız tip veya az bakımlı olması gereken uygulamalarda, yetersiz yağlama riskinin olduğu veya yağlamanın istenmediği durumlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Kaymalı lineer yatak sisteminin ömrü özellikle; uygulanan yüke, kayma hızına, sıcaklığa ve çalışma süresine bağlıdır. Ayrıca kirliliğin, kuru çalışmadan kaynaklanan korozyon ve yetersiz yağlamadan kaynaklanan diğer sorunların da çalışma ömrüne etkileri vardır. Bu sebeple nominal ömür değeri yaklaşık bir değerdir. Kaymalı lineer yataklar üzerindeki birçok harici etkinin hesaplanması mümkün değildir. Çalışma şartlarında yapılacak deneyler bu sebeple ömür hesabı hakkında en kesin sonucu verecektir.

3.2. Redüktörler

Redüktör bir dönme hareketinin devir-tork oranını dişliler yardımıyla değiştiren dişli sistemidir. Vites kutularıyla birlikte dişli çark düzeneklerinin paralel dişli dizilerinin bir elemanıdır. Yapısal bakımdan redüktörler, gövde içine yerleştirilmiş dişli çarklar, miller, yataklar vb. gibi parçalardan oluşan sistemlerdir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Redüktörler [19]

Akademik olarak tanımı ise; elektrik motorlarının yüksek dönüş hızlarını makinalar için gerekli olan dönüş hızlarına düşürmek için tasarlanan kapalı dişli düzenekleridir.

Dişli Çark Sistemlerinin Amaçları

Daha önce de değindiğimiz gibi redüktör de bir dişli çark sistemidir. Bu yüzden de kullanım amaçları aynıdır. Bu amaçları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Çeşitli konumlarda bulunan miller arasında devinim ve güç iletmek,
- Çeşitli dönme yönleri elde etmek,
- Küçük bir hacimde büyük bir çevrim oranı elde etmek,
- İki döndürülen elemandan oluşan sistemlerde bu iki eleman arasında devinim bakımından bağımsızlık sağlamak.

Redüktörlerde Önemli Değişkenler

Tüm dişli düzeneklerinde olduğu gibi redüktörlerde de çevrim oranı ile beraber dönme yönü de önemlidir. Bu bakımdan döndüren ve döndürülen elemanların dönme yönleri birbirine göre ters olduğu durumda (-) işareti, aynı yönde olduğu durumda (+) işareti ile gösterilir.

Redüktörlerde sistemi oluşturan herhangi bir dişlinin diş sayısı çevrim oranını etkiler. Bu kural tüm paralel dişli dizileri için geçerlidir. İki dişliden oluşan bir düzenek birey olarak kabul edilirse, redüktörü oluşturan düzeneklerin sayısı, hızın kaç kez değiştiğini yani redüktörün kademelerini gösterir.

Örneğin; iki aşamalı bir redüktör için, devrim giriş milinden çıkış miline kadar iletilirken, devir iki kere değişir (Redüktör isminden de anlaşılacağı gibi, devir düşer). Giriş milinin üzerindeki dişli en küçük dişlidir ve hız burada en yüksektir, çıkış milinin üzerindeki dişli ise en büyük dişlidir ve hız burada en düşük, tork en yüksektir.

Giriş milinden itibaren dişlilere sırasıyla 1,2,3 ve 4 dişlileri dersek, z diş sayılarını ve i de çevrim oranlarını göstermek üzere toplam çevrim oranını;

$$i_{top} = i_{12} * i_{34} = \frac{-z_2}{z_1} * \frac{-z_4}{z_3} = \frac{z_2 * z_4}{z_1 * z_3} \quad [3.1]$$

şeklinde gösterebiliriz. Ayrıca aşamaların sayısı, giriş çıkış ile dönme hızlarının birbirine göre dönme yönlerini belirler. Aşama sayısının tek sayı olması durumunda giriş çıkış dönme yönleri ters, çift sayı olması durumunda aynıdır. Redüktörleri oluşturan aşamaların verimi, η_{12}, η_{34} şeklinde gösterilirse, dişlilerin toplam verimi;

$$\eta_{top} = \eta_{12} * \eta_{34} \quad [3.2]$$

olarak anlatılabilir. Şöyle ki, çıkış ve giriş dönme momentlerinin arasında aşağıdaki bağıntı vardır;

$$M_{\zeta} = \eta_{top} * (\eta_g / \eta_{\zeta}) * M_g; \quad M_{\zeta} = \eta_{top} * i_{top} * M_g \quad [3.3]$$

Ancak toplam verim hesabında dişli çarkları taşıyan millerin yataklarının da verimlerinin göz önüne alınması gerekliliği unutulmamalıdır.

Redüktör Türleri

Redüktör tiplerinin seçiminde çevrim oranı, verim, boyut ve ağırlık gibi faktörleri göz önünde tutmak gerekir.

- Sonsuz Vidalı Redüktör
- Helisel Dişli Redüktör
- Ayna-Mahruti (Konik-Helisel) Dişli Redüktör
- Paralel Dişli Redüktör
- Planet Dişli Redüktör

Modern eleme eleklerinde, çimento fabrikalarında, demir çelik fabrikalarında, haddehanelerde, beton hazırlama tesislerinde, zeytinyağı preslerinde, sunta fabrikalarında, kauçuk preslerinde, extruder plastiktörba ve plastik boru imalat fabrikalarında, petrol ve kimya tesislerinde, petrol sondaj makinelerinde, petrol işleme tesislerinde, maden öğütme, kırma tesislerinde ve bunlar dışındaki pek çok sektörde kullanılırlar.

3.3. Rulmanlar

Birçok hareketli makinanın vazgeçilmez parçası olan “Rulman”ın tarihi çok eskilere dayanmaktadır. İlk çağlarda yaşayanlar için büyük bir kütleyi bir yerden başka bir yere taşımak gerçekten zordu ve onlar da hareket ettirmek istedikleri cisimlerin altına silindirik materyaller koyarak ivme kazandırdılar. Bu da rulmanın çalışma prensibini ortaya çıkardı ve rulman günümüzde genellikle dairesel ve eksenel hareketleri ayarlamak, kullanıldığı makinadaki üstlendiği hareketin en az sürtünme ve güç ile çalışmasını sağlamak rulmanın genel amacıydı.

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi rulmanın iç yapısı; iç içe geçmiş halkalar şeklindedir. Dışarıdaki halka büyük ve kullanılacağı alana göre belirli et kalınlığına sahiptir. Diğer küçük halka ise onun içine monte edilmiştir. Ayrıca küçük halkanın diğer

halka içinde kolay bir şekilde dönebilmesi gerekli olduğundan aralarındaki bölgeye yerleştirilmiş silindirik makaralar konulmuştur. Bu basit bir rulman mekanizmasıdır ve bu parçanın rahat bir şekilde görevini yapması için; yüzeylerinin pürüzlüğü ve iki halkanın tam bir şekilde yerleştirilmiş olması büyük önem arz etmektedir. Kaliteli bir rulman kullanımı parçalara hareketin daha kolay bir şekilde iletilmesini sağlar.



Şekil 3.3. Rulmanlar [20]

Dünya üzerinde kullanılan yüz binlerce rulman çeşidi vardır. Fakat rulmanları yuvarlanma ekipmanlarının çeşidine ve kullanılmak istenen konuma göre sınıflandırabiliriz. Yuvarlanma çeşidine göre rulmanlar; bilyeli ve makaralı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bilyeli rulmanlar kullanım alanlarına göre farklı özellik gösterirler. Eksenel, radyal ve eğik rulmanlar buna bir örnektir. Ve bilyeli rulmanların devir sayısı diğer rulmanlarınkine göre daha fazladır. Bunun sebebi ise bilyelerin küresel şekillerinin yarattığı temas yüzeyinin az olmasıdır. Diğer bir rulman çeşidi olan makaralı rulmanlar ise silindirik, oynak ve koni olmak üzere üç çeşittir. Silindirik makaralı rulmanlar parçalarına ayrılmazlar. Makaralı rulmanların genel özelliği ise bilyelere göre daha dayanıklı olmasıdır. Dikkat edilmesi gereken en önemli husus, parçada oluşan ısı yüzünden, metallerin esneyip iç halkanın düzgün bir hareket elde edememesini önlemek için, ısıyı dengeleyecek materyallerin kullanılması gerekmektedir.

Rulmanlar sanayi ve makinaların hareketlerini kolaylaştıran ve kullanıldıkları aletlerin verimini arttıran parçalardır. Her yerde görebileceğimiz rulman, sağladığı hareketlilik sayesinde birçok icadında ana elemanı olmuştur. Kullanımı ve bakımı düzenli olarak yapılmazsa bir süre sonra çalışması güçleşecek hatta parçalanma durumu söz konusu olacaktır.

Son yıllarda gelişen teknoloji ile yataklama teknolojilerinde de ciddi gelişmeler olmaya başlamıştır. Özellikle manyetik yataklamalı sistemlerin çok yüksek devir gerektiren uygulamalarda kullanılmaya başlamış olması yataklama sistemlerinde insanoğlunun geldiği ileri noktayı göstermektedir. Tüm bunların yanında gelişen malzeme teknolojileri rulmanların imal edildiği materyallerin daha hafif ve uzun ömürlü olmasına olanak sağlamaktadır.

3.4. Masaüstü Transfer Bilyaları

Malzeme taşıma endüstrisinde ayrı bir öneme sahip olan bilyeli masaüstü taşıyıcı üniteler (Şekil 3.4), ana taşıyıcı bilyelerin minik bilyeler üzerine yataklaması sayesinde keçesiz modellerde %1, keçeli modellerde %2 sürtünme sağlanabilmiş ve en ağır yüklerin bile kolayca transferine imkân tanımaktadırlar. Başka bir deyişle, uygun bilye seçimi ve kullanımı sayesinde 100kg'lık bir yük sadece 1kg ya da keçeli model bilye kullanılıyorsa 2kg'lık bir itme sayesinde hareket ettirilebilmektedir. Böylece havalimanlarındaki kargo terminallerinde konteynerlerin bile insan gücü ile yönlendirilip, iletimine olanak sağlayacak düzenekler yapılabilmektedir.



Şekil 3.4. Masaüstü transfer bilyeleri [21]

12kg ile 4000kg arası temin edilebilen yük taşıma aralığı, sanayinin çeşitli dallarında yüzlerce farklı kullanım olanağı ve avantajı sağlamaktadır. Çeşitli tip ve modellerde tasarlanmış olan bu ürünler, bilyenin aşağı ve yukarı yönde kullanımına imkan tanımakta ve bu sayede en karmaşık taşıma gerektiren uygulamalarda, en uygun, en ekonomik çözümler getirebilmektedir. Bilyeli taşıma tablası entegreli konveyör bant sistemlerinde, döner tablalarda, kargo iletim hatlarında, fikstürlerde, çeşitli paketleme elemanlarında, endüstriyel tekerlek uygulamalarında ve bunlar dışındaki pek çok sektörde kullanılırlar.

3.5. Kare ve Dikdörtgen Kesitli Profiller

Kare ve Dikdörtgen Kutu Profilleri, dekape edilmiş ya da soğuk haddelenmiş bantlardan ileri teknoloji kullanımı ile üretilirler. Sanayi sektörünün her alanında kullanılırlar. Şekil 3,5'de de görüldüğü gibi kullanıldığı üründe daha çok ürünün iskeleti konumunda tercih edilirler.



Şekil 3.5. Kare ve dikdörtgen kesitli profiller [22]

Yapı elemanları (inşaat sektörü), çatı konstrüksiyonları, otomotiv ve otomotiv yan sanayi, bisiklet, mobilya ve çelik eşya sektörlerinde ve bunlar dışındaki pek çok sektörde kullanılırlar.

4. GELİŞTİRİLEN BÜTÜNLEME TEZGAHI

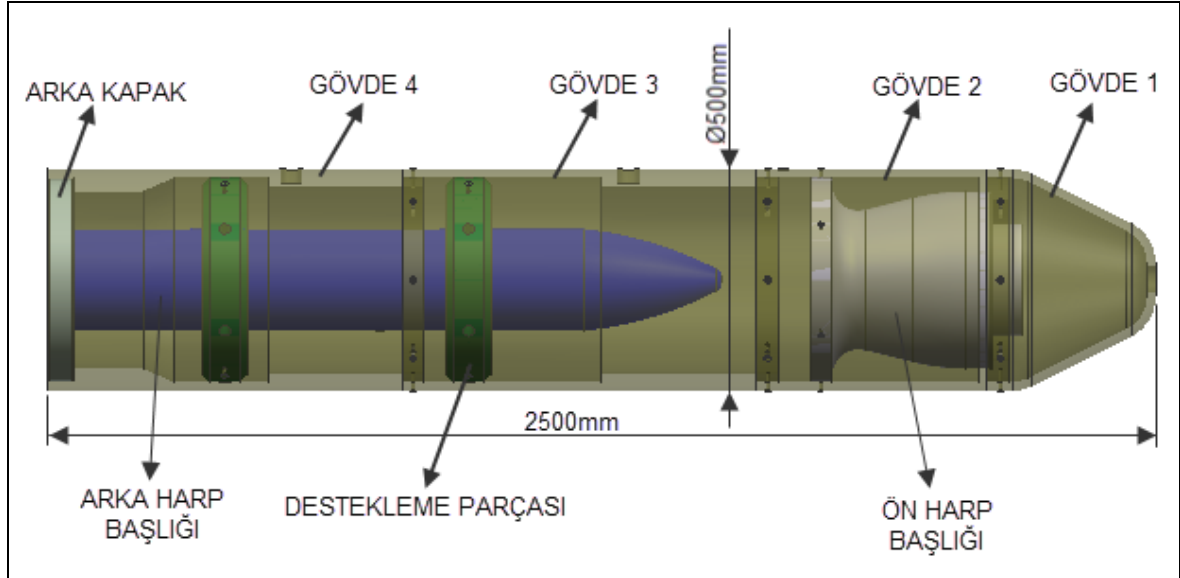
Geliştirilen bütünleme tezgahı, havadan satha atılmak üzere tasarımı yapılmış bir bombanın seri üretiminde kullanılması isteriyle tasarlanmıştır. Bu tezgah tasarlanırken insan emniyeti başta olmak üzere birçok etken göz önüne alınmıştır.

4.1. Bomba Genel Özellikleri

Bütünlemesi yapılacak bomba; yaklaşık 2500mm uzunluğunda, en büyük çapı Ø500mm ve kütlesi yaklaşık 1000kg'dır (Şekil 4.1). Bombada bütünlemesi yapılacak ÖHB ve AHB kalemleri plastik patlayıcı içermektedir.

Tasarlanan bu tezgahta, bombanın kütlesi fazla olan ve içeri kısma sonradan erişimi sağlanarak bütünlenemeyecek parçalarının bütünlemesinin yapılması düşünülmektedir. Bütünlenmesi yapılacak parçalar ve kütleleri için yaklaşık miktarlar aşağıda verilmiştir.

- Gövde 1 : 70kg
- Gövde 2 : 90kg
- Gövde 3 : 150kg
- Gövde 4-Arka Kapak : 240kg
- Ön Harp Başlığı (ÖHB) : 130kg
- Arka Harp Başlığı (AHB) : 280kg
- Destekleme Parçası : 2x20kg



Şekil 4.1. Bomba bütünü

Tamamen yerli imkânlarla ve Türk mühendisler tarafından tasarlanmış bombanın alt parçalarının birbirlerine bütünlemesini sağlamak için Ar-Ge aşamasında; hızlı çözüm, kolay üretim ve bomba parçalarının tasarımı sonlanmadığı için tekil aparatlar kullanılmıştır. Bomba tasarımı sonlandığında seri üretime geçmesine karar verilmiştir. Bu kapsamda parçaların birbirlerine bütünlenmesinin daha güvenilir ve daha hızlı bir şekilde olması için bir bütünleme tezgahına ihtiyaç duyulmuştur.

4.2. Bütünleme Tezgahı Genel Özellikleri

Bombada yer alan patlayıcı içeren ürünler, bütünleme alanındaki bölgeden bütünleme tezgahına taşınması sırasında hava ile çalışan bir gezer vinç kullanılacaktır. Gezer vinç ünitesi elektrik enerjisiyle çalışmaktadır. Fakat bu ünite, bütünleme alanından yeterli uzaklıkta konumlanabileceğinden ötürü risk teşkil etmeyeceği değerlendirilmektedir.

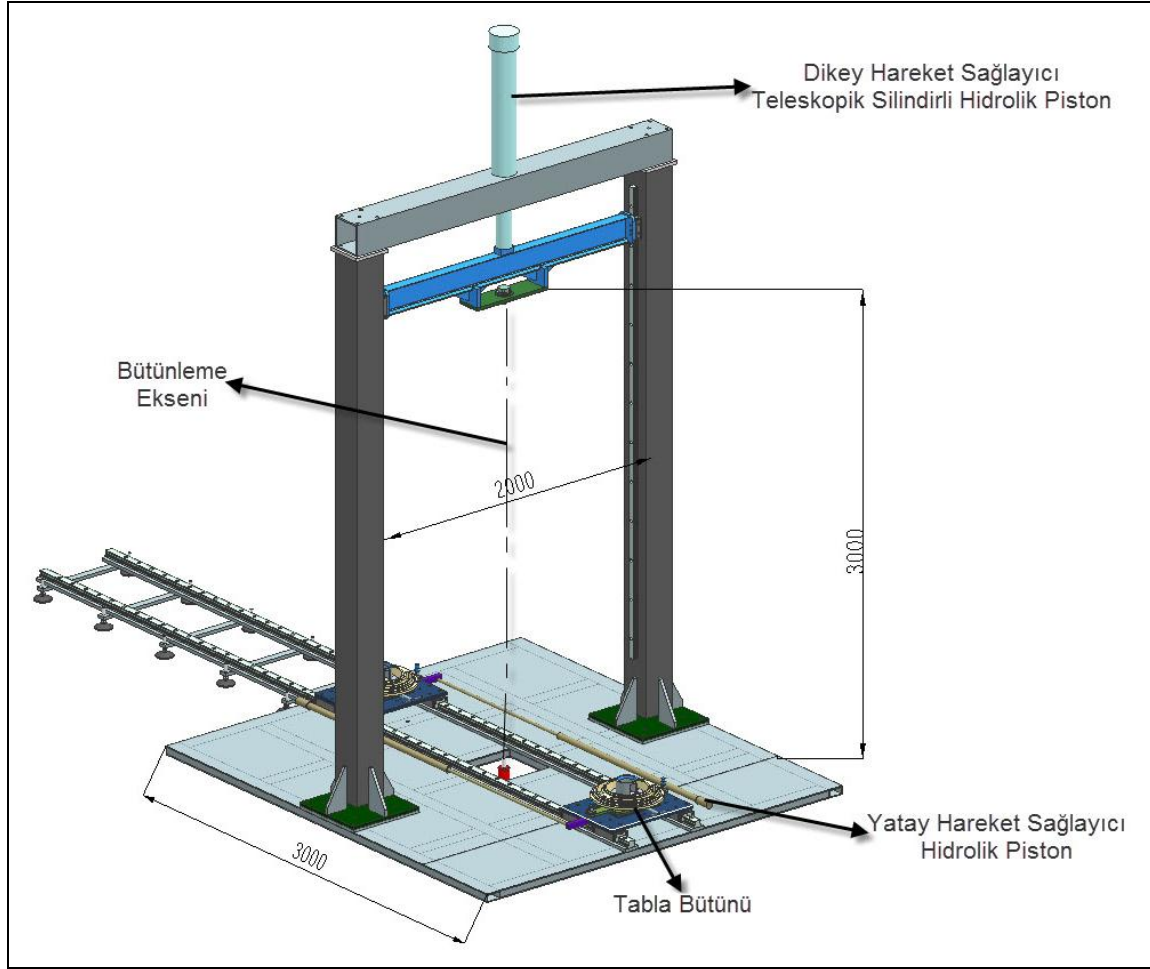
Yapılan değerlendirmeler sonucunda, hidrolik bir ünite kullanılması ve hidrolik motor ünitesi bütünleme alanının dışında olması durumunda, alana 3-5m uzakta, tutulması şartıyla risk etmeyeceği değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda dikey ve yatay hareketleri sağlayacak lineer yatakların hareketlerinin hidrolik pistonlarla sağlanması, bütünleme hızını arttıracığından, tercih edilmiştir.

Bombanın raf ömrünü arttırmak için, bombayı oluşturan parçalara boya uygulanmıştır. Parçalar bütünlenecekleri tezgahlara taşınırken parçaların üzerinde bulunan boyalara zarar verilmemesi gerekir. Bu sebeple, parçalar, bütünleme tezgahına taşınırken en az zarar göreceği şekilde bütünleme tezgahı tasarımı yapılmıştır.

Herhangi bir iş kazası olma ihtimalinin en aza indirgenmesi değerlendirilerek tasarımlar yapılmıştır. Bomba parçalarının bütünleme esnasında düşürülmemesi, herhangi bir yere çarptırılmaması özel önem arz etmektedir. Çünkü herhangi bir iş kazasında patlayıcı içeren parçaların zarar görmesi istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden herhangi bir iş kazası olma ihtimalinin en aza indirgenmesi değerlendirilerek tasarımlar yapılmıştır. Tezgahlarda esneme bükülme olmaması da önem arz etmektedir. Buna göre yapılacak tezgahlar sağlam bir yapıda olmalıdır.

Bütünleme Tezgahı; AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı, Ana Bütünleme Tezgahı, Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı ve bomba parçalarını bu tezgahlara taşıyacak ve konumlayacak aparatlardan oluşmaktadır.

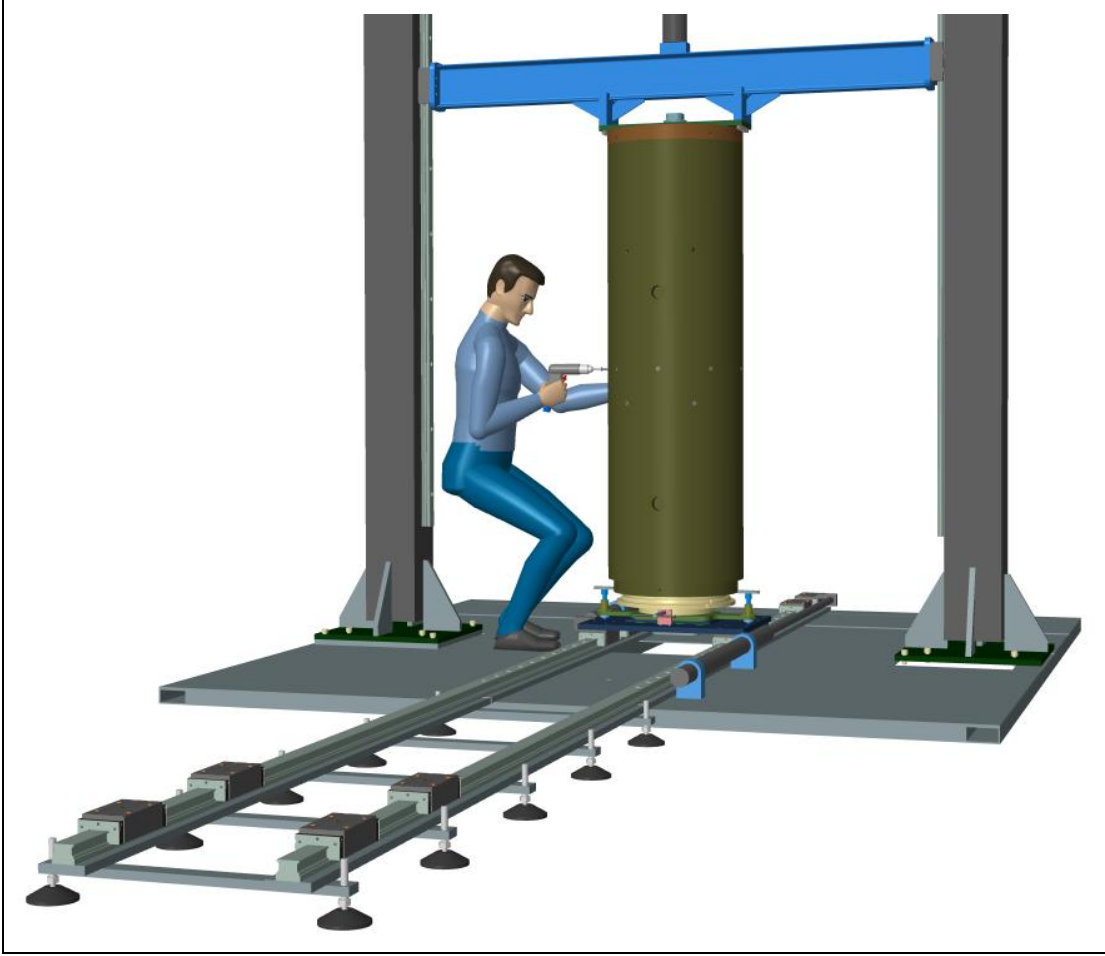
Tezgah yüksekliğinin en fazla 5m olması istendiğinden tezgah üzerinde bulunan hidrolik piston 3 kademeli teleskopik silindirlidir. Piston hareket boyu 2400mm'dir (Şekil 4.2). Bütünleme sırasında birbirine geçecek parçalar birbirlerine yaklaşık 50mm yaklaştığında piston hareketi yavaşlatılacak ve piston daha sonra ayarlanacak değiştirilebilen bir yüke (bu yük bütünlemede tecrübe edilerek belirlenecek) maruz kaldığında, parçaların birbirlerine zarar vermesini önlemek için otomatik devre dışı bırakılabilecek biçimde olacaktır.



Şekil 4.2. Bütünleme Tezgahı

Yerleştirileceği alandaki zemine sabitlenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde tezgah ilk bulunduğu konumdan yer değiştirebilir. Bu durumu personel fark edemeyebilir. Bu da bütünlemeleri zorlaştırabilecektir.

Tezgahın çalışma alanının ölçüleri; 2m genişliğinde, 3m boyunda ve yaklaşık 3m yüksekliğindedir. Tezgahta bütünlenecek parçalarda en büyük çap ölçüsü Ø500mm'dir. Tezgah çalışma alanı genişliğinin 2m olmasının sebebi tezgahta çalışan personellerin tezgah üzerinde bütünleme yaparken rahat hareket edebilmesine imkân vermektir. Aşağıdaki şekillerde operatörün bu çalışma alanlarındaki en dar çalışacağı durum örneklendirilmiştir (Şekil 4.3, Şekil 4.4). Ayrıca bütünlemede çalışacak personellerin çalışmalarının zorlaştırmaması için gerekmedikçe tezgah zemininde çıkıntı bırakılmamıştır.



Şekil 4.3. Bir operatörün tezgah üzerindeki çalışma biçimi örneği, 1

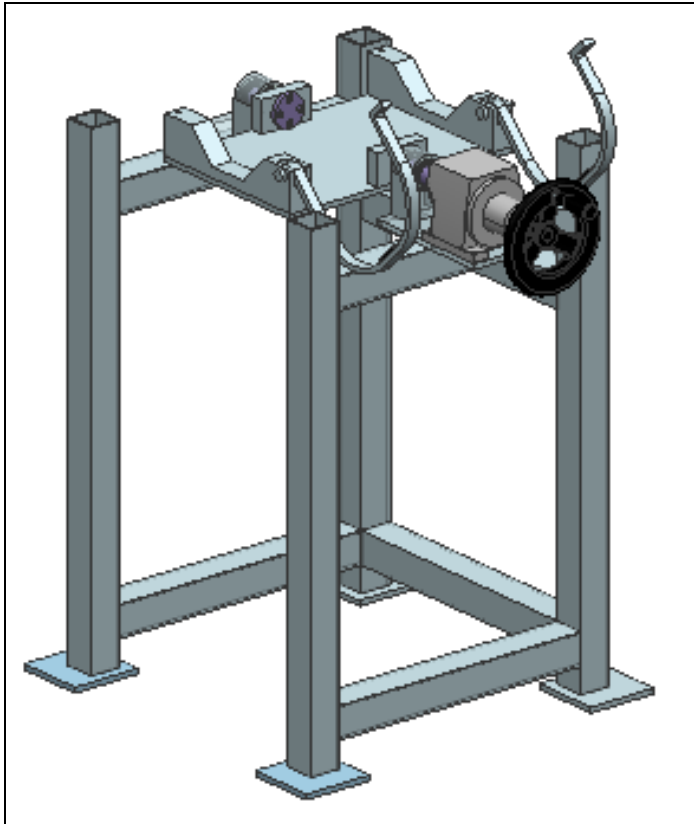


Şekil 4.4. Bir operatörün tezgah üzerindeki çalışma biçimi örneği, 2

Bütünleme sıralamasında parçaların, tezgahın ön ve arka taraflarından yerleştirilmesi gerektiğinden Tabla Bütünü'nden 2 adet kullanılmıştır. Tabla bütünlerinin tezgah üzerindeki hareketleri, tezgah zemininde konumlanmış lineer yataklarla sağlanacaktır. Bu lineer yataklar hidrolik pistonlar yardımıyla hareket edecektir.

Normal şartlarda bomba parçası, Tabla Bütünü'nde sabit tutulacaktır. Fakat tolerans birikmelerinden ötürü parçaların birbirlerine geçmemesi durumunu önlemek için gerektiğinde, Tabla Bütünü'ndeki bomba parçası, 3mm sağa-sola ve ileri-geri hareket ettirilebilecek ve kendi eksenini etrafında $\pm 2-3^\circ$ döndürülecektir.

AHB, çap eksenini zemine yatay bir şekilde AHB Taşıma Sandığı'nın içinde bulunmaktadır. AHB çap ekseninin, Ana Bütünleme Tezgahı'nın bütünleme eksenine paralel olması gerekmektedir. Bu paralelliğin sağlanabilmesi için AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı (Şekil 4.5) tasarımı yapılmıştır.

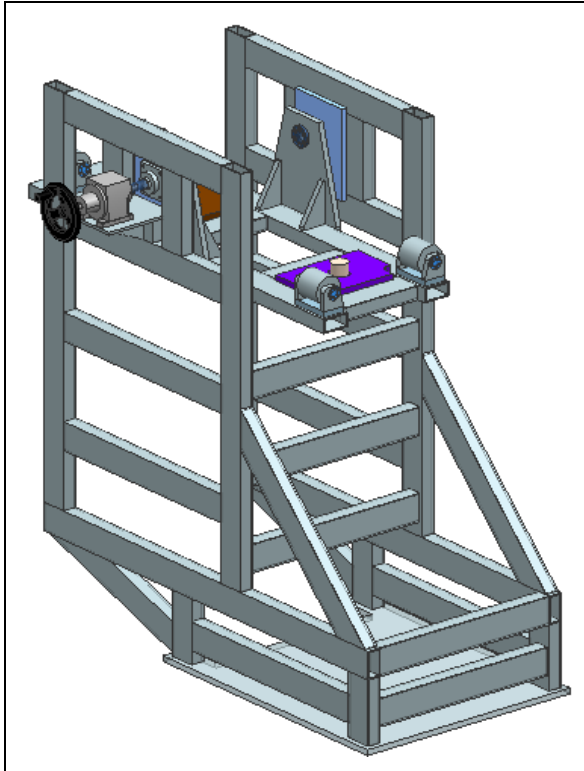


Şekil 4.5. AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı

Tezgah iskelet yapısı hazır kutu profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu profillere AHB pozisyonlaması için Döner Tabla tasarımı yapılmıştır. Döner Tabla hareketini sağlamak amacıyla profiller üzerinde konumlanmış rulmanlar bulunmaktadır. Rulmanlarla sağlanan bu hareketin kontrollü bir şekilde yapılabilmesi için yine profiller üzerine rulmanlarla aynı eksende redüktör konumlandırılmıştır.

Ana Bütünleme Tezgahı üzerinde yapılacak bütünlemeler tamamlandığında bomba bütünleme eksenine paralel bir şekilde bulunmaktadır. Bomba ekseninin zemine yatay duruma getirilmesi için Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı (Şekil 4.6) tasarlanmıştır. Tezgah iskelet yapısı hazır kutu profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu profillere bombanın yatay pozisyonlanması için AHB Pozisyonlama Tezgahı'na benzer şekilde Döner Tabla tasarımı yapılmıştır.

Bomba, yatay konuma getirildikten sonra, tezgahı taşıyabilmesi için, eksenini etrafında 180° dönmesi gerekmektedir. Bu dönme hareketinin sağlanabilmesi için Döner Tabla üzerine 4 adet plastik teker konumlandırılmıştır. Plastik tekerlerin dönme hareketini kolaylaştırmak için içlerine rulmanlar yerleştirilmiştir.



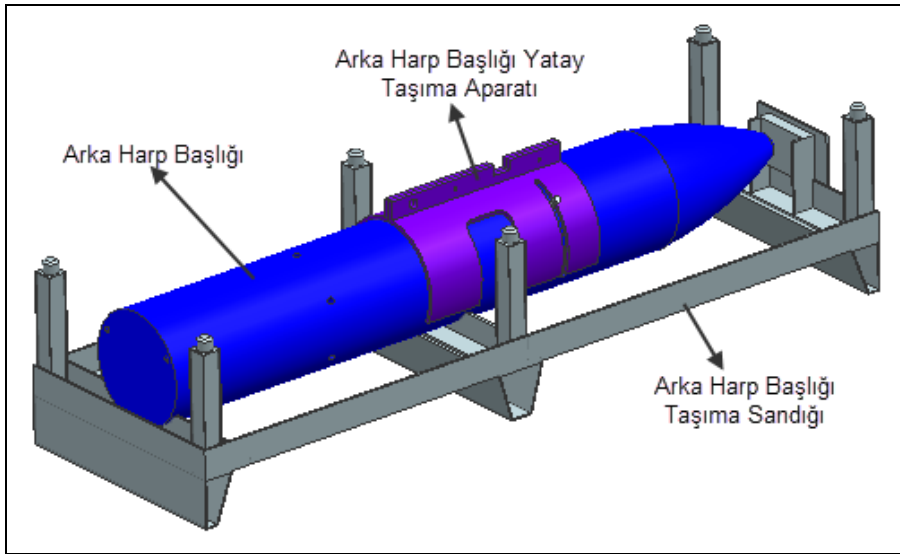
Şekil 4.6. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı

4.3 Bütünleme Aşamaları

AHB ve ÖHB taşıma sandıklarının içinde olacak şekilde bütünleme alanında konumlandırılmış olacaktır. Bombanın diğer bileşenleri zeminde konumlanıyor olacaktır. Bu konumlamalar göz edilerek bütünlenecek parçaların bulundukları konumdan bütünlemelerinin yapılacağı bölgelere taşınması için bütünleme tezgahına yardımcı taşıma aparatları eklenmiştir.

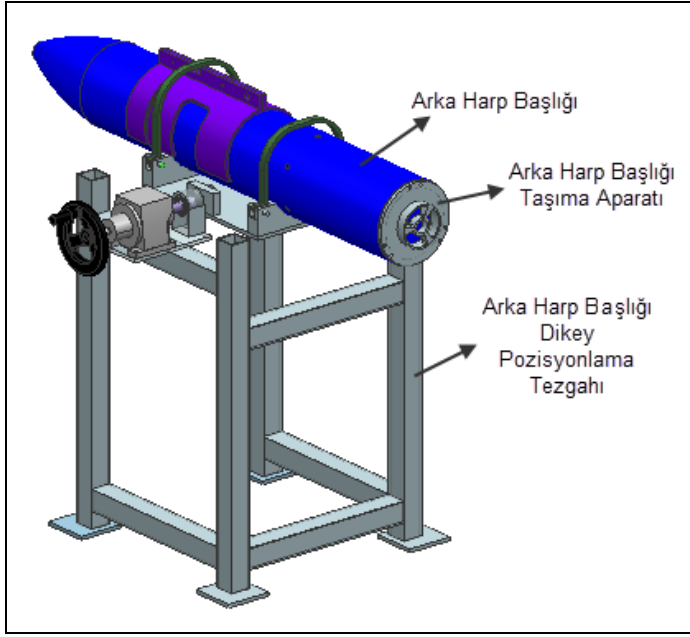
4.3.1. AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı

AHB, AHB Taşıma Sandığı (Şekil 4.7)'nden AHB Yatay Taşıma Aparatı kullanılarak gezer vinç yardımıyla alınır. Bu işlem yapılırken AHB'nin fazla salınım yaptırılmadan dikkatli bir şekilde taşınması gerekmektedir.



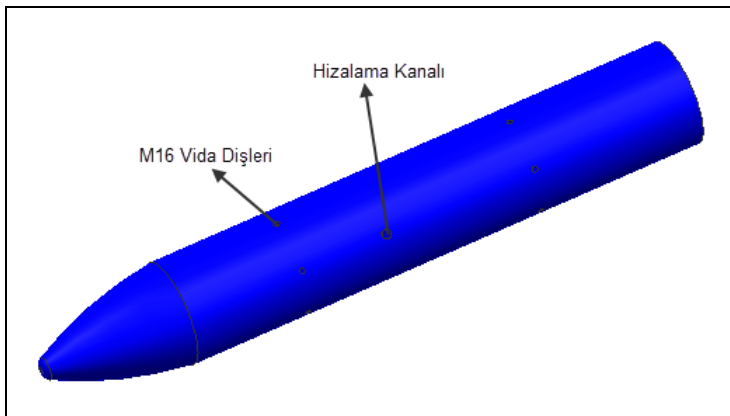
Şekil 4.7. AHB Taşıma Sandığı

AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı'na istenen konumda yatay bir şekilde yerleştirilir ve tezgaha sabitlenir (Şekil 4.8). AHB burnu aşağıya bakacak şekilde 90° döndürülür.



Şekil 4.8. AHB dikey konumlama

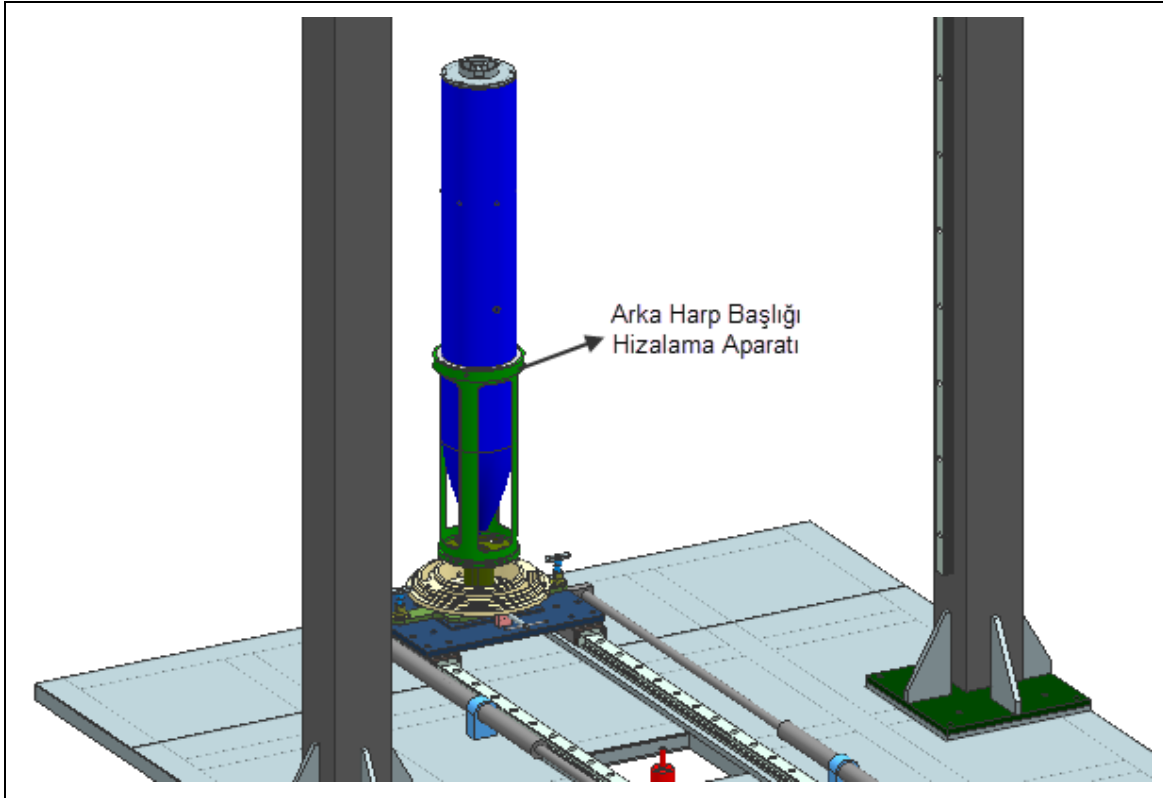
AHB Taşıma Aparatı, AHB'ye bütünlenir. Bu işlemin sonrasında AHB, tezgahdaki bağlantısından kurtarılır. Askıda kalacak şekilde vinç yardımıyla yukarı yönde hareket ettirilir. Bu haliyle vinçte asılı kaldığından, vinç yardımıyla AHB Hizalama Aparatı'na taşınır. Üzerinde bulunan hizalama kanalı referans alınarak aparatta konumlanır ve aparata sabitlenir (Bu hizalama işlemi yapılırken Şekil 4.9'da gösterilen AHB'nin çevresinde bulunan 6 adet M16 vida dişleri kullanılmıştır.).



Şekil 4.9. AHB pozisyonlama

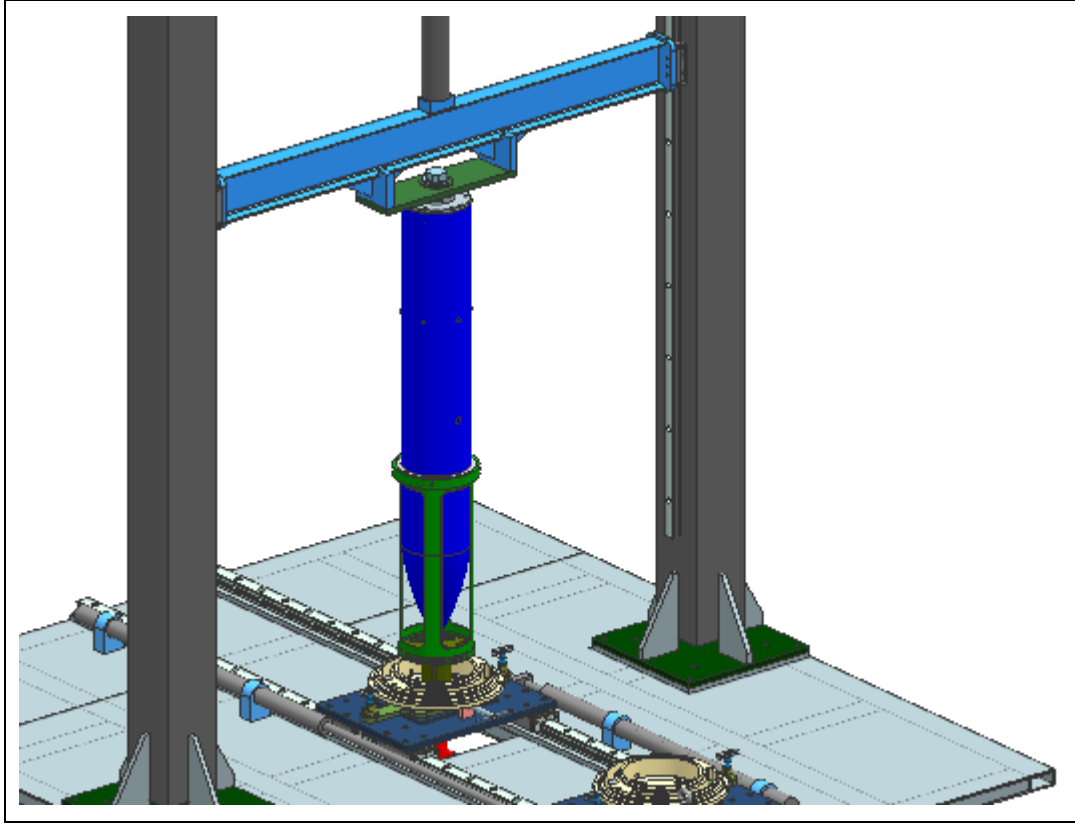
4.3.2. Ana Bütünleme Tezgahı

AHB Dikey Pozisyonlama Tezgahı'nda yapılacak işlemler bu noktada tamamlanmıştır. Ana Bütünleme Tezgahı'nda yapılacak işlemlere geçilmiştir. AHB, hizalama aparatıyla birlikte üzerinde bulunan hizalama kanalı referans alınarak Şekil 4.10'da görüldüğü gibi Ana Bütünleme Tezgahı'ndaki konumuna taşınır ve gezer vinç bağlantısı sökülür.



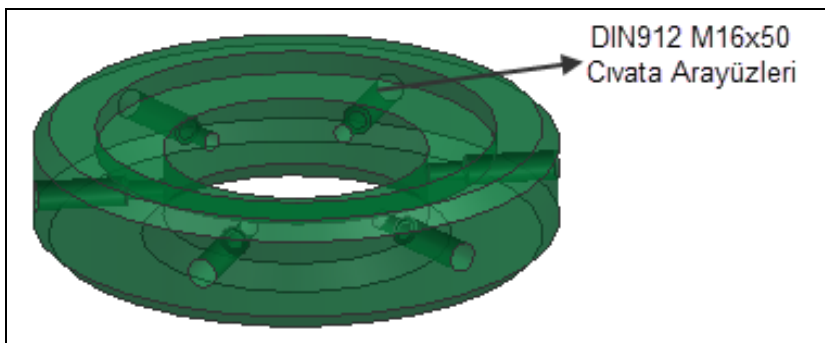
Şekil 4.10. AHB'nin tezgah üzerindeki konumu

Şekil 4.11'de görüldüğü gibi AHB yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir. AHB Hizalama Aparatı, AHB'den sökülür ve alandan uzaklaştırılır. AHB dikey pistona bağlanır ve 700mm yukarı (Gövde 3 boyunu kurtaracak kadar) yönde hareket ettirilir.



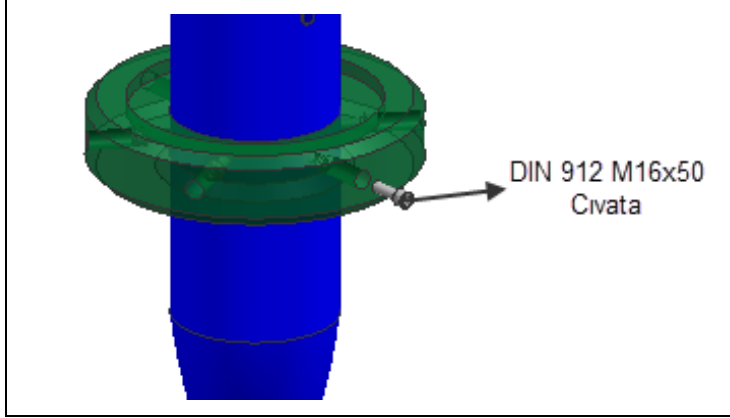
Şekil 4.11. AHB'nin bütünleme eksenine getirilmesi

Destekleme Parçası (Şekil 4.12)'ni AHB üzerindeki konumlarına doğru bir şekilde getirilebilmek gerekmektedir. Destekleme Parçası'ndan bir bombada 2 adet bulunmaktadır.



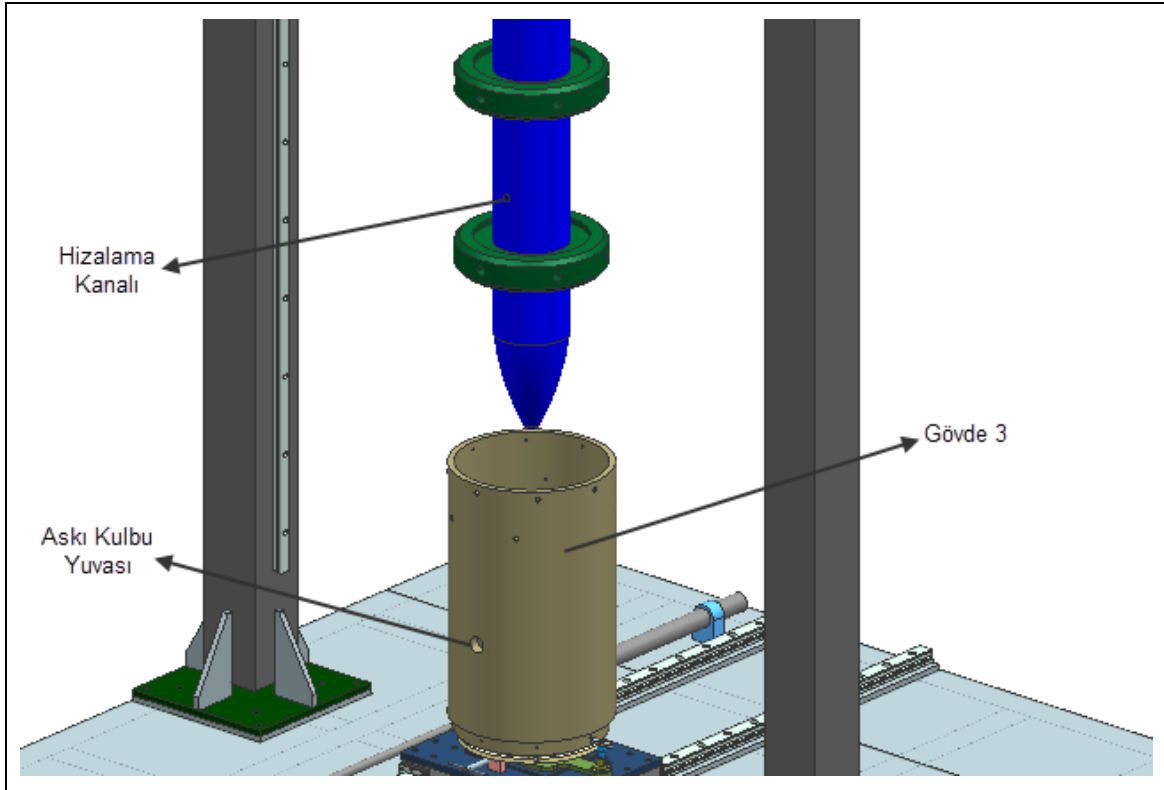
Şekil 4.12. Destekleme Parçası

Destekleme Parçaları, AHB'deki konumlarına getirilir. AHB üzerindeki Ø10 deliklere DIN 912 M16x50 cıvatalar kullanılarak bütünlenir (Şekil 4.13).



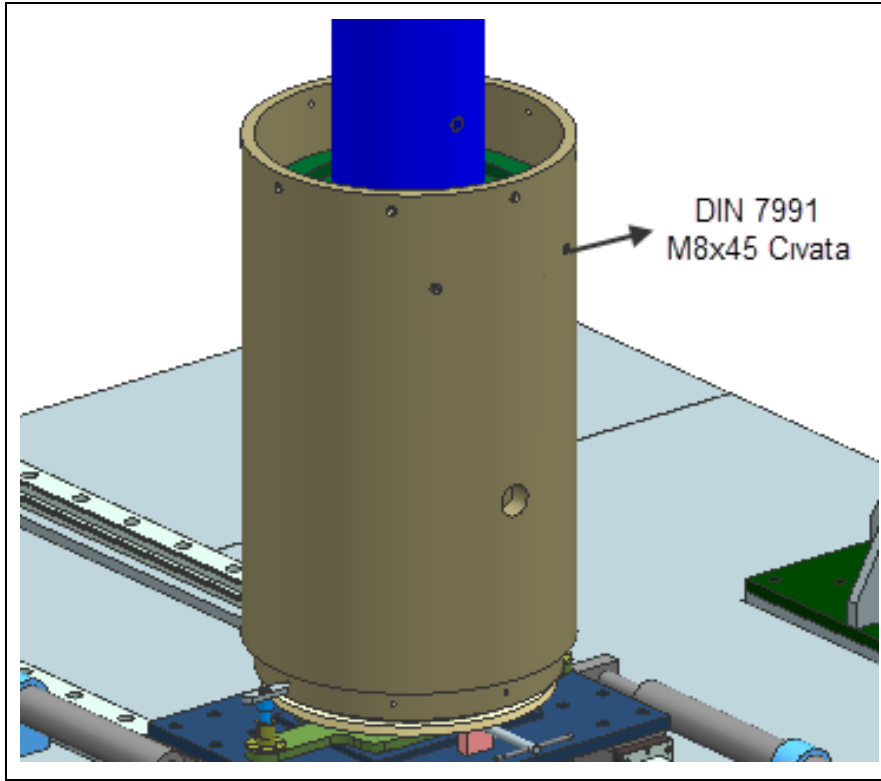
Şekil 4.13. Destekleme Parçası'nın AHB'ye bağlantısı

Gövde 3; "Gövde 2, Gövde 3 Taşıma Aparatı" kullanılarak gezer vinç yardımıyla tablaya taşınır. Şekil 4.14'de görüldüğü gibi Askı Kulbu Yuvası, AHB'deki hizalama kanalını hizalayacak biçimde tezgahdaki konumuna yerleştirilir ve yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir.



Şekil 4.14. Gövde 3 konumlama

Şekil 4.15’de görüldüğü gibi Oluşan AHB Grubu, Gövde 3’teki bütünleme konumuna piston yardımıyla indirilir. DIN 7991 M8x45 cıvatalar kullanılarak Gövde 3’e bütünlenir (Burada cıvatalar tam sıkılmamalı, 1-2 tur gevşek bırakılmalıdır).

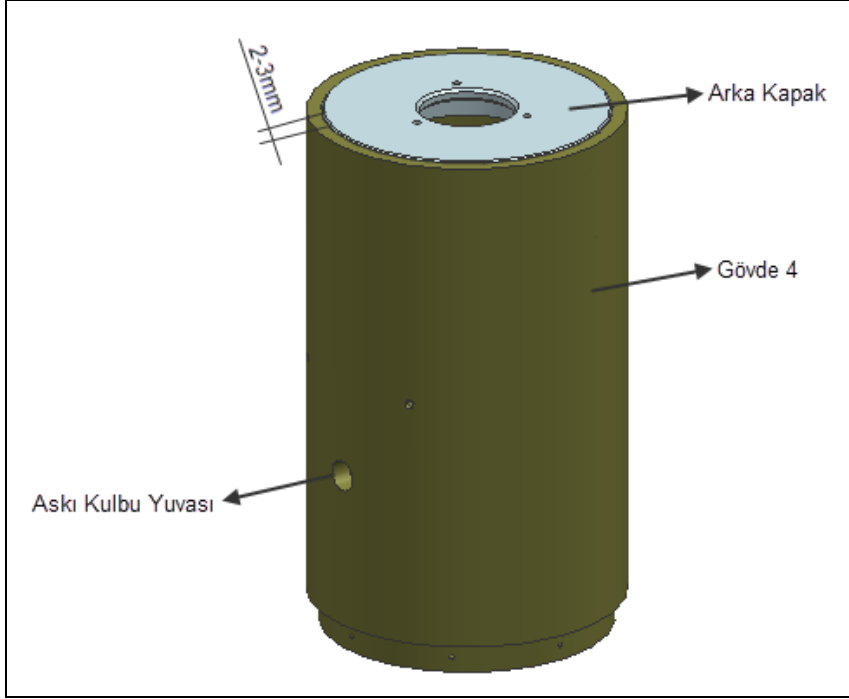


Şekil 4.15. AHB Grubu-Gövde 3 bütünlemesi

AHB’yi bütünleme ekseninde sabit tutulması ve ihtiyaç duyulduğunda bütünleme ekseninde 5mm yukarı-aşağı hareket etmesi gerekmektedir. Aksi takdirde tolerans birikmelerinden dolayı DIN 7991 M8x45 cıvataların torklanması sırasında bu cıvatalar istenmeyen yüklere maruz kalabilecektir. Bu işlemin sağlanabilmesi için bütünleme ekseninde, Tabla Bütünü’nün altında kalacak şekilde tezgahta bir krika konumlandırılmıştır.

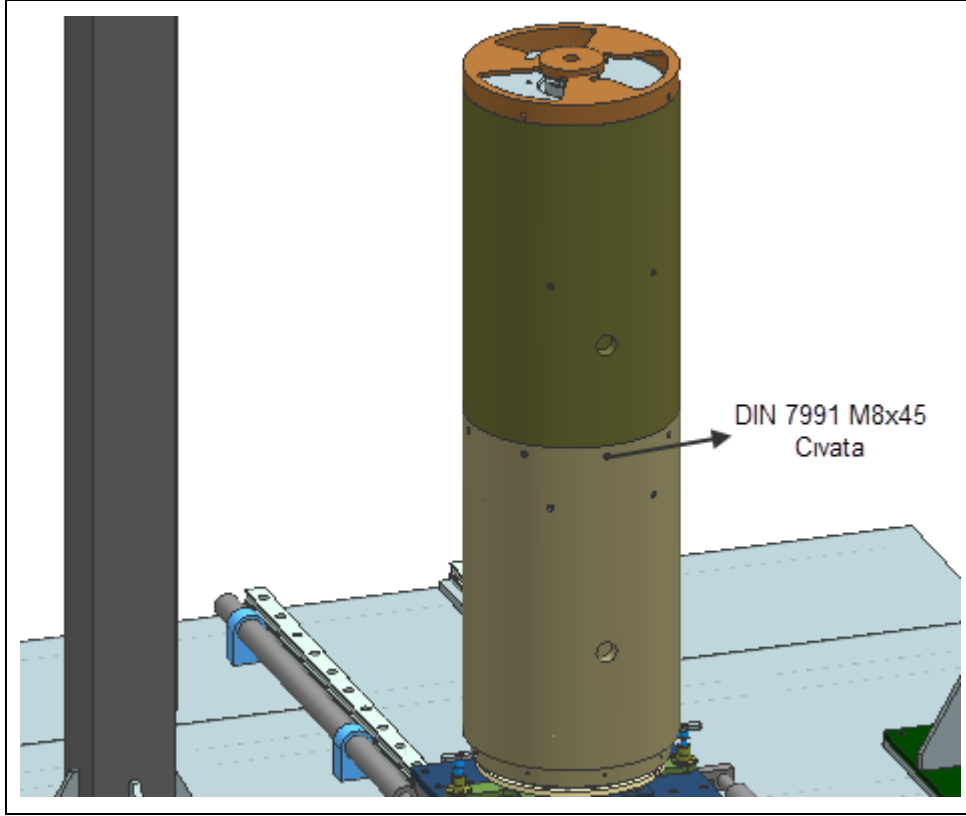
Piston bağlantısı AHB’den ayrılır ve AHB-Gövde 3 Bütünü tabla ile birlikte bütünleme ekseninden yataydaki piston yardımıyla uzaklaştırılır. Arka Kapak, Gövde 4 Bütünü’nün alın yüzeyinden 2-3mm dışarda kalacak biçimde Gövde 4 Bütünü’ne bütünlenir (Şekil 4.16). “Gövde 4 Bütünü-Arka Kapak”, Gövde 4 Taşıma Aparatı kullanılarak gezer vinç yardımıyla tablaya taşınır. Gövde 4, Askı Kulbu Yuvası, AHB’deki hizalama kanalını hizalayacak biçimde tablaya yerleştirilir ve

yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir. Gövde 4 Bütünü-Arka Kapak Grubu'nun dikey pistona bağlantısı yapılır ve 1600mm yukarı (Gövde 3 Grubu'nu kurtaracak kadar) yönde hareket ettirilir.



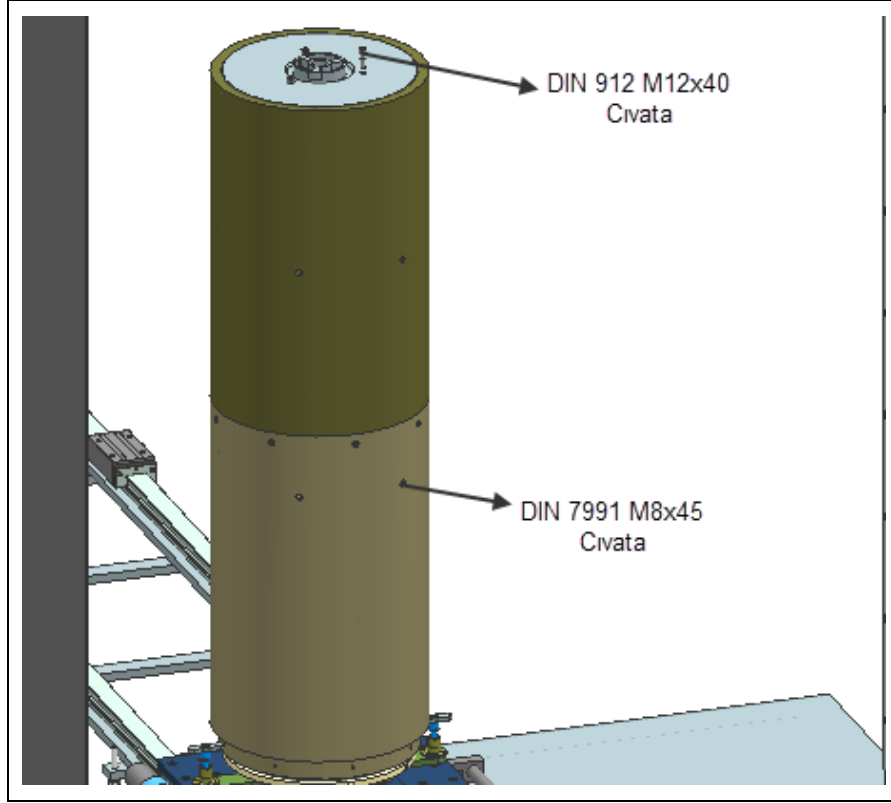
Şekil 4.16. Gövde 4 Bütünü-Arka Kapak bütünlemesi

Diğer tabla bütünü üzerinde bulunan AHB-Gövde 3 Grubu yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir. Gövde 4 Bütünü bütünleme konumuna piston yardımıyla indirilir ve DIN 7991 M8x45 cıvatalar kullanılarak "AHB-Gövde 3 Grubu"na bütünlenir (Şekil 4.17). Dikeydeki piston bağlantısı Gövde 4 Bütünü'nden ayrılır ve bu grup bütünleme ekseninden uzaklaştırılır.



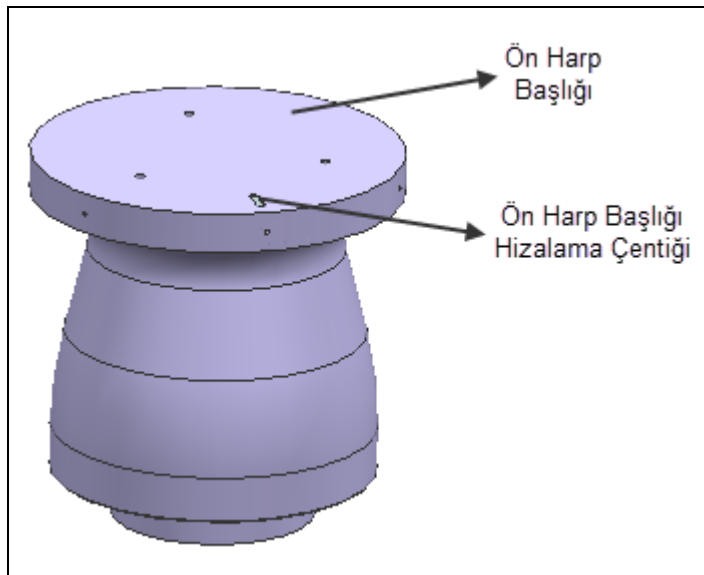
Şekil 4.17. Gövde 4 Bütünü, Arka Kapak-Gövde 3 Grubu bütünlemesi

Gövde 4 Bütünü'nün alın yüzeyinden 2-3mm dışarda bırakılan Arka Kapak, AHB'ye temas edene kadar dişlenir (sıralamanın bu şekilde olmasının sebebi, AHB'nin boyundaki toleransın + yönde olabileceğinden bütünleme esnasında Arka Kapak'ın AHB'ye çarpma ihtimalidir). DIN 912 M12x40 cıvatalar, AHB'ye bütünlenir. Daha sonra önceden gevşek bırakılmış olan DIN 7991 M8x45 cıvataların torklama işlemi yapılır (Şekil 4.18).



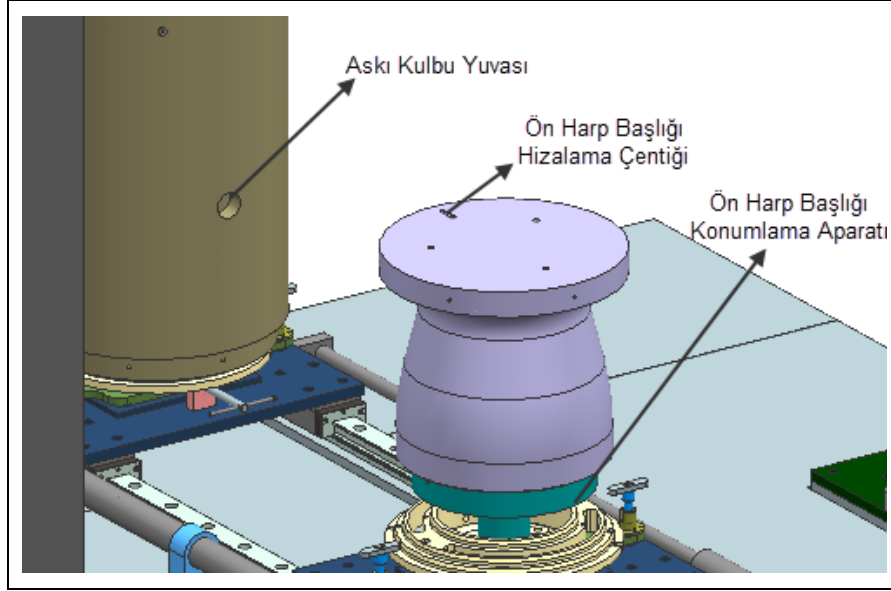
Şekil 4.18. AHB sabitleme

ÖHB (Şekil 4.19)'ye, ÖHB Taşıma Aparatı bütünlenir. İçerisinde bulunduğu taşıma sandığından dikkatli bir şekilde gezer vinç yardımıyla çıkarılır ve tezgah tablasına taşınır.



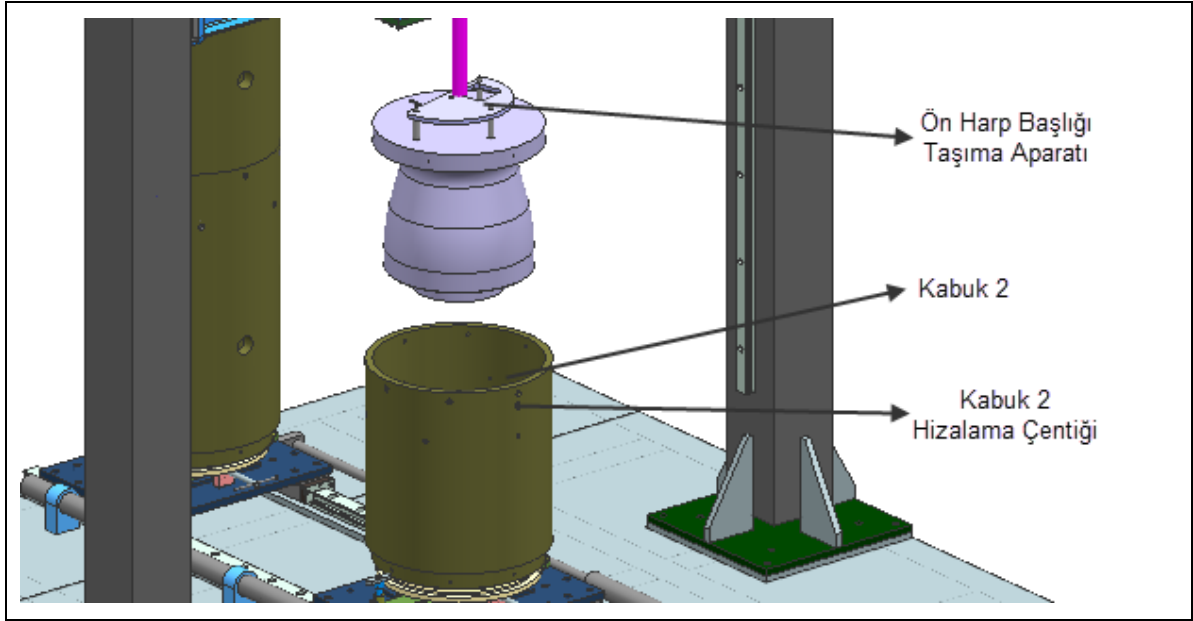
Şekil 4.19. Ön Harp Başlığı

ÖHB üzerinde bulunan hizalama çentiği Askı Kulbu Yuvalarının 180° ters istikametine gelecek biçimde ÖHB Konumlama Aparatı kullanılarak tablaya yerleştirilir ve yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir (Şekil 4.20).



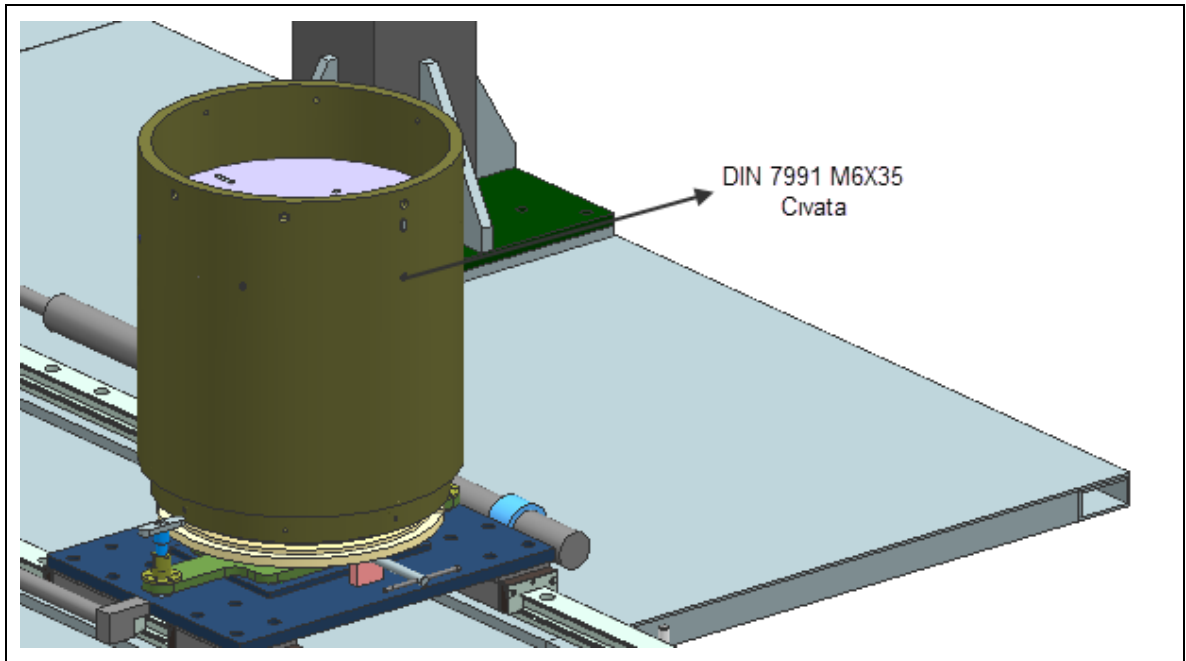
Şekil 4.20. ÖHB konumlama

ÖHB dikey pistona bağlanır. ÖHB Konumlama Aparatı tabladan alınır. ÖHB, Gövde 2 boyunu kurtaracak kadar yukarı yönde hareket ettirilir. Daha sonra Gövde 2; “Gövde 2, Gövde 3 Taşıma Aparatı” kullanılarak gezer vinç yardımıyla tablaya taşınır (Şekil 4.21). Gövde 2 üzerinde bulunan hizalama çentiği referans alınarak Askı Kulbu Yuvalarını hizalayacak biçimde tabladaki konumuna yerleştirilir ve yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir.



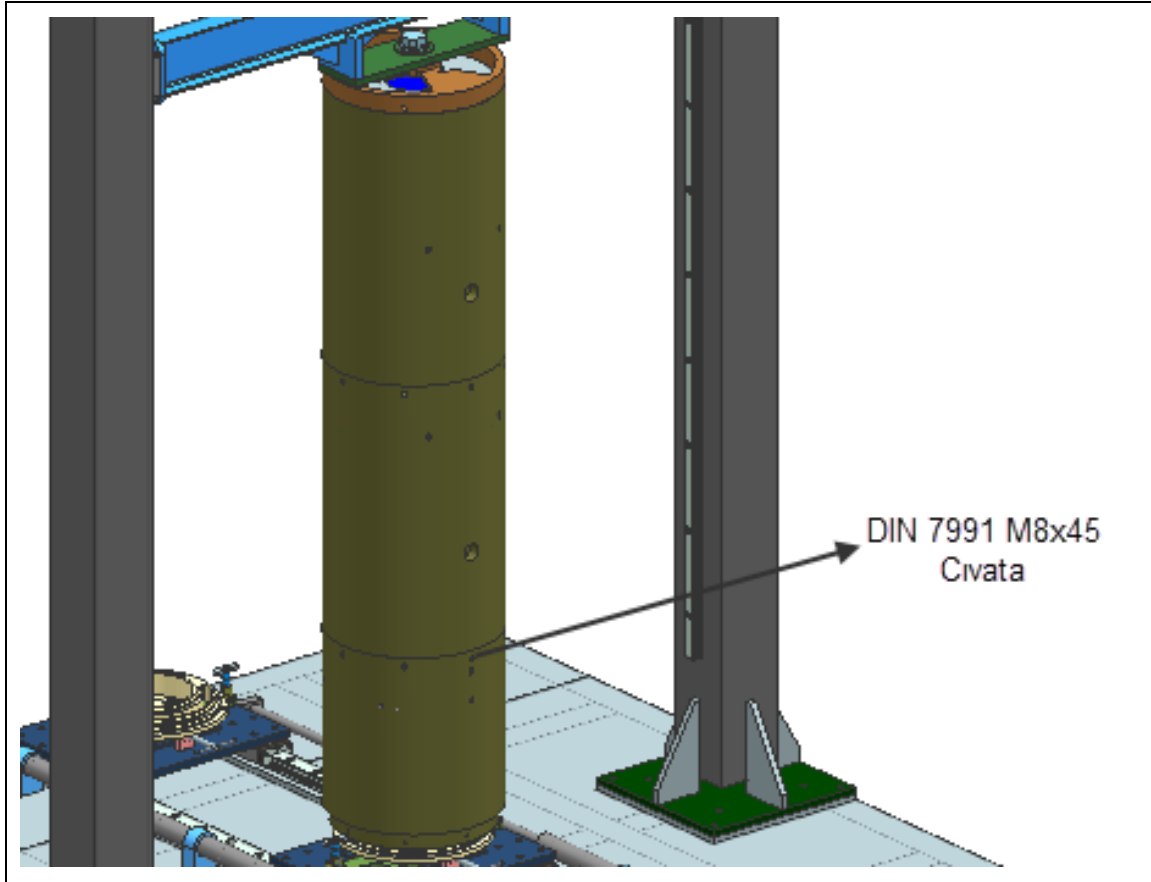
Şekil 4.21. Gövde 2 konumlama

ÖHB, Gövde 2'ye bütünleme konumuna piston yardımıyla indirilir ve DIN 7991 M6x35 ve DIN 7991 M8x25 cıvatalar kullanılarak bütünlenir (Şekil 4.22). Dikeydeki piston bağlantısı ÖHB'den ayrılır ve bu grup bütünleme ekseninden uzaklaştırılır.



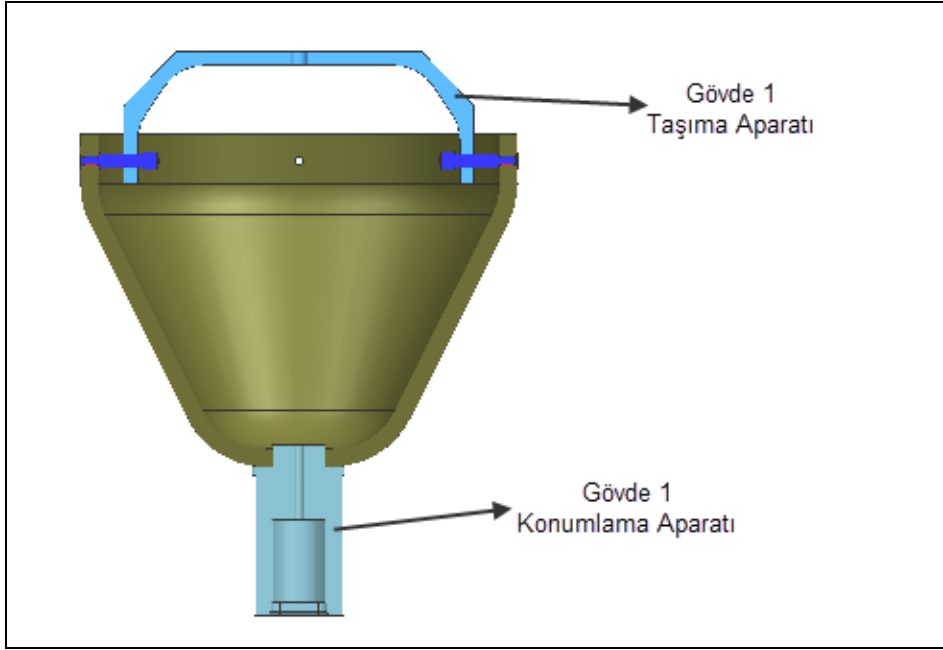
Şekil 4.22. Gövde 2- ÖHB bütünlemesi

AD-Gövde 3-Gövde 4 Grubu tekrardan önceki konumunu koruyarak bütünleme eksenine getirilir. Dikeydeki pistonla bağlantısı yapıp Gövde 2 Grubu boyunu kurtaracak kadar yukarı yönde hareket ettirilir. Daha sonra Gövde 2 Grubu bütünleme eksenine getirilir. AHB-Gövde 3-Gövde 4 Grubu, Gövde 2 Grubu'na bütünleme konumuna piston yardımıyla indirilir ve DIN 7991 M18x45 cıvatalar kullanılarak bütünlenir (Şekil 4.23). Dikeydeki piston Gövde 1 boyunu kurtaracak kadar yukarı yönde hareket ettirilir.



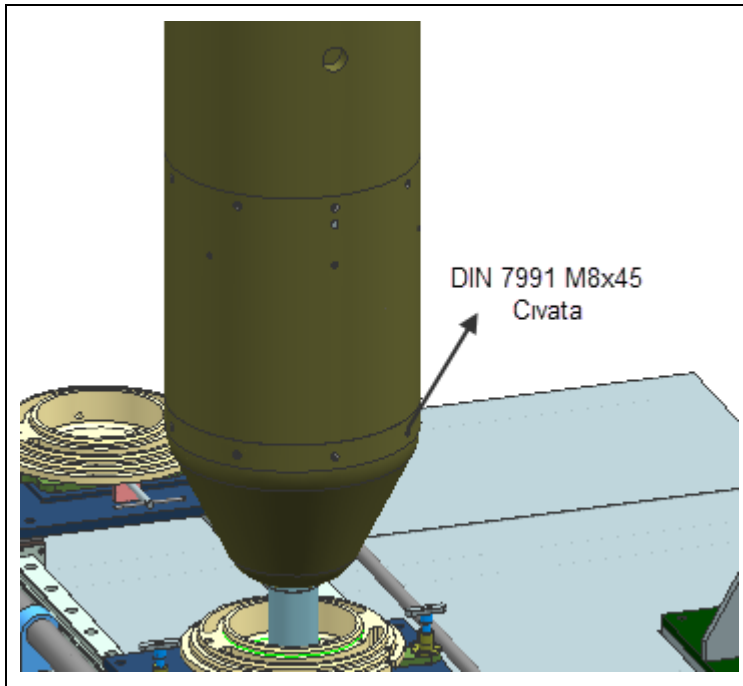
Şekil 4.23. Gövde 2 Grubu-Gövde 3 Grubu bütünlemesi

Gövde 1'e Gövde 1 Konumlama Aparatı (Şekil 4.25) bütünlenir. Gövde 1, Gövde 1 Taşıma Aparatı (Şekil 4.24) kullanılarak gezer vinç yardımıyla tablaya taşınır. "Gövde 1 Hizalama Aparatı" yardımıyla tablada konumlandırılır. Konumlandıktan sonra yataydaki piston yardımıyla bütünleme eksenine getirilir



Şekil 4.24. Gövde 1 konumlama

Dikey pistonla bağlı grup, Gövde 1'e bütünleme konumuna indirilir ve DIN 7991 M8x45 cıvatalar kullanılarak bütünlenir (Şekil 4.25). Piston yardımıyla bomba 100mm yukarı yönde hareket ettirilir.

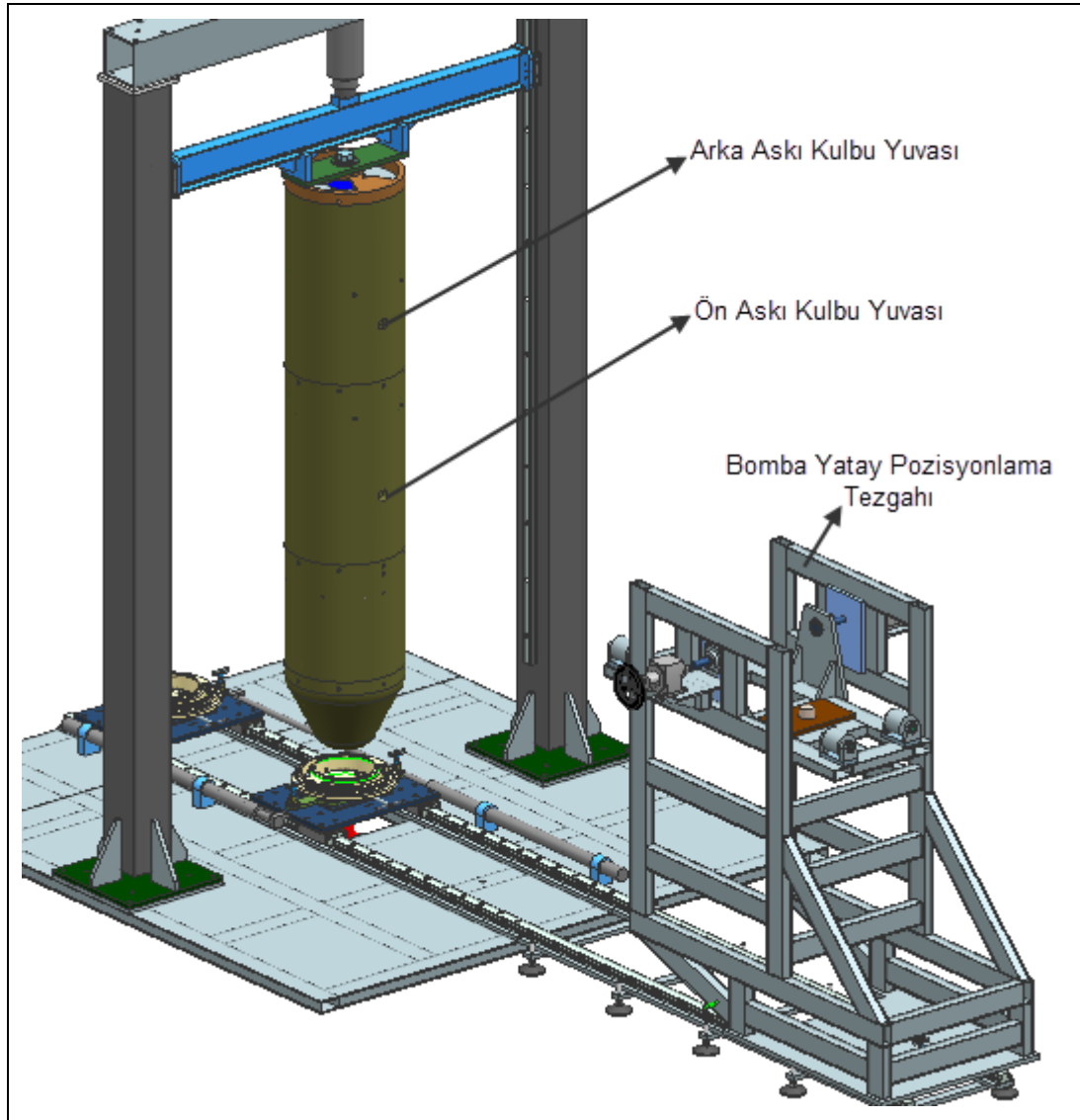


Şekil 4.25. Gövde 1 bütünlemesi

Ana Bütünleme Tezgahı'nda yapılacak işlemler bu noktada tamamlanmıştır. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı'nda yapılacak işlemlere geçilmiştir.

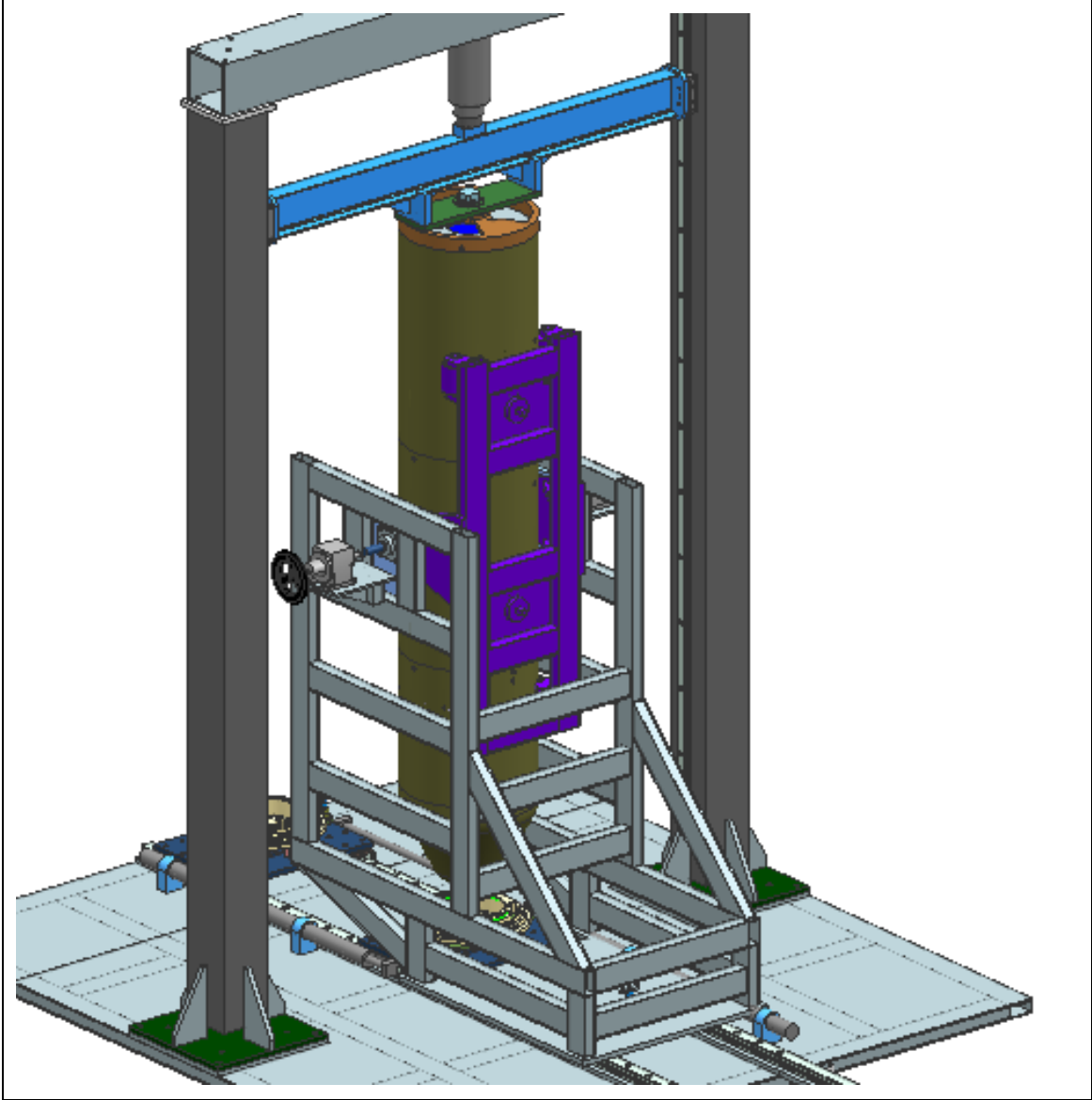
4.3.3. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı

Şekil 4.26'da görüldüğü gibi Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı, Ana Bütünleme Tezgahındaki konumuna getirilir.



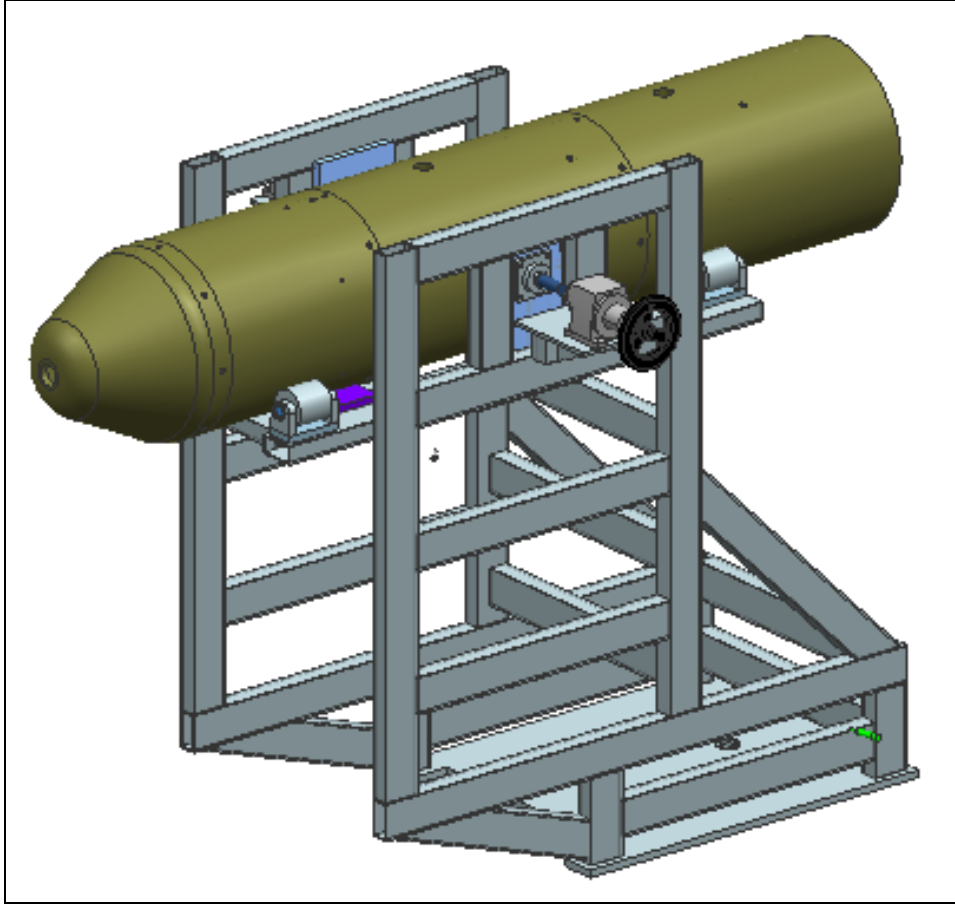
Şekil 4.26. Bomba Yatay Pozisyonlama Tezgahı'nın konumlandırılması

Lineer yataklar üzerinde hareket ettirilerek Ana Bütünleme Tezgahı'ndaki bütünleme konumuna getirilir. Şekil 4.27'de görüldüğü gibi tezgah döner tablası bombaya Askı Kulpu Yuvalarından bütünlenir.



Şekil 4.27. Bombanın yatay konuma hazır hale getirilmesi

Yatay pozisyonlama tezgahı Şekil 4.28'deki konumuna getirilerek bomba 90° döndürülür. Daha sonra bomba, Şekil 4.28'de görüldüğü gibi Askı Kulbu Yuvaları üstte kalacak biçimde düzenekte 180° döndürülür.



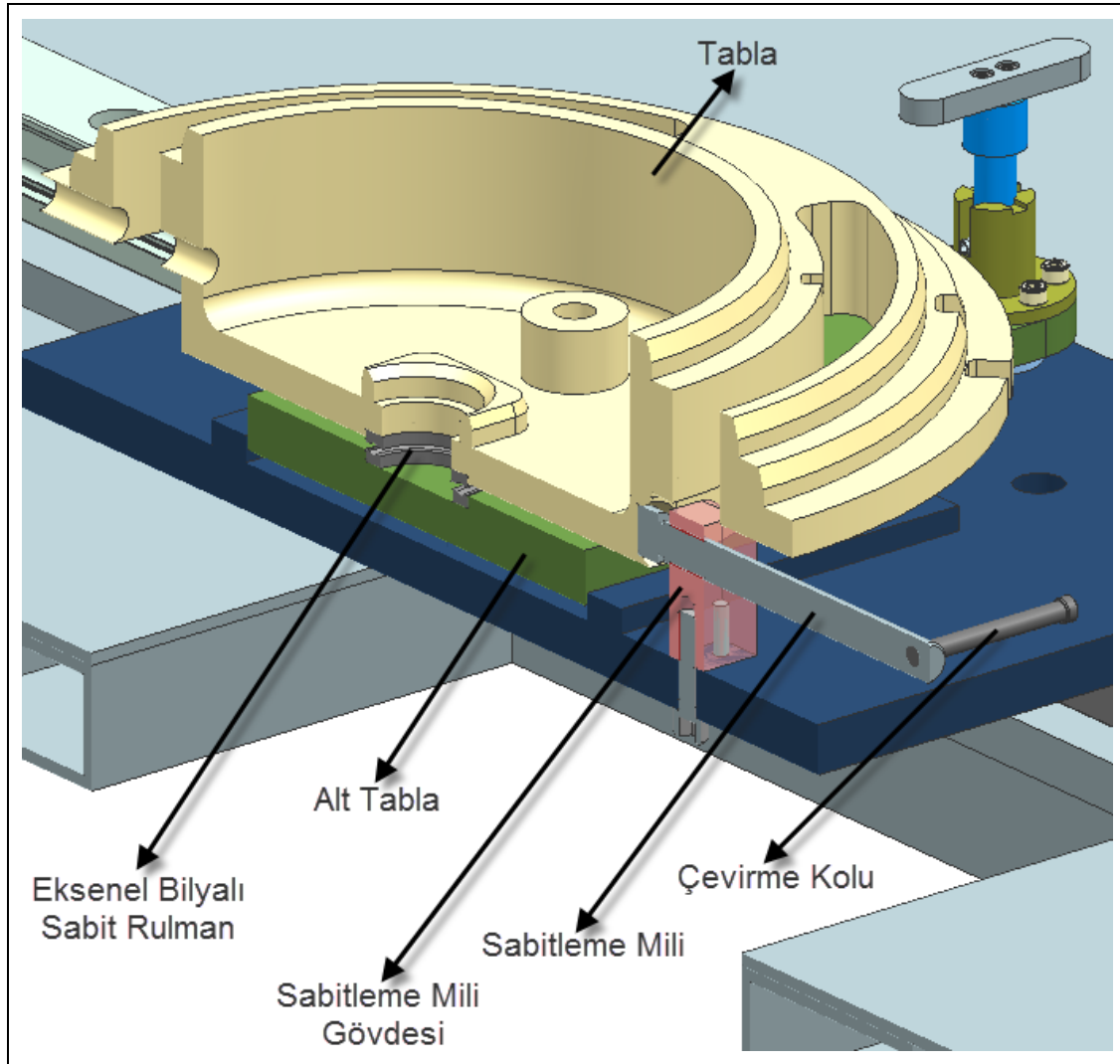
Şekil 4.28. Bombanın yatay konuma getirilmesi

4.4. Beklenmeyen Durumlara Karşı Alınan Tasarım Önlemleri

Tezgah kurulduktan sonra bütünleme ekseninin sıfır hata ile çalışması istendiğinden, Ana Bütünleme Tezgahı'nın bütünleme eksenine tolerans verilmemiştir. Fakat tezgahta bütünlemeler yapıldıkça zamanla bütünleme ekseninin ilk konumuna göre yer değiştireceği muhtemeldir. Ayrıca parçaların üretimi esnasında geçme bölgelerindeki ölçülerin toleranslarının yapılan ölçümler sırasında teknik resimlerindeki tolerans değerlerinin dışına çıkması muhtemeldir. Bu ölçülerin toleranslarındaki sapma değerleri bütünleme yapılmasına engel teşkil etmediği takdirde (bütünlenecek parçaların birbirlerine geçmesini engellemiyorsa), bombanın çalışmasına yönelik bir problem teşkil etmemesi kararı verilebilir. Böyle durumlara karşılaşılabileceği düşünülerek önlem alınması gerektiği değerlendirilmiştir. Belirtilen ihtiyaçlar doğrultusunda Tabla'nın gerek duyulduğu zamanlarda hareket etmesine imkân sağlanmıştır. Tabla'ya verilmesi gereken bu hareketleri iki gruba ayırabiliriz.

Tabla'nın Kendi Ekseni Etrafında Döndürülmesi

İsterler doğrultusunda tabla, bütünleme eksenile eş merkezli konumda ve bulunduğu bölgede kendi eksenine etrafında dönmeyeceği biçimde konumlandırılmış durumdadır. Tablanın bulunduğu yerde kendi ekseninde hareket etmemesi için Şekil 4.29'da gösterilen Sabitleme Mili, Sabitleme Mili Gövdesi ve Çevirme Kolu parçaları tasarlanmıştır.



Şekil 4.29. Tablanın kendi eksenine etrafında döndürülmesi

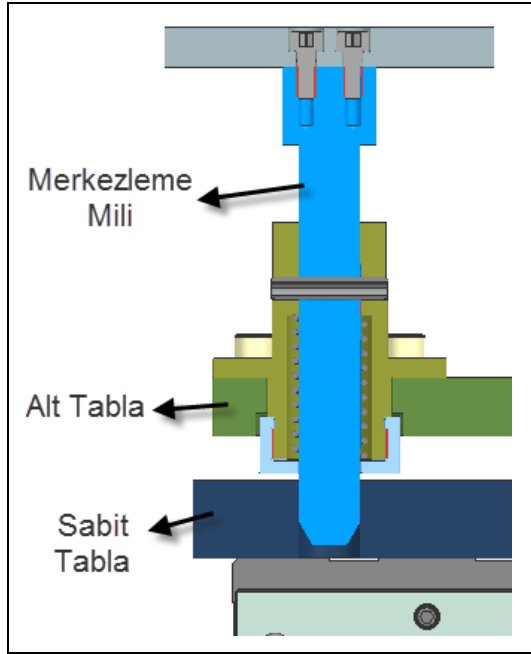
Parçalar birbirlerine geçme işlemi sonrası ara yüz deliklerinin birbirlerine konumlanamaması durumu ortaya çıkabilir. Böyle bir sorunla karşılaşılması durumunda Alt Tabla'ya yerleştirilmiş olan Eksenel Bilyeli Sabit Rulman sayesinde

tabla istendiğinde kendi eksenini etrafında döndürülerek delik eksenleri birbirine konumlandırılabilir.

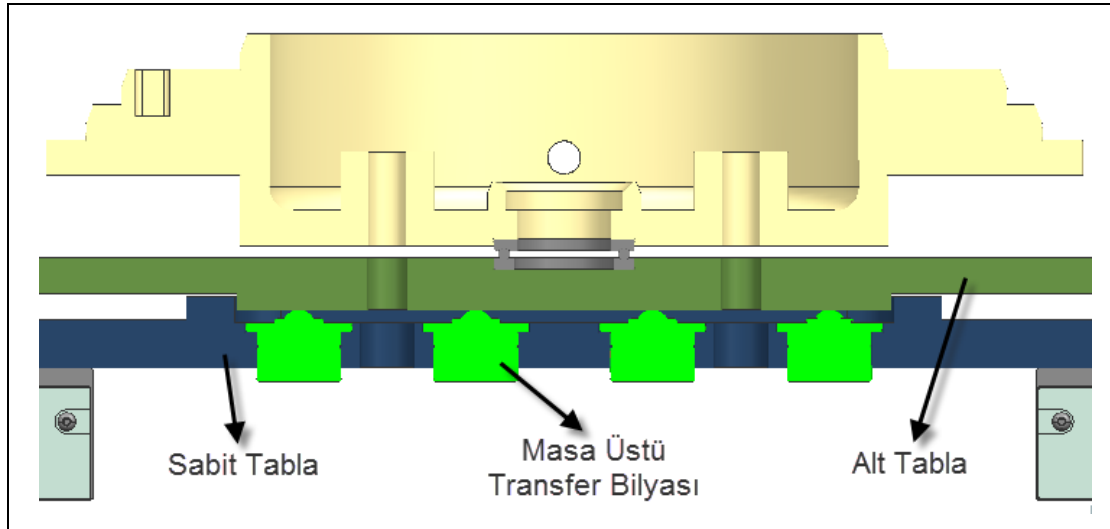
Tablaya Sabitleme Mili için ara yüz detayı açılmıştır. Sabitleme Mili, bütünleme deliklerinin birbirlerini karşılamadığı durumlarda, Sabitleme Mili Gövdesi'ndeki vida dişi aracılığıyla çevirme kolundan hareket ettirilerek Sabitleme Mili Gövdesi'ne dayandırılır. Bu işlem yapıldıktan sonra tabla kendi ekseninde 2-3° döndürülebilecektir.

Tabla'nın Sağa-Sola ve İleri-Geri Hareket Ettirilmesi

İsterler doğrultusunda Ana Bütünleme Tezgahı'nda, Alt Tabla bütünleme eksenleriyle eş merkezli konumda ve bulunduğu bölgede sağa-sola ve ileri-geri hareket etmeyecek biçimde konumlandırılmış durumdadır. Birbirine bütünlenecek parçaların, geçme bölgesindeki çaplarının birbirine geçmesi için istenen ölçüler dâhilinde olduğu halde, kendi içlerindeki eş merkezlilik konumlarının uyuşmaması sorunuyla karşılaşılabilir. Böyle bir sorunla karşılaşılması hali için Şekil 4.30'da gösterilen Susta Mekanizması olarak adlandırılan tasarım çalışması yapılmıştır. Susta Mekanizması sayesinde Şekil 4.31'de gösterildiği gibi Sabit Tabla'ya yerleştirilmiş olan masaüstü transfer bilyeleri yoluyla Sabit Tabla istendiğinde sağa-sola ve ileri-geri hareket ettirilerek parçaların birbirine geçme işlemi sağlanabilecektir.

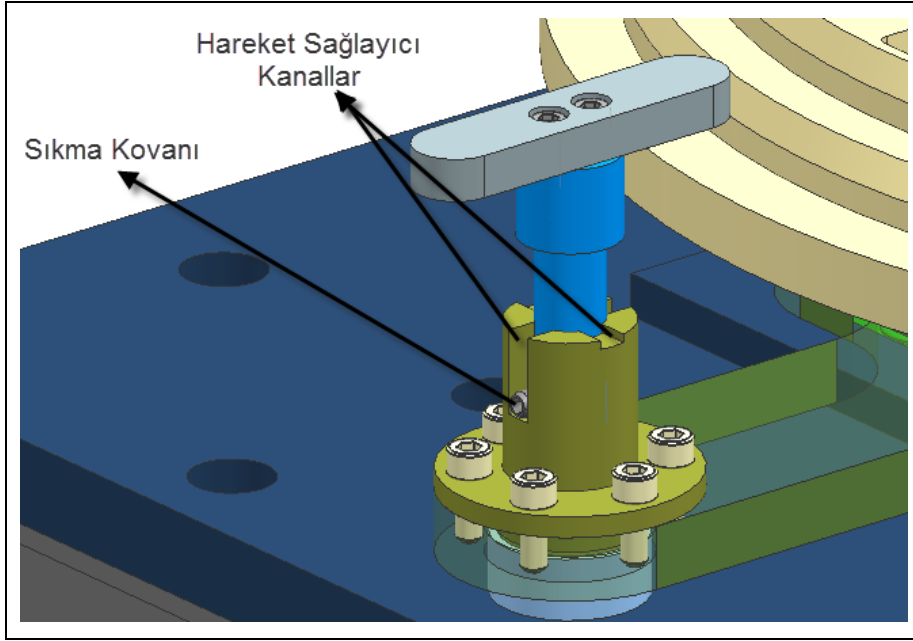


Şekil 4.30. Susta Mekanizması



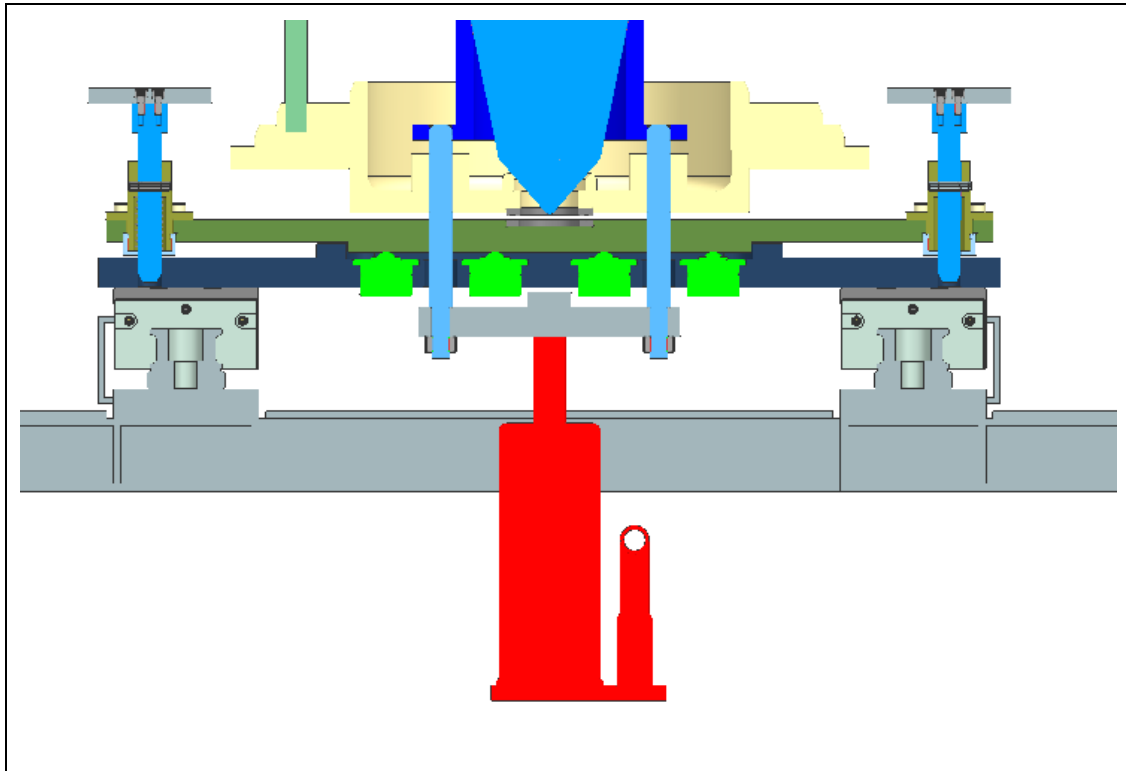
Şekil 4.31. Tablanın sağa-sola ve ileri-geri hareket ettirilmesi

Susta Mekanizması'ndaki Merkezeleme Milleri'nde bulunan Sıkma Kovanı, Gövde parçasındaki derin olan kanala getirildiğinde Merkezeleme Milleri, Sabit Tabla'daki merkezeleme deliğine geçirilerek Alt Tabla hareketsiz konuma getirilir (Şekil 4.32). Bu durumda Alt Tabla hareket edemeyecek konumdadır. Alt Tabla'nın ileri-geri ve/veya sağa-sola hareket etmesi istendiğinde Sıkma Kovanı, Gövde parçasındaki derinliği az olan kanala getirildiğinde Alt Tabla hareket edebilecek konuma gelecektir.



Şekil 4.32. Susta Mekanizması hareket sağlayıcı kanalları

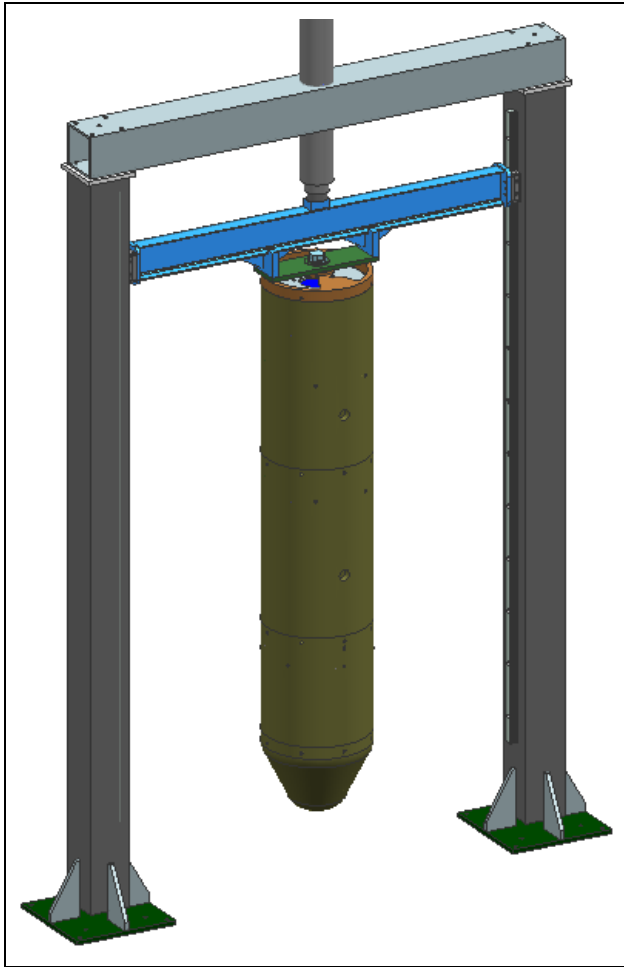
Şekil 4.33'de Ana Bütünleme Tezgahı'nın zemin kısmının genel bir kesit görüntüsü verilmiştir. Tezgahın alt kısmında bulunan krik o için zemine delik açılması gerekmektedir.



Şekil 4.33. Tabla bütünü genel görüntüsü

5. GELİŞTİRİLEN BÜTÜNLEME TEZGAHI'NIN YAPISAL ANALİZİ

Geliştirilen bütünleme tezgahı, bütünleme aşamasında bazı yüklere maruz kalır. Bunlardan en kritik olanı, konvansiyonel bombanın dikey hareket sağlayan hidrolik piston üzerine yerleştirildiği durumda meydana gelmektedir. Sistemin güvenilirliğinin sağlanması ve çalışma ömrünün belirlenmesi için yük üzerindeki yapısal davranışlarının tespit edilmesi gerekmektedir (Şekil 5.1'de tezgahta bütünlemesi bitmiş bombanın görüntüsü gösterilmiştir).

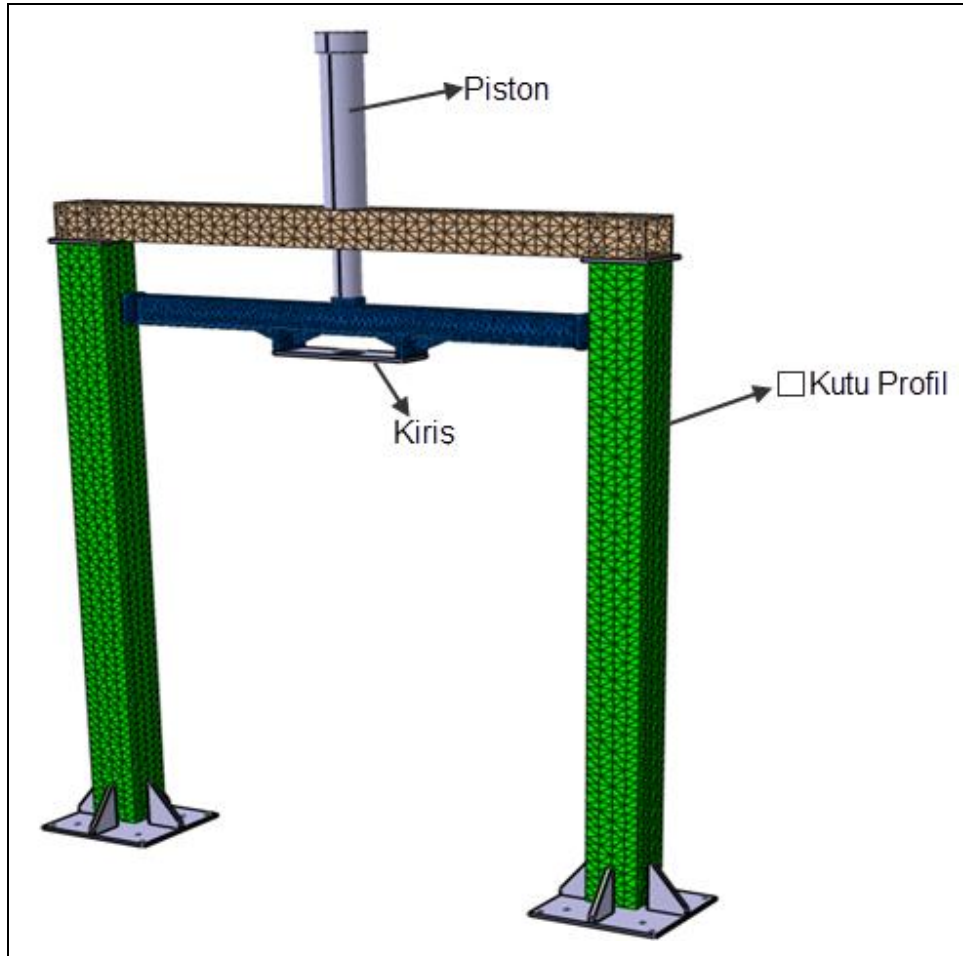


Şekil 5.1. Analiz edilen mekanik tasarım modeli

Bu amaçla, mekanik tasarımı gerçekleştirilen bütünleme tezgahında yüke maruz kalan alt sistemlerin sonlu elemanlar modelleri oluşturularak yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Msc Patran yazılımında yapılan sonlu elemanlar incelemesinde, bölüntüleme işlemleri yapılmış ve oluşturulan matematik model çözülmüştür.

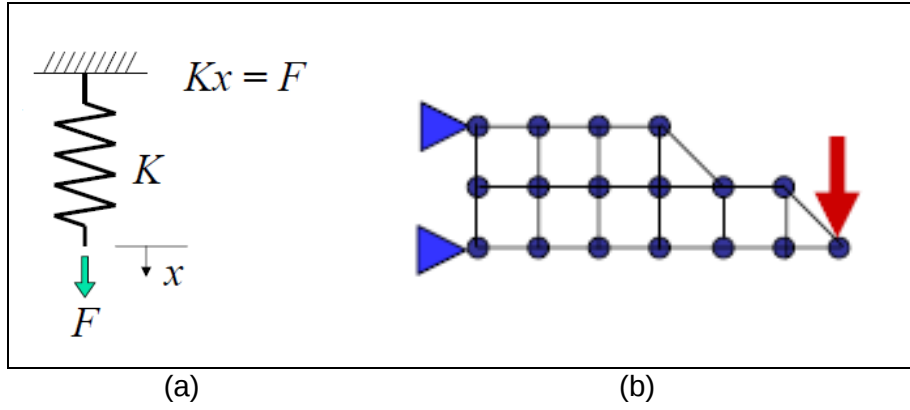
Analizlerde kullanılan SEA Şekil 5.2’de verilmiştir. SEA’da 72954 adet 10 düğümlü düzgün dörtyüzlü geometrisinde TET10 katı eleman ve 5 adet RBE2 (esnemez parça birleştirmesi) tipi çok nokta sınırlandırmalı rijit eleman kullanılmıştır. Bu eleman tipi ile düzgün olmayan geometrilerin bölüntülenmesi kübik elemene göre daha kolaydır. Bölüntüleme (İng. meshing) 20mm referans boyutunda yapılmıştır. Analiz sonuçlarının malzeme akma dayanımına yakın çıkması durumunda bölüntüleme sayısı artırılarak daha kesin sonuca ulaşılabilir.

Bölüntüleme elemanı boyutu büyük olursa doğru sonuçlar elde edilemez. Bunun için en küçük eleman seçilmelidir. Ancak boyut küçüldükçe eleman sayısı artmakta, bu da SEA işlemini analiz programı için çözülemez hale getirmektedir. Yapılan analiz denemelerinde yaklaşık 75000 elemanın hem çözülebilecek hem de doğru sonuçlar verebilecek eleman sayısı olduğu saptanmıştır. Bu sebeple 20mm eleman boyutu verilip, 72954 adet eleman sayısı ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 5.2. Bütünleme tezgahının SEA

Tüm yapılarda olduğu gibi kiriş yapıları da, tek serbestlik dereceli ve çok serbestlik dereceli olarak iki farklı şekilde uyarılabilir (Şekil 5.3). Tek serbestlik dereceli bir yapının dış kuvvet altında cevabı doğrusal olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.



Şekil 5.3. a) Tek serbestlik dereceli yapılar, b) Çok serbestlik dereceli yapılar

Şekil 5.3'de tek serbestlik dereceli bir yapı modeli gösterilmiştir. Burada F kuvvet, x yer değişirme, K ise malzemenin sertliğidir.

$$K x = F \quad [5.1]$$

X yer değiştirmesi basitçe aşağıdaki gibi bulunur.

$$x = \frac{F}{K} \quad [5.2]$$

Yapı üzerindeki gerinim aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Burada x_0 yapının esnemez durumunda boyudur.

$$\epsilon = \frac{x}{x_0} \quad [5.3]$$

Yapı üzerindeki gerilme ise gerinim değerinin sertlik değeri ile çarpılmasıyla elde edilir.

$$\sigma = K \epsilon \quad [5.4]$$

Şekil 5.3'de çok serbestlik dereceli bir yapı modeli gösterilmiştir. Çok serbestlik dereceli yapılarda işlem yöntemi aynı olup tek bir sertlik değeri yerine sertlik matrisi kullanılır. Burada x yer değiştirme vektörü, yapının serbestlik derecesi boyutundadır.

$$[K] \{x\} = \{F\} \quad [5.5]$$

x yer değiştirme vektörü aşağıdaki gibi doğrusal cebir metotlarıyla bulunur.

$$\{x\} = [K]^{-1} \{F\} \quad [5.6]$$

Hesaplanan yer değiştirme değerlerinden gerinim değeri aşağıdaki gibi elde edilebilir. Burada x_1 değeri tek boyutlu bir elemanın başlangıç noktası x_2 değeri ise bitiş noktasıdır.

$$\epsilon = \frac{x_2 - x_1}{x_0} \quad [5.7]$$

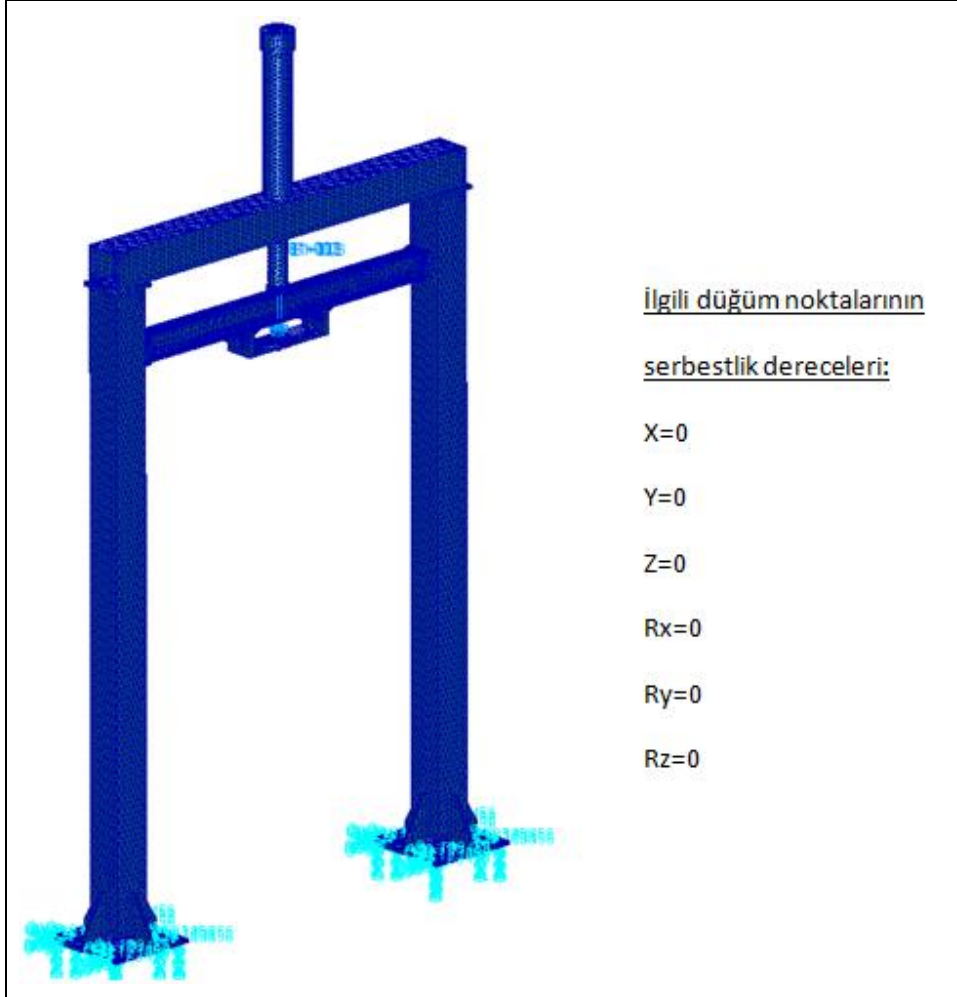
Tek boyutlu eleman için gerilme değeri ise aşağıdaki gibi bulunur.

$$\sigma = K \epsilon \quad [5.8]$$

Bütünleme tezgahında alt parçaların birbirlerine mükemmel temas etmesi sağlanmıştır (Şekil 5.4). Bu bağlantılar arasında kayma veya boşluk yoktur. İnceleme, malzemelerin doğrusal davranış gösterdiği bölgede yapılmıştır. Bununla beraber parça geometrik olarak doğrusal olmayan biçimde hesaplara dâhil edilmiştir. Bu nedenle sonuçlar doğrusal değildir. Çok serbestlik dereceli yapılara göre çözümleme yapılmıştır.

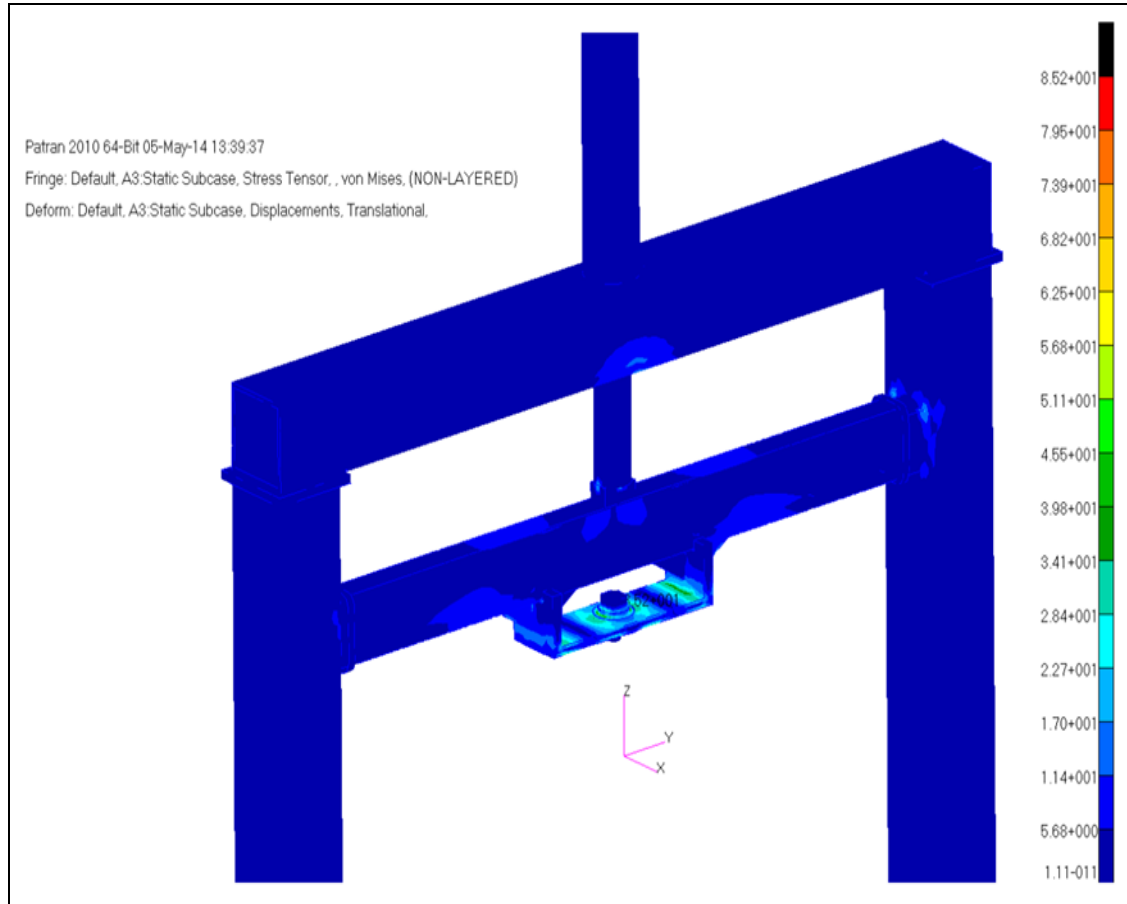
Hidrolik piston üzerine bütünlenen bombanın bütünleme sonrası ağırlığı 1000kg'dır. Bomba, bütünleme eksenindedir ve 2000mm aralığındaki tutucu SAE 1040 malzeme profil direkler üzerinde durmaktadır. Burada bombadan gelen yüklerin sisteme eşit bir şekilde dağılması amaçlanmıştır. Bombanın bağlandığı

kiriş, pistonu bağlıdır. Yüku piston taşıdığı için, dikey hareket sağlayıcı lineer yataklara yük gelmemektedir.



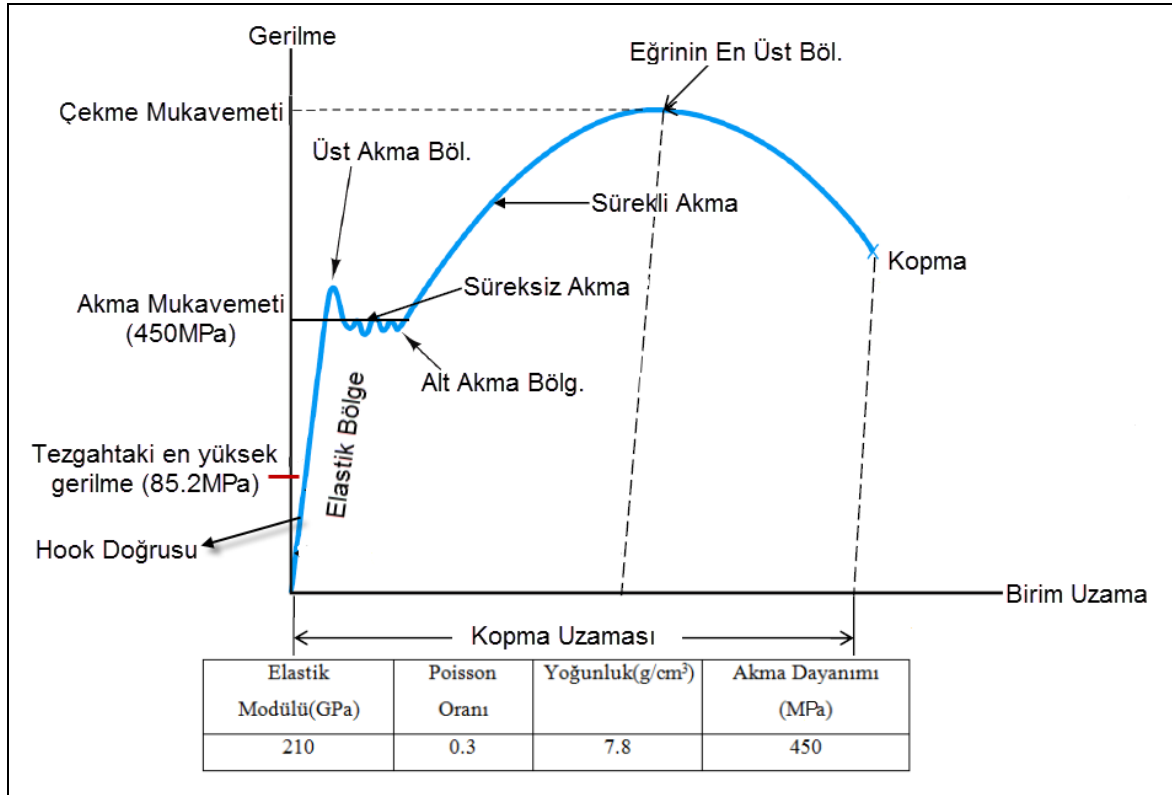
şekil 5.4. SEA'nın sınır şartları

Parçaların yere cıvatalandığı bölgede bulunan düğüm noktalarının tüm yönlerde serbestlik dereceleri sıfırlanırılmıştır. Yükleme olarak, bombanın kaldırıldığı bölgede 1000kg yük sisteme verilmiştir. Sistemin yük altındaki kararlılığının belirlenmesi için Von Misses Gerilmesi çözümleri, meydana gelebilecek sehimin hesaplanabilmesi için yer değiştirme (displacement) çözümleri incelenmiştir (şekil 5.5).



Şekil 5.5. Yapısal analiz çözümü (Von Misses stres dağılımı)

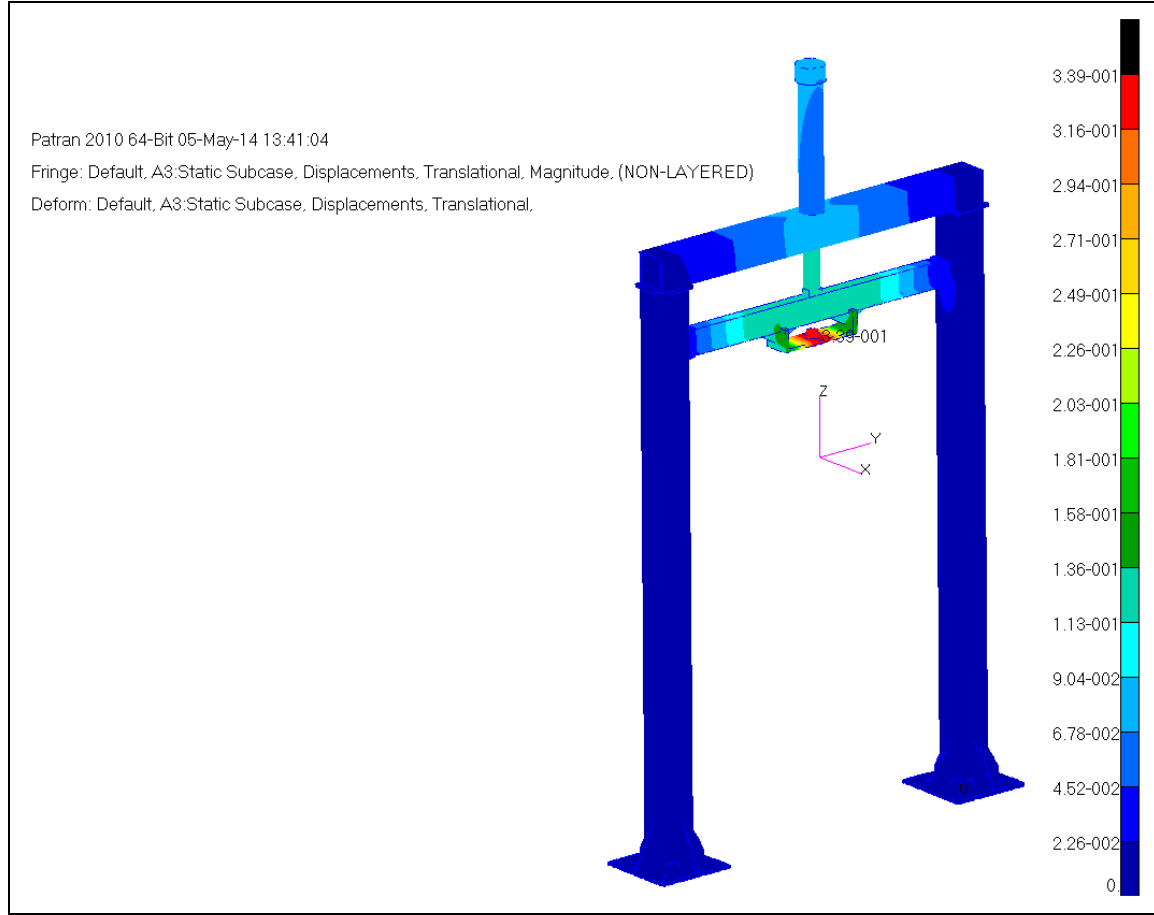
SEA sonuçları incelendiğinde sonuçların malzeme akma mukavemetinin altında olduğu gözükmemektedir. En yüksek Von Mises Gerilmesi bombanın kaldırıldığı bölgeye yakın bir yerde olup mertebesi yaklaşık 85,2MPa'dır. Kullanılan malzemenin akma mukavemetinin 450MPa olduğu göz önüne alındığında bu miktarın oldukça küçük olduğu söylenebilir. Buradan emniyet katsayısı değeri yaklaşık 5 olduğu görülmektedir. Emniyet katsayısının bu şekilde yüksek olması, patlayıcı içeren ürün bütünleyen bu tip tezgahlarda, normal olarak kabul edilebilir. Şekil 5.6'da SAE 1040 malzeme için verilen gerilme-birim uzama grafiğinde de görüldüğü gibi tezgahtaki gerilme oldukça yereldir.



Şekil 5.6. SAE 1040 gerilme-birim uzama grafiği

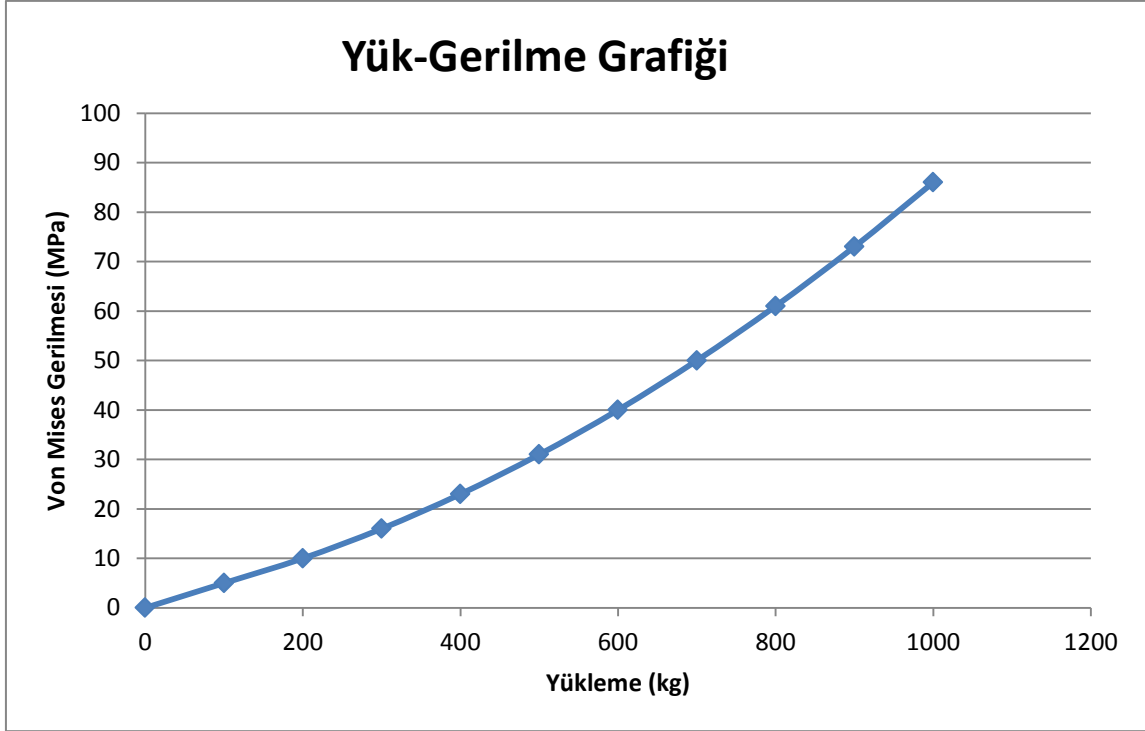
İskelet yapının asıl taşıyıcıları olan kutu profiller üzerinde oluşan gerilme değerleri yaklaşık 25-30MPa civarındadır. Malzemenin akma dayanımının yaklaşık 450MPa olduğu değerlendirildiğinde hesapların güvenli tarafta kaldığı anlaşılmaktadır.

Yerdeğiştirme sonuçları incelendiğinde ise sistemin en çok 0,339mm yer değiştirdiği görülmüştür (Şekil 5.7). Bu miktar bütünleme ekseninde olduğundan aksenal kaçıklığa sebep olmayacaktır. Sistem ilgili yüklemeye karşı oldukça katıdır. Güvenli bütünleme için sistemde en fazla 3,2mm yer değiştirmeye maruz kalılabileceği saptanmıştır. Oluşulabilecek yüklere karşı yük sensörleri ile sistem uyarılmaktadır. Parça taşınması sırasında herhangi bir mekanik başarısızlık beklenmemektedir.



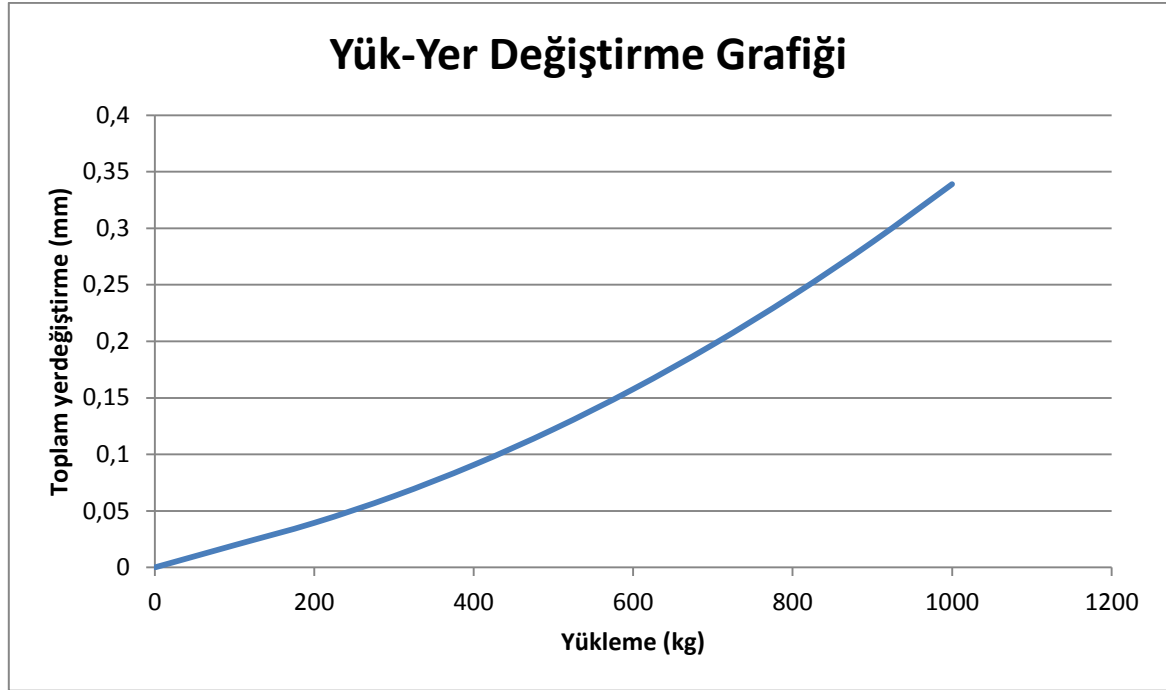
Şekil 5.7. Yapısal analiz çözümü (Displacement yer değiştirme dağılımı)

Daha öncede bahsedildiği üzere hesaplamalar, geometri etkisinden dolayı doğrusal değildir. Bu etki yükleme-gerilme grafiğinin doğrusal olmamasına neden olmaktadır. Yükün tamamını taşıyan kiriş, gerilmenin en fazla olduğu elemandır. Bu kirişin farklı kütleler altındaki gerilme değeri Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Seçilen malzemenin akma mukavemetinin 450MPa olduğu göz önüne alındığında, bu parçaya gelen yükün 85,2MPa olması sistemin risk teşkil etmediğini ortaya çıkarmıştır.



Şekil 5.8. Kirişin maruz kaldığı yük-gerilme durumu

Şekli 5.9'daki grafikten de anlaşılacağı üzere gerilme ve yer değiştirme miktarları yük arttıkça geometrik etkilerden dolayı daha çok artmaktadır. Bunun nedeni olarak yük uygulanan kirişin eğildikçe daha çok moment taşıması gösterilebilir. Daha öncede bahsedildiği gibi, sistemdeki yükün en fazla olduğu anda kirişte gerçekleşen yer değiştirme miktarı 0,339mm'dir. Kirişe gelen farklı yükler altında kirişteki yer değiştirme miktarları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



şekil 5.9. Kirişin maruz kaldığı yük-yer değiştirme durumu

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda ülkemizde hızla gelişen savunma sanayinde bütünleme düzenekleri önemli bir yer teşkil etmektedir. Mühimmatların Ar-Ge aşamalarında diğer ürünlerde olduğu gibi üretim maliyeti düşük ve kolay üretilebilen aparatlarla bütünlemeleri yapılmaktadır. Bu aparatlar zaman kaybına sebebiyet veren ve insan gücünün daha fazla kullanıldığı aparatlardır. Seri üretim aşamasına geçildiğinde bu düzeneklerde elde edilen tecrübelerden de faydalanılarak bütünleme tezgahları yapılmaktadır.

Tezgah tasarlanırken, ilk aşamada hata etki analizleri yapılarak, insan güvenliğine etki eden faktörler belirlenmiştir. Mühimmat sistemlerinin patlayıcı malzeme içermesinden dolayı iş güvenliği etki analizinde en büyük etki elektromanyetik süreklilikte meydana gelmektedir. Bu amaçla, elektromanyetik sürekliliğin bozulmaması için tezgahta bulunan pistonlar hariç herhangi bir elektrikle çalışan sistem tercih edilmemiştir. Hidrolik piston motoru, bütünleme alanından 5m uzakta konumlandırılmıştır.

Geliştirilen tezgahın bütünleme adımları, ergonomi, iş sağlığı ve güvenliği, maliyet ve zaman parametrelerine göre analiz edilerek belirlenmiştir. Ayrıca, iskelet yapısının yapısal analizi ile sistemin maruz kalacağı yükler belirlenmiş ve dayanımları ortaya konmuştur. Bütünleme tezgahının malzeme seçiminde bu dayanım değerleri referans alınmıştır. Seçilen malzeme durumunda sistemdeki yüklerin mekanik bir başarısızlığa sebep olmayacağı saptanmıştır. Sistemin matematik modeli, bütünleme zamanı ve üst bütünlemelerden meydana gelen yük artışlarına göre hesaplanmıştır. İskelet yapıda seçilen malzemeler SAE 1040 çeliğine yakın özellikler göstermektedir. Bu malzemenin akma dayanımı 450MPa'dır. Bu değer kıstas alınarak, sisteme gelen yüklerin 1ton'a kadar sağlıklı olarak taşınabileceği yapılan stres analizleri ile ortaya konmuştur. Kirişte meydana gelen stres yaklaşık olarak 85,2MPa'dır. Kirişte oluşan yer değiştirme miktarı 0,339mm'dir. Yapılan bu yapısal analizlerle güvenli bölgede kaldığı belirlenmiştir.

Hata türlerinin ve kaynaklarının tespiti, süreçlerin optimizasyonu ve ergonomik gereksinimler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen bütünleme tezgahında da bu değerlendirmeler yapılmıştır. Hata kaynakları analizlerinde, patlayıcı malzeme içeren ürünlerin bütünlenmesinde yüksek akım içeren elektro-mekanik sistem kullanımının kısıtlı olması gerektiği değerlendirilmiştir. Elektronik sistemlerin patlayıcı içeren ürünler ile beraber kullanılması üzerine yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Patlayıcı ile çalışan elektro-mekanik ürünlerin düşük maliyetlerle kullanılabilmesi, az insan kaynağı kullanımı ve düşük ergonomik gereksinimlere neden olacağı düşünülmektedir. Bu da, etkin süreç yönetimine katkıda bulunarak süreçlerin hızlandırmasını sağlayacaktır.

Literatürdeki çalışmalarda, araştırmacıların süreç modelleme ve optimizasyon algoritmaları üzerine çalışmalar yaptığı gözlemlenmiştir. Bu alandaki çalışmaların son yıllarda artması, gelecekte de önemli bir araştırma konusu olacağını göstermektedir.

Ülkemiz savunma sanayine yatırım artmış ve envantere giren birçok bomba geliştirilmiştir. Geliştirilen bu bombaların uzun süreli stoklanması ve bu kritere göre tasarımların gerçekleştirilmesi güçlükler içermektedir. Bu nedenle tasarımı yapılan bombaların hızlı bir şekilde bütünlenebilmesi, alt bütünlerden oluşturulması ve alt bütünlerinin depolanabilmesi önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın ülkemizdeki bu mühendislik yaklaşımlarına destek vermesi beklenmektedir. Benzer ve aynı alanda çalışma yapacak araştırmacılara halihazırda önemli bir tehlike teşkil ettiği için mümkün olduğunca elektrikli donanımlardan kaçınılmasının giderilmesine yönelik bu alanda çalışmalar yapılarak, bu alanın iyileştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ružarovský, R., Zvolenský, R., Velíše, K. (2010). Proposition of Design Methodology for Generation of Automated Assembly Devices. ***In Proceedings of the 7th International Conference of DAAAM***, Estonia, ISBN 978-9985-59-982-2.
2. Danišová, N., Ružarovský, R., Velíšek, K. (2012). Robotics System Design for Assembly and Disassembly Process. ***World Academy of Science***, 67.
3. Kilbridge, M.D. and Wester, L. (1961). A Heuristic Method for Assembly Line Balancing. ***Journal of Industrial Engineering***, 12(4), 292-298.
4. Jackson, J.R. (1956). A Computing Procedure for a Line Balancing Problem. ***Management Science***, 2(3), 261-271.
5. Buxey, G.M. (1974). Assembly Line Balancing with Multiple Stations. ***Management Science***, 20(6), 1010-1021.
6. Raouf, A., TSU, C.L. and El-Sayed, E.A. (1980). A New Heuristic Approach to Assembly Line Balancing. ***Computers and Industrial Engineering***, 4(3), 223-234.
7. Agrawal, P.K. (1985). The Related Activity Concept in Assembly Line Balancing. ***International Journal of Production Research***, 23(2), 403-421.
8. Dectro, R.F. (1989). Balancing Cycle Time and Work Stations. ***AIIE Transactions***, 21(2), 106-111.
9. Dar-El, E.M. and Rubinovitch, M. (1991). Using Learning Theory in Assembly Lines for New Products. ***International Journal of Production Economics***, 25(4), 892-906.
10. Miltenburg, J., Steiner, G., Yeomans, S. (1990). A dynamic programming algorithm for scheduling mixed-model just-in-time production systems. ***Mathematical Computation Modeling***, 13: 57-66.
11. Cheng, L., Ding, F. (1996). Sequencing mixed-model assembly lines to minimize the weighted variations in just-in-time production systems. ***IIE Transactions***, 28:919-927.
12. Zhu, J., Ding, F.-Y. (2000). A transformed two stage method for reducing the part-usage variation of the product-level and part-level solutions in sequencing mixed-model assembly lines. ***European Journal of Operational Research***, 127(1): 203-216.
13. Mingzhou J., David Wu, S. (2002). A new heuristic method for mixed model assembly line balancing problem. ***Computers & Industrial Engineering***, 44:159-169.

14. Bard, J.F., Shtub, A., Joshi, S.B. (1994). Sequencing mixed-model assembly lines to level parts usage and minimize line length. ***International Journal of Production Research***, 32:2431–2454.
15. Tsai, L. (1995). Mixed model sequencing to minimize utility work and the risk of conveyor stoppage. ***Management Science***, 41:485–495.
16. Hyun, C.J., Kim, Y., Kim, Y.K. (1998). A genetic algorithm for multiple objective sequencing problems in mixed model assembly lines. ***Computers & Operations Research***, 25:(7): 675–690.
17. McMullen, P.R., Frazier, G.V. (2000). A simulated annealing approach to mixed-model sequencing with multiple objectives on a JIT line. ***IIE Transactions***, 32(8): 679–686.
18. İnternet: Lineer Yataklar. URL: <http://www.cikmabilya.com>, Son Erişim Tarihi: 01.01.2014
19. İnternet: Redüktörler. URL: <http://www.reduktordergisi.com>, Son Erişim Tarihi: 01.01.2014
20. İnternet: Rulmanlar. URL: <http://www.tekniktrend.com>, Son Erişim Tarihi: 01.01.2014
21. İnternet: Masaüstü Transfer Bilyeleri. URL: <http://www.redomak.com>, Son Erişim Tarihi: 01.01.2014
22. İnternet: Kare ve dikdörtgen kesitli profiller. URL: <http://www.celiker.com>, Son Erişim Tarihi: 01.01.2014

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :AKKOÇ, Sinan
Uyruğu :T.C.
Doğum tarihi ve yeri :26.05.1981, Ankara
Medeni hali :Bekâr
Telefon :+90 533 647 7740
E-Posta :sinanakkoc@hotmail.com



Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Makina Eğitimi	2014
Lisans	Gazi Üniversitesi / Talaşlı Ürt. Öğrt.	2004
Lise	Abidinpaşa Teknik ve E.M.L.	1998

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2007 – Devam	TÜBİTAK-SAGE	Uzm. Yrd.
2005 – 2006	Hazar Plastik Kalıp San.	Tasarımcı

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Seyahat



GAZİ GELECEKTİR..