



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

SPOR TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

**BİSİKLET KADROSU TASARIMI, İMALAT SÜREÇLERİ İLE
MALZEME TÜRLERİ VE KADRO TASARIMININ EKSERJİ
DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa ÖZTÜRK

DANIŞMAN

Prof. Dr. Tolga TANER

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212364004 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Mustafa ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “**BİSİKLET KADROSU TASARIMI, İMALAT SÜREÇLERİ İLE MALZEME TÜRLERİ VE KADRO TASARIMININ EKSERJİ DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Spor Teknolojileri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Tolga TANER

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Prof. Dr. Tarık SEVİNDİ

Aksaray Üniversitesi

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

Üye: Prof. Dr. Ahmet Selim DALKILIÇ

Yıldız Teknik Üniversitesi

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

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

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

Prof. Dr. Mehmet Ali HİNİS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Mustafa ÖZTÜRK



TEŞEKKÜR

Kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum, yüksek lisans öğrenimimde en başından beri desteğini esirgemeyen, yoğun iş temposu arasında bile her ihtiyacım olduğunda değerli vakitlerini ayırarak bana yol gösteren, yılmadan çalışmamda katkısı büyük olan tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Tolga TANER'e teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi tez çalışmam süresince de yanımda olan, bugünlere gelmemde büyük emek sahibi olan sevgili annemle ve babama teşekkür ederim. Varlığı bana her daim güç veren, bu zorlu süreçte desteğini her zaman hissettiren, beni motive eden ve birlikte geçireceğimiz zamanlardan feragat ederek her zaman yanımda olan, ışıklarımın kaynağı Eşime ve Kızlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Mustafa ÖZTÜRK
AKSARAY, 2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	4
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. BİSİKLETİN TARİHİ VE GELİŞİM SÜRECİ	7
3.1 Bisikletin Tasarım Tarihçesi	9
3.2 Bisiklet Türleri	9
3.3 Kişisel Kullanıma Göre Bisikleti Uygunlaştırma (Bike-Fit).....	11
3.4 Bisiklet Bileşenleri ve Aksesuarları	12
4. KADRO TASARIMI VE GEOMETRİSİ	17
5. MATERYAL VE YÖNTEM	22
5.1 Kadro İmalatında Kullanılacak Fikstür Tasarımı	23
5.2 Çeşitli Bisiklet Ölçüleri	28
5.3 Kadro Tasarımında Kullanılan Örnek Parametreler.....	29
5.4 CAD Ortamında Kadro Tasarımı	34
5.5 Kadro Üretiminde Kullanılan Malzeme Türleri.....	39
5.5.1 Çelikten Kadro Üretimi ve Bazı İmalat Prosesleri	39
5.5.2 Alüminyum Kadro Üretimi ve Bazı İmalat Prosesleri	46
5.5.3 Titanyum Kadro Üretimi ve Bazı İmalat Prosesleri	48
5.5.4 Karbon Kadro Üretimi ve İmalat Prosesleri	51
5.6 Kadro İmalatında Kullanılan Metal Birleştirme Yöntemleri	55
5.6.1 Mig Kaynağı	55
5.6.2 Tig Kaynağı	56
5.6.3 Lehimleme	57
5.7 Uygulamalı Olarak Kadro Tasarımı ve İmalat Aşamaları.....	60
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	66
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ.....	76

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİSİKLET KADROSU TASARIMI, İMALAT SÜREÇLERİ İLE MALZEME TÜRLERİ VE KADRO TASARIMININ EKSERJİ DEĞİŞİMİNE ETKİSİ

Mustafa ÖZTÜRK

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Spor Teknolojileri Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Tolga TANER

ÖZET

Bu çalışma, spor ve mühendislik disiplinlerinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan spor teknolojilerinin kapsamını içermektedir. Spor teknolojileri lisansüstü programı ülkemizde disiplinler arası yeni bir çalışma alanıdır. Bu bağlamda ülkemizde spor ile makine mühendisliği disiplinlerini bir araya getiren bir çalışma yapılmıştır. Disiplinler arası böyle bir beceri sayesinde spor teknolojileri alanında ilerleme kaydedilmesi hedeflendi. Mühendislikte farklı dallar gelişip mühendisler uzmanlaşmakta, bu sayede belirli bir alanda ortaya çıkan temel gereksinimler uzman bireyler tarafından ele alınmaktadır. Böylece yeni tekniklerin kullanılmasıyla ilgili alanda araştırmaları geliştirebilir. Ekserji bu anlamda incelemiş bir konu olup sporda enerjiden sıkça bahsedilmekte fakat ekserji (iş potansiyeli, yararlı iş) nispeten daha az incelenmektedir. Çalışmada tasarımı iyileştirilen kadronun, sürücünün enerji-ekserji değişimlerine olan etkisi fiziksel durumlar için belirlenmiştir. Bisiklet kadrosunda meydana gelen 1 [kg]'lık değişimin 6 [J/min]'luk bir enerji farkı oluşturduğu ve yararlı iş potansiyeli meydana getirdiği görülmüştür. Birey ve sporcu için oldukça önemli olan enerjinin verimli kullanımının sağlanması amaçlandı. Bu çalışma ileride makine mühendisliği ile spor teknolojilerinin az bilinen ve incelenen kısımlarına örnek teşkil etme, model olma yönünden öncü olacaktır ve spor alanına katkılar sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bisiklet, Ekserji, Enerji, Bisiklet Kadro Tasarımı, TIG Kaynağı.

Aralık, 2023; 76 sayfa

M.Sc. THESIS

**BICYCLE FRAME DESIGN, MANUFACTURING PROCESSES AND
MATERIAL TYPES AND THE EFFECT OF FRAME DESIGN ON EXERGY
CHANGE**

Mustafa ÖZTÜRK

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Sport Technologies**

Supervisor: Prof. Dr. Tolga TANER

ABSTRACT

This study includes the scope of sports technologies that emerged with the combination of sports and engineering disciplines. Sports technologies graduate programme is a new interdisciplinary field of study in our country. In this context, a study that brings together sports and mechanical engineering disciplines has been carried out in our country. Thanks to such an interdisciplinary skill, it was aimed to make progress in the field of sports technologies. In engineering, different branches develop and engineers specialize, so that the basic requirements arising in a particular field are handled by expert individuals. Thus, the use of new techniques can improve research in the relevant field. Exergy is a subject that has been examined in this sense and energy is frequently mentioned in sports, but exergy (work potential, useful work) is relatively less examined. In this study, the effect of the improved design of the frame on the rider's energy-exergy changes was determined for physical conditions. It has been observed that a change of 1 [kg] in the bicycle frame creates an energy difference of 6 [J/min] and a useful work potential. It was aimed to ensure the efficient use of energy, which is very important for the individual and the athlete. This study will be a pioneer in terms of being an example and model for the little known and examined parts of mechanical engineering and sports technologies in the future and will contribute to the field of sports.

Keywords: Bicycle, Exergy, Energy, Bicycle Frame Design, TIG Welding.

December, 2023; 76 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Spor teknolojileri ve spor bilimi arasındaki ilişki.....	2
Şekil 1.2.	Spor mühendisliği ve diğer disiplinler arasındaki ilişki.	3
Şekil 1.3.	Bilgisayar ortamında tasarlanmış bisiklet gösterimi.....	3
Şekil 3.1.	Comte de Sivrac tarafından icat edilen “Celeripede”	7
Şekil 3.2.	Drais'in çalışmasından koşu makinesi, 1851 öncesi tarihli.	8
Şekil 3.3.	Bisikletin evrimi.	8
Şekil 3.4.	Bisiklet çeşitlerinden bir kısmı.	10
Şekil 3.5.	Bisiklet çeşitlerinden bazıları.	10
Şekil 3.6.	Bisikletin kişiye özel olmasını sağlayan bir hesaplama gösterimi	11
Şekil 3.7.	Bisiklet bölümleri.	12
Şekil 3.8.	Sele pozisyonu örnek ayarlama yöntemi.	13
Şekil 3.9.	Sele İmalatında Kullanılan Kalça Kemiği Ölçüm Sistemi	14
Şekil 3.10.	Bisiklet parçalarının örnek gösterimi	15
Şekil 4.1.	Bisiklet kadrosunu oluşturan kısımlar	17
Şekil 4.2.	İç bacak ölçüsüne göre bisiklet ölçülendirme (Stand-over).	18
Şekil 4.3.	Bisiklet geometrisinin önemli ölçüleri (stack ve reach)	19
Şekil 4.4.	Bisiklet hızını belirlemede kullanılan iz ‘trail’ ölçüsü	20
Şekil 4.5.	Bisiklet geometrisi belirlemede temel parametreler	20
Şekil 4.6.	Örnek doğru oturma pozisyonu	21
Şekil 5.1.	Tezgah üstü kullanılabilecek fikstür	23
Şekil 5.2.	Sabit tarzda fikstür	23
Şekil 5.3.	Mini tasarımlara uygun fikstür	24
Şekil 5.4.	Fikstürün tamamlanmış hali	24
Şekil 5.5.	Bisiklet sele borusu ve orta göbek bağlantısı	25
Şekil 5.6.	Bisiklet arka çatal bağlantısı	25
Şekil 5.7.	Bisiklet kafa borusu bağlantı yeri	26
Şekil 5.8.	Bisiklet sele borusu ve ön boru açılarının ayarlanması	26
Şekil 5.9.	Mesafelerin ayarlanması için kılavuzların hareketi	27
Şekil 5.10.	Arka çatal pozisyonunun ayarlanması için kılavuz hareketi.	27
Şekil 5.11.	Jant çapına göre çocuk bisikletleri	29
Şekil 5.12.	Yol bisikleti örnek kadrosu	30
Şekil 5.13.	Örnek yol-yarış bisikleti kadrosu	31
Şekil 5.14.	Gravel bisiklet kadrosu	32
Şekil 5.15.	Dağ bisikleti kadrosu	33
Şekil 5.16.	Kadro tasarımı parametrelerine göre oluşturulmuş taslak.....	35
Şekil 5.17.	Orta göbek borusu ölçüleri gösterimi	36
Şekil 5.18.	Orta göbek borusu ve koltuk borusu gösterimi	37
Şekil 5.19.	Ana üçgen oluşturulmuş şema	37
Şekil 5.20.	Arka üçgen oluşturulmuş şema	38
Şekil 5.21.	Kadro kulakları ilavesiyle montajın tamamlanmış hali	38
Şekil 5.22.	Solidworks programıyla kişiye özel oluşturulmuş kadro	39
Şekil 5.23.	Dikişli çelik boru	40
Şekil 5.24.	Paslanmaz çelik boru	41
Şekil 5.25.	Boru kalıplama	42
Şekil 5.26.	Boruya kurtağzı açılmış görünüş	42
Şekil 5.27.	Özel aparat ile kurtağzı açma işlemi	43
Şekil 5.28.	Kalıpla form verilmiş sac	43
Şekil 5.29.	Boru konikleme ve konik makinesi	44

Şekil 5.30. Koniklenmiş boru örnekleri	44
Şekil 5.31. Boru bükme makinesi	45
Şekil 5.32. Orta göbek diş açma aparatı	45
Şekil 5.33. Alüminyumdan kadroda kullanılan hidroformlu borular	47
Şekil 5.34. Boruların hidroform yöntemi ile adım adım imalatı.....	47
Şekil 5.35. TiO ₂ minerali görüntüsü	49
Şekil 5.36. Karbon fiber tel ve demetler	51
Şekil 5.37. Önceden emprenye edilmiş karbon fiber levha	52
Şekil 5.38. Karbon fiber sarılmış kadro ön borusu	53
Şekil 5.39. Karbon fiber kadro ön üçgen kalıbı	54
Şekil 5.40. MIG kaynağı ile kadro parçaları birleştirme	56
Şekil 5.41. TIG kaynağı ile kadro parçaları birleştirme	57
Şekil 5.42. Lehimleme ile kadro parçaları birleştirme.....	58
Şekil 5.43. Lehimleme ile kadro imalatında kullanılan ‘Lug’ adlı parça örneği	59
Şekil 5.44. Lehimlemede ‘Fillet brazing’ metodu	60
Şekil 5.45. Orta göbek borusu.....	61
Şekil 5.46. Birleşim yerlerine kurt ağzı açılmış malzeme	61
Şekil 5.47. Kurt ağzı açma işlemi	62
Şekil 5.48. Ana üçgen sabitleme işlemi	62
Şekil 5.49. Kaynak punta işlemi	63
Şekil 5.50. TIG kaynak işlemi	63
Şekil 5.51. Orta göbek borusu bağlantıları	64
Şekil 5.52. Arka koltuk boruları ve koltuk borusu bağlantıları... ..	64
Şekil 5.53. Kadro kaynaklı işlemleri tamamlanmış hali	65
Şekil 5.54. Kadro boya süreci	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Çocuk bisikleti grubu ölçü tablosu.	28
Çizelge 5.2. Dağ bisikleti örnek ölçü tablosu.	28
Çizelge 5.3. Yol bisikleti örnek ölçü tablosu.	29
Çizelge 5.4. Yol bisikleti örnek kadro parametreleri.	30
Çizelge 5.5. Örnek yol-yarış bisikleti kadro parametreleri.	31
Çizelge 5.6. Gravel bisiklet kadro parametreleri	32
Çizelge 5.7. Dağ bisikleti kadrosu kısa boy parametreleri.	33
Çizelge 5.8. Dağ bisikleti kadrosu uzun boy parametreleri	34
Çizelge 6.1. Dağ bisikleti kadrosu uzun boy parametreleri	69



SİMGELER VE KISALTMALAR

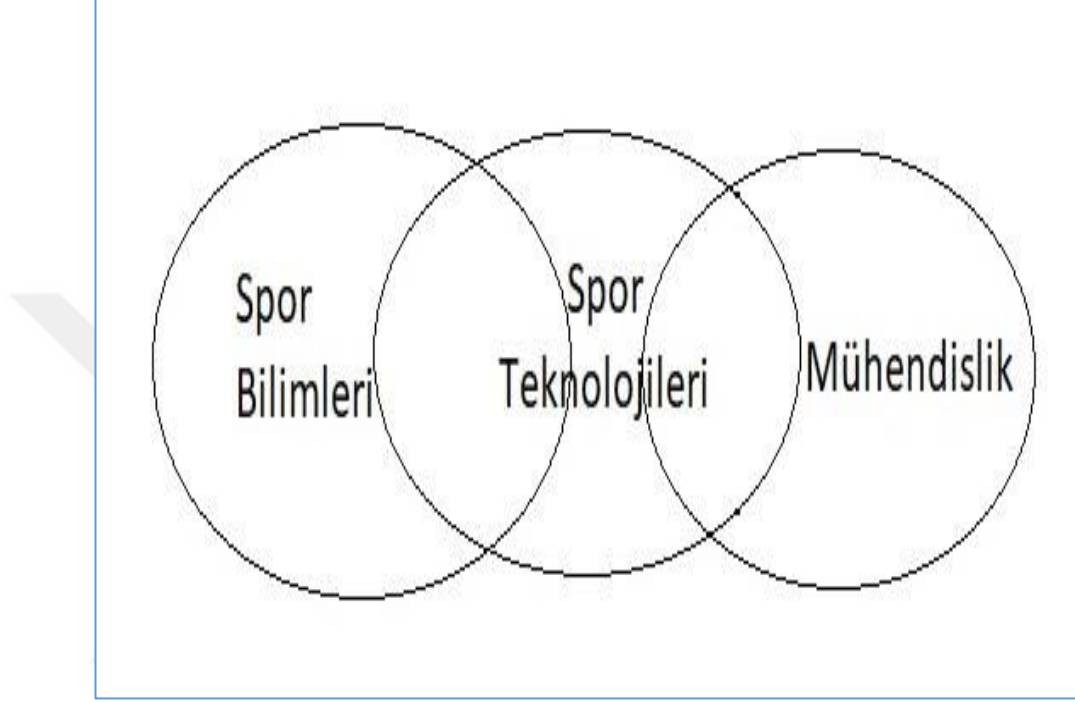
BMX	Bicycyle MotoCross
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CFD	Hesaplama Akışkanlar Dinamiği
CFRP	Karbon Fiber Takviyeli Polimer
CNC	Bilgisayarlı Sayısal Denetim
CW	Saat Yönünde Dönme
CCW	Saat Yönü Ters Yönde Dönme
DKP	Düşük Karbonlu Çelik
EN	Avrupa Standartları
ISO	Uluslararası Standartlar Teşkilatı
MIG	Metal İnert Gaz
min	minute
MPa	Megapascal
nm	Nanometre
TIG	Tungsten İnert Gaz
TPI	Bir İnç Mesafedeki Diş Sayısı
URL	Tek Düzen Kaynak Bulucu
"	İnç ölçü gösterimi
°C	Centigrade (Santigrat)
Ex	Ekserji, kJ
v	Hız, m/s
F	Kuvvet, N
τ	Burulma Momenti (Tork), Nm
W	İş, J
$\dot{W}$	Güç, W

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın inceleme konusu olan bisiklet ve bisiklet sporunun tarihi oldukça eskidir. Fakat günümüzde diğer spor dallarına göre daha az popülerdir ve buna rağmen bisikletin kullanım alanı oldukça geniştir. İçerdiği teknoloji bakımından sporcuların ve bireylerin sağlığı için kullanım şekline göre tasarımı oldukça önemlidir. Bu spor alanının en önemli kısmını oluşturan bisiklet gövdesi (kadro) ise yarı esnek yarı rijit yapısıyla sporcu ve birey sağlığının yanı sıra performansları yönünden geniş bir araştırma konusudur. Bisiklet üretimi kişiye özel tasarımlar gerektirmektedir. Bisiklet tasarımları, kişinin veya sporcunun fiziki özellikleri ile farklı parametrelere göre değişmektedir. Farklı malzeme türleri (çelik, titanyum, alüminyum ve karbon fiber) bisiklet kadro üretiminde niteliklerindeki farklılık ve yapısal özelliklerinden dolayı çeşitli kriterlere göre kullanılmaktadır. Özellikle profesyonel anlamdaki bisiklet sporcuları için enerjinin verimli kullanımı ise oldukça fazla önem arz etmektedir. Buradan hareketle, çalışmada bisiklet kadrosunun enerji-ekserji verimliliğine etkisi araştırıldı. Tasarımı yapılan bir kadronun imalatı gerçekleştirilerek somut bir ürün ortaya çıkarıldı.

Spor teknolojileri ve spor mühendisliği dünyada bilinen, üzerinde akademik düzeyde araştırmalar olan fakat ülkemizde çok yeni bir disiplinler arası çalışma alanıdır. Üniversitemiz, spor, sağlık ve mühendislik disiplinlerini bir araya getiren spor teknolojileri lisansüstü programı ile ülkemize yeni bir disiplinler arası alan kazandırmaktadır. Spor mühendisliği, sporcuların performanslarını artırmak için kullandıkları harici cihazların tasarımı, geliştirilmesi ve araştırılması yoluyla spor problemlerini çözmek için matematiğin ve fiziğin teknik uygulaması olarak tanımlanabilir (Taha vd., 2014). Matematik ve dinamik alanlarında temel mühendislik becerilerinin geliştirilmesi spor mühendisleri için önemlidir (Jenkins vd., 2010). Bireyler ve sporcular, performanslarını iyileştirmek için gelişmiş teknoloji ve ekipman arayışına girdikçe, spor teknolojilerine duyulan ihtiyaç artmaktadır. Spor endüstrisi, modern mühendislik tekniklerini Haake (1999), bilgi birikimini ve araştırma yöntemlerini Ar-Ge ve üretim süreçlerinde, sistematik olarak kullanmaktadır (Ashby, 1999). Teknolojinin her alanda olduğu gibi spor ve sporcuya olan etkisi sayesinde spor teknolojilerinin etkinliği de artmaktadır (Budynas, 2011).

Kuşkusuz mühendislik ve teknolojinin sadece bir sporcunun performansını iyileştirmede değil, aynı zamanda sporu daha eğlenceli ve güvenli hale getirmede de önemli bir rol oynadığı şüphesizdir (Taha vd., 2014). Şekil 1.1’de spor bilimleri ve mühendisliğin bir araya gelerek ortak bir paydada spor teknolojilerin oluşumuna katkısı görülmektedir.

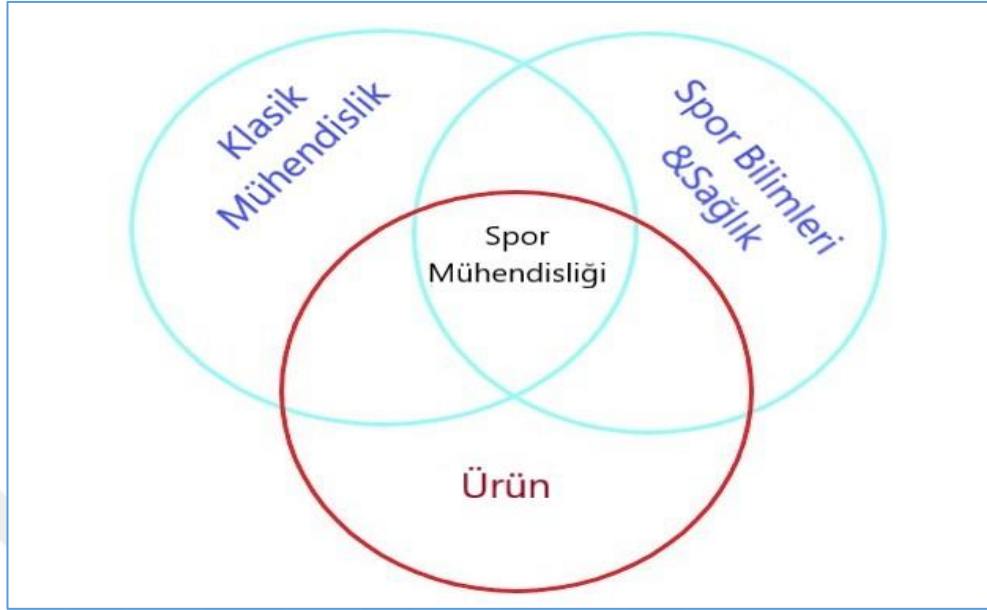


Şekil 1.1. Spor teknolojileri ve spor bilimi arasındaki ilişki (Haake, 1999).

Son on yıl, mühendislik teknolojilerinin spor endüstrisine hızlı bir şekilde çaprazlanmasına ve bunun sonucunda Spor Mühendisliği araştırma ve eğitim faaliyetlerinde bir patlama yaşadı (Ashby, 1999). Ülkemizde yukarıda bahsedildiği gibi akademik anlamda spor teknolojileri çalışmaları henüz yeni başlamıştır. Burada spor mühendisliği ve spor teknolojileri kavramlarını da ayırt etmek gereklidir. Kapsam olarak diğer mühendislik disiplinlerinin (makine, elektronik, bilgisayar) tamamını dahil etmek için spor teknolojileri kavramı daha uygun olacaktır. Spor teknolojileri yüksek lisans programı da ilerleyen süreçte kendi müfredat programını geliştirecektir. Şekil 1.2’de spor mühendisliğinin diğer bilimlerle etkileşimi ve sonucunda ortaya çıkan kavram gösterilmiştir.

Spor ve spor bilimlerinde enerjiden sıkça bahsedilmekte fakat ekserji (iş potansiyeli, yararlı iş) nispeten daha az incelenmektedir. Esasında bu konu verimli aktiviteler yapılabilmesi açısından oldukça önem arz etmektedir. Şekil 1.2 mühendislik, spor ve

sağlık dallarının bir araya gelmesiyle spor mühendisliği kavramı ve nihai sonuç olan ürünü göstermektedir.



Şekil 1.2. Spor mühendisliği ve diğer disiplinler arasındaki ilişki (Jenkins vd., 2010).

Dayanıklılık ve efor gerektirdiği için tüm spor faaliyetlerinde sporcunun hem verimliliğini hem de sınırlarını belirlemek birçok yönden gereklidir. Şekil 1.3'te gösterildiği gibi bilgisayar ortamında tasarlanan bisikletler analizleri de yapıldıktan sonra bireylerin kullanımına sunulmaktadır.



Şekil 1.3. Bilgisayar ortamında tasarlanmış bisiklet gösterimi (URL-1).

Ekserjiyi enerjinin mevcudiyeti olarak tanımlayan Termodinamiğin İkinci Yasasına göre ekserji açığa çıkar (Yang vd., 2013). Ekserji, maksimum çalışma olarak

tanımlanır ve sistemin çevre ile dengelenmesine izin verir (Taner ve Sivrioğlu, 2015).

Akademik düzeyde spor bilimciler konu üzerinde çalışmalar yapmış olsa da spesifik olması ve özel becerilere sahip olunması gerekliliği konuyu mühendislik disiplini açısından kayda değer hale getirmektedir. Bu çalışmada bisikletin kadro tasarımı, kadro malzeme seçimi, yapısal özellikleri, ağırlık gibi tüm bileşenler yönünden incelendi. Kadro tasarımının enerji-ekserji üzerine etkileri incelendi, somut olarak bir kadro üretimi yapıldı.

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın konusu olan bisiklet sporu da hem kullanılan aracın bileşenleri hem de sporcu ekipmanları yönünden teknolojiyi içermektedir. Bu sporun en önemli kısmını oluşturan bisiklet ve gövdesi (kadro) yarı esnek yarı rijit yapısıyla sporcu ve birey sağlığı yanı sıra performans yönünden de geniş bir araştırma konusudur. Bunun dışında, bisiklet üretimi kişiye özel tasarımlar gerektirmektedir. Bisiklet tasarımları, kişinin veya sporcunun fiziki özellikleri ile farklı parametrelere göre değişmektedir. Bu çalışma kişiye özel tasarımlar ve bu konuda dışa bağımlılığın azaltılması odaklıdır.

Farklı malzeme türleri (çelik, titanyum, alüminyum ve karbon fiber) bisiklet kadro üretiminde niteliklerindeki farklılık ve yapısal özelliklerinden dolayı çeşitli kriterlere göre kullanılmaktadır. Tez çalışması için, CAD teknik çizim programları kullanılarak yapılan inovatif bisiklet tasarımları, kişinin veya sporcunun fiziki özellikleri ve farklı parametreleri de kapsayacak şekilde planlanmıştır. Bisiklet kadro tasarımı sonrasında üretim aşamasına geçilmesi hedeflenmiş ve nihayetinde bir bisiklet kadrosu üretilmiştir. Malzeme olarak çelik tercih edilerek tüm birleştirme işlemleri kaynakla yapıldı. Kaynak işlemi ve özel tasarım söz konusu olduğundan bisiklet kadrosu imalatında dünyada çok bilinen fakat ülkemizde yaygın olmayan bir kaynak fikstürü kullanılması öngörülmüştür. Ayrıca, bu fikstürdeki yapılacak çalışmalar ayrı bir araştırma konusu olarak CAD ortamında tasarlanıp imal edilmesi planlandı. Farklı malzeme türlerinde (çelik, titanyum, alüminyum ve karbon fiber) bisiklet kadro üretim ve süreçlerine temas edilerek karşılaştırmalar yapıldı. Son olarak, deneysel olarak bireylerin enerjiyi yararlı işe dönüştürme değişimleri gözlemlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatür taraması ile yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde çeşitli tasarım metodları ile bisiklet üzerine çalışmalar olduğu görülmüştür. Kişiyi özel bisiklet tasarımı üzerine ise bazı ticari girişimler bulunmaktadır. Malzeme seçimi konusunda ise yine aynı şekilde literatürde bazı çalışmalar olmakla birlikte çeşit ve nitelik bakımından sınırlı sayıdadır. Yukarıda değinildiği üzere “Kullanılabilir enerji” olarak da bilinen ekserjiyi, yani enerjinin faydalı kısmını, diğer bir deyişle enerjinin başka enerji formuna dönüştürülebilen kısmının daha verimli kullanılabilirliği spor bilimi üzerine incelendi. Literatürde enerji ve ekserji konularında sağlık ve spor bilimleri için çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte spor teknolojileri alanında bir ilk olmuştur.

Bireylerin ve sporcuların fiziksel özelliklerine özel tasarlanmış bisikletin sağlık ve ergonomi yönünden faydaları görülmektedir. İlgili çalışmada bisikletin kişiselleştirilmesinin gerekli olduğu, bisikletçilerde en fazla diz ve bel ağrısının görülmesiyle anlaşılmıştır. Kişiyi özel tasarımı yapılmış ve dizayn edilmiş bisikletin, bisiklet kullanımı esnasında gelişen kas iskelet sistemi rahatsızlıklarını önleyeceği düşünülmektedir. İlgili çalışmada kişiyi özel tasarımın önemini destekler nitelikte verilere ulaşılmıştır (Yavuz, 2021).

Endüstriyel sektörlerin tamamında olduğu gibi kompozit malzeme kullanımı bisiklet sektöründe de giderek artmaktadır. Bisikletlerin ağırlıklarını ve sürüş özelliklerini belirleyen kadroların imalatında sağlamlık ve hafiflik yönünden iyileştirmeler bu sayede görülmektedir. Karbon kompozitten el yatırması yöntemi ile üretilen kadronun rijitlik ve sürüş karakteristiği olarak olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür (Bingöl, 2008).

Bisiklet üzerinde tasarımla yapılan çalışmaların endüstriyel anlamda avantajları görülmektedir. Endüstriyel anlamda tasarım sürecine ve bilgisine yönelik akılcı yaklaşımların belirlenmesiyle beklenen fayda görülecektir (Kocabıyık, 2004).

Herhangi bir spor dalında çalışmak ve ilgili spor dalında şartların iyileşmesi sonucu sporcularda profesyonelleşme kaçınılmaz olacaktır. Çünkü imkanlar geliştikçe uğraşılan spor alanına yoğunlaşmak ve daha iyi sonuçlar elde etmeyi istemek doğal bir süreçtir. Bu durumda ise aktivite esnasındaki eforda kullanım artışıyla birlikte bazı sorunlarla karşılaşmak muhtemel bir sonuçtur. Başlıca problemler ise spor

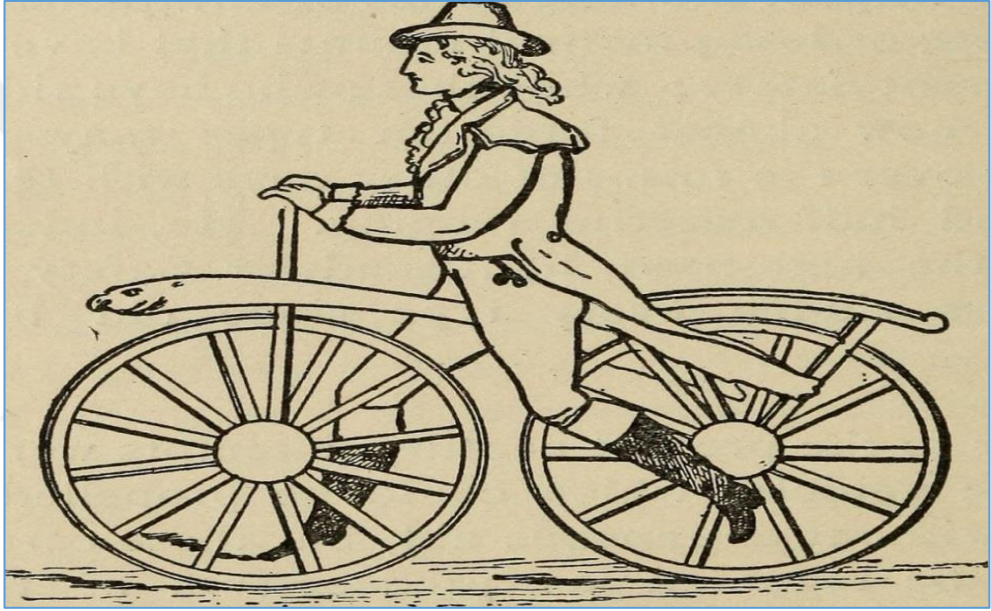
sırasında yaralanma ve sakatlanmalardır. Teknikteki en küçük hata sorunlara neden olabilir veya bireylerin performansını düşürebilmektedir. Doğru olmayan spor alanı ya da yanlış ekipman kullanımları sonucu verimliliğin düşmesi, ekstra güç kaybı ve aktivite uygulaması sırasında yapılan hataların tespiti zorluğu karşılaşılan problemlerdendir. Çalışma neticesinde yapılacak yazılımlar sayesinde, şikâyetler ve bisiklet sakatlıkları riskini önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olunacağı düşünülmektedir (Tozkoparan, 2022).

Ergonomi bilimi insanın çalışma çevresi ile bunun içerdiği tüm sistemleri, insanın sosyokültürel ve psikofizyolojik tüm yetenek ve sınırları ile birleştirerek, uygulamalı ve multidisipliner bir bilim olarak üretimsel verimliliğe ulaşmayı amaçlar. En uygun koşullar altında işin gerçekleşmesini hedefleyen bilim dalıdır. Endüstride tasarlanan ve üretilen bir ürün olarak bisiklet kavramı üzerindeki insan etkenleri için en uygun koşulları saptamak esas amaç olarak belirlenmiştir (Gülen, 2007).

Elektrikli bisiklet bisiklete yapılan ilave ekipmanlar ile ticari bir ürün olarak dünya pazarında önemli yere meta haline gelmiştir. Elektrikli bisiklet kullanımının artmasıyla birlikte, birçok ülke elektrikli bisikletler kullanımı için yasal prosedürler getirmiştir. EN 15194 Avrupa standardı ile pedal destekli elektrikli bisikletlerin (pedelec) özellikleri belirlenmiştir. En az kişiye özel tasarım kadar üretimi ve kullanımı dışa bağımlı bu araçların varlığı da önemlidir. Elektrikli sürüş sistemlerinin bisiklete farklı yöntemlerle yerleştirildiği, çeşitli mekanik dönüştürücülerin kullanıldığı tasarım ve uygulamalar hakkında çok sayıda çalışma ve patent bulunmaktadır çalışma sonucu yapılan sürüş denemelerinde sistemin istenilen performansta ve sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür (Tanç, 2014).

3. BİSİKLETİN TARİHİ VE GELİŞİM SÜRECİ

Tarihte bilinen ilk bisikletin kim tarafından ne zaman icat edildiği hakkında farklı görüşler olsa da günümüzdeki tasarımlara yakın ilk bisikleti Fransa'da 1790'lı yıllarda Comte de Sivrac icat etti. “Celeripede” olarak adlandırılan, pedalı bulunmayan, iki tekerleği olan, sert ahşap çerçeveden oluşan bu bisiklet ayakların zeminde hareket ettirilmesiyle ilerletilebiliyordu. Gidonu ve selesi olmayan bisikletin yönünü, vücudun hareketleri değiştirebiliyordu (URL-2). 1817 yılında Alman Baron Karl Von, Sivrac'ın ürettiği bisiklete bir sele ve bir gidon yerleştirdi. Şekil 3.1 üretilmiş bu araca ait görseldir.

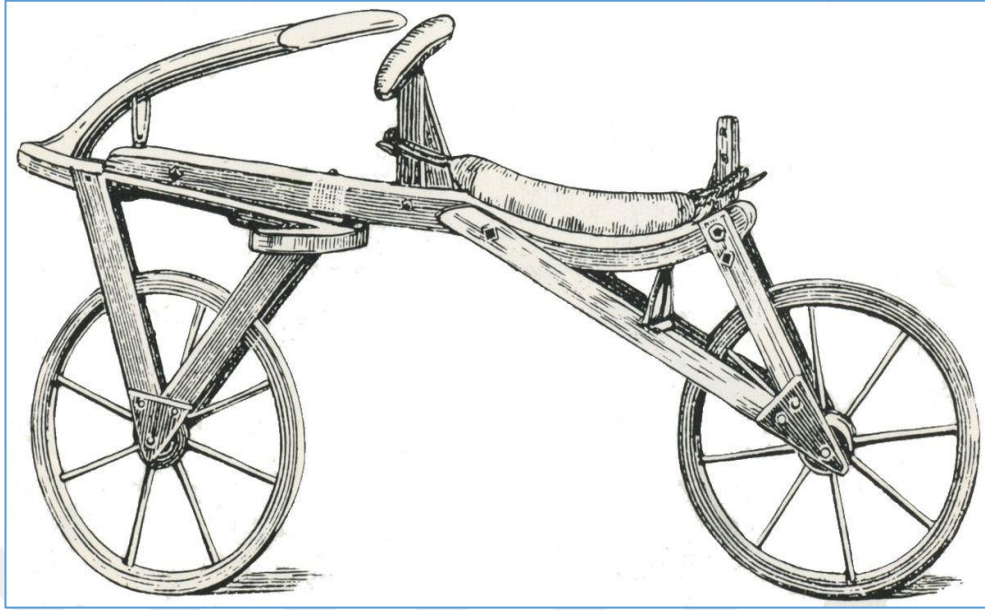


Şekil 3.1. Comte de Sivrac tarafından icat edilen “Celeripede” (URL-2).

Pedalları olmadığından dolayı ‘draisienne’ adlı bu bisiklet koşu makinesi olarak adlandırılmıştır.

Günümüzde kullanılan eşit büyüklükte tekerleklerle ve zincire sahip, gidonlu ve seleli bisiklet ise 1885 yılında İngiliz John Kemp Starley tarafından icat edildi. Bu bisiklet “velocipede”e göre çok daha rahat, ön tekerleği büyük olan bisiklete göre ise daha hızlı ve manevra kabiliyeti yüksekti. Tekerleklerinin eşit büyüklükte olması da bisikleti daha güvenli hâle getirdi (URL-3).

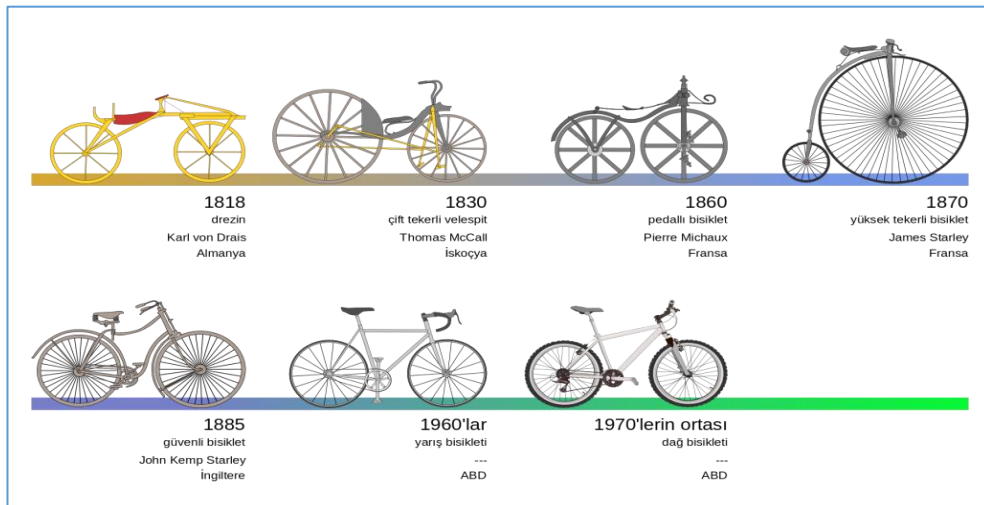
Bunlar dışında şekil 3.2’ de bilinen ilk örneklerden birinin görseli verilmiştir.



Şekil 3.2. Drais'in çalışmasından koşu makinesi, 1851 öncesi tarihli (URL-3).

Bu araçta denge tahtası kullanıcının kolları tarafından desteklenmekte ve pedallar olmadan ayakla yerden destek alınarak hareket edilmekteydi. Laufmaschine adı verilen bu taşıtın adı zamanla daha popüler olan “draisienne ve velosipede” şeklinde değişime uğramıştır (URL-3).

Bisiklet birçok yapısal değişimden geçerek zaman içerisinde 1800’lü yılların sonundaki bu halinden sonra günümüzde de kullanılmakta olan halini almıştır (URL-3). Şekil 3.3’te bisikletin evrimi gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Bisikletin evrimi (URL-4).

Enerjiyi verimli kullanma olanağı sağlaması, onarım ve bakım maliyetlerinin az olması, her kesimden bireyler için ulaşılabilir olması ve çevre ve gürültü kirliliği oluşturmaması diğer araçlara göre bazı avantajlar olarak sıralanabilir. Bunun dışında sağlık yönünden çok fazla olumlu etkisi bulunmaktadır. Örneğin, kalp ve damar sağlığının üzerinde etkilidir, fiziksel aktivite gereksinimini karşılar, aerobik kapasiteyi artırır. Bu özellikleriyle, bisiklet kısa ve orta mesafeli yolculuklarda kullanılması önerilen bir ulaşım aracı olmuştur. (Alpkökin ve Elbeyli, 2012).

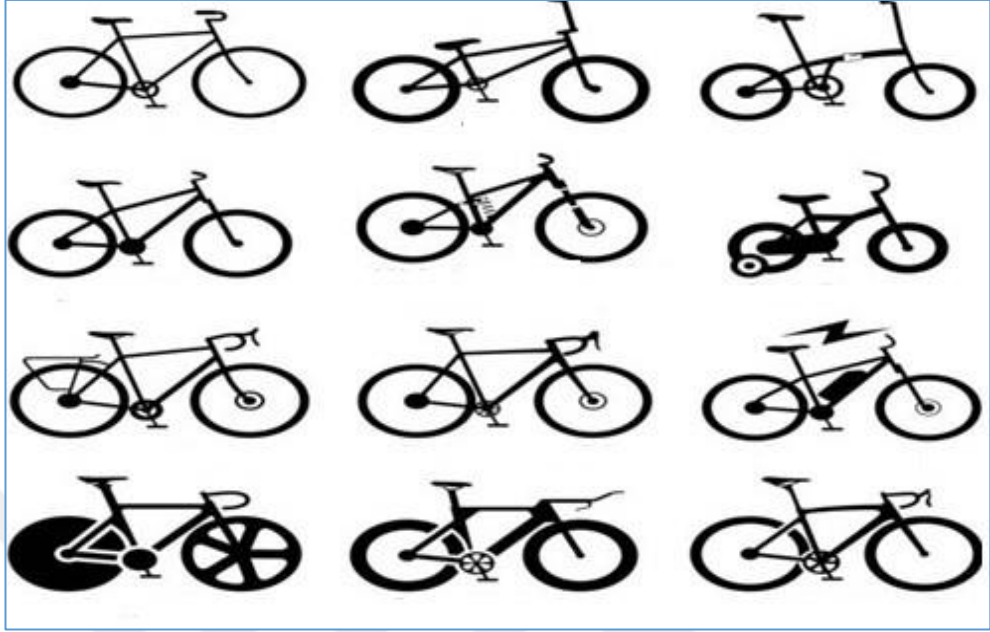
3.1. Bisikletin Tasarım Tarihçesi

Bisikletin matematiksel modellenmesi ile ilgili ilk çalışmalara 19.yüzyıl sonlarında rastlanmaktadır. 19.yüzyıl sonu, 20.yüzyıl başlarında bisiklet modeli ile ilgili ilk çalışmalara, 2003 yılında tekrar basımı yapılan Sharp (2003), Rankine (1869) ve Bourlett (1869) eserlerinde rastlanmaktadır. 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ve dinamik yönden benzer nitelikler taşıyan araçların popülerliği sayesinde bisiklet çeşitleri artmıştır. Neimark ve Fufaev (1972), Lagrange mekaniğini vasıtasıyla, doğrusal bir bisiklet modeli ortaya çıkarmıştır. Bisikletle alakalı bilgisayarda ilk benzetim Roland (1973) çalışmasında görülmüştür. Doksanlı yıllarda belirli kabuller yoluyla bisikletin doğrusal olmayan modelleri çalışılmıştır (Franke vd., 1990; Getz, 1994). Günümüzde ise hem ticari olarak hem de bireyler tarafından modellemeler teknolojinin ilerlemesiyle oldukça fazla ivme kazanmıştır. Bilgisayarda modelleme sayesinde tasarımlar ve tasarımların analizleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu sayede deneme yanılma yapılmadığından maliyetler ve zaman kayıpları minimuma indirilmektedir. Ayrıca tasarımların belirli parametreler çerçevesinde kişiye özel yapılması da kolaylaşmıştır.

3.2. Bisiklet Türleri

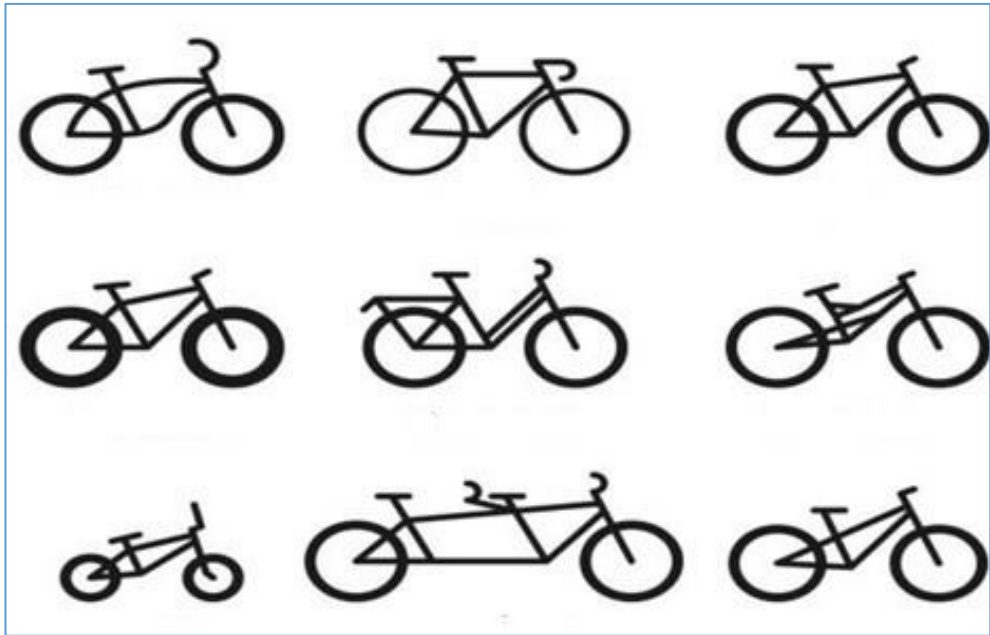
Konu hakkında yerli kaynaklarda tam bir sınıflandırma olmamakla birlikte burada detaylı bir çalışma yapılmıştır. Bisiklette tam bir sınıflandırma yapılamamasının nedeni ise farklı koşullarda kullanılmak üzere tasarlanmış ve bilinen türleri bir araya getiren, harmanlayan model ve kullanım alanlarının ortaya çıkmış olmasıdır. Burada kadro tasarımının yadsınamaz bir değişken olduğu da aşıkardır. Bisiklet modelleri her şeyden önce ve hemen hemen bütün türlerde kadın ve erkek kullanıcılar için ayrı ayrı kadro tasarımlarına sahiptir.

Yetişkin ve çocuklar içinse ayrı boyutlarda bisikletler olmakla birlikte burada ayırım konusunu tekerlek çapları oluşturur. Şekil 3.4 bisiklet türlerini şematize etmektedir.



Şekil 3.4. Bisiklet çeşitlerinden bir kısmı (URL-5).

Bisiklettaki amortisör (süspansiyon) sistemi ve vites sistemi de yine bazı türlerde ayırım olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca birçok bisikletin elektrikli varyasyonları da bulunmaktadır. Bisikletler kullanım amacına göre şehir, dağ ve yol/yarış bisikleti olarak ayrılabilir. Şekil 3.5 bisiklet türlerini göstermektedir.



Şekil 3.5. Bisiklet çeşitlerinden bazıları (URL-6).

Bunun dışında BMX diye bilinen daha çok gösteri amaçlı kullanılan bisikletler, motosikleti andıran fatbike diye bilinen kalın tekerli bisikletler, katlanır bisikletler, hibrit bisikletler sayılabilir. Burada iç içe geçmiş bazı değişkenler sebebiyle bazı bisiklet türleri birden çok kategoriye dahil edilebilir. Yine park bisikleti olarak bilinen dört tekerli bisikletler, tricycle olarak bilinen üçtekerli bisikletler, iki kişinin kullandığı tandem bisikletler farklı türler olarak eklenebilir. Dağ bisikletleri yine farklı parametreler olmakla beraber süspansiyon kullanımına göre hardtail, downhill, freeride gibi alt kategorilere ayrılır. Yarış/yol bisikletlerine gravel, triatlon, cyclocross, macera bisikletleri örnek olarak verilebilir. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5 bazı bisiklet türlerine ait görselleri içermektedir (URL-6).

3.3. Kişisel Kullanıma Göre Bisikleti Uygunlaştırma (Bike-Fit)

Bisiklet bir kısmı ayarlanabilir nitelikte birçok parçadan oluşmaktadır. Ayarlanabilir bazı parçaların olması, bisikletin bireyin fiziksel özelliklerine göre kullanıma uygun hale getirilmesine imkan tanımaktadır (URL-7). Bisikleti kişisel kullanıma uygunlaştırma (Bike-Fit) bisikletin bireye göre ayarlanması ile en iyi performans ve konforun elde edilmesi ve nihayetinde bireyin olası ağrı ve rahatsızlıklarının önüne geçilmesidir. Şekil 3.6'da bir hesaplama aracı kullanarak kişiye özel optimizasyon sağlayan örnek bir hesaplama gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Bisikletin kişiye özel olmasını sağlayan bir hesaplama yöntemi (URL-7).

3.4. Bisiklet Bileşenleri ve Aksesuarları

Bisikleti oluşturan bütün yapısal elemanlar kullanıcının sağlığını ve performansını etkilemektedir. Çalışmada her ne kadar kadro özelliklerine ağırlık verilecek olsa da bir bütün olarak baktığımızda spor mühendisliği kavramı içerisinde bisikletin insan üzerindeki etkilerine temas edilmektedir. Dolayısıyla her yapısal elemanın niteliği ayrı ayrı önem arz etmektedir. Açıklanan bileşenler genel itibariyle piyasada çok kullanılan ürün formları ile detaylandırılmıştır. Bisikleti oluşturan parçalar ve aksesuarlar; bisiklet kadrosu, gidon, sele, pedal, vites sistemi, maşa, lastik ve jant, orta göbek, aynakol, zincir şeklinde sayılabilir.

Bisiklet kadrosu çalışmamızın esas konusunu oluşturmaktadır. Kadro tasarımı ve kadro imalatında kullanılan malzeme türleri hakkında detaylı bilgiler ilerleyen sayfalarda verilmiştir. Şekil 3.7 bisiklet bölümlerini göstermektedir.

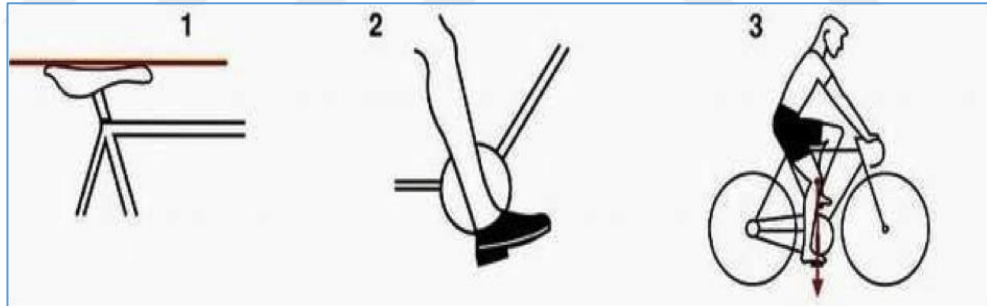


Şekil 3.7. Bisiklet bölümleri (URL-8).

Gidonun (direksiyon) bilinen ilk bisiklette sabit olarak kullanıldığı görülmektedir. Süreç içerisinde değişik formlarda gidonlar kullanılmaya başlanmıştır. Gidonda uygunluk parametresi genelde genişlik olsa da boyut, şekil hatta gidon pozisyonu önemli olmaktadır. Bisikletlerde gidonun omuz genişliğinde olması tercih sebebidir. Gidonun çok geniş veya çok dar olması kaslarda yorgunluğa sebep olabilmektedir. Yine gidona erişimde belirleyici faktör olmaktadır. Gidonun pozisyonu sırt ve gövde açısını etkilemektedir. Bireyin vücut yapısı, uzuvlarının boyutları gidon

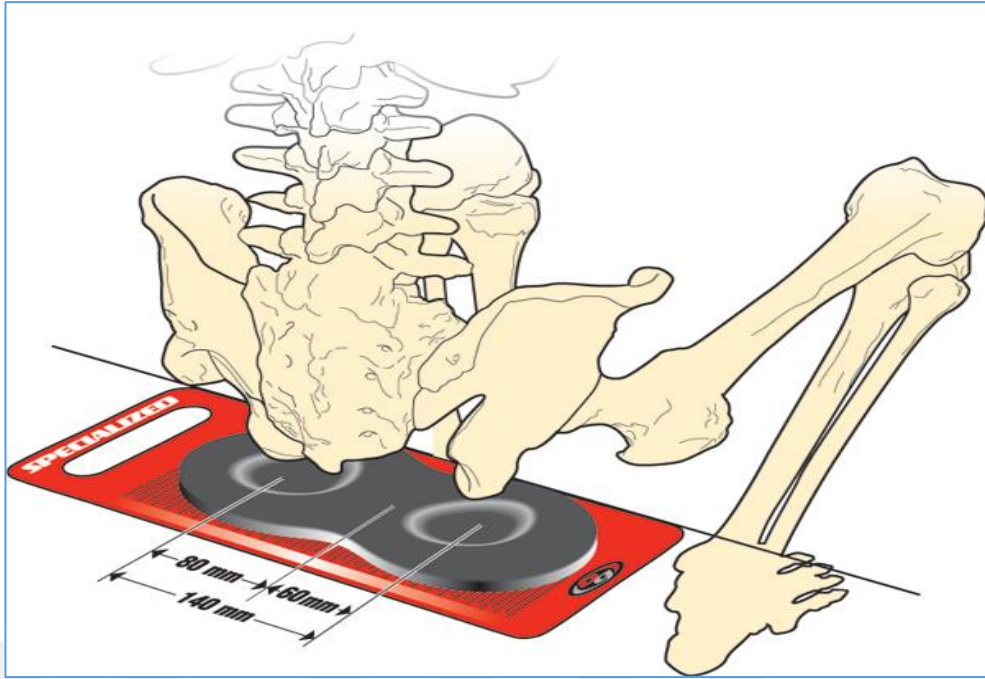
ayarlamalarında etkili olmaktadır. Şekil 3.7 modern bisikleti ve parçalarını göstermektedir.

Selenin rahat ve doğru bir bisiklet sürüşü için doğru yükseklikte olması biyomekanik olarak çok önemlidir. Selenin doğru ayarını bulmak için bazı ergonomik parametreler mevcuttur. Doğru sele ayarını yapmak sürüş optimizasyonu için gereklidir. Sele pozisyonunun doğru olmaması birçok rahatsızlığa sebebiyet verebilmektedir. Bunun yanında sele tasarımı, ergonomisine göre içeriğinde kullanılan malzemeler de sağlık açısından önem arz etmektedir. Bisikletin geçmişinde selenin tasarımı ve malzeme seçimi çok önemsenmezken, teknoloji ve spor bilimi geliştikçe selenin önemi anlaşılmış ve şu an birçok rahatsızlığın oluşmasını önlemek adına çeşitli modeller geliştirilmektedir. Seleden dolayı ortaya çıkan rahatsızlıkların bisiklet kullanıcıları arasında en yaygın şikayetler olduğu göz önüne alınırsa yapısal olarak ne kadar önemli olduğu daha net anlaşılacaktır. Selenin kişinin anatomisine göre uygun olup olmadığını belirleyen sele üreticileri vücut ve kemik yapısına göre gerekli bilgileri internet sitelerinde veya kataloglarında göstermektedir (URL-9). Şekil 3.8 sırası ile sele ayarı için aşamaları göstermektedir.



Şekil 3.8. Sele pozisyonu örnek ayarlama yöntemi (URL-9).

1 numaralı görselde selenin yere paralel olması sağlanır. 2 numaralı görselde sağ ayak topuğumuzu pedal üzerine koyduğumuzda bacak dik açılı olmalı. 3 numaralı görselde pedal düz halde iken bacak pozisyonu ayarlanmalı. Şekil 3.9’ da kalça kemiği ölçme sistemi üzerine bir firma tarafından geliştirilen cihaz görülmektedir (URL-10). Aşağıdaki gibi çalışmalar sayesinde sürüş keyif ve konforu sağlanmaktadır. Ülkemizde spor mühendisliğinin çok yeni olması bütün spor alanlarında buna benzer spesifik konularda çalışmaların eksikliğinin ispatıdır.



Şekil 3.9. Sele İmalatında Kullanılan Kalça Kemigi Ölçüm Sistemi (URL-10).

Pedal bisiklet üzerinde sürücünün hareketi sağlamak için kuvvet uyguladığı noktadır. Pedalların bütün ayak tiplerine uygun olması, ayağın pedal üzerindeki konumu dizde ve bileklerde oluşabilecek ekstra yükleri minimize eder. Pedalın süreç içinde ayakkabı ile ortak düşünülmesi fikri oluşmuştur. Ayağın üzerinde kaymaması ve bir dönüş turundaki açının bozulmamasını sağlayacak çözümler zaman içinde farklı doku ve malzemeler ile gerçekleştirilmiştir (Gülen, 2007).

Fren sistemi bisikletin hareketini sınırlamada kullanılan bütün parçalardır. Tüm alanlarda olduğu gibi bisikletinde kendine özgü parçaları ve bunların tanımında kullanılan kelimeleri bulunmaktadır. Burada freni sistem olarak değerlendirmeyi uygun bulduk. Hareketi kısıtlamak için, hidrolik, kumpas, disk, V-fren, hidrolik V-fren ve cantilever gibi çeşitleri bulunur. Bu türlerde genelde benzer olsa da kendi içinde ufak nüanslar bulunmaktadır. Fren kolu, fren iç teli, fren teli dış kablosu ve fren türüne kendi içinde parçalardan oluşan sistemin tamamı fren sistemi olarak değerlendirilir. Örneğin, disk fren rotoru balataların sıkması ile hareketi kısıtlarken V frende pabuçlar janta sürterek bu işlevi görür. Gidon üzerinde fren kolunun yerleşimi, sürücünün el pozisyonu frenlere rahat erişmesine izin verecek şekilde uygulanmalıdır. Vites sistemi araçlardaki dişli sistemlerinden biraz farklıdır fakat hemen hemen aynı prensiple çalışır. Her bisiklet de vites bulunmaz, vitessiz bisikletlerde bulunmaktadır. Vites fren gibi birçok parçadan oluştuğundan sistem

[illegible]

Arka kısımdaki dişli kısma ruble (kaset, dişli) denir ve bisikletin kaç vites olduğunu belirleyen faktörlerden biridir dişlilerin sayısı. Ön kısımdaki aynakol ayrı bir bölüm olarak incelenecektir.

Lastikler ve jantlar belli parametreler çerçevesinde ve belli ebatlarda üretilen ve bisiklet boyutlandırılmasında etkisi olan bileşenlerdir. Jantlar çeşitli malzemelerden üretilir. Genelde hafif olması nedeniyle alüminyum tercih edilmektedir. Standartlar içinde belli formlarda üretilen jantlar, içinde rulman olan göbeğe genelde jant teli ile örülür. Lastikler piyasada bilinen araç lastiklerine benzer şekilde kendi standartları içinde imal edilmektedir. Bazen fren tipine göre janta rotor takılır. Eğer özel bir formda üretilmemişse örülmüş janta iç lastik ve dış lastik montaj edilir. Ardından kadroya arka teker ve maşaya ön teker takılır.

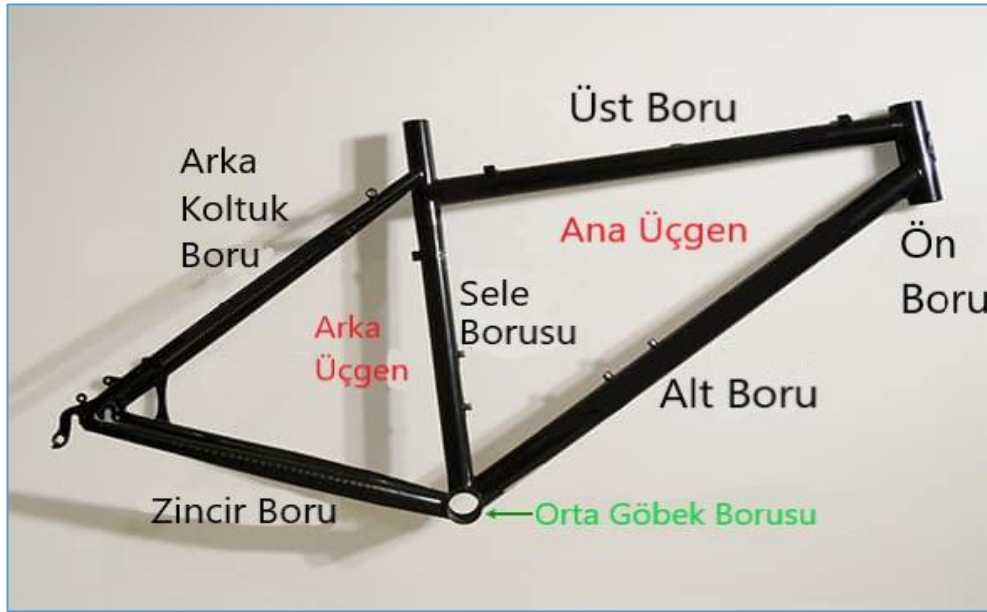
Aynakol krank seti veya ön dişli olarak da bilinir. Kadronun orta kısmına bağlanır ve pedalın bağlandığı kısımdır. Dişli adedi değişebilir. Bisiklette ruble ile birlikte vites varyasyonlarını bu kısım sağlar. Orta göbek piyasada yaygın kullanılan türleri İngiliz ve İtalyan standartlarına göre üretilmektedir. Süreç içinde çeşitli formlarda üretilmeye başlanmıştır. Basit olarak bir mil, iki rulman ve biri saat yönünde (CW) biri de saat yönünün tersi yönde (CCW) diş çekilmiş iki somun ile sabitleme somunlarından oluşur. Kadronun orta göbek borusuna kullanılacak sete uyumlu kılavuz çekme işlemi uygulanır. Bu kısım değişken yüklere maruz kaldığından çok değişik tiplerde set üretimi vardır.

Zincir ön dişli ile arka dişli arasında güç aktarımını sağlayan bileşendir. Belli standartlar içinde üretimi yapılmaktadır. Şekil 3.10 bisiklet ve kadrosunda yer alan tüm bileşenleri göstermektedir.

4. KADRO TASARIMI VE GEOMETRİSİ

Bu çalışma ile bisiklet sporuna ve sektörüne akademik olarak temas edilerek bilgilerin sistematik olması hedeflenmiştir. Spor mühendisliği ülkemizde çok yeni bir disiplindir. Kadro tasarımı dolayısıyla bisiklet tasarımı bu anlamda spor mühendisliği çalışmalarına güzel bir örnek olacaktır. Çalışmamız sayesinde birden çok konu hakkında bilgiler sistematik olarak bir araya toplanmıştır. Bisikletle profesyonel anlamda ilgilenen insanların bildiği, bisiklet sektöründe çalışanların bile detaylı bilmediği konulara değinildi.

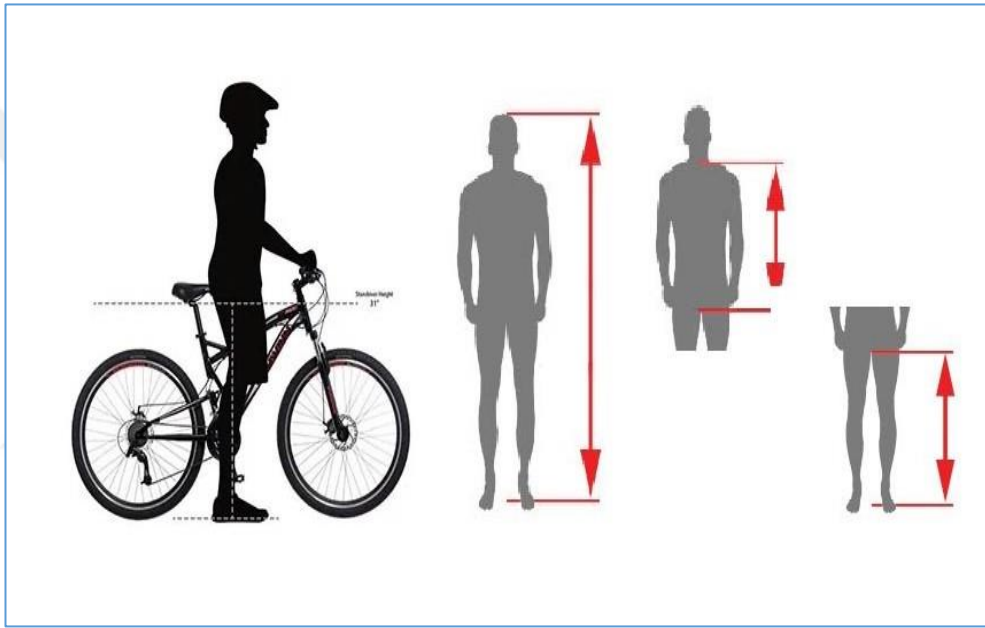
Bisiklet hakkında çoğunlukla yanlış bilinen konu kadro boyu ve teker çapı arasındaki karışıklıktır. Bilinenin aksine her 26" teker çaplı bisikletin kadrosu büyük olmamaktadır. Bu teker çapına sahip bisikletlerde oldukça küçük kadrolara rastlamak mümkündür. Burada belirleyici kriter bisikletin kullanım amacıdır. Çocuk bisikletlerinde teker çapı referans alınarak bisiklet seçimi yapmak mümkünken profesyonel kullanımda bisiklet türüne göre kadro boyu ve bisiklet uygunlaştırma (bike-fit) devreye girmektedir. Şekil 4.1'de bisiklet kadrosunu oluşturan parçalar gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Bisiklet kadrosunu oluşturan kısımlar (İmalat Süreci).

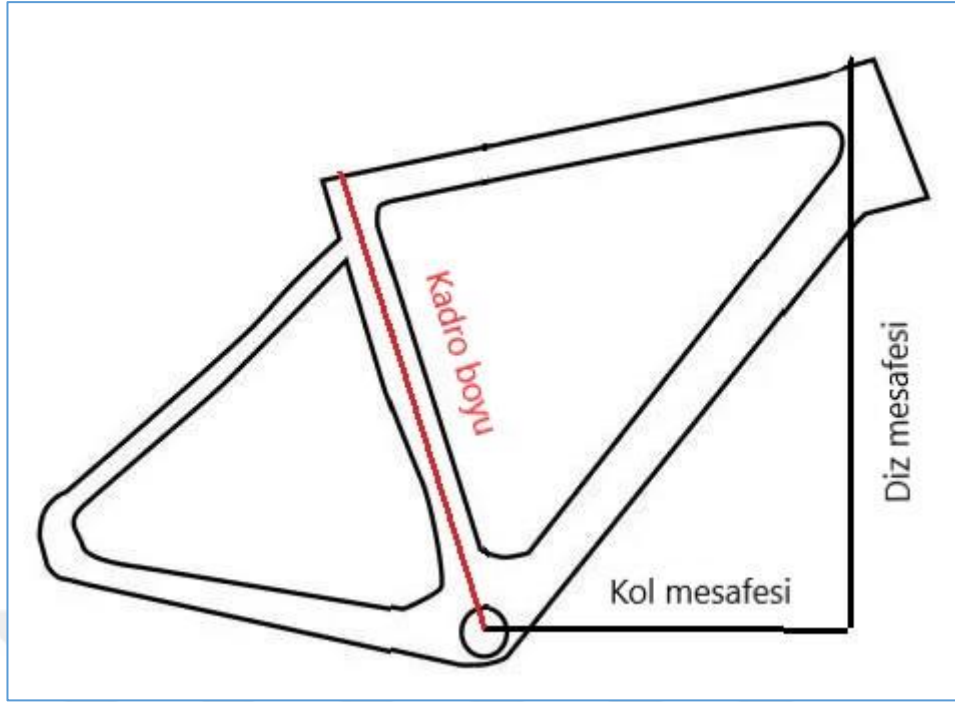
Bisiklet kadro tasarımı şimdiye kadar yapılan yöntemlerin varyasyonlarıyla oluşmuştur. Kullanılan bisiklet türüne (dağ bisikleti, yol, trekking), sporcunun elite veya amatör olmasına, bisikletçinin benimsediği sürüş tekniğine (agresif veya

konforlu) göre literatürdeki optimum değerlerin kullanılmasıdır. Geometriyi belirleyen temel unsurlar, vücut yapısı, kadronun dayanıklılığı, hız ve sürüş tekniği olmaktadır. Bisiklet kadrosu üreticileri ve tasarımcıları tablolar halinde kullandıkları parametreleri doğru kadro seçimi için genelde paylaşmaktadırlar. Kadro tasarımında kişinin, boyu, kollarının uzunluğu, gövde uzunluğu ve iç bacak boyu referans alınmaktadır. Şekil 4.2 iç bacak mesafesine göre bisiklet kadro ölçüsünün alınacağı referans bir kısmı göstermektedir. Bu ölçü iç bacak mesafesi olarak bilinmektedir (URL-12). Şekil 4.2 bisiklet kadrosu ölçülendirme için kullanılan vücut bölümlerini göstermektedir.



Şekil 4.2. İç bacak ölçüsüne göre bisiklet ölçülendirme (Stand-over) (URL-12).

Diz mesafesi, orta göbeğin merkezinden kafa borusuna kadar olan dikey mesafedir. Bu mesafe sistemin temel yüksekliğini belirler. Kol mesafesi, orta göbeğin merkezinden kafa borusuna kadar olan yatay mesafedir. Bisiklet geometrisinde evrensel bir boyutlandırma olmadığı Şekil 4.3’de ‘kadro boyu’ olarak gösterilen ölçüden de anlaşılabilir. Bu ölçü kadro boyu olarak bilinen ölçüdür. Kadro boyu kişinin vücut ölçülerine göre bir markada 54 cm iken başka bir markada 56 cm olabilir. Zaten kadro boyu, kadro seçerken tek başına yeterli bir bilgi değildir. Bisiklet kadroları çok çeşitli şekil ve boyutlarda üretilir ve bisiklet markalarının verdiği ölçülerin çoğunun bisiklet geometrisiyle ilgisi yoktur. Yine de kadro boyu başlangıç olarak iyi bir ölçü referansı olarak düşünülebilir. Şekil 4.3’de gösterilen diz mesafesi ve kol mesafesi ölçüleri bisiklet geometrisinin önemli ölçüleridir.

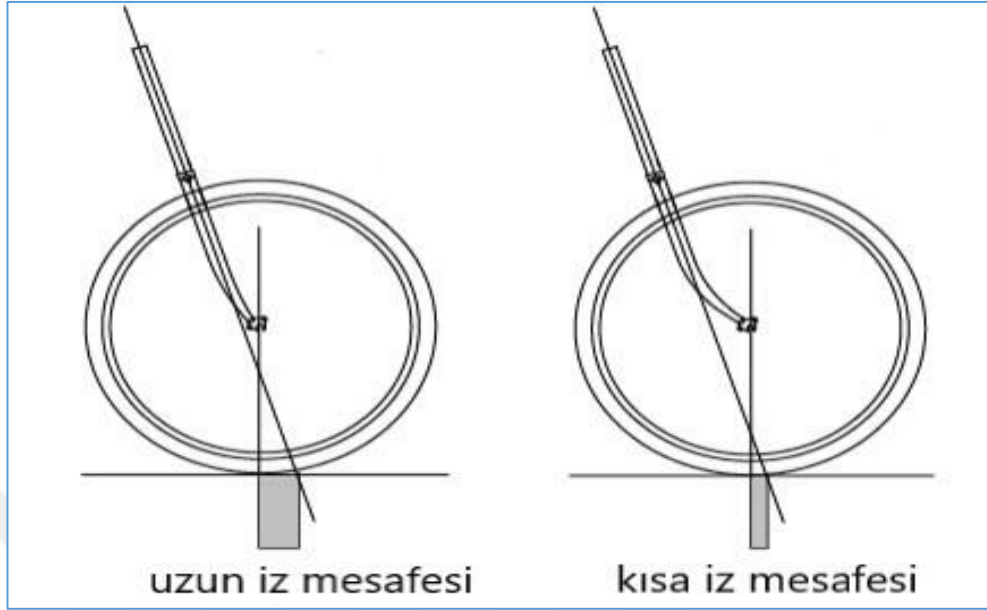


Şekil 4.3. Bisiklet geometrisinin önemli ölçüleri (İmalat Süreci).

Bisikletin geometrisi, sürüş tarzınızı doğrudan etkilediğinden ve farklı bisiklet türleri için varyasyonlar olduğu için çok önemlidir. Kadro geometrisini belirlerken en öne çıkan stiller hız veya dayanıklılık olacaktır. Yanlış bir seçimde en küçük bir hata bile saatlerce oturulan ve defalarca tekrarlanan hareketler neticesinde yaralanma ve sakatlanmalara sebep olabilir. Aynı şekilde uygun geometri sayesinde çok ciddi performans kazanımları elde edilebilir. Hatta elit sürücülerde mikro düzeydeki tasarım farkları yarışlarda büyük farklar oluşturmaktadır.

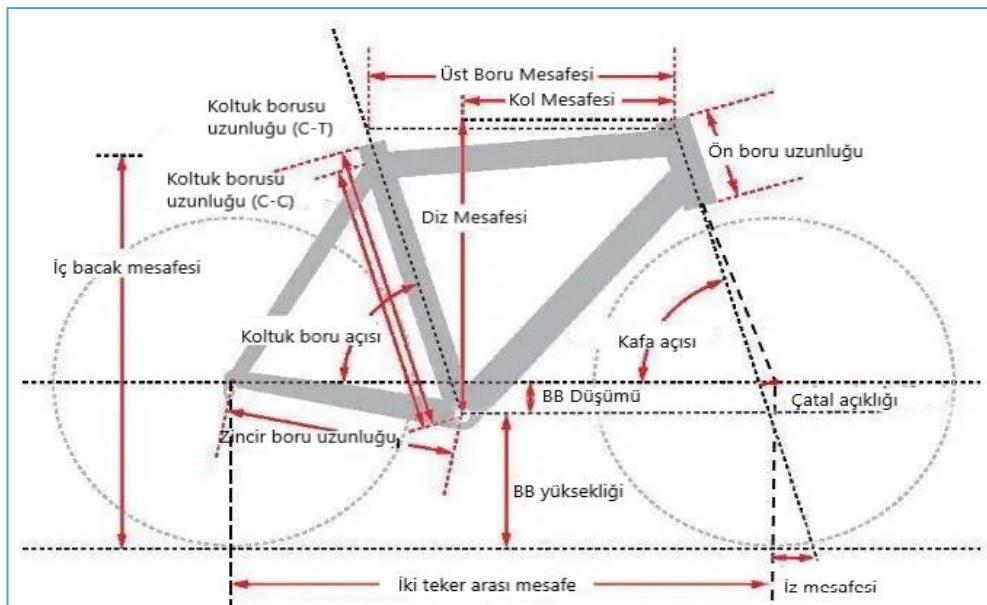
Hız veya dayanıklılık stilleri kadro geometrisi için önemlidir. Bir dayanıklılık bisikleti bir yarış bisikletine göre daha dik bir duruş için 'stack' mesafesi daha fazla ve 'reach' ölçüsü daha kısa olan bisiklettir. Dingil mesafesi olarak tabir edilebilecek iki teker arası mesafesi 'wheelbase' daha uzun olan ve kafa borusu açısı 'head tube angle' daha gevşek olan bir bisiklet daha dengeli iken yarış bisikletlerinde durum tam tersidir. Yarış bisikleti sürüş kalitesi açısından daha çevik olma eğilimindedir. Kafa borusu açısı ile maşa açısı boşluğunun sonucu olan 'trail' ölçüsü bisikletin ne kadar hızlı gideceğini gösteren parametredir.

Şekil 4.4’de görüldüğü üzere daha fazla iz yani ‘trail’ mesafesi yavaş ve dengeli sürüş sağlarken, daha az iz yani ‘trail’ mesafesi hız ve çeviklik katar (URL 13).



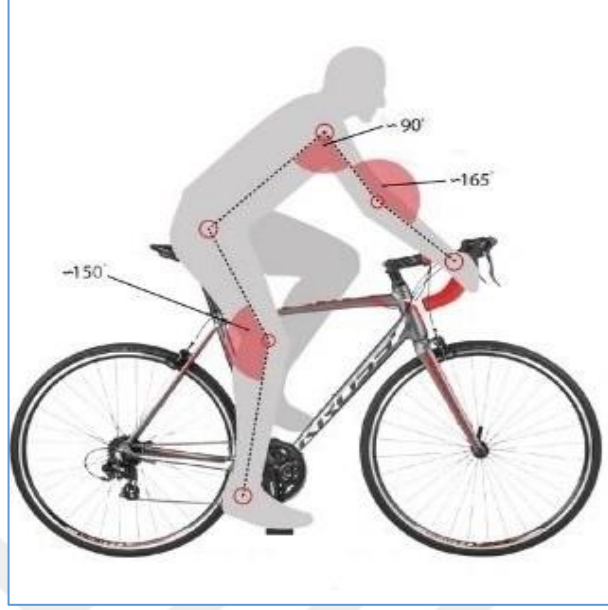
Şekil 4.4. Bisiklet hızını belirlemede kullanılan iz ‘trail’ ölçüsü (URL-13).

Kadro teknolojisindeki son gelişmelerle dayanıklılık bisikletleri yarış odaklı muadillerinden daha yavaş değiller ve aksine sürmesi daha kolay aynı zamanda konforlu bisikletler haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı kadro tasarım sürecini akademik düzeyde ortaya koymaktır. Şekil 4.5 kadro geometrisinde referans alınan temel ölçüleri göstermektedir.



Şekil 4.5. Bisiklet geometrisi belirlemede temel parametreler (URL-14).

Şekil 4.6’da uygulamalar sonucu elde edilen doğru sürüş pozisyonunu gösteren bir görsel verilmiştir (URL-15).



Şekil 4.6. Örnek doğru oturuş pozisyonu (URL-15).

Bu kısımdaki bilgiler sonraki sayfalarda detaylandırıldı fakat önceki sayfalarda yapılan tanım ve açıklamaların daha rahat anlaşılması için bu kısma da eklendi.

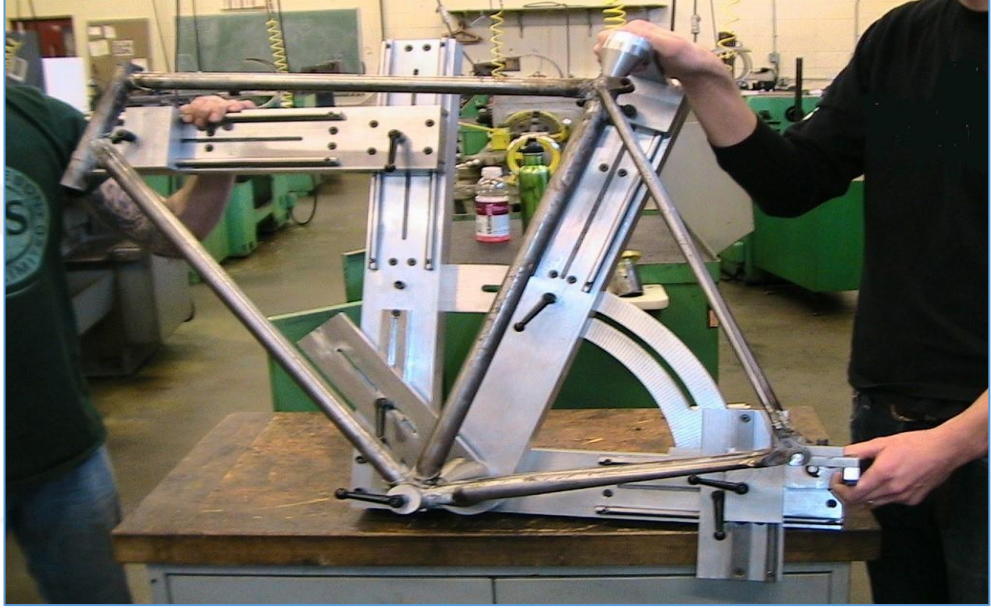
5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bisiklet kadro tasarımı, tasarım yapılırken kullanılacak argümanlar, imalat yöntemleri ve malzeme türleri ile tasarım sonucu elde edilen kadronun ekserji değişimine etkisi bu bölümde detaylandırılmıştır. Öncelikle CAD ortamında bisiklet tasarımında kullanılan geometriyi dizayn etmeye ve kaynak yapmaya olanak sağlayan bir fikstür tasarlandı. Bu fikstür, profesyonel manada tasarım yapan ve kişiye özel bisiklet üreten birçok kişinin kullandığı fikstürlerin uyarlanmasıyla Solidworks adlı bir programda hazırlanmıştır. Fikstür tasarımının ardından kadro tasarımında kullanılan ve önceki bölümlerde bahsedilen hesaplamalar çalışılıp kadro tasarımına geçilmiştir. Kadro tasarımı yine Solidworks programı yardımıyla yapılmıştır. Endüstriyel olarak bisiklet üretiminde ilk tasarım aşamasında teknolojinin ilerlemesiyle üç boyutlu yazıcılarda hazırlanan tasarımlar üretilerek numune haline getirilmekte bu sayede revizyonlarda yapılabilir. Sektördeki birçok büyük firma bu şekilde yeni tasarımlar ortaya koymaktadır. Bu tez çalışmasında imalat yöntemi olarak bu fikstür kullanıldı. Zaman ve maliyet yönünden seri imalata göre nispeten dezavantajlı olsa da yapılan tasarımların gerçekleştirilmesi açısından büyük kolaylık sağlamıştır. Diğer yandan kullanılan malzemelerin mahiyetine bakıldığında kişiye özel tasarımlarda daha sade modellerin tercih ediliyor olması yadsınamaz bir gerçektir. Endüstriyel imalat yöntemlerinde kullanılan materyaller şekil ve görüntü olarak çok farklı tasarımlar ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır. Kullanılan malzeme türleri için imalat yöntemlerinin farklı ekipmanlar ile yapılması ve yatırım maliyetleri belirleyici etken olmaktadır. Yine olası numune üretim sürecinde endüstriyel imalat gerektirmeyen sade model tasarımı seçmeye özen gösterildi.

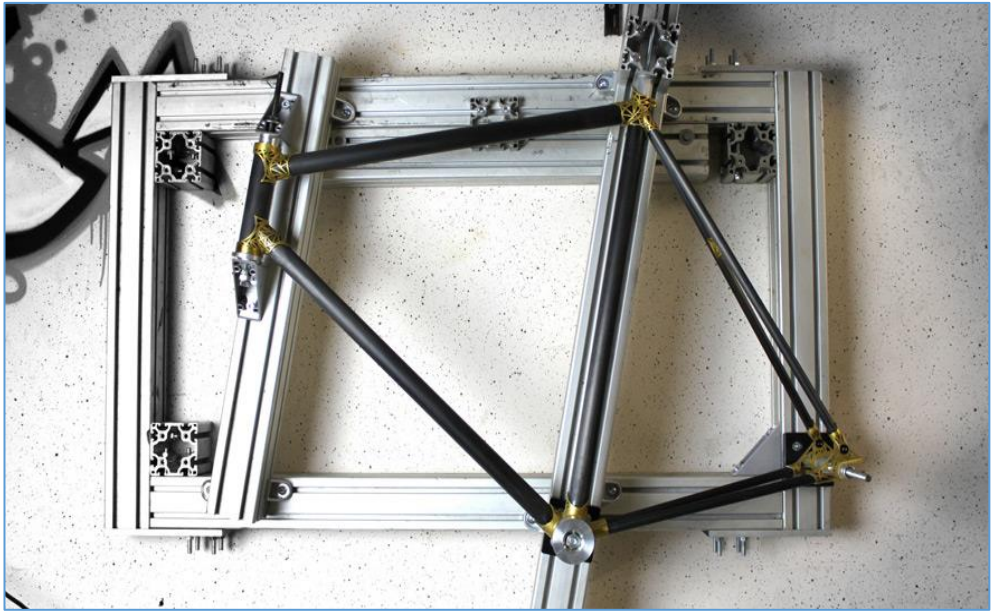
Ekserji konusunda yapılacak çalışma ise ülkemizde spor mühendisliği yaklaşımı için önemli bir adım olarak görülmektedir. Makine mühendisliği disiplini sporcuların ve bireylerin performanslarına katkı sağlamakta, yaralanma ve sakatlıkların önüne geçilmesine destek olmaktadır. Ekserji üzerine yapılan bu çalışma sporcu ve bireylerin performans ve verimlilikleri gibi konular hakkında önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

5.1. Kadro İmalatında Kullanılacak Fikstür Tasarımı

Fikstür, birleştirilecek parçaların istenilen hassasiyetle, birleştirme hatalarını minimize ederek, aynı zamanda üretim süresini kısaltan ve yapılacak işin yapısına göre özel olarak tasarlanmış ergonomik bir tesisat olarak tanımlanmaktadır. Bisiklet tasarımında belli noktalardan mesnetleme yapmaya olanak sağlayan aynı zamanda kaynak yapmaya imkan tanıyan fikstürler kullanılmaktadır. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 çeşitli kaynak fikstürlerini içermektedir.



Şekil 5.1. Tezgah üstü kullanılabilir fikstür (URL-16).



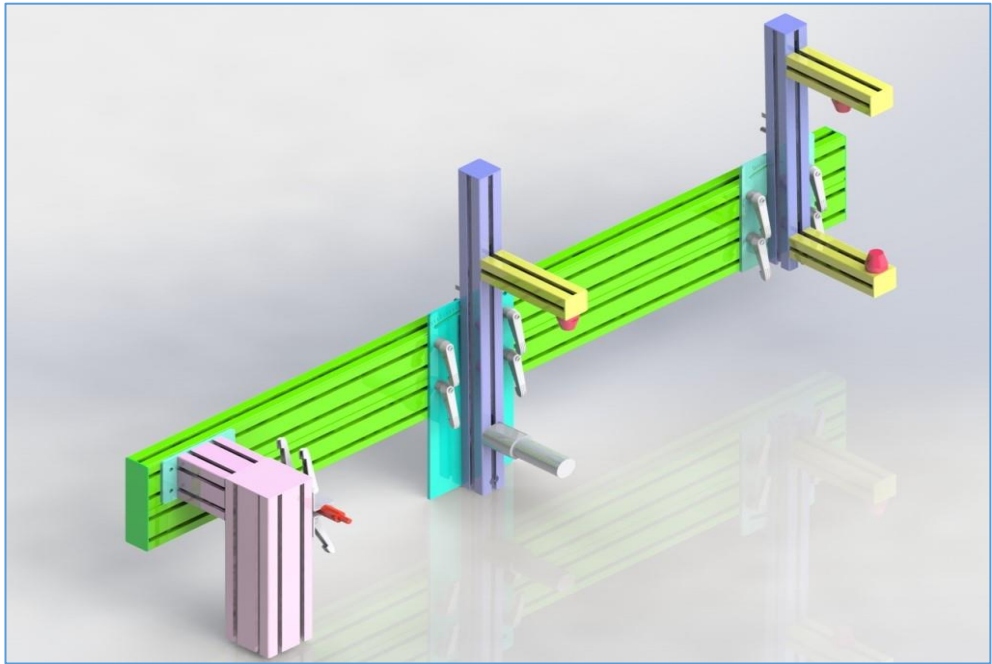
Şekil 5.2. Sabit tarzda fikstür (URL-17).

Şekil 5.3 kadro tasarımında kullanılan fikstür örneklerini göstermektedir.



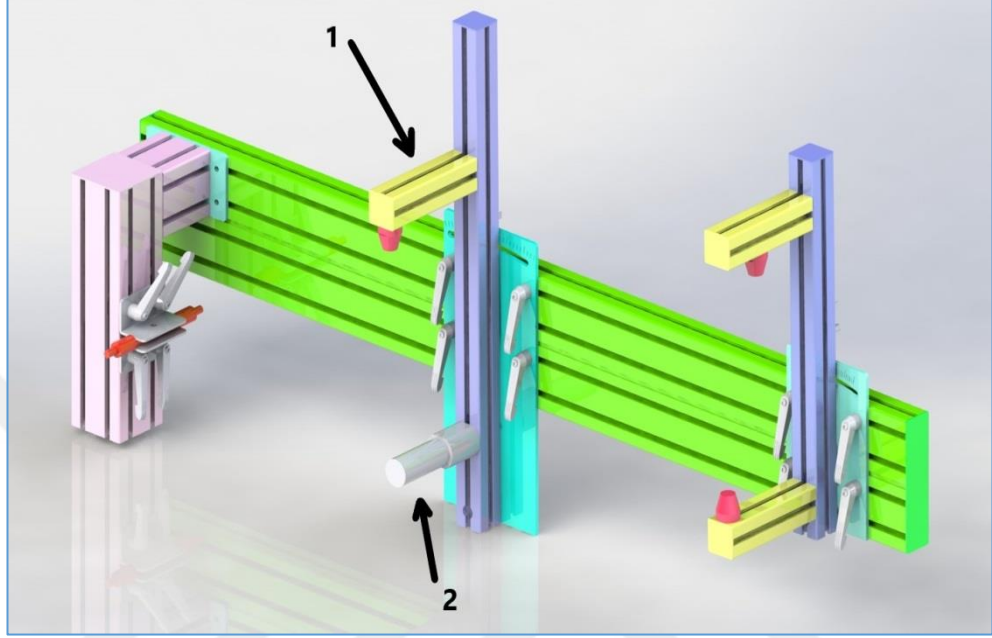
Şekil 5.3. Mini tasarımlara uygun fikstür (URL-18).

Çeşitli ebatlara ve ergonomilere sahip bu tip fikstürler hem çeşitli geometrilerin denenmesine hem de kaynakla birleştirme işlemleri sırasında çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Uygulanacak fikstürü CAD ortamında kendimize özgü bir tasarımla gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.4 kaynak fikstürünü göstermektedir.



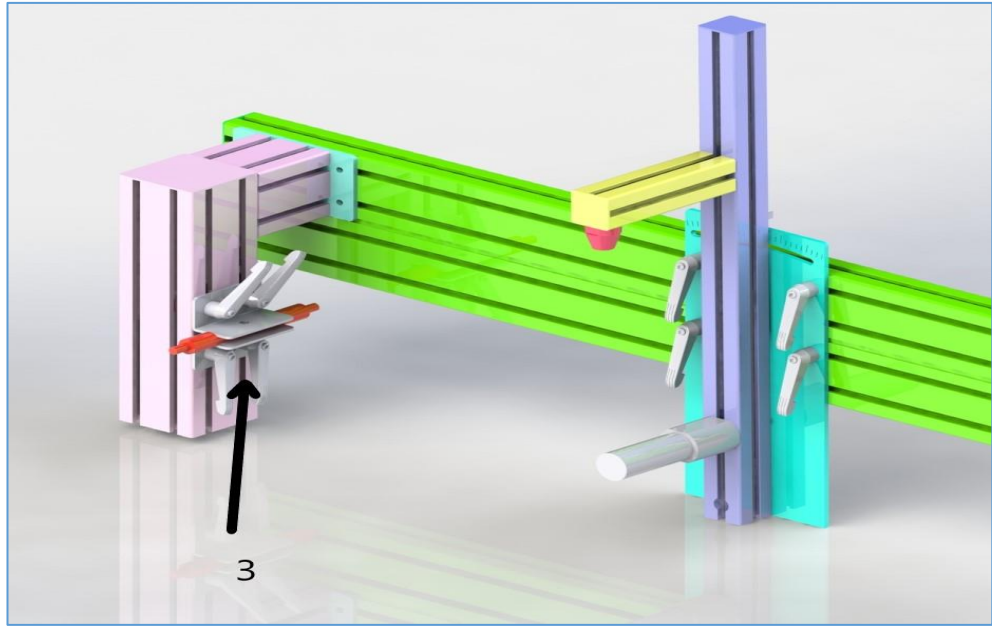
Şekil 5.4. Fikstürün tamamlanmış hali (İmalat Süreci)

Tasarım yapılırken piyasada bulunan en küçük kadrodan en büyük kadroya hemen hemen bütün geometriler için yerleşim imkanı sağlayan nitelikte bir fikstür olmasına özen gösterilmiştir. Şekil 5.5'te bir (1) numara ile gösterilen bölüm sele borusu bağlantısı yapılan kısımdır.



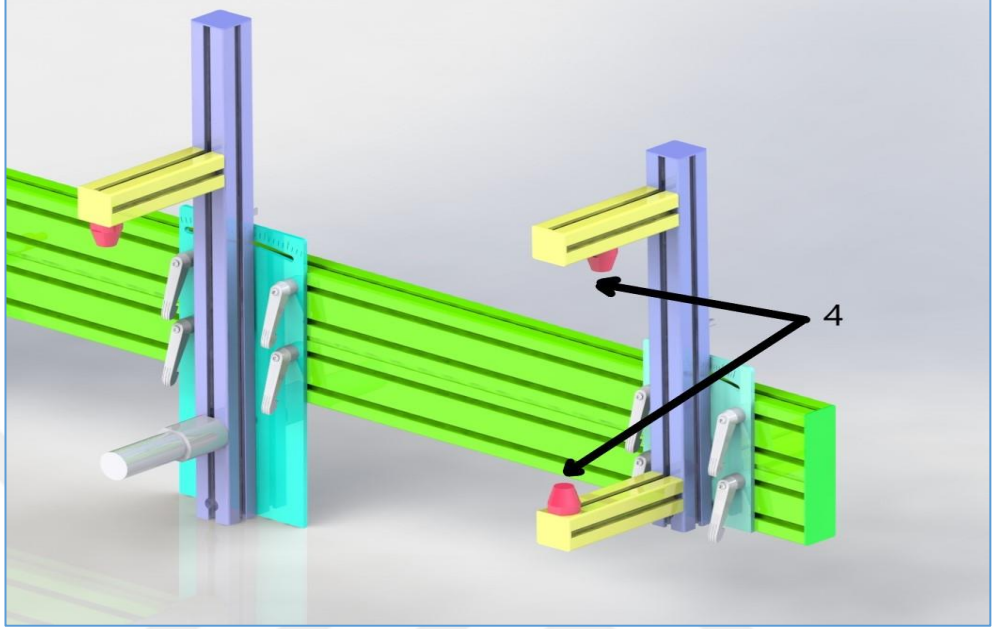
Şekil 5.5. Bisiklet sele borusu ve orta göbek bağlantısı (İmalat Süreci).

İki (2) numara ile gösterilen bölüm ise orta göbek borusu sabitlenen kısımdır. Şekil 5.6'da üç (3) numaralı bölüm arka çatalın montaj edildiği kısımdır.



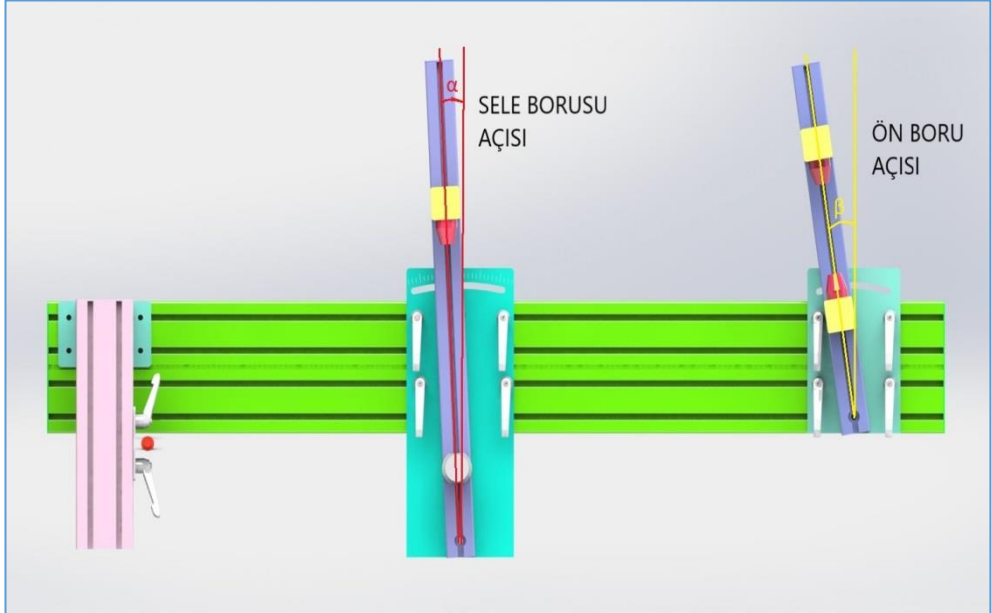
Şekil 5.6. Bisiklet arka çatal bağlantısı (İmalat Süreci).

Ergonomi sayesinde hem yükseklik hem genişlik hem de çatallı ara mesafesi bu kısımdan ayarlanmaktadır. Şekil 5.7’de dört (4) numara ile gösterilen bölüm kafa borusunun iki noktadan bağlandığı kısımdır.



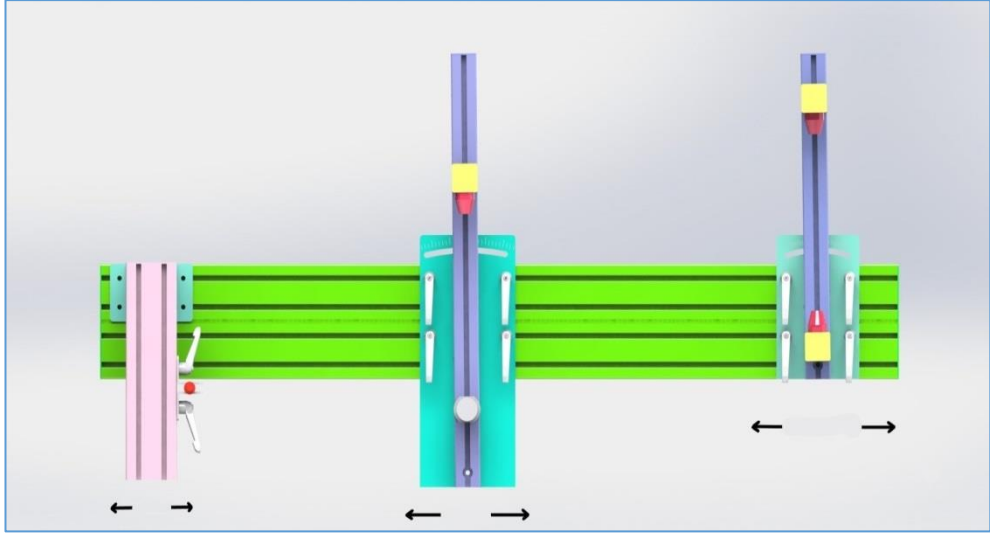
Şekil 5.7. Bisiklet kafa borusu bağlantı yeri (İmalat Süreci).

Şekil 5.8’de α açısı sele borusu eğikliğini, β açısı ön boru eğikliğini gösterir.



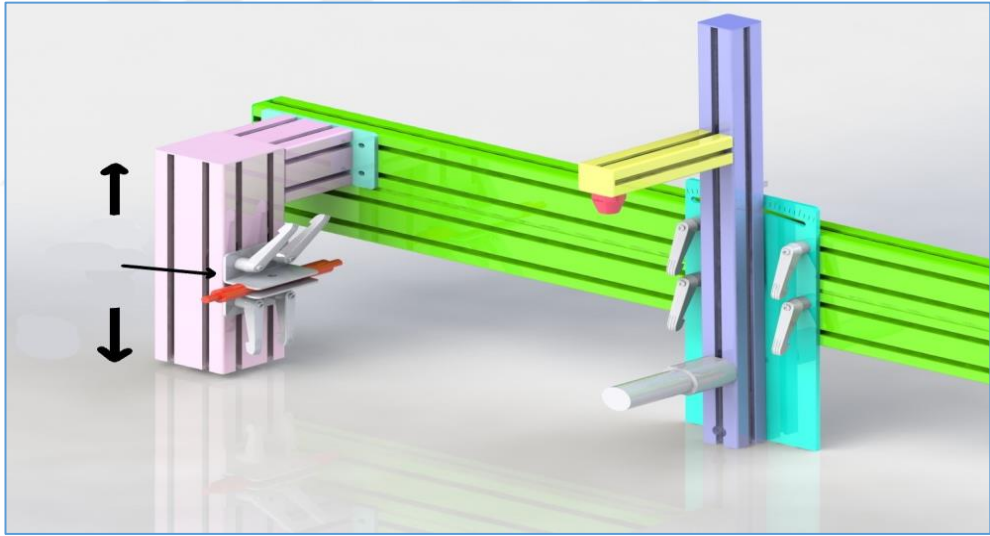
Şekil 5.8. Bisiklet sele borusu ve ön boru açılarının ayarlanması (İmalat Süreci).

Şekil 5.9’da kadrada kullanılacak ara mesafelerin kılavuz bölümlerin iki yöne hareket ettirilmesiyle ayarlanması gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Mesafelerin ayarlanması için kılavuzların hareketi (İmalat Süreci).

Şekil 5.10'da arka çatal pozisyonun ayarlanması için kılavuzun aşağı ve yukarı yönde hareket ettirilerek mesafe ve geometrinin ayarlanması gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Arka çatal pozisyonu ayarlanması için kılavuz hareketi (İmalat Süreci).

Böylece ilk görselde verilen fiksürün tüm hareketleri hakkında bilgi verilmiştir.

5.2. Çeşitli Bisiklet Ölçüleri

Bisikletleri çok çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Örneklendirme olması amacıyla jant çapına ve kadro boyuna göre bazı çeşitler tablolar halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 jant ebadına göre çocuklarda kullanılabilecek bisikletlerin ölçüleri hakkında yaklaşık olarak bilgiler vermektedir (URL-19).

Çizelge 5.1. Çocuk Bisikleti Grubu Ölçü Tablosu (URL-19).

Jant Ebatı (inç)	Yaş	Boy (cm)	Bacak İç boyu (cm)
12" (denge tekeri)	2 – 3	91 – 99	38 – 46
14"	2 – 4	94 – 112	38 – 51
16"	4 – 6	104 – 122	41 – 56
20"	5 – 8	114 – 137	48 – 64
24"	8 – 11	124 – 159	58 – 71
26"	10 ve üzeri	142 ve üzeri	64 ve üzeri

Çocuk bisikletlerinde genel itibariyle tekerlek çapına göre sınıflandırma yapılır. Kadro tasarımları ise kız ve erkek çocuk olarak ayrılmaktadır. Tablodaki veriler birden fazla kaynaktan derlenerek bir araya getirilmiştir. Kullanım amacı ve çocuklarda ölçülerin çok çabuk değişebilmesi sebebiyle tasarımlar çok detaylı olmaktan ziyade görsellik ön planda olarak yapılmaktadır. Çizelge 5.2’de dağ bisikletleri için örnek ölçüler verilmiştir. Tablolarda sunulan veriler piyasada kullanılan ölçüleri barındırmaktadır. Her firma kendine has ölçü ve parametreler kullanmaktadır. Bireyler ise çeşitli metotlarla seçimlerini yapmaktadır.

Çizelge 5.2. Dağ Bisikleti Örnek Ölçü Tablosu (URL-20).

Kadro ebadı	Boy (cm)	Bacak İç boyu (cm)	Kadro boyu (cm)
XS	147-157	61 – 66	33 – 40
S	157-168	68 – 76	38 – 43
M	168-178	73 – 78	43 – 48
L	178-185	78 – 84	48 – 53
XL	185-193	82 – 90	53 – 58
XXL	193 ve üzeri	88 ve üzeri	56 ve üzeri

Şekil 5.11’ de çocuk grubu bisikletlerin görseli verilmiştir. Hesaplamalar yapılırken birden çok değişken söz konusudur.



Şekil 5.11. Jant çapına göre çocuk bisikletleri (URL-21).

Çizelge 5.3’te ise yol bisikleti için ölçüleri içeren tablo verilmiştir.

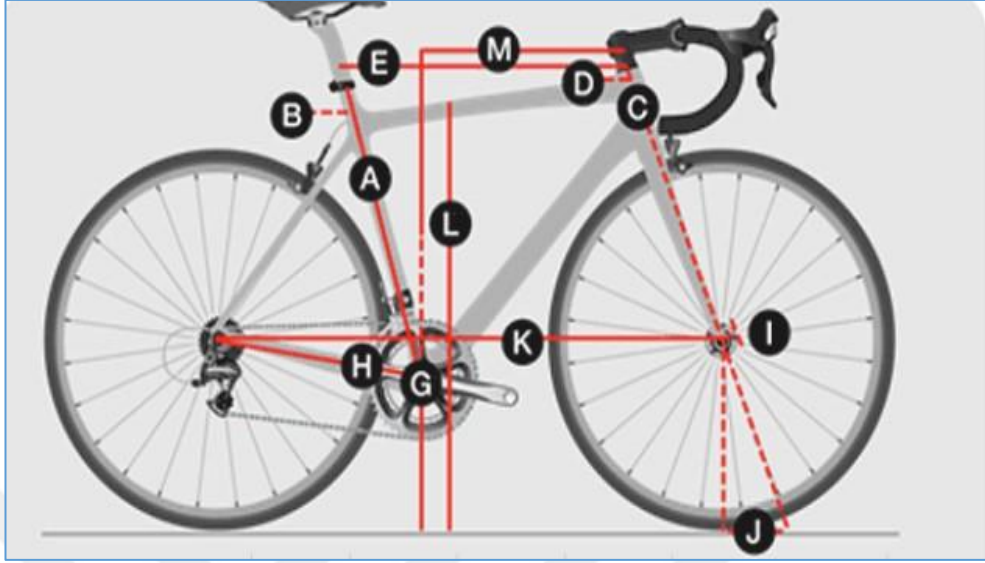
Çizelge 5.3. Yol Bisikleti Örnek Ölçü Tablosu (URL-22).

Kadro ebadı	Boy (cm)	Bacak İç boyu (cm)	Kadro boyu (cm)
XXS	147-160	63 – 73	48
XS	160-165	71 – 76	50
S	160-170	73 – 78	50-52
M	170-175	76 – 81	52-54
L	175-180	81 – 84	56 – 58
XL	180-188	81 – 86	58 – 60
XXL	190 ve üzeri	88 ve üzeri	60 ve üzeri

5.3. Kadro Tasarımında Kullanılan Örnek Parametreler

Kadro tasarım ve ölçülendirilmesinde kullanılan belli bir standart yoktur. Bisiklet kadrosu, kullanım amacına, türüne, çoğu zaman bireyin cinsiyetine göre bile değişiklik göstermektedir. Bu kısımda tasarımda kullanılan temel ölçüleri içeren birkaç tablo ile bunlara ait görseller incelenmiştir. Birçok üretici çeşitli parametreler çerçevesinde tasarımları oluşturmakta ve analizlerini tamamladıktan sonra kullanıcıların beğenisine sunmaktadır. Bir kısım üreticiler ise tasarımları

kopyalamaktadır. Kişiyeye özel tasarım yapan üreticiler dünyada ve özellikle ülkemizde sınırlı sayıda bulunmaktadır.Şekil 5.12 yol bisikleti ölçü yerlerini gösterir.



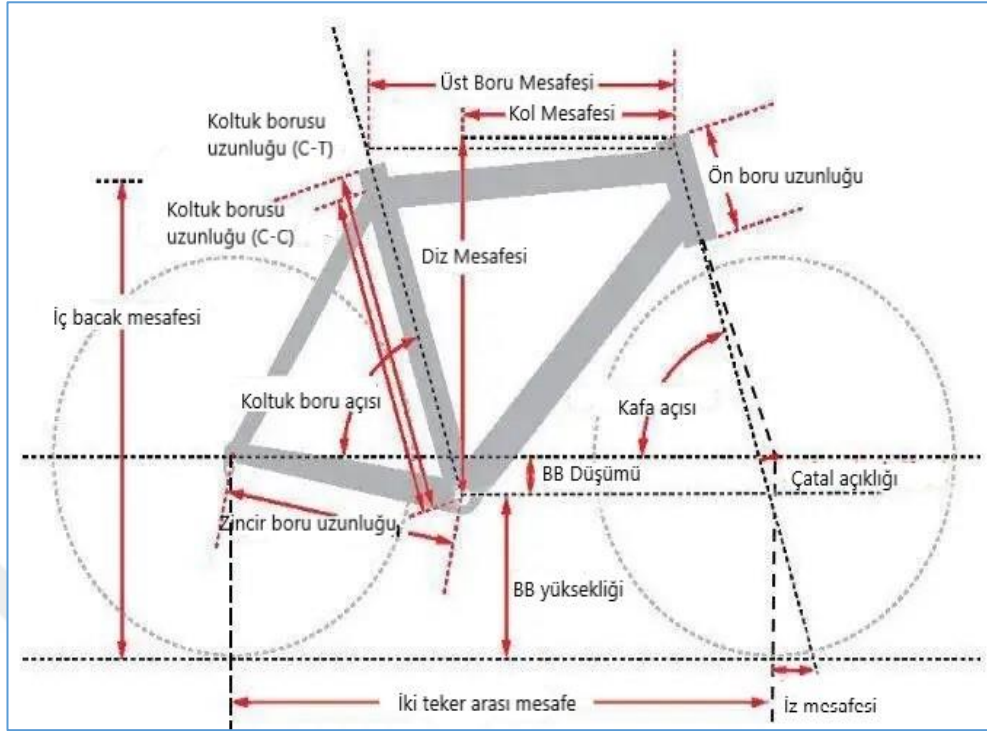
Şekil 5.12. Yol Bisikleti Örnek Kadrosu (URL-23).

Çizelge 5.4 ise bu modelde kullanılan çeşitli parametreleri göstermektedir.

Çizelge 5.4. Yol Bisikleti Örnek Kadro Parametreleri (URL-23).

Sıra	Tanımı	50 cm	52 cm	54 cm	56 cm	58 cm	60 cm	62 cm
A	Koltuk boru (cm)	45	47,5	50	52,5	54,8	56,7	58,6
B	Koltuk Borusu Açısı	74,6°	74,2°	73,7°	73,3°	73°	72,8°	72,5°
C	Ön Boru Uzunluğu (cm)	13	14, 5	16	17, 5	19, 5	22	24,5
D	Kafa Açısı	71,1°	71,3°	71,3°	71,9°	72°	72,1°	72,1°
E	Üst Boru Uzunluğu (cm)	51,9	53	54,2	55,4	56,7	57,9	59,3
G	Orta Göbek Yerden Yük. (cm)	8	8	8	7,8	7,8	7,5	7,5
H	Zincir Borusu Uzunluğu (cm)	42	42	42	42	42,5	42,5	42,5
I	Ön Açıklık (cm)	5, 3	5,3	5,3	4,8	4,8	4,8	4,8
J	İz mesafesi (cm)	6	5,9	5,9	6,1	6	5,9	5,9
K	İki Teker Arası Mesafe (cm)	99,6	100	101	101	102	103	104
L	İç Bacak Yüksekliği (cm)	71,6	73,5	75,4	77,6	79,6	81,7	83,5
M	Kol Mesafesi (cm)	36,8	37,1	37,4	37,7	38	38,3	38,6
	Diz Mesafesi (cm)	54,6	56,1	57,5	59,1	61,1	63,2	65,6
	Min.Koltuk Yüksekliği (cm)	62,5	65,5	68	71	73	75	77
	Maks. Koltuk Yüksekliği (cm)	72,5	75,5	78	81	83	85	87
	Gerçek Kadro Boyu (mm)	500	520	540	560	580	600	620

Şekil 5.13 yol-yarış bisikleti ölçü yeri gösterimini şematize eder.



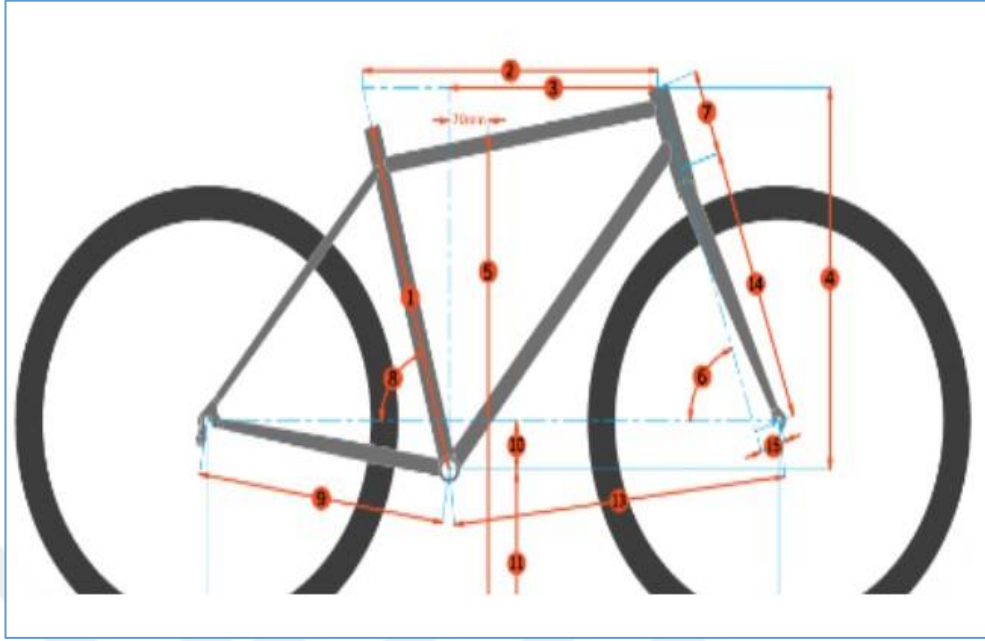
Şekil 5.13. Örnek Yol-Yarış Bisikleti Kadrosu (URL-24).

Çizelge 5.5 ise bu modelde kullanılan çeşitli parametreleri göstermektedir.

Çizelge 5.5. Örnek Yol-Yarış Bisikleti Kadro Parametreleri (URL-24).

Sıra	Tanımı	44 cm	48 cn	50 cm	52 cm	54 cm	56 cm	58 cm
1	Koltuk Borusu (C-T) (mm)	440	480	500	520	540	560	580
2	Ön Boru Uzunluk (mm)	120	120	120	130	155	170	185
3	Kafa Açısı	71.5°	72°	72°	72°	72°	72°	72°
4	Koltuk Boru Açısı	75°	74°	74°	73.5°	73°	73°	72.5°
5	Üst Boru Uz. (C-C) (mm)	521	530	540	550	560	570	585
6	Orta Göbek Yerden Yük. (mm)	72	72	72	72	72	72	72
7	Zincir Borusu (mm)	435	435	435	435	435	435	435
8	İç Bacak Yüks. (inç)	28,9"	29,7"	30,3"	30,6"	31"	31,7"	32,3"
9	Ön Merkez (mm)	583	579	588	593	598	608	618
10	İki Teker arası Mesafe (mm)	1008	1002	1012	1017	1022	1033	1042
11	Kol Mesafesi	372	371	381	383	380	386	391
12	Diz Mesafesi	551	553	553	562	586	600	615
13	İz Mesafesi	44	44	44	44	44	44	44

Şekil 5.14 gravel bisikleti ölçü yeri gösterimini şematize eder.



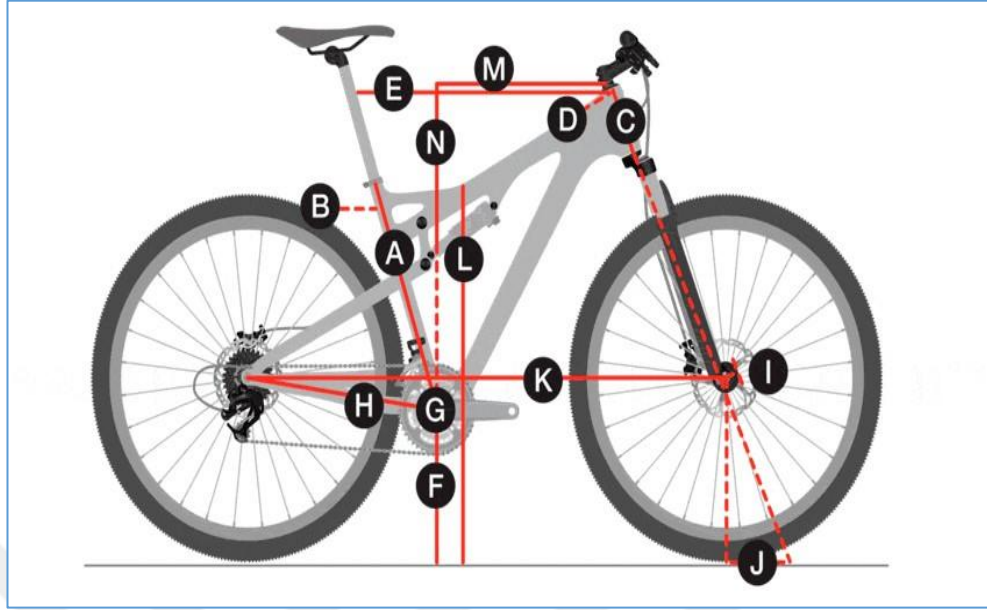
Şekil 5.14. Gravel Bisiklet Kadrosu (URL-25).

Çizelge 5.6 ise bu modelde kullanılan çeşitli parametreleri göstermektedir.

Çizelge 5.6. Gravel Bisiklet Kadro Parametreleri (URL-25).

Sıra	Tanımı	48 cm	50 cm	52 cm	54 cm	56 cm	58 cm
1	ST Uzunluğu (mm)	480	500	520	540	560	580
2	TT Uzunluğu (mm)	515	531	546	563	579	599
3	Kol mesafesi (mm)	373	378	383	388	392	400
4	Diz Mesafesi (mm)	530	550	570	590	610	630
5	İç Bacak Yüksekliği (mm)	730	750	770	790	810	830
6	HT Açısı	70,5°	70,5°	71°	71°	71,5°	71,5°
7	HT Uzunluğu (mm)	83	104	126	147	168	189
8	ST Açısı	75°	74,5°	74°	73,5°	73°	72,5°
9	CS Uzunluğu (mm)	435	435	435	435	435	435
10	BB Yerden Yük. (mm)	74	74	72	72	70	70
11	BB Yüksekliği (mm)	268	268	270	270	272	272
12	İki Teker Arası Mesafe (mm)	1011	1023	1031	1043	1050	1064
13	Ön Merkez (mm)	587	599	606	618	624	639
14	Çatal Uzunluğu (mm)	405	405	405	405	405	405
15	İz Mesafesi (mm)	45	45	45	45	45	45

Şekil 5.15 dağ bisikleti uzun ve kısa boy ölçü yeri gösterimini şematize eder.



Şekil 5.15. Dağ Bisikleti Kadrosu (URL-26).

Çizelge 5.7 ise bu modelde kullanılan çeşitli parametreleri göstermektedir.

Çizelge 5.7. Dağ Bisikleti Kadrosu Kısa Boy Parametreleri (URL-26).

Sıra	Tanımı	39 cm	44 cm (29)	47 cm (29)	50 cm (29)	55 cm (29)
A	Koltuk Borusu (cm)	39,4	41,9	44,5	47	52,1
B	Koltuk Boru Açısı	69,5°	68,5°	68,5°	68,5°	68,5°
C	Ön Boru Uzunluğu (cm)	10	9	9	10	12
D	Kafa Açısı	69,9°	70	70	70	70
E	Üst Boru Uzunluğu (cm)	55,8	59,3	60,9	62,5	64,6
F	Orta Göbek Yüksekliği (cm)	33	33	33	33	33
G	Orta Göbek Düşümü (cm)	2,5	3,9	3,9	3,9	3,9
H	Zincir Borusu Uzunluğu (cm)	42,6	43,3	43,3	43,3	43,3
I	Açıklık (cm)	4,7	5,1	5,1	5,1	5,1
J	İz mesafesi (cm)	8	8	8	8	8
K	İki Teker Arası M. (cm)	106,4	111,1	112,7	114,4	116,3
L	İç bacak Yüks. (cm)	75,7	75	74,1	74,5	75,1
M	Kol Mesafesi (cm)	39,2	42,7	44,3	45,7	46,4
N	Diz Mesafesi (cm)	56,1	57,7	57,7	58,7	60,6
	Kadro Boyu (mm)	390	420	440	470	520
	Çökmeli Koltuk Boru Açısı	73.5°	74°	74°	74°	74°

Şekil 5.15 dağ bisikleti uzun boy ölçü yeri gösterimini, Çizelge 5.8 ise bu modelde kullanılan çeşitli parametreleri göstermektedir.

Çizelge 5.8. Dağ Bisikleti Kadrosu Uzun Boy Parametreleri (URL-26).

Sıra	Tanımı	39 cm	44 cm (29)	47 cm (29)	50 cm (29)	55 cm (29)
A	Koltuk Borusu (cm)	39,4	41,9	44,5	47	52,1
B	Koltuk Boru Açısı	70,5°	69,4°	69,4°	69,4°	69,4°
C	Ön Boru Uzunluğu (cm)	10	9	9	10	12
D	Kafa Açısı	70,9°	70,9°	70,9°	70,9°	70,9°
E	Üst Boru Uzunluğu (cm)	55,8	59,2	60,9	62,5	64,6
F	Orta Göbek Yüksekliği (cm)	34,1	34,1	34,1	34,1	34,1
G	Orta Göbek Düşümü (cm)	1,4	2,8	2,8	2,7	2,7
H	Zincir Borusu Uzunluğu (cm)	42,4	43,2	43,2	43,2	43,2
I	Açıklık (cm)	4,7	5,1	5,1	5,1	5,1
J	İz Mesafesi (cm)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
K	İki Teker Arası Mesafe (cm)	106,3	110,9	112,5	114,3	116,5
L	İç Bacak Yüksekliği (cm)	76,6	75,3	77,7	80,1	82,5
M	Kol Mesafesi (cm)	40,1	43,6	45,2	46,6	48,1
N	Diz Mesafesi (cm)	55,4	57	57	58	60,5
	Kadro Boyu (mm)	390	420	440	470	520
	Çökmeli Koltuk Borusu Açısı	74,5°	74,9°	74,9°	74,9°	74,9°

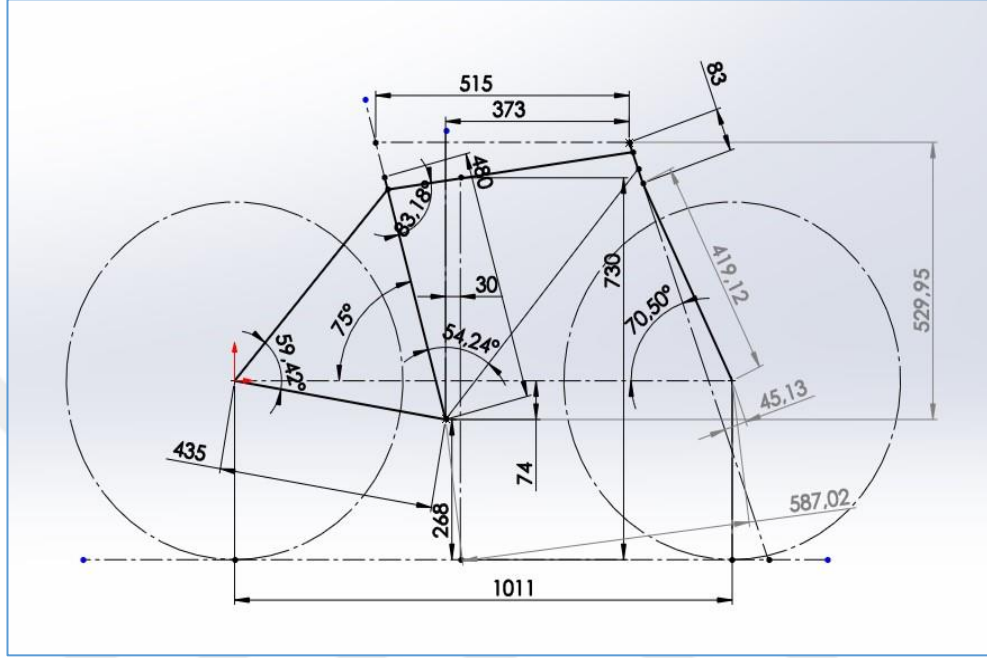
Şekil 5.15 üretici bir firmanın ölçülendirme yaparken kullandığı şekli göstermektedir. Firma bu modelin tasarımında parametreleri kısa veya uzun boy için ayrı ayrı kullanmıştır.

Şekillerde ve tablolarda yol bisikletleri için kullanılan bazı örnek parametreler verilmiştir. Görüldüğü üzere her tasarım benzer özellikler gösterse de bazı nüanslar barındırmaktadır.

5.4. Cad Ortamında Kadro Tasarımı

Bu bölümde Solidworks adlı CAD yazılımı ile yaptığımız bir tasarımı gösterilmiştir. Solidworks CAD programı ile Gravel türü bir bisikletin kadrosu tasarımı yapılmıştır. 48 cm kadro boyuna sahip olan bu kadroya ait parametreler belirlenerek program

yardımıyla üç boyutlu ortamda çizim gerçekleştirilmiştir. Tablolarda gösterilen bu parametreler de kısaca açıklanmıştır. Tasarım yapılırken referans alınan nokta orta göbek borusunun bulunduğu konumdur. Şekil 5.16 taslak çizimde bu parametreler görülmektedir.

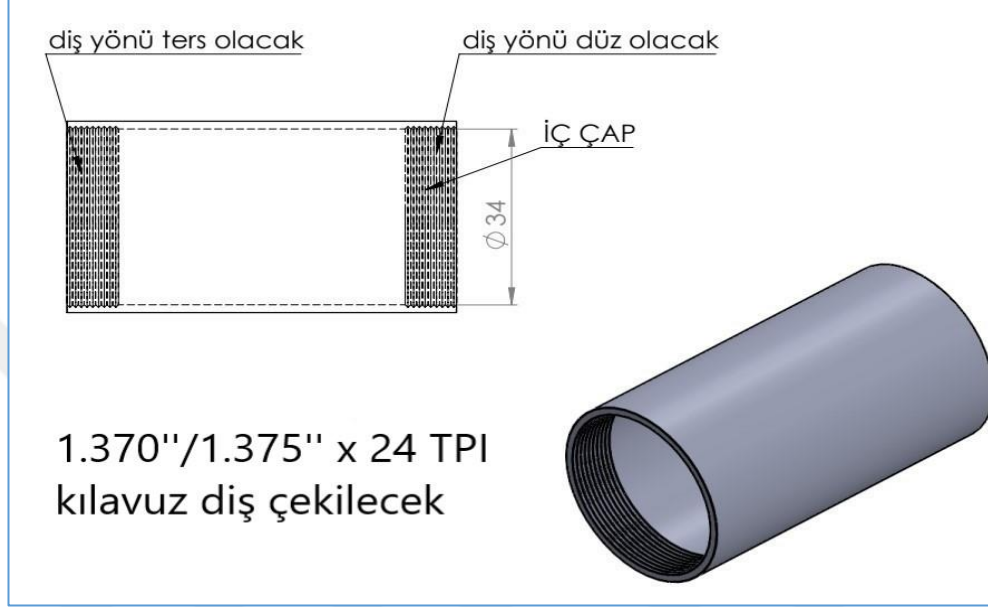


Şekil 5.16. Kadro tasarımı parametrelerine göre oluşturulmuş taslak (İmalat Süreci).

Bu konumdan başlanarak kol mesafesi, diz mesafesi ve iç bacak mesafesi ölçüleri belirlendi. Ardından lastik ebadına göre iki teker arası mesafe ölçüsü yerleşimi yapıldı. Bu mesafelere göre tekerlerin bağlantı noktaları ile orta göbek borusu arasında kalan mesafe (bottom bracket drop) tanımlandı. Lastiklerin yere temas ettiği noktanın orta göbek borusuna göre dikey mesafesi (bottom bracket height) tanımlandı. Seat tube angle ve head tube angle açıları tanımlandıktan sonra ana üçgen genel hatlarıyla ortaya çıkmıştır. Arka tekerlek merkezinden orta göbek borusuna olan mesafe ile koltuk borusuna olan mesafelerde tanımlandıktan sonra arka üçgende oluşturulmuş olur. Şekil 5.16 taslak hali oluşturulmuş bisiklet kadosunu oluşturan parçaları detaylı bir şekilde göstermektedir. Ana üçgen ve arka üçgen tanımlandıktan sonra taslak oluşturma işlemi tamamlanmıştır. Sırada ara mesafelere göre diğer bileşenlerin oluşturulması vardır.

Bisiklette hareketin merkezinde yer alan orta göbek borusu için birçok firma kendine özgü ölçülerle çalışsa da kullanılan bazı standartlar vardır. Bunlardan ilki BSA diye bilinen bir standart dış ölçüsüdür. ISO standartlarına göre hazırlanmış bu orta göbek

standartı; 68 mm, 73 mm, 83 mm uzunluğundadır. İç çapı yaklaşık 34 mm olan boruya sol taraf saat yönünde (cw) sağ taraf saat yönünün tersi (ccw) yönde olacak şekilde 1.370''/1.375 x 24 TPI diş ölçülerinde kılavuz diş çekilmiş bir standarttır. Bu orta göbek borusuna kılavuz diş uygulanırken ‘Whitworth’ diş standardı kullanılır. Şekil 5.17’de teknik bir çizim vasıtasıyla ilgili standart gösterilmiştir.



Şekil 5.17. Orta göbek borusu ölçüleri gösterimi (İmalat Süreci).

Bilinen bir diğer standart boru ise ITA standart orta göbek borusudur. Yol bisikletlerinde kullanılan bu orta göbek borusunda genişlik 70 mm ve M36 x 24 TPI diş uygulanmaktadır. İki tarafta saat yönünde (cw) sıkılmaktadır.

Özellikle karbon-fiber bisikletlerde teknolojinin ilerlemesiyle orta göbek borusunun ziyadesiyle ağırlık yaptığına karar veren üreticiler pressfit adı verilen orta göbek kullanmaya başlamıştır. Çeşitli malzemeler kullanılarak imal edilen bu entegre veya yarı entegre çanakların elbette avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca pasolu geçme özelliğine sahip pressfit sistemlerde bulunmaktadır. Açıklanan paso şekline sahip orta göbek borularına pressfit göbekler uygulanabilmektedir.

Orta göbek borusu hakkındaki bu bilgiler ilave olarak bu kısma eklendi. Tasarım ve sonrasında imalat aşamasında bisiklet türüne göre çizim bu noktadan itibaren şekillenmeye başladığı için orta göbek borusu detaylandırılmıştır. Şekil 5.18’de gösterildiği üzere çizimde ilk önce merkezden iki yana orta göbek borusu oluşturuldu ve ardından sele borusu belirlenen açı ve mesafede olacak şekilde oluşturuldu.



Şekil 5.18. Orta göbek borusu ve koltuk borusu gösterimi (İmalat Süreci).

Sırasıyla sele borusuna bağlı üst boru, orta göbek borusuna bağlı alt boru ve ikisinin birleşimine bağlı olarak ön boru oluşturuldu. Şekil 5.19 ilgili uygulamaya ait görseli içermektedir.



Şekil 5.19. Ana üçgen oluşturulmuş şema (İmalat Süreci).

Şekil 5.20’de gösterildiği gibi arka tekerlek açıklığını oluşturacak şekilde zincir boruları ve arka koltuk boruları oluşturuldu.



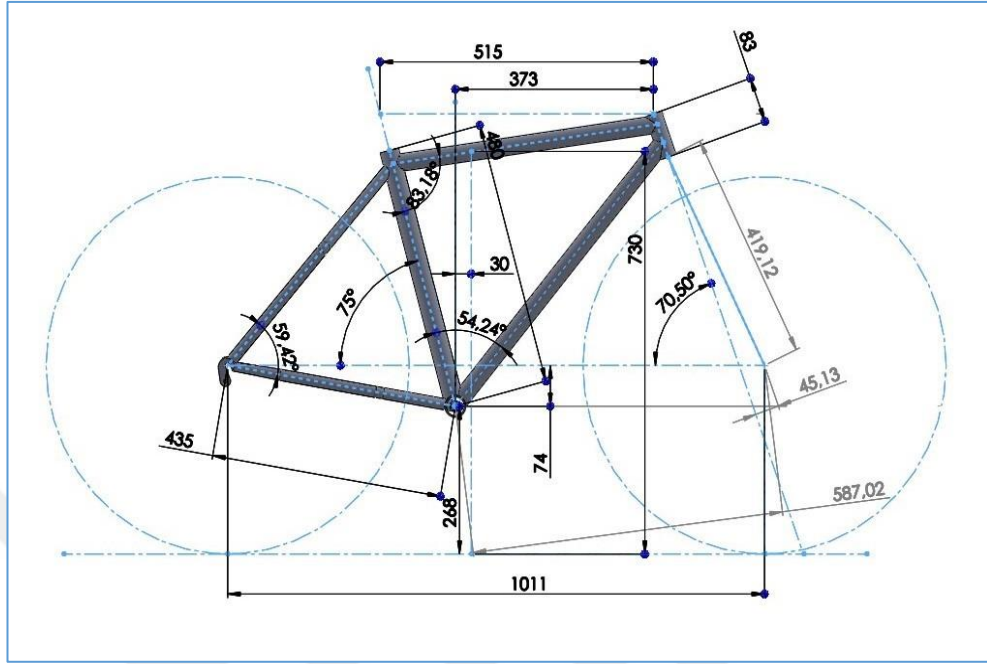
Şekil 5.20. Arka üçgen oluşturulmuş şema (İmalat Süreci).

Şekil 5.21’de kadro kulaklarının montaja eklenmesiyle montaj tamamlanmış olmaktadır.



Şekil 5.21. Kadro kulakları ilavesiyle montajın tamamlanmış hali (İmalat Süreci).

Şekil 5.22 CAD ortamında üç boyutlu olarak tasarımı tamamlanan bisiklet kadrosunu göstermektedir.



Şekil 5.22. Solidworks programıyla kişiye özel oluşturulmuş kadro (İmalat Süreci).

5.5. Kadro Üretiminde Kullanılan Malzeme Türleri

Günümüz teknolojisi her sektörde olduğu gibi bisiklet için de önemli gelişmelere olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada bisikletin kadro tasarımına ağırlık vermekteyiz fakat bisikletin diğer tüm bileşenleri de üretim yöntemleriyle, tasarımlarıyla, ergonomi ve maliyetleri ile en az kadro kadar önemlidir. Kadroyu kişiye göre maksimum seviyede verimli hale getirsek bile yanlış bileşen seçimi performansı etkileyecek daha da kötüsü kazalara, yaralanmalara sebep olacaktır. Örneğin, elimizde oldukça hafif ve dayanıklı yaklaşık iki kilogramlık bir karbon fiber kadro olduğunu varsayalım. Bu kadroya çelikten imal edilmiş aynakol ve ruble montaj edersek bisikletin dengesini bozmuş oluruz. Bisiklet birbirine entegre birçok bileşenden oluşan bir araçtır. Kadro üretiminde kullanılan malzeme ile diğer bileşenler uyumlu olmalıdır.

5.5.1. Çelikten Kadro Üretimi ve Bazı İmalat Prosesleri

Birçok sektörde olduğu gibi bisiklet üretiminde de en yaygın kullanılan malzeme türü çeliktir. Şekillendirmeye uygun olması nedeniyle, mukavemet özellikleriyle, uzama ve dayanımdaki yapısal özelliklerinin iyi olması sayesinde ve hala diğer

metallere göre özellikle bazı alaşımlarının fiyatının uygun olması sebebi ile tercih edilmektedir. Çelik dendiği zaman özellikle bisiklet sektöründe akla ağır kadrolar gelse de esasında durum tam olarak öyle değildir. Piyasada kullanılan malzemelerden örnekler verebiliriz. DKP olarak bilinen düşük karbonlu çelik malzemeler bisiklet sektöründe kullanılmak üzere dikişli boru haline getirilir. Şekil 5.23 dikişli olarak imal edilmiş çelik boruyu göstermektedir.



Şekil 5.23. Dikişli Çelik Boru (URL-27).

Bu malzeme bisiklet sektöründe Hi-ten çelik olarak bilinir. Hi-ten çelik, yüksek çekme ve yüksek gerilme değerlerine sahip çelik olarak tanımlanabilir. DKP sac yada Hi-ten çelik üretimi prosesleri şöyledir; sıcak olarak işlenen çeliğe kimyasallar vasıtasıyla yüzey temizleme işlemi uygulanır. Bir dizi haddeleme işleminden sonra yüzey pürüzsüzlüğü sağlanır ve mekanik özellikler iyileşir. Esasında şekil verme kabiliyeti yüksek olan bu yassı çelikler otomotiv, beyaz eşya üretimi gibi birçok sektörde kullanılır. Bisiklette ise şeritler halinde kesilmiş yassı sac bir dizi imalat sürecinden geçirilip dikişli boru halini alır. Şekil alma kabiliyeti yüksek ve mekanik özellikleri iyi bu malzeme bisiklet üretiminde kullanılır.

Diğer çok bilinen çelik alaşımı ise bisiklet sektöründe ‘Chromoly’ olarak bilinen krom-molibden alaşımlı piyasadaki adı ile 41xx serisi (paslanmaz) çeliktir. Bu malzeme hafifliği, yüksek dayanımı ve yüzey özelliklerinin iyi olması sebebiyle bisiklet üretiminde tercih edilmektedir. Paslanmaz olarak tabir edilebilen bu

malzeme kişiyeye özel bisiklet tasarımlarında oldukça fazla tercih edilmektedir. ‘Chromoly’ orta seviyede diyebileceğimiz karbon içeriği ve daha fazla mukavemet için %0,8-%1,1 krom ve %0,15-%0,25 molibden içeren alaşımlı bir çeliktir (URL-28). Şekil 5.24 paslanmaz olarak bilinen krom-molibden alaşımlı çelik boruyu göstermektedir.



Şekil 5.24. Paslanmaz Çelik Boru (URL-29).

Chromoly (paslanmaz) çelik; alüminyum, titanyum hatta karbon-fiber malzemelerle karşılaştırıldığında en iyi maliyet/fayda oranını sunuyor denilebilir. Bisiklet sektörü paydaşları arasında genel olarak ağır malzeme olarak algılsa da sünekliği ve öngörülebilir yorulma özellikleri sayesinde çelik hala imalatı tartışılmaz yerini korumaktadır.

Çelikten bisiklet kadrosu imalatında kullanılan proseslerden hem özel hem de seri imalat yöntemleri için bilgiler verilmiştir. Metal işleme yöntemlerinde teknolojinin gelişimiyle üretim metotlarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Çalışmanın bu kısmında yaygın olarak kullanılan birkaç yöntemi açıkladık.

Kalıplama birçok alanda olduğu gibi bisiklet sektöründe de sıklıkla kullanılan bir imalat yöntemidir. Bisiklet kadrosunun birçok yerinde kesme, delme, bükme ve form verme kalıpları kullanılır. Kadroların yassı sac kullanılan kısımlarında kalıplama ile malzemeler üretilebilir. Boru uç kısımlarında kurtağzı açma işlemlerinde de yine kalıplama metodu kullanılabilir. Kurtağzı şeklinde boruların birleştirilmesi metodu

hem imalat açısından kolaylık sağlamakta hem de malzemenin birleşim noktalarındaki kusurları en aza indirmekte oldukça faydalı bir süreçtir. Şekil 5.25 kalıplama ile boru kesmeyi göstermektedir.



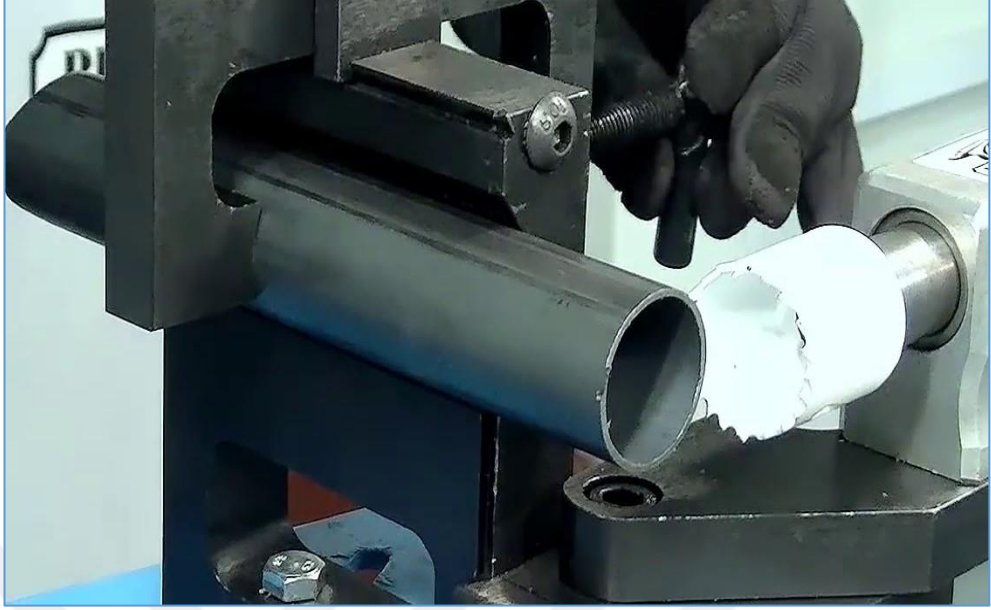
Şekil 5.25. Boru kalıplama (URL-30).

Kurtağzı açma işlemi kalıpla yapılabileceği gibi kurtağzı makinesiyle veya lazer boru kesme ile de yapılabilir. İlave olarak açılı birleşimlerde özel aparatlar sayesinde istenen formlar tam olarak elde edilebilir. Şekil 5.26 kurtağzı sürecini gösterir.



Şekil 5.26. Boruya kurtağzı açılmış görünüş (URL-31).

Şekil 5.27 ise aparatlar sayesinde kurtağzı açma işlemini göstermektedir.



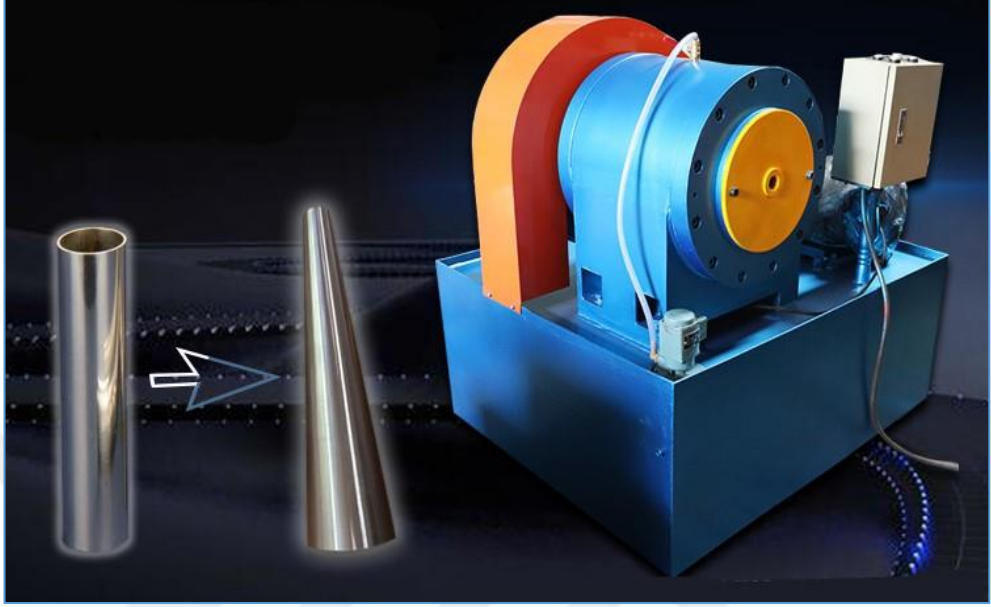
Şekil 5.27. Özel aparat ile kurtağzı açma işlemi (URL-32).

Bisikletin arka teker bağlantı noktasında kullanılan saclar, bisiklet ayak desteğinin bağlantı sacı, fren kaliperinin bağlandığı saclar ise kesme delme ve bükme kalıpları ile şekillendirilebilirler. Şekil 5.28 saclara kalıpla form verme işleminden bir örnek göstermektedir.



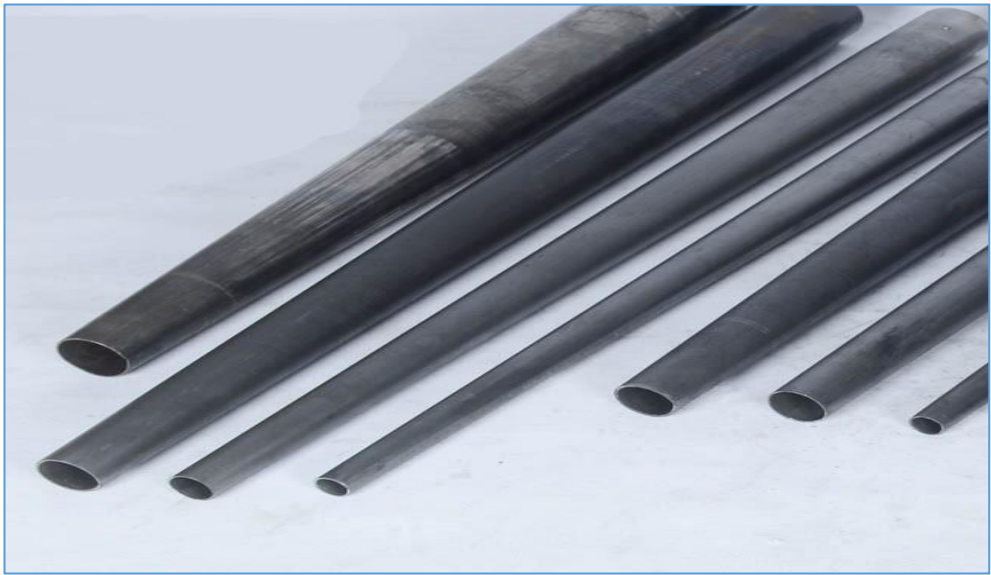
Şekil 5.28. Kalıpla form verilmiş sac (URL-33).

Şekil 5.29’da görüldüğü üzere boru konikleme bisiklet imalatında özellikle arka üçgen kısımda boruların arka teker bağlantı noktasına bağlandığı yerde kullanılmaktadır.



Şekil 5.29. Boru konikleme ve konik makinesi (URL-34).

Boru konikleme sürecinde makine içindeki kalıpta ısıtılarak dönen boru içe doğru cidarın kalınlaşması ile konik bir şekil alır. Bu form sayesinde estetik görünüm yanında yapısal kolaylıkta sağlanmış olur. Şekil 5.30 koniklenmiş boru örneklerini göstermektedir.



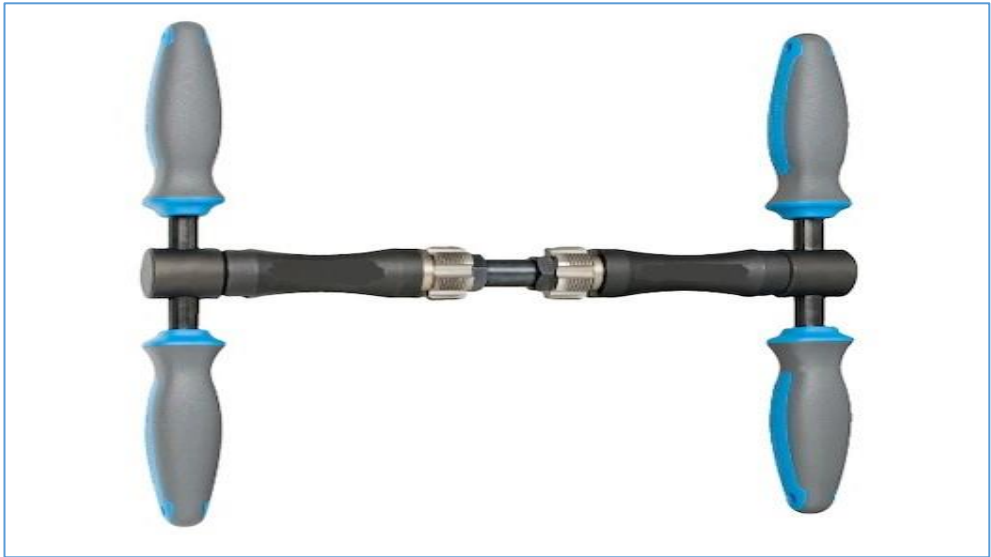
Şekil 5.30. Koniklenmiş boru örnekleri (URL-35).

Form verilmemiş borularla yapılan imalatı, boru bükme prosesi bisiklet imalatında kullanılan bir yöntemdir. Mekanik olarak hidrolik destekli hazır kalıplı makinelerle yapılabilen bu işlem hidrolik sistem kullanılmadan da yapılabilir. Bu imalat yöntemi bisikletin kadrosu ile maşa denilen ön çatallı imalatında kullanılır. Şekil 5.31 hidrolik sistemli boru bükme makinesini göstermektedir.



Şekil 5.31. Boru bükme makinesi (URL-36).

Kadro imalatında orta göbek borusu imalatında yapılan işlemler detaylı olarak açıklandı. Şekil 5.32 orta göbek borusuna elle dış çekmeye yarayan bir aparatı göstermektedir.



Şekil 5.32. Orta göbek dış açma aparatı (URL-37).

Bisiklette yüke maruz kalan ve hareketin başlangıç noktasında bulunan bu kısım kadro için oldukça önemlidir. Teknolojinin gelişmesiyle orta göbekte kullanılan bileşenler oldukça farklı model ve türlerde gelişmeye devam etmektedir. Orta göbek borusunda genelde iki tip standart kullanılmaktadır. Bu standartlardaki diş (kılavuz) özelliklerine göre uygulama yapılmaktadır. Seri imalatıta CNC işleme merkezlerinde bu proses oldukça uygun maliyetlerle yapılmaktadır. Bir diğer yöntem ise seri imalatıta çok kullanılmaz fakat kişiye özel tasarımlar yapılırken tercih edilir. Şekil 5.32’de görülen örnek aparat kullanılarak biri saat yönünde (cw) diğeri saat yönünün tersi (ccw) yönde olacak şekilde borunun her iki yanına da kılavuz (diş) çekilir.

5.5.2. Alüminyum Kadro Üretimi ve Bazı İmalat Prosesleri

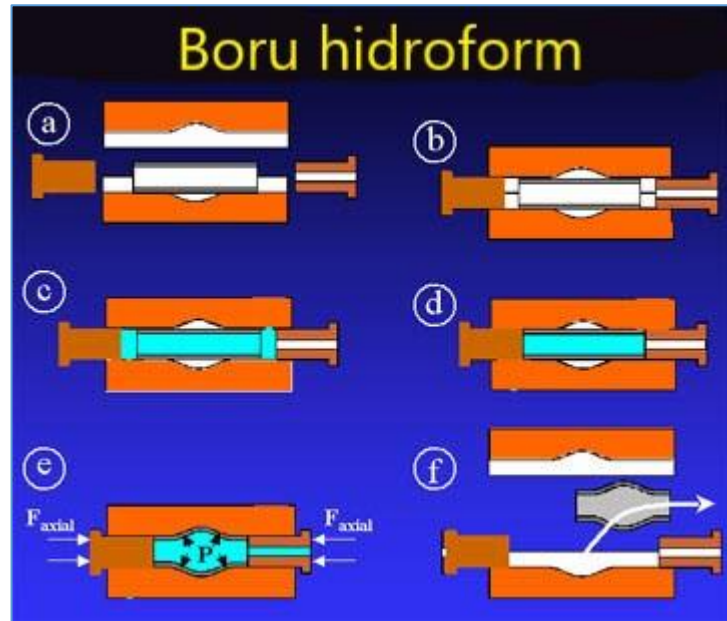
Bisiklet kadrosunda amaç, en düşük ağırlığa en yüksek dayanımı sağlamaktır. Alüminyum birçok sektörde olduğu gibi bisiklet sektöründe de çelik ile birlikte en çok kullanılan malzeme olmaktadır. Alüminyumun en büyük avantajı özgül ağırlığının çeliğin özgül ağırlığının neredeyse üçte biri olması yanında çeliğe benzer yapısal özellikler sergilemesidir. Alüminyum bisiklet sektöründe ‘hydroforming’ prosesi sayesinde tasarımların uygulamasında esneklik, kolaylık ve sağlamlık sağlamaktadır. Çeliğe göre daha az sünek ve kırılğan yapıda olması alüminyum için dezavantaj gibi görünebilir fakat yüksek şekil alma kabiliyeti ve çelik gibi birçok alaşımının olması üstüne alüminyum elde etme maliyetlerinin de giderek düşmesiyle birlikte bisiklet kadro imalatında alüminyumun yeri gün geçtikçe sağlamlaşmaktadır. Diğer yandan paslanmaz çelik kadrolarda kadro daha hafif ve daha sağlam tasarlanabilse de görece alüminyum kadroya göre daha pahalı olmaktadır. Kadro imalatında önemli bir husus olan birleştirme metotları yönünden bakıldığında ise alüminyumun sınırlı proseslere sahip olduğu görülmektedir. Alüminyumun kaynakla birleştirme işlemleri belli başlı kaynak metotları ile sağlanabilmektedir. Diğer yandan alüminyum mekanik kalıplamaya da çok uygun değildir. Fakat yüksek şekillendirme kabiliyeti alüminyumu oldukça cazip bir malzeme haline getirmektedir. Alüminyumu bisiklet kadrosu imalatında kare, yivli hatta üçgen formlarda bile görebiliriz. Elektrikli bisikletlerde alüminyum kadro parçaları ekstrüzyonla imalat sayesinde batarya, kontrol ünitesi, fırçasız motor haznesi oluşturacak şekilde bile üretilebilmektedir. Hidroform prosesi otomotiv sektöründe olduğu gibi bisiklet kadro imalatında da çok tercih edilen bir imalat yöntemidir.

Özellikle bisiklet ile ilgili şekil 5.33 bisiklet kadrosunda kullanılan hidroform ile şekillendirilmiş bazı parçaları göstermektedir.



Şekil 5.33. Alüminyumdan kadroda kullanılan hidroformlu borular (URL-38).

Metalleri daha hafif ve daha sert ve karmaşık şekillere sahip olarak yekpare üretmeye olanak sağlayan bir yöntemdir. Hidroformlama oda sıcaklığındaki malzemeyi kalıpta şekillendirmek için hidrolik bir sıvı yardımıyla basınç uygulama yöntemidir (URL 19). Soğuk şekillendirme yeteneğine sahip tüm metaller hidroformlanabilir.



Şekil 5.34. Boruların hidroform yöntemi ile adım adım imalatı (URL-19).

Kadro imalatında boru şeklindeki malzemelerin iç basınç kullanılarak bir kalıp boşluğu ile istenen şekillere karmaşık olarak dönüştürüldüğü bir metal şekillendirme prosesi olarak kullanılır. Geleneksel imalat yöntemleri ile karşılaştırıldığında hidroform yöntemi metali daha düşük işleme maliyeti, daha az ikincil işlem, daha az hurda ve gelişmiş yapısal güç ve sağlamlık ile karmaşık ve değişken kesitli borular halinde üretebilir.

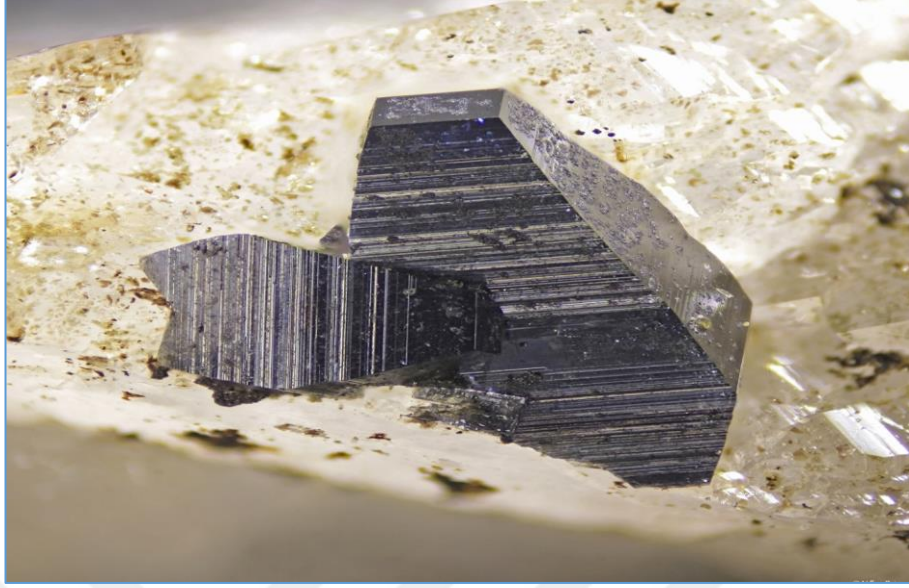
Hidro-şekillendirmede veya sıvı basıncıyla şekillendirmede, sıvı basıncıyla bir kalıba karşı basınç oluşturulur. Genelde karşı basınç oluşturacak kısma esnek bir diyafram yerleştirilir ardından bir dişi kalıp boşluğuna sıkıştırılır. İşlemin avantajı, kalıp yapısının nispeten basit olması ve işlemin daha az sayıda parça imalatı için ekonomik olmasıdır(URL-39). Dezavantajı ise bazı ürünlerde çok yüksek basınçların gerekebilmesi ve döngü süresinin mekanik bir prese göre daha uzun olmasıdır. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler metal şekillendirmenin analizi ve tasarımındaki etkisi burada da görülmektedir. Sayısal araştırmalar ve deneysel doğrulamalar günümüzde boru hidro-şekillendirme süreç simülasyonlarının katkılarını göz önüne sermektedir.

5.5.3. Titanyum Kadro Üretimi ve Bazı İmalat Prosesleri

Bu kısımda titanyumdan kadro imalatına ek olarak titanyumun malzeme özelliklerine değineceğiz. Yapısal özelliklerinden dolayı bazı sektörlerde kullanım alanı geniş olmasına ve çok bilinmesine rağmen titanyum hakkında çelik ve alüminyum kadar bilgi sahibi değiliz. Keşfedildiği dönemlerde bileşik olduğu düşünülse de incelemeler neticesinde bağımsız bir element olduğu anlaşılmıştır. Bir geçiş elementi olarak kabul edilen titanyum yerkabuğunun yüzde 0.44'ünü oluşturacak şekilde doğada bulunmaktadır.

Titanyum doğada saf olarak bulunmaz ve %90 gibi büyük çoğunluğu doğada ilmenit minerali olarak bulunur ve demir titanyum oksit şeklinde bileşiklerdir. Ekonomik olarak önemli olan titanyum mineralleri ilmenit (Rusya'da ilk keşfedildiği Ilmensky Dağları'ndan ismini almıştır), rutil (Latince rutilus kökenli olup, kırmızı demektir), anatas (yunanca uzantı anlamındadır) ve brokittir (mineralog Henry James Brooke'un ismi verilmiştir). Rutil, anatas ve brokit aynı kimyasal kompozisyonda olmasına rağmen farklı kristal yapıları sahiptirler (URL-40, URL-41).

Şekil 5.35 titanyum içeren bir minerali göstermektedir.



Şekil 5.35. TiO₂ minerali görüntüsü (URL-42).

Titanyum 4,5 g/cm³ gibi düşük özgül ağırlığa sahip olmasının verdiği avantajın yanı sıra üstün fiziksel özelliklere sahip bir metal olarak kabul edilir. Yüksek kaynama ve ergime noktalarına sahip malzemelerde alaşım elementi olarak kullanılma özelliği de bulunmaktadır. Titanyum 1650 °C derece erime noktası ve 3287 °C derece kaynama noktasına sahip bir metaldir. Parlak gri, beyazımsı görünümü, metal kaplama malzemesi olarak da kullanılmasına olanak tanır. Saf titanyum sülfürik asit, nemli klor gazı, klorür çözeltileri, hidroklorik asit ve çoğu organik asit gibi güçlü sıvılara bile dayanıklıdır. Titanyum, yaklaşık 434 MPa çekme mukavemetine sahip güçlü bir metal olarak kabul edilir. Çeliğe kıyasla daha dayanıklı ve %45 daha hafiftir. Alüminyuma kıyasla iki kat daha dayanıklı ve %60 daha ağırdır.

Titanyum oksijen ve su ile doğrudan reaksiyona girmez. Titanyumun koruyucu gibi davranan pasif bir oksit kaplama oluşturma eğiliminde olması burada temel etkindir. Oluşan bu koruyucu tabaka 1-2 nm kadar ince ve 25 nm kadar kalın olabilir. Fakat 25 nm kalınlığında bir tabaka oluşturmaları neredeyse dört yıl sürer. Bu durum malzemenin daha fazla oksitlenmemesi için koruyucu görevi görür. Koruyucu bu katman, titanyumun neredeyse platin kadar etkili, mükemmel bir korozyona dayanıklı malzeme olmasını sağlar. Titanyumun termodinamik özellikleri normal koşullarda erimesine izin vermez (URL-43). Titanyum üretiminde çeşitli aşamalar olmakla birlikte uygulamada Kroll prosesi adı verilen bir yöntem kullanılmaktadır.

Titanyum, yüksek sağlamlığı ve hafifliği, paslanmaya karşı dirençliliği, yüksek ergime noktası özellikleriyle hava araçlarının motorlarında, uzay araçlarında, roketlerde, arabalarda, spor ekipmanlarında (yarış yatlarının parçalarında, golf ekipmanlarında, tenis raketlerinde, bisiklet aksamalarında), kol saatlerinde, su altı ekipmanlarında ve genel endüstriyel ekipmanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır (URL-41).

Titanyum malzemeden imal edilen bazı ürünlerde 100 yıl garanti veren üreticiler bulunmaktadır. Kadro imalatı ve diğer bisiklet parçalarının imalatında titanyum kullanan bazı üreticilerde ömür boyu kullanım ve tamamen geri dönüştürülebilir olma garantisi vermektedir. Önceki sayfalarda değinildiği gibi bisiklet kadrosu için malzeme seçilirken önemli olan bazı önemli nitelikler ağırlık, sertlik, güç, tokluk, darbe direnci, sürüş kalitesi, korozyon olarak sayılabilir. Titanyumun doğal esnekliği ve yüksek gerilme mukavemeti, stresin etkin olarak dağılmasını sağlayarak kadronun daha uzun süre güçlü kalmasını sağlar. Titanyum üzerinde oluşan doğal kaplama, atmosferde kısa sürede oksitlenmesini önler ve asidik veya alkali ortamlara maruz kaldığında kolayca korozyona uğramaz. Böylece hava şartları estetik ve performans kalitesi uzun ömürlü olabilir.

Tüm bu üstün özellikleri ile birlikte titanyum kadro üretimi için bazı dezavantajlara sahiptir. Malzeme ve işleme maliyetlerinin yüksek olması en büyük handikap olmaktadır. Bunun yanı sıra kaynaklı birleştirme işlemlerinin neredeyse oksijensiz ortamda gerçekteşiyor olması hem maliyetleri hem de işçilik masraflarını artırmaktadır. Yine bu açıdan bakınca Titanyum ve alüminyum malzemeler çelik arasındaki özgül ağırlık farkının kadro imalatında ağırlık olarak yansımadığını görebiliriz. Titanyum bir kadronun çeliğin yarısına yakın, alüminyum bir kadronun ise çeliğin üçte biri ağırlıkta olmadığından anlayabiliriz. Çünkü bu malzemelerle doğru rijitlik/esneklikte bir kadro yapmak için daha büyük çaplı ve daha büyük cidar kalınlığına sahip borular kullanmak gerekebilmektedir.

Titanyum kadro imalatında kullanılan prosesler çelikle yapılan kadrolarla benzer yöntemler içermektedir. Karbon-fiber kadro konusundan sonra çelik, alüminyum ve titanyum malzemeler için metal birleştirme metotlarına imalat yöntemi olarak ayrıca değinilmiştir.

5.5.4. Karbon Kadro Üretimi ve İmalat Prosesleri

Bu bölümde karbon fiber kadro imalatı ve imalatı kullanılan yöntemler bir arada detaylandırılmıştır. Karbon kadronun nasıl oluşturulduğunu incelemeye başlamadan önce, kullanılan hammaddenin ve oluşturulan kompozitin açıklamasıyla başlamak gereklidir. Karbon fiber, çeşitli ısıtma adımlarından geçerek uzun karbon atomu dizilerine işlenen tel veya filaman şeklinde polimer olarak üretilir. Bu uzun tel veya filamanlar, insan saçından ortalama 10-20 kat daha ince ve her biri yaklaşık 5-10 mikron çapındadır. Bu ince teller bir şerit oluşturmak için bir araya toplanır. İplik tanesinin ipliğe dönüşmesine benzer şekilde karbon lifler bir araya gelerek hafif fakat oldukça güçlü bir yapı oluştururlar. Şekil 5.36 karbon fiber imalatında kullanılan bir süreci göstermektedir.

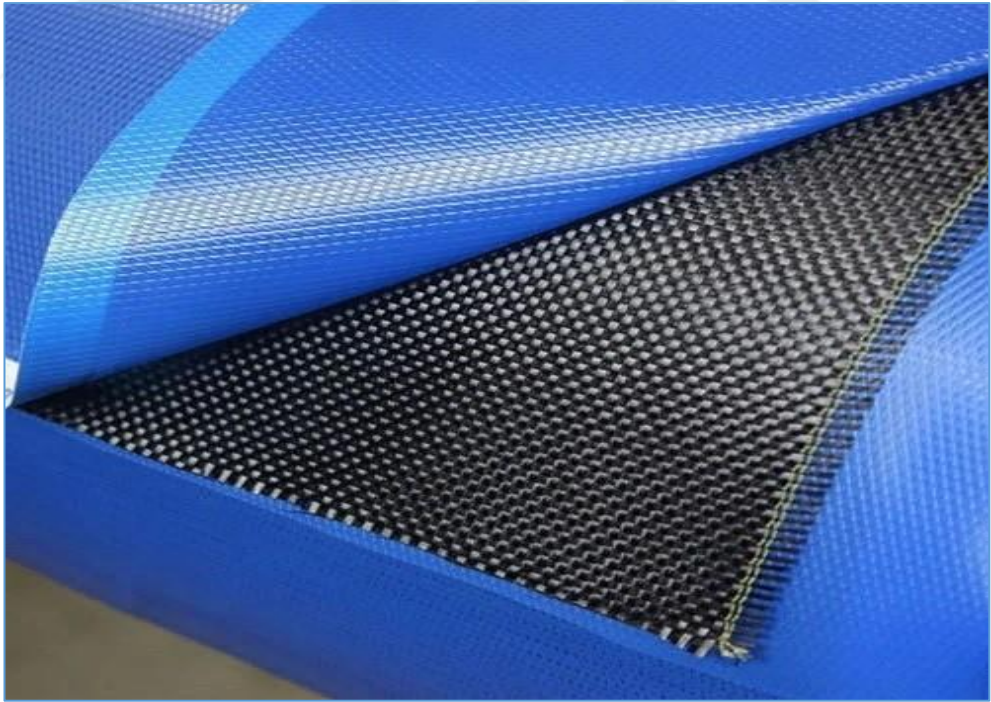


Şekil 5.36. Karbon fiber tel ve demetler (URL-44).

Her demete kullanılan tel sayısı, kadro imalatında yaygın bilinen bir ölçüdür ve tipik olarak binlerle ölçülür. Örneğin, 3.000 telden oluşan bir karbon demetine tipik olarak ‘3K’ (üç bin) adı verilirken, 6.000 telden oluşan bir karbon demetine ‘6K’ (altı bin) adı verilir. Karbon fiber tellerin kadro imalatında kullanımında belirli bir standart yoktur ve her üretici malzeme niteliğine göre tanımlar yapabilmektedir. Yapısal olarak liflerin mukavemet ve sertliği değişebilir. Tel üretim sürecini daha fazla hassas yaparak, her bir teli daha pürüzsüz ve ince hale getirerek bir araya geldiklerinde daha sıkı ve mukavemetli halde demet oluşturmaları sağlanabilir.

Lifler halindeki bu şekliyle kuru, bükülebilir malzeme parçaları olan karbon demetleri henüz kullanışlı değildir. Kadro imalatında kullanılan karbon fiber malzemeler bir şekilde birleştirilmeli ve kompozit halini almalıdır. Reçine ilavesi karbon fiber malzemeyi bir kompozite yani karbon fiber takviyeli polimere (CFRP) dönüştürür. Malzeme genelde katmanlı olduğundan lamine olarak nitelendirmek de mümkündür. Bu yapıda amaç, karbon fiberi tutturmak için mümkün olduğunca az reçine kullanmaktır. Lifler arasındaki küçük boşlukların doldurulması için daha az reçine kullanılması yani daha hassas lif yapıları daha sağlam bir yapı oluşturur. Bazı üreticiler, cam veya karbon lifleri modifiye edilmiş reçineler (innegra, aramid) kullanarak performans özellikleri iyileştirilmiş kompozitler üretebilmektedir.

Kadro üreticilerinin çoğu, önceden emprenye edilmiş büyük rulolar halinde karbon fiber levhaları parçalar halinde kullanır (URL-45). Reçine ısı ile aktive olur ve böylece süreç başlamış olur. Bu durum kadronun tamamında eşit reçine kaplaması, yerleşim üzerinde daha fazla kontrol ve işçilikte tasarruf sağlar. Şekil 5.37 emprenye edilmiş karbon levha örneğini göstermektedir.



Şekil 5.37. Önceden emprenye edilmiş karbon fiber levha (URL-45).

Bu yöntem karbon kadro imalatında açık ara en yaygın metot olsa da, diğer yapım yöntemleri yine kuru liflerle başlar. Liflerin şeritler halinde sarım işlemi sırasında reçine uygulanır ve tüm tertibat ısı ve basınç altında işlenerek proses devam eder. Bir

başka yöntemde ise, lifler kalıp etrafına sarıldıktan sonra reçine yüksek basınç altında sisteme enjekte edilir.

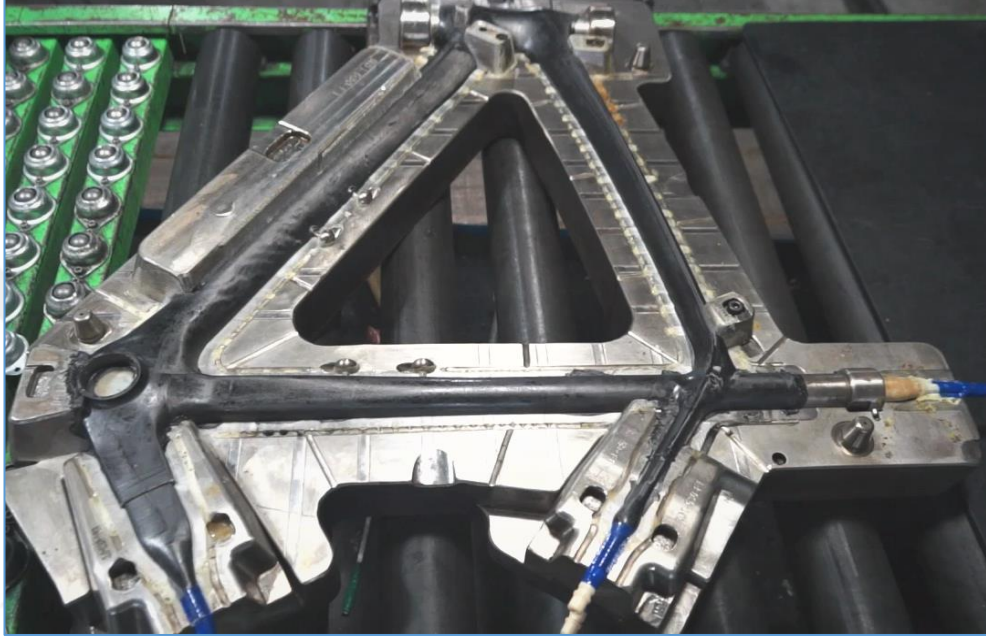
Karbon fiber bir yapının nihai şeklini oluşturmakta kullanılan yöntem ne olursa olsun en iyi sonuç doğru tipte karbon fiber demeti ve reçinenin doğru yerlerde ve doğru yönlerde kullanılmasını sağlamakla olur. Kadro tasarımcılarının darbe direnci, ağırlık, sertlik, kırılganlık ve dayanıklılık gibi çok çeşitli parametreleri göz önünde bulundurması gerekir. Elbette maliyet de hesaba katılmalıdır. Genellikle karbon kadro için tasarım olanakları çok geniştir ve doğru uygulandığında karbon bir kadro neredeyse ömürlük kullanılabilir. Şekil 5.38 karbon fiber sarılmış bisiklet parçasını göstermektedir.



Şekil 5.38. Karbon fiber sarılmış kadro ön borusu (URL-46).

Modern karbon fiber bisiklet kadro imalatında kullanılan kalıbı tanımlamak için yaygın olarak monokok tasarım terimi tercih edilmektedir. Bu yöntemin çoğu uygulamasında yalnızca bir ön üçgen kalıbı bulunur, koltuk destekleri ve zincir destekleri ayrı ayrı üretilir ve daha sonra birbirine bağlanır. Bunlar tam bir çerçeve içine yerleştirildikten sonra modüler monokok yapı olarak adlandırılır. Modele ve boyuta göre özel olarak hazırlanan kalıp kadronun dış yüzeyini ve şeklini belirler. Kalıplar çelik veya alüminyumdan işlenebilir ve defalarca kullanmak için üretilir. İşlem esnasında rulolar halinde gelen karbon fiber levhalardan parçalar tasarımda yer aldığı şekilde hazırlandıktan sonra kalıp içerisine yönleri ve yerleri tek tek

belirlenerek yerleştirilir. Dış yüzey kadronun sadece bir kısmıdır, doğru kalıplamanın sağlanması ve zayıflıkların oluşmaması için karbonun içeriden de sıkıştırılması gerekir. Burada çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Kadro içindeki boşluklar şişirilebilir keseler en yaygın olanlarıdır. Diğer örnekler ise eriyebilen köpük veya mum malzemeler, esnek silikon mandreller olarak verilebilir. Şekil 5.39 karbon fiber bisiklet üretimi için hazırlanmış bir kalıbı göstermektedir.



Şekil 5.39. Karbon fiber kadro ön üçgen kalıbı (URL-47).

Kalıp vakum torbasıyla tamamen kapatıldıktan sonra fazla hava mümkün olduğu kadar tahliye edilir. Kalıp daha sonra ısıtılmış bir prese yerleştirilir ve içerideki kadro reçine akışına izin vermek için ısıtılırken, iç keseler doğru malzeme sıkıştırmasının elde edildiğine dair son etkiyi vermek için basınçlandırılır. Bu işlem hacim giderme ile birlikte çalışarak malzemedeki hava boşluklarını, lif kırıksıklarını veya diğer potansiyel gerilimleri ortadan kaldırmaya yardımcı olur ve bunlarla birlikte fazla reçineyi de giderir.

Sertleştirildikten sonra kadro kalıptan çıkarılır. İç hava keseleri ve ön kalıplar ayrılır. Koltuk destekleri ve zincir destekleri ön üçgenle bağlar yardımıyla birleştirilir. Bu bağlar, hem ekstra yapısal destek hem de kesintisiz yüzey kalitesi sağlamak için ek karbon fiber şeritlerle sarılır ve tüm bu montaj mükemmel optimizasyonu sağlamak için bir aparat içinde birleştirilir. Son adım olarak zımparalama ve boya hazırlığı yapılır. İnce detaylandırma sürecinden sonara fazla reçine ve kalıp izleri giderilir.

İmalatçılar özellikle birleştirme bağlantılarına çok özen göstermektedirler. Zımpara ve temizlikten sonra ise boya işlemleri yapılarak kadro tamamlanır.

5.6. Kadro İmalatında Kullanılan Metal Birleştirme Yöntemleri

Kadro imalatında kullanılan birleştirme yöntemleri TIG kaynağı, MIG kaynağı ve lehimleme (sert ve yumuşak) olarak sayılabilir.

5.6.1. Mig Kaynağı

Metal inert gaz (MIG) kaynağı, gaz metal ark kaynağı olarak da bilinir. Dolgu malzemesi olarak tüketilebilir bir tel elektrot kullanılır. Kaynağı korumak, kaynak penetrasyonunu desteklemek ve kaynak gözeneklerini azaltmak için koruyucu gaz kullanılır. Kaynak oluşturmak için yarı otomatik veya tam otomatik bir ark kaynağı kullanır. Kaynak teli ve koruyucu gazın her ikisi de kaynak tabancasından (torçtan) beslenir. Koruyucu gaz genellikle %75 argon ve %25 CO₂ karışımıdır, ancak kaynak yapılan malzemelere ve diğer değişkenlere bağlı olarak başka karışımlar da kullanılabilir. Kaynak telinin bileşimi ve çapı birleştirilecek metalin tipine, parça kalınlığına ve bağlantı konfigürasyonuna göre değişir.

MIG kaynağı, kaynaklar için daha kısa üretim süreleri ve dolayısıyla daha düşük maliyetle üretime izin verir. Öğrenilmesi kolaydır fakat her zaman hassas, güçlü ve estetik açıdan hoş kaynak dikişleri için uygun olmayabilir.

Şekil 5.40 MIG kaynağının kadro imalatında kullanımı gösterilerek kalın cidarlı malzemelerde ve tipik olarak kaynak estetiğinin öncelik olmadığı durumlarda kullanımını göstermektedir.



Şekil 5.40. MIG kaynağı ile kadro parçaları birleştirme (URL-48).

Kaynakla birleştirilmesi nispeten basit alüminyum, yumuşak çelik ve paslanmaz çelik gibi malzemeleri birleştirebilmesi nedeniyle, kadro imalatı uygulamaları için uygundur.

5.6.2. Tig Kaynağı

Tungsten inert gaz (TIG) kaynağı, gaz tungsten ark kaynağı olarak da bilinir. Bu kaynak işlemi de bir ark kullanır, ancak MIG kaynağından farklı olarak tüketilemez bir tungsten elektrot kullanılır ve dolgu maddesi genellikle kaynak havuzuna manuel olarak beslenen bir çubuktur. Dolgu çubuğunun bileşimi ve boyutu yapılan kaynağa göre değişir. TIG kaynağı için iki el kullanılır tungsten elektrot kaynak edilen yüzeyde işlemi yaparken diğer taraftan dolgu çubuğu için verilir. TIG kaynağı koruyucu gaz olarak %100 argon kullanır. Kaynak sırasında dolgu malzemesinin kontrollü olarak ayarlanabilir olması ve metale verilen ısı üzerinde hassas kontrol sağlanması en büyük avantajdır.

TIG kaynağı uygulamada üretim süresini artırır ve dolayısıyla maliyetlerin artmasına neden olan bir kaynak türüdür. Hassasiyetin fazla olması burada temel etkindir. TIG

kaynağının öğrenilmesi nispeten zordur ve doğru kaynak hassasiyetini ve kaynak dikişini sağlamak için yetenekli uygulayıcılar gerektirir.

Şekil 5.41 hassas imalat için kullanılan TIG kaynağı metodunu gösterir bu kaynak daha kesin sonuçlar sunar, bununla birlikte daha ince malzemeleri birleştirmek için iyidir ve alüminyum, bakır, çelik, titanyum ve daha fazlasını kaynakla birleştirmek için kullanılabilir.



Şekil 5.41. TIG kaynağı ile kadro parçaları birleştirme (URL-49).

Bu nedenle kadro üretiminde sıklıkla kullanıldığı gibi, havacılık, motor sporları, endüstriyel yapılar, üretim ve enerji hatları gibi hassasiyetin gerekli olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılan bir kaynak türüdür.

5.6.3. Lehimleme

İki metalin aynı cins olmasa bile ilave tel ertitme ile sökülemeyecek şekilde birleştirilmesine lehimleme denir. Birleştirilecek metaller aynı cins olduğu zaman kaynakla birleştirme yöntemleri uygulanabilir ancak farklı özellikteki metaller söz konusu olduğunda kaynak teknikleri istenilen nitelikte birleştirme sağlayamaz. Lehimleme aynı cins metallerin birleştirilmesi işleminde de kullanılabilir. Lehimleme ile alüminyum, bakır, pirinç, çelik, DKP sac, paslanmaz çelik, çinko ve kalay kaplı saclar gibi birçok malzemenin birleştirilmesi yapılabilir. İki metali ertitmeden birleştirmeyi sağlayan dolgu maddesine lehim denir. Yumuşak ve sert

lehimlemede kullanılan lehim malzemelerinin özellikleri alaşım olarak ve ergime sıcaklığı olarak birbirinden farklıdır.

Lehimleme ile çok ince malzemelerin birleştirilmesi ve farklı özellikteki parçaların içyapılarını değiştirmeden yüksek dayanım, sızdırmazlık ve iletkenlik istenen yerlerde kullanılır. Yumuşak lehimleme günümüzde yaygın olarak elektronik sanayisinde kullanılır. Bu teknik geçmişte ince kesitli malzemelerin birleştirilmesinde çok sık kullanılırdı. Bu proseste 200-400 °C arasında ergiyen dolgu malzemesi kullanılır Özellikle elektronik sektöründe, bakır ve alüminyum alaşımlarının birleştirilmesinde kullanılır. Sert lehimleme birleştirilecek metal malzemeleri eritmeden, 400 - 600 °C sıcaklıklar arasında erime noktasına sahip ilave metalin birleştirme aralığına yayılması ve metalürjik bir bağ oluşturması ile meydana gelen birleştirme işlemine denir.

Sert lehimlemede birleşme yapısını etkileyen pek çok unsur bulunur. Lehimleme işleminde yüzey hazırlığı çok önemlidir. Lehimleme yapılırken işlem sonrası oluşabilecek olumsuzlukları bertaraf edebilmek için yüzeyde bir dizi temizlik işlemi yapmak oldukça fazla önem arz etmektedir. Aynı şekilde işlem sırasında ve işlem bittikten sonra yapılacak yüzey işlemleri birleştirme işlemi ve estetik açıdan çok kıymetlidir. Şekil 5.42 metal birleştirme yöntemlerinden lehimleme ile yapılan imalatı gösterir.



Şekil 5.42. Lehimleme ile kadro parçaları birleştirme (İmalat Süreci).

Kadro imalatında tercih edilen sert lehimleme prosesinin avantajları şöyle sıralanabilir. Sert lehimlemede parçaların birleştirildikten sonraki dayanımları da yüksektir. Birleşim yerinin titreşim ve darbe dayanımı iyidir. Tekniği uygulamak ve uygulama becerisini kazanmak kolay ve hızlıdır. Lehim alaşımının birleştirilecek metallerin ergime sıcaklığından daha düşük olması yüksek ısının neden olduğu deformasyonların önüne geçer. Lehimleme tekniği çoğu zaman diğer yöntemlere göre daha ekonomiktir. Birleşim bölgesinin estetik görünümü iyidir. Kullanılacak dolgu malzemesinin niteliğine göre ana metalin orijinal görüntüsüne yakın renkte birleşim sağlanabilir.

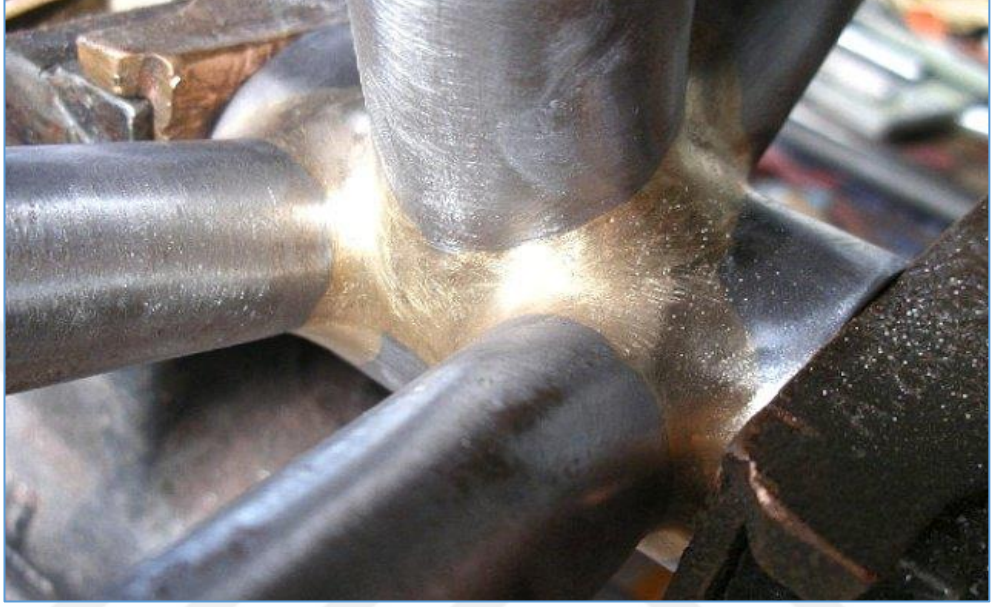
Kadro üretiminde sert lehimleme yapılırken kullanılan bazı metotlar bulunmaktadır. Bunlardan ilki 'Lug' diye tabir edilen, esasında manşon gibi davranan ve boruların bu malzeme içine yerleştirilip sonrasında birleştirildiği yöntemdir. Bu yöntem oldukça estetik ve hoş bir görüntü sağlamasının yanında yapıya ekstra bir sağlamlıkta katmaktadır. Bu yöntemde tasarımı yapıp modellenen kadro için çıkan parametrelere göre daha önce hazırlanan 'Lug' içine yine ilgili parametrelere göre hazırlanan borular lehimleme ile birleştirilir. Şekil 5.43'te örnek bir parça gösterilmiştir.



Şekil 5.43. Lehimleme ile imalatla kullanılan 'Lug' adlı parça örneği (URL-50).

Üretimde esneklik sağlayan kalıplanmış bir malzeme örneği Şekil5.43 ile gösterilmiştir. Kadro üretiminde sert lehimleme yapılırken kullanılan bir diğer metot

ise ‘fillet brazing’ metodudur. Bu yöntemde boruların birleşim yerleri kurtağzı dediğimiz, borunun uç kısmı birleştirileceği boru çapı ve açısına göre açıldıktan sonra lehimleme ile her iki borunun birbirine tüm yüzey boyunca birleştirilmesidir. Şekil 5.44 orta göbek borusuna dört parça borunun lehimleme yöntemi ile estetik ve sağlam bir şekilde birleştirilmiş bir örneğini göstermektedir.



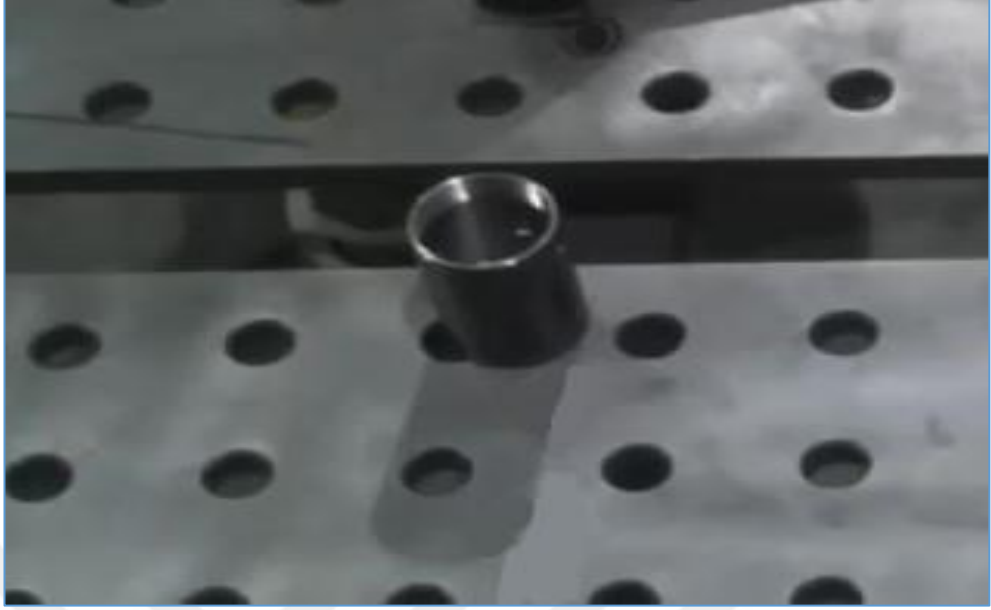
Şekil 5.44. Lehimlemede “Fillet brazing” metodu (URL-51).

Şekil 5.44 bir tür lehimleme ile birleştirme yöntemini göstermektedir.

5.7. Uygulamalı Olarak Kadro Tasarımı ve İmalat Aşamaları

Bu kısımda CAD ortamında tasarımı yapılan bir kadronun imalat aşamaları gösterilecektir. Kadro bilgisayar ortamında tasarlandıktan sonra esnek imalata imkan sağlayan kaynak fikstürü sayesinde üretime başlandı. Malzemelerden ilk olarak kılavuz işlemi uygulanacak olan orta göbek kısmı hazırlanır. Orta göbek borusu standartta yer alan ebatta testerede kesildikten sonra CNC tezgahta her iki tarafına da dış çekme işlemi uygulanır.

Şekil 5.45 orta göbek borusu tamamlanmış halini göstermektedir.



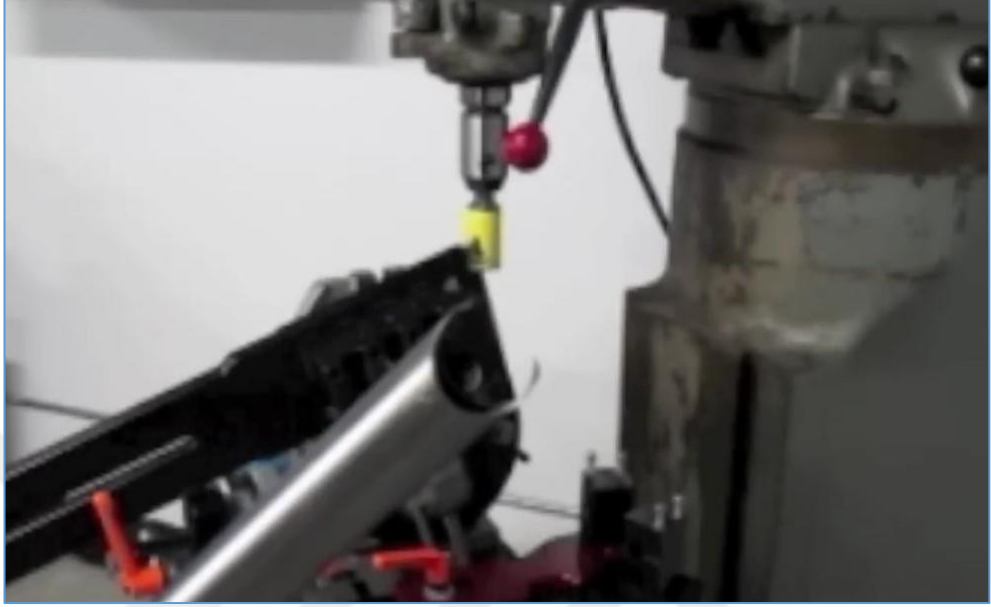
Şekil 5.45. Orta göbek borusu (İmalat Süreci).

Diğer hazırlık prosesi ise boru profillere uygulanan kaynaklı birleşim işlemlerinde birleşim noktalarının tam birleşmesini sağlamak için kurt ağzı açma işlemidir. Bu işlem yapılırken tasarım oldukça fazla önem arz etmektedir. Tasarımda hangi açı ile kesileceği belirlenen boru profiller boru çapına göre uygun ekipman yardımıyla işleme tabi tutulur. Şekil 5.46 boru kurt ağzı metodunu gösterir.



Şekil 5.46. Birleşim yerlerine kurt ağzı açılmış malzeme (İmalat Süreci).

Şekil 5.46 orta göbek borusuna kaynak edilecek olan koltuk borusu ve alt boru orta göbek boru çapına göre kesilmiştir. Şekil 5.47 boru profilin aparat sayesinde açılı olarak kaynak edilecek diğer borunun çapına göre kesilmesi işlemini göstermektedir.



Şekil 5.47. Kurt ağzı açma işlemi (İmalat Süreci).

Hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra fiksür üzerinde ana üçgeni oluşturan parçalar aparatlar vasıtasıyla sabitlenir. Şekil 5.48 puntalanmış kadro halidir.



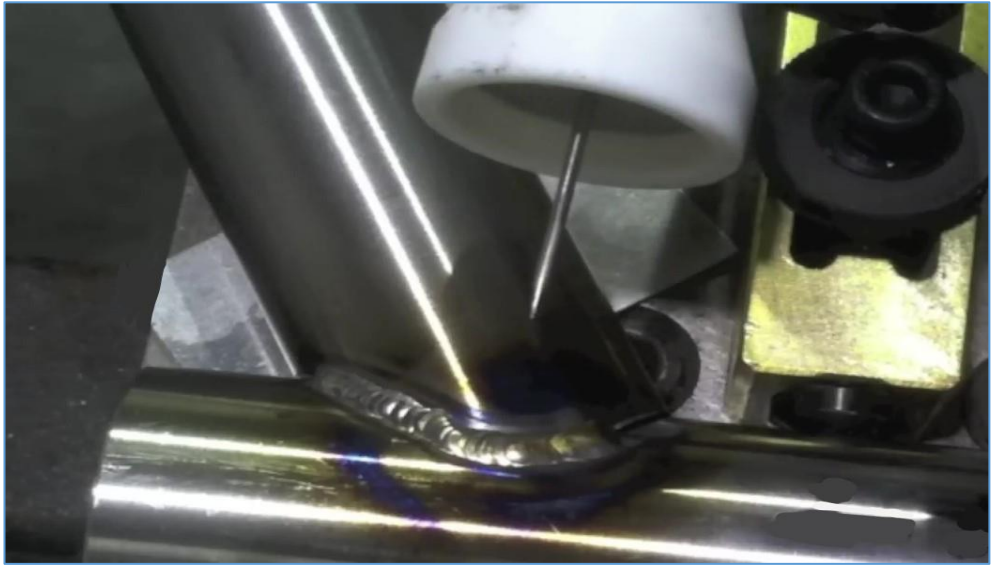
Şekil 5.48. Ana üçgen sabitleme işlemi (İmalat Süreci).

Şekil 5.48 parçaların sabitlendikten sonra kaynak puntalama yapılmış hali görülmektedir. İmalat sürecinde kaynaklı birleştirme yöntemi olarak TIG kaynak metodu kullanıldı ve süreç boyunca bu metot ile devam edildi. Şekil 5.49 TIG kaynağı ile fıkstürde birbirine sabitlenmiş parçaların punta yapılarak tutturulmasını göstermektedir.



Şekil 5.49. Kaynak punta işlemi (İmalat Süreci).

TIG kaynağı yapısı ve kullanım şekli itibariyle bu tür birleştirme noktalarında oldukça fazla kaynak esnekliği, müdahale etme kolaylığı sağlamaktadır. Şekil 5.50 TIG metodunun uygulamasını göstermektedir.



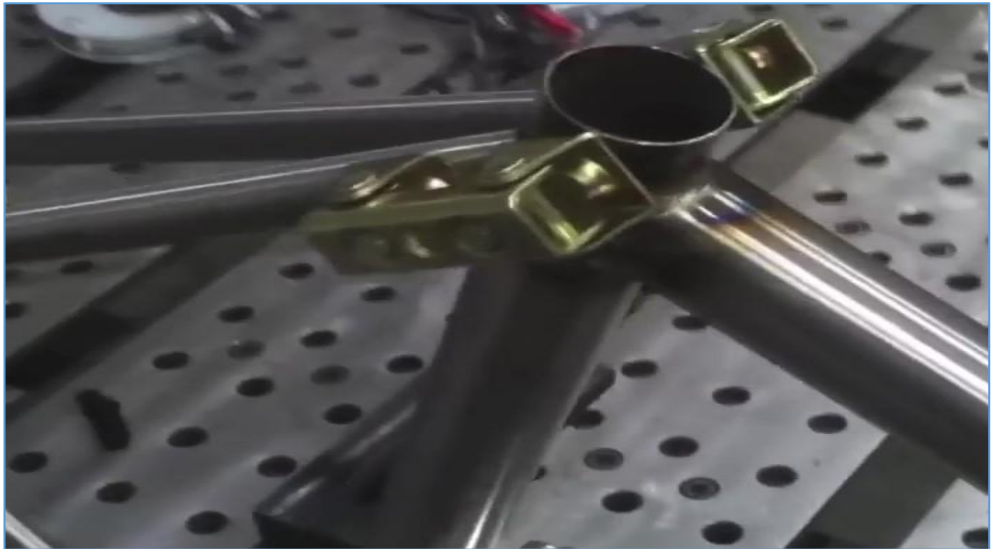
Şekil 5.50. TIG kaynak işlemi (İmalat Süreci).

Şekil 5.50’de görüldüğü üzere çanak koruyucu gazı ortama sağlarken iğne kısmı ışıını malzemeye tatbik etmektedir. Ana üçgen tamamlandıktan sonra arka üçgen bağlantıları bir bütün halinde sırası ile yapılmaya başlanır. Zincir boruları Şekil 5.51’de gösterildiği gibi orta göbek borusuna kaynak edilmek üzere sabitlenir.



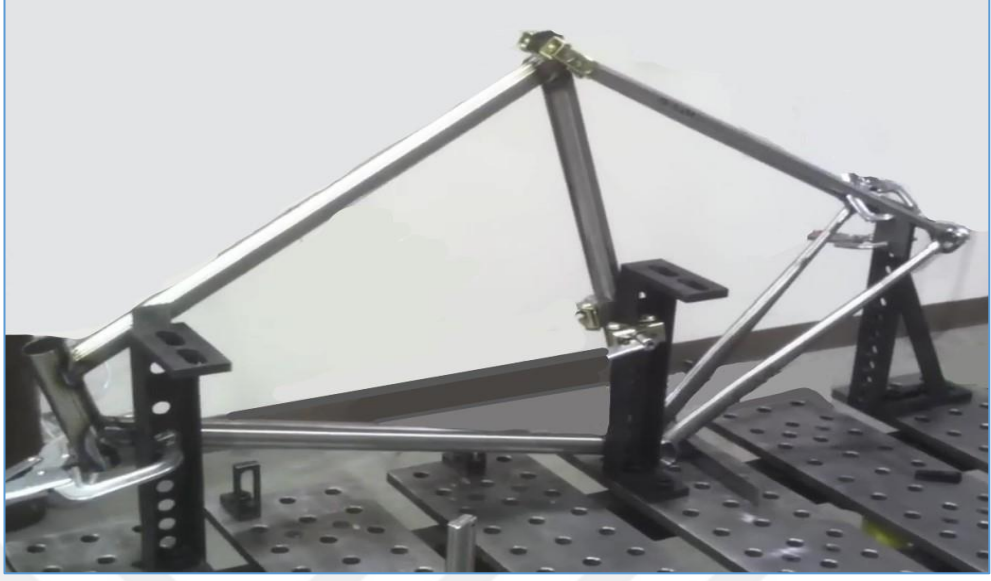
Şekil 5.51. Orta göbek borusu bağlantıları (İmalat Süreci).

Zincir boruların diğer ucu ise arka tekerlek bağlantısı yapılacak yere belirlenen ölçü nispetinde boşluk olacak vaziyette aparatlar vasıtasıyla kılavuzlanır. Ardından arka koltuk boruları koltuk borusuna ve arka tekerlek bağlantı aparatına sabitlenir. Şekil 5.52 arka koltuk borularının koltuk borusuna sabitlenmiş halini göstermektedir.



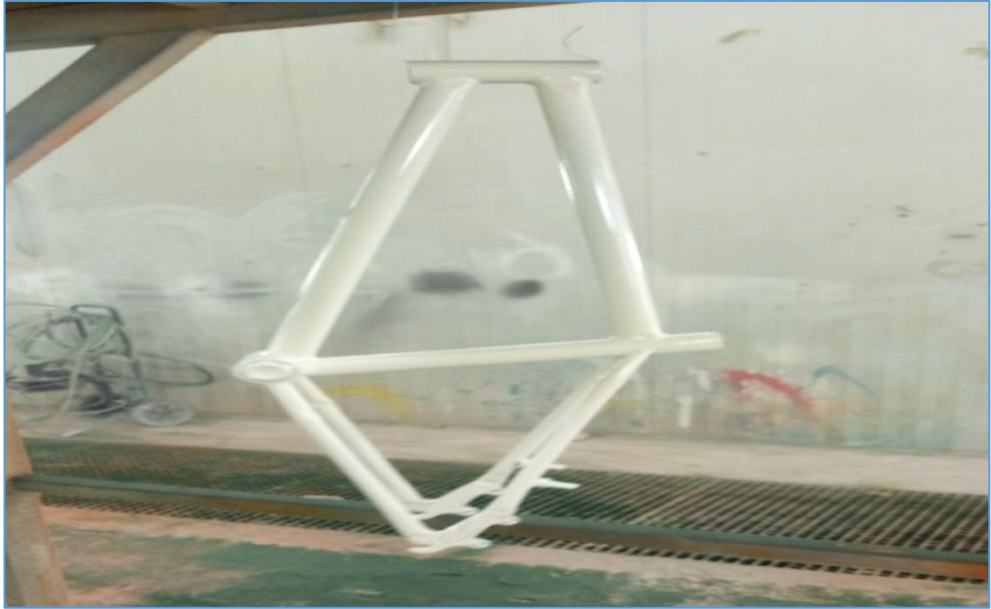
Şekil 5.52. Arka koltuk boruları ve koltuk borusu bağlantıları (İmalat Süreci).

Bisiklet kadrosunun fiksör üzerindeki tamamlanmış hali Şekil 5.53’de gösterilmiştir.



Şekil 5.53. Kadro kaynaklı işlemleri tamamlanmış hali (İmalat Süreci).

Arka üçgen kısmının kaynaklı birleştirme işlemleri de yapıldıktan sonra kullanılacak fren türüne göre diğer malzemelerde kaynak edilir. Şekil 5.54 boyanmış kodroyu göstermektedir.



Şekil 5.54. Kadro boya süreci (İmalat Süreci).

Tüm kaynaklı birleştirme işlemlerinden sonra temizlik işlemlerine geçilir. Detaylı temizlikten sonra boya hazırlığı yapılır ve ardından boya süreci tamamlanır.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Termodinamik anlamda ekserji; belli bir başlangıç halden çevreyle denge haline gelirken, sistemden elde edilebilecek yararlı iş olarak tanımlanır (Çengel ve Boles, 2006). Diğer yandan, tersinir bir süreç sonunda çevre ile sistemin denge haline gelmesi durumunda elde edilebilecek maksimum iş miktarıdır (Rosen ve Dincer, 2001; Üçgül ve Koyun, 2004). Daha yaygın şekliyle ifade edilecek olursa, enerjinin kullanılabilir kısmına ekserji denilebilir. Ekserjinin analizi, enerjideki iş yapabilme kalitesini (nitelik) ve potansiyelini (nicelik) belirleyerek enerjinin kullanılmayan kısmının ve tersinmezliklerin sebep olduğu kayıpların sistemin neresinde ve ne miktarda olduğunu saptayan analizdir (Çengel ve Boles, 2006; Fartaj, 1991; Song vd., 2002; Korobitsyn, 1998). İnsan vücudunun termodinamik çözümlemesi oldukça karmaşıktır. Vücudun kendi içinde ve çevresi ile etkileşiminde fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok olay meydana gelmektedir. Bisiklet kadro tasarımının enerji ve ekserjiye olan etkileri ise oldukça karmaşık hesaplamalar gerektirir. Örneğin, alınan besinlerin vücuda enerji sağlaması esnasında enerji geçişi ile birlikte terleme ve solunum ile kütle geçişi de meydana gelir. İnsan vücudunu termodinamik olarak açık bir sistem olarak değerlendirmek daha gerçekçidir. Diğer taraftan kütle geçişiyle aktarılan enerji miktarını belirlemek çok zordur. Kütleyle geçen enerji bu sebeple salt enerji geçişi olarak kabul edilebileceği için insan vücudu kapalı sistem olarak incelenir (Çengel ve Boles, 2015).

İnsanların enerji ve kalori ihtiyaçları vücut büyüklüğü, hareket düzeyi, cinsiyet, sağlık durumu ve yaşına göre değişir. Dolayısıyla vücuttaki enerji ve ekserji değişimleri de farklı olacaktır. Biyolojik sistemler termodinamik olarak denge halinde değildirler. Bu nedenle çözümlemelerini yapmak karmaşık olmaktadır. İnsan vücudundaki her bir hücrede her an kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmekte ve sonucunda bazı moleküller bozulurken bazıları oluşmakta ve enerji açığa çıkmaktadır. Bu yüksek düzeydeki kimyasal etkinliğe metabolizma adı verilir. Başka bir deyişle metabolizma, besinlerin yakılarak enerjiye dönüştürülmesidir. Metabolizma hızı ise vücudun birim zamanda enerji tüketimi olarak değerlendirilebilir. 30 yaşında 1.8 m² vücut yüzey alanına sahip 70 kg ağırlığında bir erkeğin çevreye verdiği enerji 84 W (Joule/saniye) olacaktır (Çengel ve Boles, 2015).

MET (Metabolic Equivalent of Task) yani metabolik eşdeğer, vücudunuzun enerji harcamasını ölçmenin bir yoludur (URL-52). Diğer bir deyişle yapılan fiziksel aktivitenin enerji değerinin ifadesidir. Dinlenme halinde vücudun kilogram başına yaklaşık 3.5 ml oksijen tüketimine 1 MET denilmektedir (URL-53). Uluslararası düzeyde kabul gören sınıflandırmaya göre; hafif şiddette her aktivite 3 MET altı, orta şiddette her aktivite 3 ile 6 MET arası ve 6 MET ile daha fazla olan her aktivite de yüksek şiddette fiziksel aktivite olarak değerlendirilmektedir (URL-53). Bir aktivitenin MET değerini bilmek, egzersiz sırasında kaç kalori yaktığınızı hesaplamada da yardımcı olmaktadır (URL-52). Kısacası MET (metabolik eşdeğer) yüksek şiddette fiziksel bir aktivite sırasında kişinin vücuttaki her bir kilogram kütle için dakikada 8-10 kalori yakacağı anlamına gelir.

Belli bir vücut kütlesine sahip bir birey için bisiklet sürme aktivitesinin belirli bir periyotta ne kadar enerji tüketimine karşılık geldiğini yaklaşık olarak metabolik eşdeğer (MET) yardımıyla tespit edip hesaplamalarda kullanacağız. Bisiklet sürme yüksek şiddette fiziksel aktivite olarak değerlendirilmektedir ve MET değeri yaklaşık olarak 8 birim olarak kabul edilmektedir. Bu durumda 70 kg kütleyle sahip bireyin saatte yaklaşık 588 kalori harcadığı varsayılacaktır (URL-54). Ayrıca ekserji değişimini insan vücudu için hesaplamak karmaşık olduğundan ihtiyaç duyulan ek bilgiler şöyle olacaktır. Öncelikle sistemin enerji girdileri ve çıktılarına bakılacaktır. Vücut sıcaklıkları ve basınçları da dahil olmak üzere sürücünün ilk ve son durumları arasındaki fark çok fazla olmayacağından ihmal edilmiştir. Ortam sıcaklığı ve basıncı gibi çevresel koşullar göz önünde bulundurulmuştur.

Sürücünün bisiklet kullanımındaki enerji ekserji değişimlerini birden fazla durumu inceleyerek değerlendirilmiştir. Bu durumları incelemeden önce, fiziksel durumların yanında (sürücü ve bisiklet ağırlığı gibi) tasarım gibi özelliklerin sürüşe kattığı tüm özellikleri hatırlamakta fayda vardır. Örneğin aerodinamik olarak iyi tasarlanmış bir kadro sürücüye birden fazla avantaj sağlayacaktır.

İlk olarak yokuş aşağı gidilen durum değerlendirildiğinde, yokuş aşağı bir yolda bisikletçinin potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür ve bu sayede bisikletçi hızlanır. Bu süreçte enerji üretimi yoktur ve dolayısıyla enerjinin korunumu ilkesine aykırılık yoktur (Cengel ve Boles, 2011). Burada, sürücünün hareketi sağlamak için çevirdiği pedalların bağlı olduğu mil üzerinde gerçekleşen iş hesaplanabilir.

Düz bir yolda giden sürücünün ise yer değiştirme ve hareketi sağlamak için pedal çevirmesi gereklidir. Pedal çevirme hareketi esnasında orta göbekte yataklanmış olan rulmanlar sayesinde aynakol denilen parça üzerindeki dişli mekanizma dairesel hareketi sağlar. Dişli üzerinde ve dişliye bağlı zincir hareketi arka tekerlek üzerindeki dişli sistemine aktarır ve sürtünme kuvvetini yenen tekerlek hareket etmeye başlar. Denklem 1.1 hareket ile meydana gelen kinetik enerjiyi gösterir. W_i , kinetik enerjiyi, m , kütleyi v , hızı ifade eder.

$$W_i = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \quad (6.1)$$

Denklem 1.2 ortalama güç hesabını gösterir. $\dot{W}$, gücü, W_i , kinetik enerjiyi, t zamanı ifade eder.

$$\dot{W}_i = \frac{W_i}{\Delta t} \quad (6.2)$$

70 kg kütleye sahip bireyin saatte yaklaşık 588 cal harcadığı varsayımı ile hesaplamalar yapılmıştır (URL-54). Bireyin bisiklet kullandığı esnadaki enerji ve ekserji değişimleri birçok değer ihmal edildiği takdirde ancak gözlemlenebilir. Çalışmada bireyin vücudundaki enerjinin tüketimi ve yaptığı işler sonucu ortaya çıkan enerji miktarları yaklaşık olarak hesaplanıp ekserji değişimi incelenmiştir. Bireyin ekserji değişimi ilk olarak standart bir kadroya ve standart ekipmanlara sahip bisiklet üzerinde incelendi. Ardından tasarım yapılmış ve ağırlığı standart kadroya göre bir kilogram daha azaltılmış kadro ve yine standart ekipmanlara sahip kadro üzerinde incelenmiştir. Denklem 1.3 ekserji değişiminin bir ifadesini göstermektedir.

$$Ex_{ilk} - Ex_{son} = \Delta Ex_{sistem} \quad (6.3)$$

Çizelge 6.1’de yapılan hesaplamada çıkan enerji miktarları bireylerin bisikleti bir dakika boyunca sürmesi için gerekli enerji miktarının yaklaşık olarak hesaplanması ile elde edilen sonuçlardır. Kinetik enerji hesaplanırken sürücü ve bisikletin toplam ağırlığı kullanılmıştır. Çıkan sonuç tabloda kinetik enerji olarak gösterilmiştir. Sürücünün bisikleti kullandığı bir dakika boyunca vücudunda meydana gelen enerji değişimi ise metabolizma işi olarak tabloda gösterilmiştir. Toplam enerji değişimleri her durum için değerlendirilip ekserji değişimi tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Kütle değişiminin ekserjiye etkisi

Sürücü Kütlesi (kg)	Bisiklet Kütlesi (kg)	Toplam Kütle (kg)	W (J) (KE)	W (J) (Metabolizma)	W (J) (Toplam)	Ex (J)
70	8	78	433	41	474	6
	9	79	439		480	
80	8	88	489	47	536	5
	9	89	494		541	
90	8	98	544	53	597	6
	9	99	550		603	

Sürücünün kütlesine göre vücudunda meydana gelen enerji tüketimi bisiklet sürme aktivitesinin MET değeri referans alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. 70 kg kütleyle sahip birey saatte yaklaşık 588 cal harcarken, 80 kg kütleyle sahip birey 672 cal, 90 kg kütleyle sahip birey ise 756 cal enerji harcamaktadır. Kinetik enerji hesaplanırken toplam kütle ve sürücünün bisikleti durma noktasından 12 km/s hıza çıkardığı durum referans alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu sonuçlar yalnızca fiziksel enerjinin hesaplanması ile elde edilmiştir. Bisiklettaki bir kilogram kütle eksilmesinin ekserji değişimine dakikadaki etkisi yaklaşık 6 [J] olarak hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken MET (metabolik eşdeğer) hesabına göre sürücü kütlelerindeki değişime göre vücutlarında meydana gelen enerji tüketimi dakika başına hesaplanarak tabloya dahil edilmiştir. Böylece sistemin yararlı iş potansiyeli tasarım ve malzeme seçimi ile azaltılan 1 [kg] için 6 [J/min] olarak hesaplanmıştır. Ekserji enerjinin bütün türleri için ifade edilebilen bir özellik olarak nitelenebilir. Sistem içindeki farklı enerji potansiyelleri dikkate alındığında sistemin toplam ekserjisi belirlenebilir. Bir sistemin çevresiyle dengede olup olmadığı durumu incelenirken birden çok faktör göz önünde bulundurulur. Örneğin; termal, mekanik ve hatta kimyasal olarak denge unsurları gözlemlenir. Bu sebeple, bisiklet kullanan bir bireyin enerji ve ekserji durumlarını incelemek tüm bu faktörleri inceleyerek mümkün olabilir. Kimyasal ekserji bu sebepten dolayı elde edilecek fazla iş miktarı çevreyle kimyasal dengeye ulaşıncaya kadar devam eder. (Çengel ve Boles, 2006; Rakopoulos ve Giakoumis, 2006). Yalnızca kimyasal denge bile sağlanana kadar iş elde edilmeye devam edilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma dünyada üzerine sayısız araştırma bulunan ve hala geliştirilmeye devam edilen bisiklet ile ilgilidir. Bisiklet kadrosunun yapısal özellikleri, tasarımı ve kadronun enerji-ekserji üzerine etkileriye pek fazla incelenmemiştir. Bisiklet kadrosu tasarımının sporcuların performansları üzerine tesiri bile başlı başına bir çalışma konusudur. Ülkemizde amatör sporcular üzerinde yapılan deneysel çalışmalar tasarımın bireyler üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur (Yavuz, 2021). Çalışmamızda bisiklet kadrosunda meydana gelen 1 [kg]'lık değişimin 6 [J/min]'luk yararlı iş potansiyeline dönüştüğünü gözlemleyerek, bisiklette ekserji verimliliği literatüre eklenmiştir. Çalışmamızda bisikletin gelişimi kısaca özetlendikten sonra bileşenleri hakkında bilgiler verildi. Kişiye özel tasarımın önemi gösterildi. CAD programı üzerinde bir tasarım modellendi ve buna ilave olarak dünyada çokça bilinen, üretim esnekliği sağlayan ve kadro imalatında kullanılan bir fikstür de CAD ortamında modellenmiştir. Tarihi gelişim süreci içerisinde ve güncel olarak bisiklet kadrosu imalatında kullanılan malzeme türleri ile ilgili bilgilere ilave olarak karşılaştırmalara da yer verilmiştir. Kadro imalatının önemli bir aşaması olan metal birleştirme yöntemleri çalışmamızda anlatılırken bir de uygulama yapılmıştır. Yapılan uygulamada malzeme olarak çelik kullanılmış, kaynaklı birleştirme yöntemlerinden TIG kaynağı uygulanmıştır. Araştırma sonuçları yalnızca fiziksel enerji değişimine bakılarak yapılan ekserji hesabında bile ağırlık değişimlerinin etkilerini göstermiştir. Malzeme seçiminin de kadronun yapısı için oldukça önemli olduğu görülmüştür. Malzemeler incelendiğinde titanyumun avantajları yanında dezavantajları olduğu da görülmektedir. Malzeme tedariki ve işleme maliyetleri en büyük zorluktur. Kaynaklı birleştirme işlemlerinin neredeyse oksijensiz ortamda yapılması da ayrı bir konudur. Titanyum ve alüminyum malzemeler ile çelik arasındaki özgül ağırlık farkının imalat esnasında doğru rijitlik/esneklikte bir kadro yapmak için ağırlığa yansımadığını çoğu zaman görmekteyiz.

Bu çalışma ülkemizde yeni bir disiplinler arası alan olan spor teknolojileri üzerine yapıldı. Bisiklet kadrosu hakkında olan bu çalışma tüm spor dallarında kullanılan ve mühendislikle ilişkili tüm makine ve ekipmanlar üzerine yapılacak araştırmalara örnek teşkil etme, model olma yönünden öncülük edecektir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bisiklet kadrosunun kişiye özel olarak yapılmasını sonuçlar ışığında önermekteyiz.

KAYNAKLAR

- Alpkökin, P. ve Elbeyli, Ş., 2012. Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Konumu Ve Şehirler İçin Bisiklet Ulaşımı Planlaması: Sakarya Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Ashby, M., 1999. Material Selection Guidelines, Composites Manufacturing Materials, Product, and Process Engineering, Cambridge University, UK.
- Bingöl, Y.C., 2008. Karbon-fiber takviyeli polimer matriksli kompozit bisiklet kadrosu üretimi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bourlett, C., 1898. Traité des Bicycles et Bicyclettes, Gauthier-Villars, Paris, Fransa.
- Budynas, R.G. and Nisbett, J.K., 2011. Shigley's Mechanical Engineering Design, Print 6, McGraw-Hill, New York, USA.
- Cengel, Y. A. ve Boles, M. A., 2015. 'Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla', (çev. Ali Pınarbaşı), Yedinci Baskıdan Çeviri.
- Cengel, Y. A. and Boles, M. A., 2011. Solutions Manual for Thermodynamics: An Engineering Approach Seventh Edition McGraw-Hill, New York.
- Cengel, Y. A. and Boles, M. A., 2006. Thermodynamics: An Engineering Approach, Fifth Edition, McGraw-Hill, New York.
- Fartaj, S.A., 1991. Analysis of thermal systems using entropy balance method, PhD Thesis, Kansas State University, Manhattan-Kansas.
- Franke, G. and Suhr, W ., 1990. An advanced model of bicycle dynamics, Eur. J. Phys., 11,2, 116-121.
- Getz, N.H., 1994. Control of balance for a nonlinear nonholonomic nonminimum phase model of a bicycle, Proc. Amer. Control Conf.,148-151.
- Gülen E., 2007. Ergonomik Ölçütlerin Bisiklet Performansındaki Yeri ve Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Haake, S., 1999. Sports Engineering. 17th International Symposium on Biomechanics in Sports.
- Jenkins, P.E., Plaseied A. and Khodae M., 2010. 'UCD Sports Engineering Program' 8th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA), Procedia Engineering 2, 2757-2762.
- Kocabıyık, E., 2004. Engineering concepts in industrial product design with a case study of bicycle design, Master's Thesis, Izmir Institute of Technology, Industrial Design, Izmir.

- Korobitsyn, M.A., 1998. New and advanced energy conversion technologies analysis of cogeneration, combined and integrated cycles, PhD Thesis, University of Twente, Enschede-Netherlands.
- Neimark, I.U.I. and Fufaev, N.A., 1972. Dynamics of Nonholonomic Systems, American Mathematical Society, Rhode Island.
- Rakopoulos, C.D. and Giakoumis, E.G., 2006. Second-law analyses applied to internal combustion engines operation, Progress in Energy and Combustion Science, 32, 2-47.
- Rankine, W.J.M., 1869. On the dynamical principles of the motion of velocipedes, Engineer.
- Rosen, M. A. and Dincer, I., 2001. Exergy as the confluence of energy, Environment and Sustainable Development, International Journal of Exergy, 1-11.
- Sharp, A., 2003. Bicycles and Tricycles: A Classic Treatise on Their Design and Construction, Dover, New York, USA.
- Song, T.W., Sohn, J.L., Kim, J.H., Kim, T.S. and Ro, S.T., 2002. Exergy-based performance analysis of the heavy-duty gas turbine in part-load operating conditions, International Journal of Exergy, 2, 105-112.
- Taha, Z., Hassan, M.H.A., Majeed, A.P.P.A., Aris, M.A. and Sahim, N.N., 2014. An Overview Of Sports Engineering: History, Impact And Research, Movement Health & Exercise.
- Tanç, G., 2014. Elektrikli Bisikletler İçin Fırçasız Doğru Akım Motoru Tasarımı Ve Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taner, T. ve Sivrioglu, M., 2015. Energy exergy analysis and optimisation of a model sugar factory in Turkey. Elsevier Energy 93, 641-654.
- Tozkoparan, K.E., 2022. Bisikletçilerin Hareket Yakalama Teknolojisiyle Elde Edilen Gerçek Zamanlı Verilerinin Antropometrik Ölçümler ile Kinematik Analizi Ve Biyomekanik Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- URL-1<<https://diyadinnet.com/bilgi-1284-bisiklet/>> Erişim tarihi:21.02.2023
- URL-2<[https://bilimgenc.tubitak.gov.tr / makale / bisiklet kim ne zaman icat etti](https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/bisiklet-kim-ne-zaman-icat-etti)> Erişim tarihi: 27.12.2022.
- URL-3<[https:// de. wikipedia.org / wiki / Draisine](https://de.wikipedia.org/wiki/Draisine)> Erişim tarihi: 15.12.2022.
- URL-4<[https:// tr.wikipedia.org / wiki / Bisiklet](https://tr.wikipedia.org/wiki/Bisiklet)> Erişim tarihi: 15.12.2022.
- URL-5<[https://www.istockphoto.comtr vekt % C3 % B6r bisiklet - tC3BCrleri simge seti gm 12 53239527 - 365929106](https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/bisiklet-t%C3%BCrleri-simgesi?set=gm1253239527-365929106)> Erişim tarihi: 16.12.2022.

URL-6<<https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/bicycle-types-icons-set-simple-illustration-gm1409895681-460285147>> Erişim tarihi: 16.12.2022.

URL-7<<https://www.rencycles.com/bike-fit>> Erişim tarihi: 20.12.2022.

URL-8<<https://bisiklopedi.com/madde/bisikletin-bolumler>> Erişim tarihi:20.12.2022

URL-9<<https://www.bisikletliler.org/bilgi-bankasi-faydali-bilgiler-teknik/>> Erişim tarihi: 21.12.2022

URL-10<<http://www.roadbikebros.com/measure-sit-bones-width-bike-saddle-home/>> Erişim tarihi: 21.12.2022.

URL-11<<https://sporium.net/bisiklet-parcalarini-taniyalim>> Erişim tarihi:26.12.2022

URL-12<<https://averagejoecyclist.com/complete-guide-bike-frame-size/>> Erişim tarihi:04.01.2023

URL-13<<https://www.cyclingabout.com/understanding-bicycle-frame-geometry>> Erişim tarihi:04.01.2023

URL-14<<https://gravelo.ru/parametry-ramy/>> Erişim tarihi:28.02.2023

URL-15<<https://bikestore.com.tr/bisiklet-ayarlari-ve-dogru-oturus-pozisyonu>>Erişim tarihi:28.02.2023

URL-16<<https://i.pinimg.com/1200x/c6/34/ef/c634ef47098b48f79d79dca25a894f155.jpg>> Erişim tarihi:28.02.2023

URL-17<<https://www.core77.com/posts/24937/3d-printed-bike-porn-ralf-holleisscar-bon-fiber-vrz-2-track-with-titanium-lugs-and-dropouts-24937>> Erişim tarihi:28.02.2023

URL-18<<https://www.chopsource.com/basic-bicycle-frame-jig-kit-welding-jig-fixture.html>> Erişim tarihi:28.02.2023

URL-19<<https://bikestore.com.tr/cocuk-bisikletleri>> Erişim tarihi:28.02.2023

URL-20<<https://www.excitebikes.com/bikesize>> Erişim tarihi:28.02.2023

URL-21<<https://www.twowheelingtots.com/kids-bike-sizes-guide-and-trick-to-finding-the-best-fit/>> Erişim tarihi:09.01.2023.

URL-22<<https://www.bicycle-guider.com/bike-articles/bike-size-chart/>> Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-23<<https://www.nbx bikes.com/images/library/>>Erişim tarihi:09.01.2023.

URL-24<<http://newalbioncycles.com/privateer1>> Erişim tarihi:10.01.2023.

URL-25<<https://www.lastazionedellebiciclette.com/ categoria -rodotto / biciclette /bicicltte - turismo - avventura /page/2 />> Erişim tarihi:10.01.2023.

URL-26<<https://www.todomountainbike.net / bicicletas / trek - top - fuel - 2016>> Erişim tarihi:12.01.2023.

URL-27<<https://ugurlucelikboru.com/ urunlerimiz / dikisli - celik - cekme - borular - celik - cekme - borular. html / >> Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-28 <https://en.wikipedia.org/wiki/41xx_steel/> Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-29<<https://tr.aliexpress.com/ item /1956391643.html>>Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-30<<https://www.youtube.com/watch?v=8QlijxM9fA>>Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-31 <<https://ozmetalbukum.com/siteler-kurtagziacma/>>Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-32<<https://www.youtube.com/watch?v=yftSiutVqM>>Erişim tarihi:28.02.2023.

URL-33<<http://www.metosanmuhendislik.com/urunlerimiz/sac-metal-kalip/>> Erişim tarihi:01.03.2023.

URL-34<<https://turkish.alibaba.com/product-detail/YXH-Stainless-steel-pipe-taperin-g-machine-60745277072.html>> Erişim tarihi: 01.03.2023.

URL-35<<https://turkish.alibaba.com/ product - detail / Factory - Price - Tube - Ss - Metal - Tapering - 1600518913971. html>> Erişim tarihi: 01.03.2023.

URL-36<https://www.bidolumakina.com/ ikinci - el / makina / sac - isleme - makinalari / boru - bukme / linda - pbm - 32 - boru - ve - profil - bukme - makinesi _ i428> Erişim tarihi: 01.03.2023.

URL-37<<https://www.ozceylanbisiklet.com/ urun /unior - 1697 - orta - gobek paso anahtar - seti - 1 - 37 - x 24 tpi>> Erişim tarihi: 01.03.2023.

URL-38<<https ://www.fairing.com/new-page-2>> Erişim tarihi: 06.03.2023.

URL-39<<https://totalmaterial.com/page >> Erişim tarihi:07.02.2023.

URL-40<<https://pubs.usgs.gov/pp/1802/t/pp1802t.pdf/>> Erişim tarihi:14.02.2023.

URL-41<<https://www.ga.gov.au/ education / classroom - resources / minerals - energy / australian - mineral - facts / titanium>> Erişim tarihi:14.02.2023.

URL-42<<https://www.mindat.org/photo-581178.html>> Erişim tarihi:13.02.2023.

URL-43<<https://muhendistan.com/ titanyum - nedir - kullanim - alanlari - nelerdir>> Erişim tarihi:13.02.2023.

URL-44<<https://cyclingtips.com/2018/01/how-carbon-fibre-bicycle-frames-are-made/>> Erişim tarihi:16.02.2023.

URL-45<<https://www.dostkimya.com/tr/urunler/prepreg-sistemler/kompozit-malzemeler/prepreg-sistemleri>> Erişim tarihi: 06.03.2023.

URL-46<<https://xuongxetamduc.com/blog/tin-tuc/vat-lieu-carbon-trong-che-takhung-gxe-dap>> Erişim tarihi: 06.03.2023.

URL-47<<https://gerardcycles.com/its-all-aboutthemolding>> Erişim tarihi:06.03.2023.

URL-48<<https://www.youtube.com/watch?v=VB1oBMg>> Erişim tarihi:06. 03.2023.

URL-49<<https://www.youtube.com/watchv=BP39XZLw>> Erişim tarihi:06. 03.2023.

URL-50<<https://brainybiker.com/lugged-vs-fillet-brazed-frames-comparison-analysis/>> Erişim tarihi: 06.03.2023.

URL-51<<https://www.missionbicycle.com/blog/bike-frames>> Erişim tarihi: 06.03.2023.

URL-52<<https://www.probiyotix.com/met-metabolik-esdeger-nedir-ve-nasil-hesaplanir/>> Erişim tarihi: 21.06.2023.

URL-53<<https://aktifyasam.org.tr/pdf/fiziksel-aktivite-arastirmasi-raporu.pdf>> Erişim tarihi: 21.06.2023.

URL-54<<https://www.fatsecret.com.tr/Diary.aspx?pa=aja>> Erişim tarihi: 21.06.2023.

Üçgöl, İ. ve Koyun, T., 2004, Silindirik yansıtıcı iki yüzeyli kollektörler ile düz yüzeyli kollektörlerin I. ve II. yasa verimliliklerinin irdelenmesi, Mühendis ve Makine Dergisi, 45,530.

Yang, S., Yang, Q. and Qian Y., 2013. A composite efficiency metrics for evaluation of resource and energy utilization. Science Direct Energy,13,455e62.

Yavuz G., 2021. Amatör erkek bisiklet sporcularında bisikletin bireysel uyumunun incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Mustafa ÖZTÜRK

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Erciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2006-2012

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Spor Teknolojileri Anabilim Dalı, 2021-...

MESLEKİ DENEYİM

1. Simmoto Motolux Fabrikası / 2022- Devam ediyor

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

6th International Conference on Advances in Mechanical Engineering 20-22 October 2021
İstanbul Turkey- Energy balance and exergy efficiency with the sample CFD program
of sport technologies- ref:20211816344.