

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL ALANLARDA KULLANILAN KARDAN ŞAFTLARIN
STATİK YORULMA TESTLERİ İÇİN HİDROLİK TEST DÜZENEGİ
TASARIMI

MAK. MÜH. SERCAN AKIN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ AYTAÇ MORALAR

TEKİRDAĞ-2019
Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL ALANLARDA KULLANILAN KARDAN ŞAFTLARIN STATİK YORULMA TESTLERİ İÇİN HİDROLİK TEST DÜZENEĞİ TASARIMI

Mak. Müh. Sercan AKIN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aytaç MORALAR

Bu çalışmada endüstriyel alanlarda kullanılan kardan şaftların radyal kuvvet altında ki davranışı ve statik yorulmaları incelenmek istenmiştir. Bu incelemeyi yapabilmek için gerekli olan test düzeneği tasarımı yapılmış ve imal edilmiştir. Bu test düzeneğinde pistonlarla elde edilen aksenal kuvvet radyal kuvvete çevrilmiştir. Kardan şaftın bir tarafı sabit mesnetlenerek tek taraftan farklı yönler de kuvvet uygulanıp statik yorulması incelenmiştir. Bu çalışmada DIN standartlarına göre üretilmiş olan çeşitli ölçülerde kardan şaftlar test edilip raporlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kardan şaft, statik yorulma, hidrolik test düzeneği

2019, Sayfa 46

ABSTRACT

MSc. Thesis

DESING OF HYDRAULIC TEST SYSTEM FOR CARDAN SHAFT STATIC FATIGUE TESTS USED IN INDUSTRIAL AREAS

Sercan AKIN

Tekirdag Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Aytaç MORALAR

In this study, it is aimed to investigate the behavior and static fatigue of the cardan shafts used in industrial areas under radial force. In order to carry out this examination, the design of the test device was made and manufactured. In this test arrangement, the axial force obtained by the pistons is converted into radial force. One side of the cardan shaft is fixed and the static fatigue is applied on one side. In this study, various sizes of cardan shafts produced according to DIN standards were tested and reported.

Keywords: Cardan shaft, fatigue test, hydraulic test device

2019, 46 Pages

ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanması esnasında değerli fikirleri ile beni yönlendiren ve birçok konuda yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Aytaç MORALAR'a, bana destek veren bölümümüz öğretim üyelerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Mak. Müh. Sercan AKIN

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL DİZİNİ	vi
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Şaftın Ana Elemanları	1
1.1.1 Flanşlı Çatal.....	1
1.1.2 Mafsalsal İstavroz	2
1.1.2.1 Dıştan segmanlı istavroz	3
1.1.2.2 İçten segmanlı istavroz	3
1.1.2.3 Civata bağlantılı mafsallar.....	4
1.1.2.4 Kepli mafsalsal istavroz.....	5
1.1.3 Tüp Çatal	6
1.1.4 Kayıcı Takım.....	6
1.1.5 Şaft Borusu	7
1.1.6 Ara Yatak – Askı Bilyesi.....	8
1.2 Şaftların İmalat Aşamaları.....	9
1.2.1 Döküm malzemedan üretim	9
1.2.2 Dövme Çelik.....	11
1.2.3 Talaşlı İşlem	12
1.2.4 Montaj	13
1.2.5 Kaynak.....	13
1.2.6 Balans	16
1.3 Şaftların Kullanım Alanları	17
1.4 Şaftlarda Meydana Gelen Arızalar	17
1.4.1 Mafsalsal İstavrozu Dağılması veya Kırılması.....	17

1.4.2 Askı bilyesi dağılması	19
1.4.3 Borunun veya kayıcı milin kopması veya burulması	20
2 LİTARATÜR ARAŞTIRMASI.....	22
3 MATERYAL ve METOT	25
3.1 Materyal.....	25
3.1.1 Hidrolik test düzeneği tasarımı.....	25
3.1.2 Test düzeneği elemanları.....	26
3.1.2.1 Hidrolik basınç ünitesi.....	26
3.1.2.2 Ana şase.....	26
3.1.2.3 Hidrolik piston.....	27
3.1.2.4 Kuvvet kolu	28
3.1.2.5 Plc sürücü	28
3.1.2.6 Basınç transmitteri.....	29
3.1.2.7 Encoder.....	30
3.1.2.8 Elektrik panosu	31
3.1.2.9 Sistemin kontrolü	32
3.2 Metot	34
3.2.1 Matematiksel modelleme	34
4 SONUÇ VE BULGULAR.....	39
4.1 1. Numune test sonuçları	39
4.2 2. Numune test sonuçları	42
5 KAYNAKLAR.....	45
6 ÖZGEÇMİŞ	46

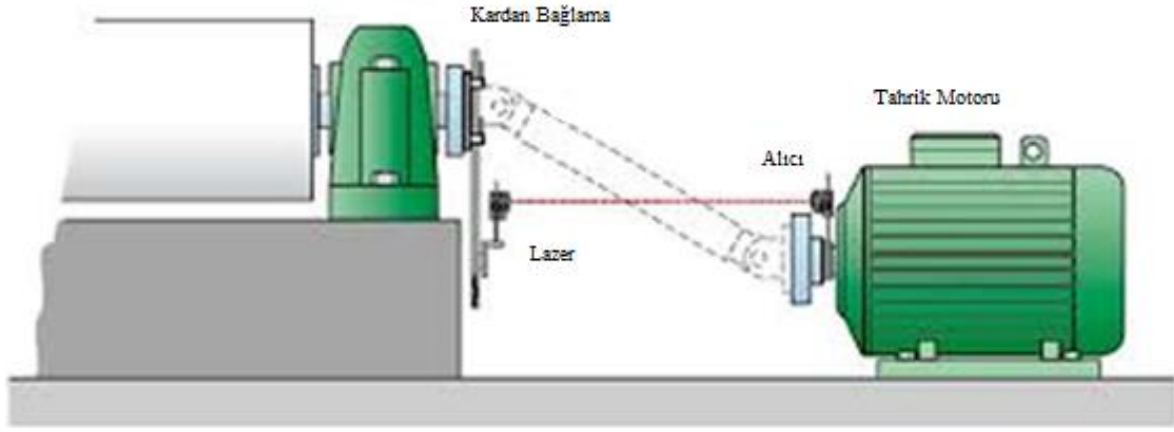
ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1 Açılı bağlanmış kardan şaft.....	1
Şekil 1.2 Flanşlı çatal	2
Şekil 1.3 Mafsal istavrozları.....	2
Şekil 1.4 Dıştan segmanlı istavroz ve montajı	3
Şekil 1.5 İçten segmanlı mafsal ve montajı	4
Şekil 1.6 Yandan civatalı mafsal istavrozu	4
Şekil 1.7 Üstten civatalı mafsal istavrozu	5
Şekil 1.8 Kep bağlantılı istavroz ve kepler	5
Şekil 1.9 Tüp çatal çeşitleri	6
Şekil 1.10 Kayıcı takım	7
Şekil 1.11 Kardan şaft boruları	8
Şekil 1.12 Askı Bilyesi.....	8
Şekil 1.13 Sfero döküm ile üretilmiş tüp çatal	10
Şekil 1.14 Döküm ile üretilmiş şaftlar	11
Şekil 1.15 Dövme ile üretilmiş parçalar.....	12
Şekil 1.16 Talaşlı işlem öncesi ve sonrası.....	12
Şekil 1.17 Mafsal istavrozu montajı.....	13
Şekil 1.18 MIG kaynağı şematığı.....	14
Şekil 1.19 Kardan şaftın MIG kaynağı ile kaynatılması	14
Şekil 1.20 Kardan şaftların sürtünme kaynağı ile kaynatılması.....	16
Şekil 1.21 Kardan şaftın balans işlemi	17
Şekil 1.22 Yağsızlık sonucunda mafsalın dağılması.....	18
Şekil 1.23 Mafsal istavrozu kırılması.....	18
Şekil 1.24 Askı bilyesinin dağılması.....	19
Şekil 1.25 Askı lastiğinin yırtılması	20
Şekil 1.26 Kopan şaft borusu	20
Şekil 1.27 Kayıcı milin kırılması	21
Şekil 1.28 Burulan şaft borusu	21
Şekil 3.1 Test düzeneği ön görünüşü	25
Şekil 3.2 Test düzeneği yan görünüşü.....	25
Şekil 3.3 Hidrolik güç ünitesi.....	26
Şekil 3.4 Ana şasi	27
Şekil 3.5 Hidrolik pistonlar	27

Şekil 3.6 Kuvvet kolu.....	28
Şekil 3.7 Plc controller.....	29
Şekil 3.8 Basınç transmitteri	30
Şekil 3.9 Encoder	30
Şekil 3.10 Elektrik panosu	31
Şekil 3.11 Giriş ekranı.....	32
Şekil 3.12 Grafik screen.....	33
Şekil 3.13 Tork ekranı.....	34
Şekil 3.14 Standart kardan şaft.....	35
Şekil 3.15 Burulma şekli	35
Şekil 4.1 1. numune.....	40
Şekil 4.2 Test başlangıcı.....	41
Şekil 4.3 Test esnasında basınç, açı ve tork grafikleri	41
Şekil 4.4 Kopma anında grafikler	41
Şekil 4.5 Kopma anı ana ekran.....	42
Şekil 4.6 Kopan 1. numune	42
Şekil 4.7 Test esnasında basınç, açı ve tork grafikleri	43
Şekil 4.8 Kopma anında basınç açı grafikleri	44
Şekil 4.9 Kopma anında ana ekran.....	44

1 GİRİŞ

Kardan şaft bir hareket kaynağında aldığı radyal hareketi başka bir organa ileten bir aktarma mekanizmadır. Bu hareket kaynağı endüstriyel alanlarda elektrik motoru, redüktör, hidromotor, pervane gibi sistemler olabilirken otomobillerde ise direk motor veya vites kutusu olabilmektedir. Kardan şaftın düz mil den farkı mafsallı istavrozlu bulundurmasıdır. Bu mafsallı istavrozlu, şaftın hareketi aldığı ve aktardığı sistemler arasındaki eksen kaçıklığını tolere etmesini sağlamaktadır. Böylece iki sistemin bir biri ile sorunsuz bir şekilde çalışabilmesine olanak sağlamaktadır. Şekil 1.1 de açısal olarak farklı iki eksendeki sistemlerin kardan şaft ile eş olarak çalışabilmesi gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Açılı bağlanmış kardan şaft

1.1 Şaftın Ana Elemanları

1.1.1 Flanşlı Çatal

Flanşlı çatal, mafsallı istavrozuna bağlanan bir ara elemandır. Standart şaftlarda iki adet bulunmaktadır. Şaftın iki ucunda, şaftın diğer elemanlar ile bağlantısını sağlamak için kullanılmaktadır. Merkezinde iki parçayı birbirine merkezleyen bir faturası ve yüzeyinde cıvata bağlantı delikleri bulunmaktadır. Döküm ve dövme çelikten üretilmektedirler. Şekil 1.2 de flanşlı çatala ait örnek bir gösterilmektedir.



Şekil 1.2 Flanşlı çatal

1.1.2 Mafsal İstavroz

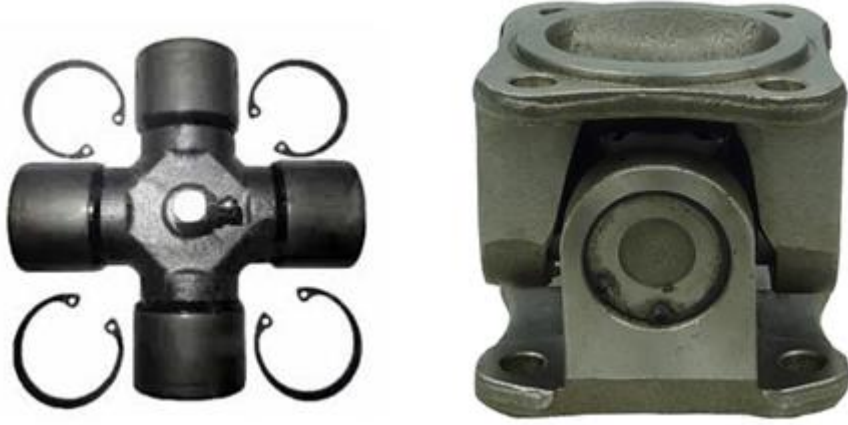
Mafsal istavrozunu şaftın ana elemanıdır. Şaftı düz bir boru ya da milden ayıran parçadır. Şafta açılı çalışabilme kabiliyeti katmaktadır. İsmi artı şeklinde olmasından almaktadır. Artı şeklinde, çelik ana gövde ve uçlarında masura rulmanlı4 fincandan meydana gelmektedir. Şekil 1.3 de mafsal istavrozlarının çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Mafsal istavrozları

1.1.2.1 Dıştan segmanlı istavroz

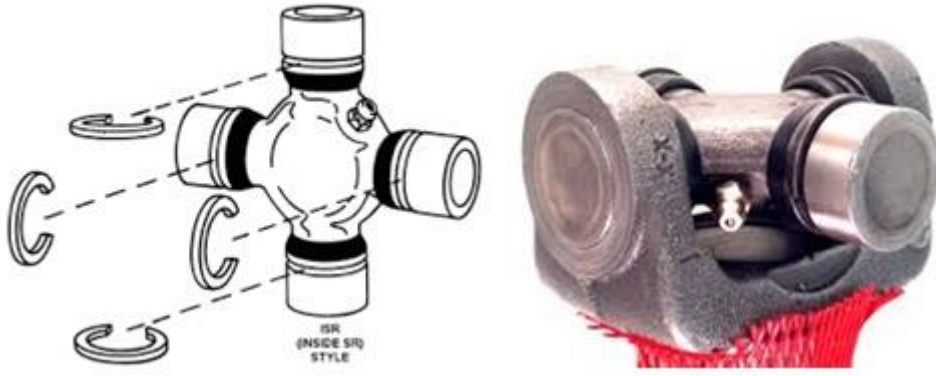
Mafsallı istavrozları, montaj şekillerine göre çeşitlilik göstermektedir. En yaygın olarak dıştan segmanlı istavrozlar kullanılmaktadır. Fincanlar yuvasına monte edildikten sonra üstüne segman takılarak monte edilmektedir. Genellikle Avrupa üretimi olan şaftlarda dıştan segmanlı mafsallar kullanılmaktadır. Şekil 1.4 de mafsallı ve montajı gösterilmektedir.



Şekil 1.4 Dıştan segmanlı istavroz ve montajı

1.1.2.2 İçten segmanlı istavroz

İçten segmanlı mafsallı istavrozun dıştan segmanlı mafsaldan tek farkı segmanları fincanların üstüne değil fincanlarda bulunan kanallara segman takılarak monte edilmesidir. Bu mafsallar genellikle Japonya, Güney Kore gibi uzak doğu üretimi şaftlarda kullanılmaktadır. Şekil 1.5 de mafsallı istavroz ve montaj hali gösterilmektedir.



Şekil 1.5 İçten segmanlı mafsal ve montajı

1.1.2.3 Cıvata bağlantılı mafsallar

Bu tip mafsallarda segman yerine monte etmek için cıvata kullanılmaktadır. Segmanlı mafsallara göre montaj ve demontaj işlemi daha basittir. Bu tip mafsallarda kendi arasında farklı çeşitler içermektedir.



Şekil 1.6 Yandan civatalı mafsal istavrozunu

Şekil 1.6 gösterilen yandan civatalı mafsal istavrozunu yüksek mukavemet özelliğinden genellikle ağır iş yapan makinelerde kullanılmaktadır. Fincan şekilleri cıvata delikli ve kamalıdır. Bu sayede cıvataya yük binmemektedir. Karmaşık yapısından dolayı ağır olması en büyük dezavantajını oluşturmaktadır.



Şekil 1.7 Üstten cıvatalı mafsal istavrozu

Şekil 1.7 de üstten cıvatalı mafsal istavrozu gösterilmektedir. Bu tip mafsalarda fincanların üstüne kaynaklanan saclara cıvata sıkılarak monte edilmektedir. Diğer mafsala göre daha hafif olarak üretilmektedir. Genellikle Amerikan ticari araçlarında kullanılmaktadırlar.

1.1.2.4 Kepli mafsal istavroz

Bu tip istavrozlar dıştan segmanlı istavroz ile aynıdır. Sadece segman yerine kep ve cıvatalar kullanılarak monte edilmektedir. İstavroz fincanının geçeceği bir yuva ve dıştan tutan bir tırnak mevcuttur. Fincanın üstünden cıvata ile sıkılan kepler sadece fincanın yerinden çıkmasını engellemektedir. Fincanların yuvalarında aşınma olmadığı sürece kep ve cıvatalara yük binmemektedir. Şekil 1.8 de kepler, cıvatalar ve montaj hali gösterilmiştir.



Şekil 1.8 Kep bağlantılı istavroz ve kepler

1.1.3 Tüp Çatal

Şaftın istavroza bağlanan bir diğer parçası ise tüp çataldır. Tüp çatal flanşlı çatala istavroz ile boruyu birbirine bağlayan parçadır. Genellikle kaynak yapıldığı için dökümden yapılmamakta, dövme çelikten üretilmektedir. Zirai şaftlarda kullanılan tüp çatalar ise dökme demirden üretilmektedir. Normal şaftlardan farklı olarak zirai şaftlarda hem kayıcı hem boru görevi gören profilli şaft boruları kullanılmaktadır. Borunun formu tüp çatal içerisine broş çekilerek açılmaktadır. Bu sayede tüp çatal boruya geçirilerek çelik pim ile boruya sabitlenmekte ve kaynak gerektirmemektedir. Şekil 1.9 da dövme tüp çatalar ve döküm çatal gösterilmektedir.



Şekil 1.9 Tüp çatal çeşitleri

1.1.4 Kayıcı Takım

Kayıcı, bir biri içinde rahatlıkla hareket edebilen bir mil ve karşıtı olarak bir kovana freze açılmasından oluşan dişi ve erkek kayıcı bütününe kayıcı takım denilmektedir. Bazı kardan şaftlar da özellikle otomotiv sektöründe kullanılanlar da kayıcı takım zorunlu olarak kullanılmaktadır. Kayıcı takım şaftta belirli ölçüde uzayabilme ve kısalabilme kabiliyeti kazandırmaktadır. Otomobillerde araç kasislerden geçerken, çukura girince veya yüklenince makas veya helezonlardan dolayı şanzıman ile diferansiyel arasındaki mesafe yani şaft mesafesi değişkenlik göstermektedir. Araçlarda kayıcı sistem kullanılmadığında araç bahsedilen bu durumlarda çalıştığında ya şaftın civatalarını koparmakta ya da diğer parçalarından birisini koparmaktadır. Kayıcı sistem araçların farklı çalışma şartlarında şaftların ömrünü uzatmak için kullanılmaktadır.

Endüstride kullanılan şaftlarda ise şaftın bağlantısını yaptığı sistemler sabit ise kullanılmayabilir. Ancak kullanılması şaftın montaj ve demontaj işlemini oldukça kolaylaştırmaktadır. Şekil 1.10 da kayıcı sistemin demontaj hali gösterilmektedir.



Şekil 1.10 Kayıcı takım

1.1.5 Şaft Borusu

Kardan şaftlarda yüksek mukavemet sağladığı için genellikle yüksek kalite dikişsiz çelik çekme boru kullanılmaktadır. Genellikle endüstriyel şaft kullanımlarında silindirik şaft borusu kullanılmaktadır. Ziraai makine uygulamalarında ise çeşitli şekillerde üretilen profilli borular kullanılmaktadır. Bu profilli borular aynı forma sahip ve birbiri içine girip çıkabilen iki adet borudan oluşmaktadır. Bu profil şekilleri limon, üç köşeli, dört köşeli ve beş köşeli olabilmektedir. Şekil 1.11 de farklı profillerde üretilmiş şaftlara ait örnek resimler gösterilmektedir.

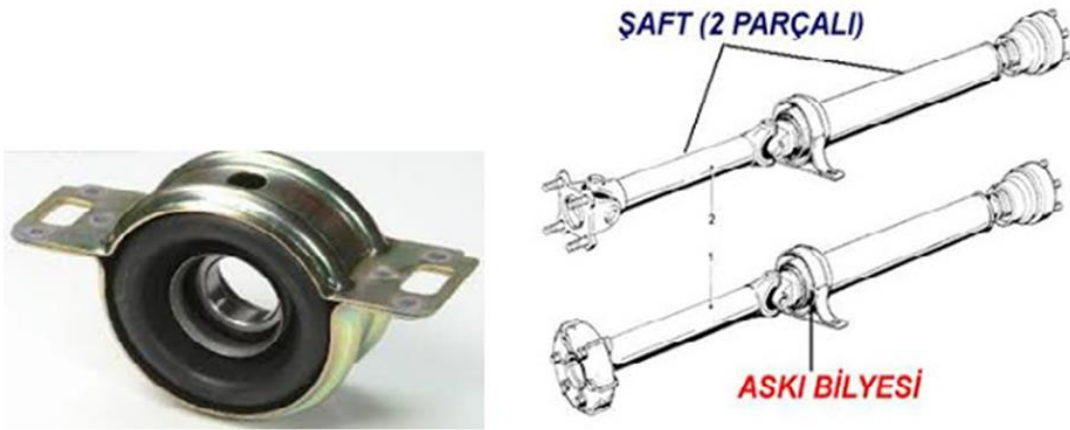
Şaftlarda içi boş boru kullanılmasının sebebi şaftta olabildiğince hafiflik ve yüksek mukavemet kazandırmaktır. Eğer boru yerine dolu mil kullanılırsa şaftın bağlandığı sistemler de kısa sürede sıkıntılar yaşanabilmektedir. Aynı zamanda şaftın ağırlığından dolayı döndürmek ve durdurmak çok zor olmaktadır. Şaftın çok yüksek devirlerde çalışması, yüksek atalet momenti oluşturmaktadır. Böyle sorunlar meydana getirdiği için şaftlarda dolu mil değil içi boş boru kullanılmaktadır. Genellikle borunun bir ucuna tüp çatal diğer ucuna ise kayıcı kaynatılmaktadır.



Şekil 1.11 Kardan şaft boruları

1.1.6 Ara Yatak – Askı Bilyesi

Askı bilyesi en içte rulman ortada kauçuk lastik en dışta ise demir veya alüminyumdan yapılmış sacdan meydana gelen bir parçadır. Genellikle boyu 1500 mm üzerinde olan kardan şaftlar tek parça olarak üretilmemektedirler. Bunun sebebi şaftın borusu uzadıkça burulma momenti azalmakta ve tek parça olan uzun şaft da yüksek devirlerde boruda salınım meydana gelmektedir. Bu durum araç ve kullanıcılar için büyük tehlikeler oluşturmaktadır. Bu sebeple iki veya daha fazla parçadan oluşan şaftlar askı bilyesi ile şaseye bağlanmaktadır.



Şekil 1.12 Askı Bilyesi

1.2 Şaftların İmalat Aşamaları

Şaft üretiminde en baştan sona kadar her aşamada çok titiz olunması gerekmektedir. Çünkü şaftlar güç aktarma organı olduklarından ve yüksek devirli çalıştıklarından en ufak hata geri dönülmesi mümkün olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Şaft üretimi,tezin başında da bahsedilen flanşlı çatal, tüp çatal, mafsal istavroz, boru gibi parçaların hammaddeden işlenme aşamasına gelene kadar şekilli kalıplarda dövme ya da döküm yöntemiyle üretilmesiyle başlamaktadır.

Üretici firmalar bu yöntemleri seçerken genellikle maliyet konusunu da göz önünde bulundurmaktadırlar. Otomobil veya küçük iş makinelerinde daha ucuz olduğu için döküm yöntemini tercih etmektedirler. Fakat daha büyük ve çok daha fazla güç gerektiren kamyon ve büyük iş makinelerinde ise mecburen daha fazla mukavemet elde etmek için dövme ile şekillendirme yöntemini kullanılmaktadır.

1.2.1 Döküm malzemedan üretim

Döküm çeliği genellikle çok güç gerektirmeyen sistemler için kullanılabilir. Döküm malzeme kullanmanın tek avantajı maliyeti düşük olmasıdır. Pisk döküm yeterli kaliteyi sağlamadığından şaft malzemesi için yüksek kaliteli sfero döküm kullanılmaktadır.

Küresel grafitli dökme demir olarak bilinen Sfero döküm kendine özgü bir demir çeşididir. Darbeye karşı yüksek dayanım kazanması ve uzun ömürlü olması için bu tür demir dökümden önce aşılama diye tabir edilen magnezyum ile özel bir işleme tabi tutulmaktadır.

Alışlagelmiş gri dökme demir, ince grafitlerden oluşan lamelli mikro yapısından dolayı çekme mukavemeti ve darbe direnci çok düşüktür. Ergimiş haldeki sıvı metale magnezyum eklenmesi ile bu ince grafitler kürelere dönüştürülmekte ve küresel olarak dağıtılmaktadır. Ağırlığına oranla, gri dökme demirin en az iki katı çekme mukavemetine sahip dökümler oluşturulmaktadır. Şekil 1.13 de sfero dökümle üretilmiş bir tüp çatal gösterilmiştir.



Şekil 1.13 Sfero döküm ile üretilmiş tüp çatal

Sfero dökümün pik döküme kıyasla avantajları

- Sfero dökümün ağırlığına oranla yüksek dayanıklılığı oldukça düşük ağırlıkta dökümlerin yapılmasını sağlamakta - benzeri gri dökme demirlere (pik) göre %50 varan ağırlık tasarrufu.
- Düşük ağırlıklı dökümlerin, nakliyeden montaja kadar alanlarda maliyet avantajları vardır ve kullanım kolaylığı sağladıkları gibi kaldırma işlemleri esnasında sakatlanma tehlikelerini de azaltır.
- Sfero dökümün kendine has, yüksek çekme mukavemeti ve çarpmalara karşı darbe direnç özellikleri yapısal kayba uğramadan kanalizasyonların suyollarının düzgün olarak kanalizasyon kapağının yüzeyine kadar dağıtılmasına müsaade etmekte. Bu drenaj etkisini, özellikle kenara en yakın 90mm`lik kritik alanda, artırır.
- Sfero dökümün yüksek mukavemeti, normal kullanımdaki hata olasılığını en aza indirir, yerinde çarpmalara karşı ayrıca bir direnç sağlar ve nakliyede ve yüklemesine benzer kayıpları azaltır.



Şekil 1.14 Döküm ile üretilmiş şaftlar

Günümüz teknolojisi sayesinde nerdeyse dövme demir kadar mukavemetli ve darbe direnci yüksek döküm malzemeler üretilebilmektedir. Bu döküm malzemeler zirai şaftların tamamına yakınında, otomobiller de ve bazı endüstriyel uygulamalardan kullanılmaktadırlar. Şekil 1.14 döküm ile üretilmiş zirai şaftlar gösterilmektedir.

1.2.2 Dövme Çelik

Dövme çelik dökme demirin daha da artırılmış halidir. Dövme demir hemen hemen arı demirdir (içinde ancak % 0,1—0,2 oranında karbon vardır). Ayrıca cüruf ipçikleri de bulunur. Pik demirinin bir “tav fırınında demir oksitle birlikte ısıtılmasıyla elde edilir. Demir oksidin bileşimindeki oksijen pik demirinin içindeki yabancı maddelerle birleşir. Böylece yabancı maddeler ya kaynayarak gaz haline gelir ve yok olur, ya da bir cüruf oluşturur. Ancak fırının sıcaklığı madenin sıvı hale gelmesine yetecek kadar yüksek değildir. İşte dövme demirin içinde bir miktar cüruf lifleri bulunmasının nedeni bundandır.

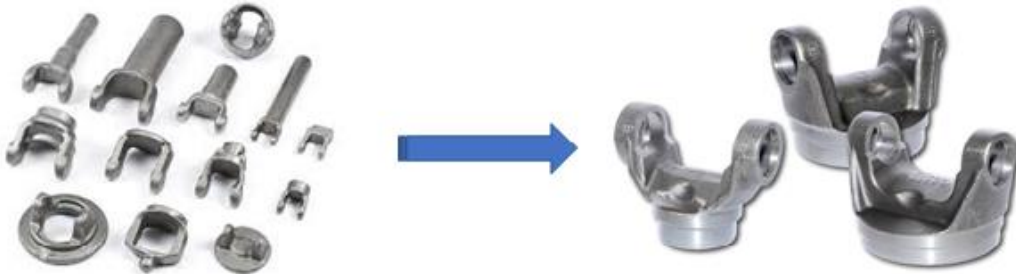
Çeşitli çelik yapım fırınlarında pik demirinin artırılması sonunda demirin bileşimindeki karbon bileşiği azaltılır, bu arada öbür istenmeyen maddelerden de kurtulunur. Çelik yapımcısı çeliğin içindeki karbon bileşiği istediği miktara ulaşınca, arıtma işlemini durdurur. Sonra çeliğe istediği bileşimi kazandırmak için, içine miktarı denetlenmiş başka maddeler katar. Malzeme istenilen sıcaklığa ulaşınca şekillendirici kalıp içerisine koyularak darbeli bir baskı ile sert bir vuruşla kalıbın şeklini alır ve talaşlı işleme gönderilir.



Şekil 1.15 Dövme ile üretilmiş parçalar

1.2.3 Talaşlı İşlem

Ham demirden işlenecek hale gelen parçalar bir cnc işleme merkezinde istenilen ölçü ve standartlarda mafsal yuvası, flanş bağlantısı, boruya geçen malafa kısımları, kayıcılarda freze kısımları gibi talaşlı işlemler yapılarak malzeme montaj için hazır hale gelmiş olur(Şekil 1.16).



Şekil 1.16 Talaşlı işlem öncesi ve sonrası

1.2.4 Montaj

Talaşlı imalattan sonra montaj haline gelen parçalar mafsalsız istavrozla birleştirilir. Birleştirilen parçalar daha sonra kaynatılacakları borunun içine bir pres yardımı ile sokulur ve kaynağa hazır duruma getirilir. Şekil 1.17 de istavrozun montajı gösterilmektedir.



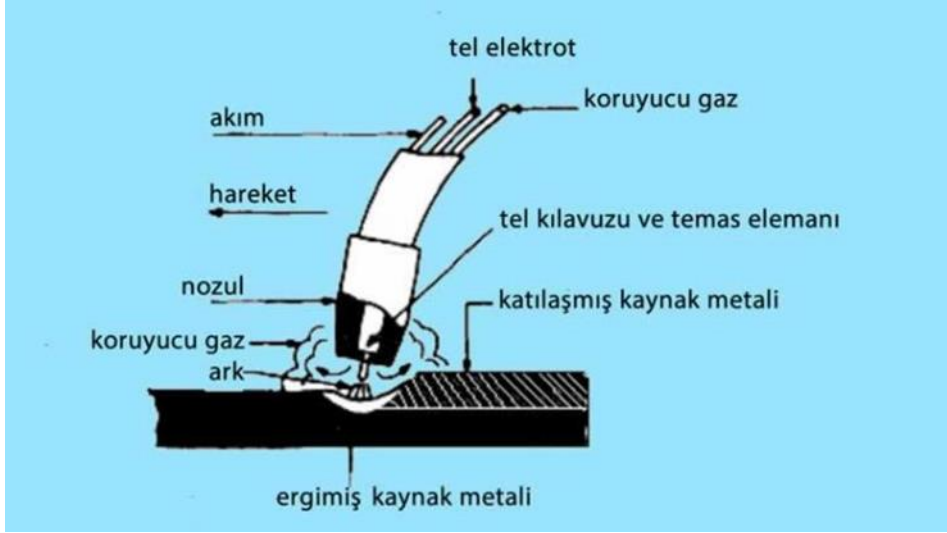
Şekil 1.17 Mafsalsız istavrozun montajı

1.2.5 Kaynak

Kardan şaft montaj işlemleri tamamlandıktan sonra bir makineye bağlanır. Bu makinede şaft belli bir hızda çevrtilerek komparatöryardımları ile salgısı kontrol edilir. Salgı minimuma indirildiğinde kaynak işlemi gerçekleştirilir. Kardan şaftların kaynatılmasında genellikle MIG kaynağı kullanılır. Günümüzde ise gelişen teknoloji sayesinde sürtünme kanyığı ile üretim yapılmaktadır.

MIG Kaynağı:

MIG (Metal İnerj Gaz) kaynağı olarak bilinen bu yöntemde ark, ergiyen bir tel elektrotla iş parçası arasında meydana gelir. Bu işlemde ark, Argon, Helyum, CO veya çeşitli gaz karışımları gibi bir koruyucu gaz atmosferi altında meydana gelir. Ergiyen elektrot kaynak bölgesine bir nozul içinden otomatik olarak beslenir. Otomatik olarak beslenen bu elektrot aynı zamanda ergidiği için dolgu malzemesi görevini de görür.



Şekil 1.18 MIG kaynağı şematığı



Şekil 1.19 Kardan şaftın MIG kaynağı ile kaynatılması

Şekil 1.18 degaz altı ark kaynağının prensibini göstermektedir. Asal gazların kullanımına ilave olarak genellikle dezoksidanlar mevcuttur ve oksidasyonu önlemede yardımcı olur.

Normal ark kaynağındaki gibi sık sık elektrot değiştirme olmadığı için bu süreç hızlı ve ekonomiktir. İlave olarak kaynak dikişi üzerinde cüruf meydana gelmez ve böylece kaynak bölgesinde fazla miktarda metal biriktirmek mümkündür.

Sürtünme Kaynağı Nedir?

Sürtünme kaynağı; birbirine kaynatılacak iki metalin kaynak yüzeylerinin birbirlerine sürtünmesi sonucu artan sıcaklık ve akabinde kontrollü olarak; basınç altında temas ettirilmesi ile uygulanan bir kaynak yöntemidir. Sürtünme uygun konumda ani bir şekilde durdurulur ve kaynama sağlanır. Bu yöntemde metaller ergime noktasına ulaşmaz, plastik deformasyon safhasında kalırlar. Metaller arası bağ sağlanmış olur. Bu yöntemin en büyük avantajlarından biri farklı özelliklere sahip metallerin de saniyeler içinde birbirine kaynatılmasına olanak vermesidir.

Sürtünme kaynağı bir kaynaktan çok sıcak dövme tekniğidir. Dolgu malzemesine ihtiyaç duyulmaz. Diğer kaynak çeşitlerinde oluşması muhtemel gözenekli yapı sorununa izin vermez. Malzeme yüzeylerinin temizlenmesi, koruyucu gaz gibi hazırlık işlemlerine ihtiyaç duyulmaz.

Bu yöntemin bir diğer avantajı kristal yapılarda gözlenen tane büyümesine izin vermez. Tane büyümesi akma geriliminin düşmesine sebep olduğundan istenmeyen bir durumdur.

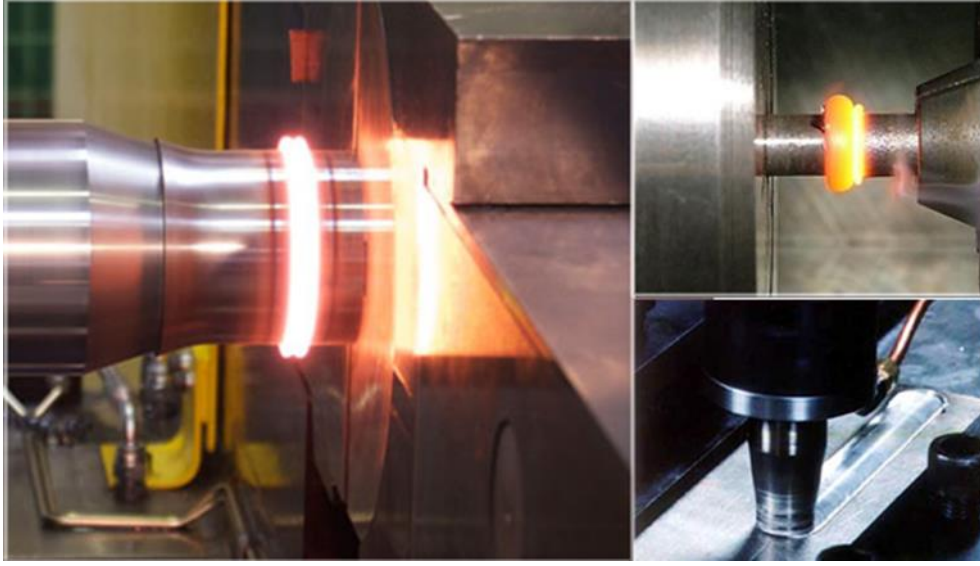
Doğrusal ve dönel sürtünme kaynağı en çok kullanılan iki tür sürtünme kaynağıdır. Dönel sürtünme kaynağında torna benzeri tezgahlar kullanılır. Silindir parçalardan biri sabit iken diğeri döndürülür. Sürtünme ile oluşan yüksek sıcaklık ile beraber sabit parçaya diğeri doğru baskı uygulanır ve birleşme sağlanır.

Doğrusal sürtünme kaynağını dönel sürtünme kaynağı ile aynı şekilde yapılır. Farkı ise parçaların döndürülmek yerine bir ekseninde ileri geri birbirine sürtünmesi sağlanır.

Sürtünme Kaynağının Kullanım Alanları Nelerdir?

Havacılık alanında türbin kanatçıklarının kaynatılması başta olmak üzere diğer birçok havacılık parçalarının imalatında; otomotiv sanayinde, nükleer santrallerde olduğu gibi farklı

metallerin kaynatılmasına ihtiyaç duyulduğu hallerde sürtünme kaynağı kullanılır. Aynı zamanda termoplastikler de metaller gibi sürtünme kaynağı işlemi görebilir.



Şekil 1.20 Kardan şaftların sürtünme kaynağı ile kaynatılması

Şuanda şaft imalatı yapan çoğu firma binek araçlarda, hafif ticari araçlarda ve bazı kamyon ve tır gibi ağır ticari araçların birkaçında şaftların kaynatılmasında sürtünme kaynağı kullanılmaktadır ve bu sayede çok ciddi zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadırlar.

1.2.6 Balans

Kardan şaftlar bütün bu işlemlerin ardından son işlem olan balans aşamasına gelir. Balans işlemi şaftın çalışma esnasında vibrasyon yapmasını engellemek için parça ekleme yöntemi ile ağırlık dengesi sağlama işlemidir. Bu işlem için özel üretilmiş balans tezgahlarında şaftın çalışma devrine göre balans yapılır. Balans tezgahı şaftın neresine kaç gram parça konulması gerektiğini göstermektedir. Böylelikle şafttaki ağırlık dengesi sağlamış olur ve şaft sorunsuz bir şekilde çalışır. Bu işlemden sonra şaft boyanarak son halini almış olur.



Şekil 1.21 Kardan şaftın balans işlemi

1.3 Şaftların Kullanım Alanları

Kardan şaftlar arkadan itişli araçların tamamına yakınında, 4x4 araçlarda, minibüs, otobüs, kamyon, tır, kepçe, ekskavatör, greyder, traktör, tarım makinelerinin tamamına yakınında, haddehanelerde, kum, çakıl, taş ve kömür eleme tesislerinde, kağıt fabrikalarında, sondaj makinelerinde ve daha bir çok sistem de kullanılmaktadır.

Günümüzde her ne kadar arkadan itişli araçların sayısı azalmakta olsa da ticari araçların çoğunda ve iş makinesi gruplarında halen kullanılmaya devam edilmektedir.

1.4 Şaftlarda Meydana Gelen Arızalar

1.4.1 Mafsal İstavrozu Dağılması veya Kırılması

Kardan şaftların en çok arıza verdiği yer istavrozdur. Çünkü istavrozda bulunan 4 adet masura rulmanlarda zamanla yağsızlıktan oksitlenme meydana gelir ve aşınmalar oluşur. Bu

aşınmalar daha sonra iyice artar ve müdahale edilmezse kırılmalar meydana gelir. Şekil 1.22 de mafsalsız istavrozun yağsızlık sonucu aşınması ve dağılmasını, şekil 1.23 de ise ani bir darbe sonucu kırılmış bir istavroz gösterilmiştir.



Şekil 1.22 Yağsızlık sonucunda mafsalsız istavrozun dağılması



Şekil 1.23 Ani bir darbe sonucu kırılmış bir istavroz

Şekilde de görüldüğü gibi fincanın içindeki masura bilyeler dağılmış müdahale edilmediği için demir demire sürterek aşınmış ve kopma meydana gelmiştir.

İstavrozlarda görülen bir diğer problem ise istavroz göbeğinin kırılmasıdır. Bu genellikle araç çok zorlandığında meydana gelen bir olaydır. Çok fazla görünen bir problem değildir. Özellikle binek araçlarda çok nadir görülür. Genellikle ağır ticari araçlarda fazla tonaj veya yumuşak zeminde kullanılmasından meydana gelir.

1.4.2 Askı bilyesi dağılması

Şaftlarda en sık görülen ikinci problem askı bilyesinin dağılması veya lastiğinin kopmasıdır. Askı bilyesinin bozulmasının en büyük sebebi sudur. Altı açık olan araçlarda askı bilyesi direkt olarak suya maruz kalmaktadır. Her ne kadar koruma sacı ve keçesi olsa da bilye zamanla oksitlenir ve dağılır. Askı lastiğinin kopma sebebi ise balanstır. Eğer şaftta balans varsa oluşan vibrasyondan dolayı askı bilyesinin lastiğinde yırtılma meydana gelir. Askı lastiği her ne kadar kauçuktan yapılsa da lastikte yorulma meydana gelir ve yırtılma olur. Aşağıda askı bilyesinin dağılması ve askı lastiğinin kopması şekil 1.24 ve şekil 1.25 de gösterilmiştir.



Şekil 1.24 Askı bilyesinin dağılması



Şekil 1.25 Askı lastiğinin yırtılması

1.4.3 Borunun veya kayıcı milin kopması veya burulması

Şaftlarda görülen bir diğer problem ise borunun kopması ya da burulmasıdır. Bu problem de genellikle ağır ticari araçlarda meydana gelen bir problemdir. Kopma genellikle kaynağın olduğu kısımlarda meydana gelir. Bunun sebebi kaynak yapımı esnasında oluşan yüksek ısı nedeniyle malzemenin yapısında meydana gelen değişimdir(şekil 1.26).



Şekil 1.26 Kopan şaft borusu

Boru içi boş bir yapıda olduğu için esneme yapabilir. Eğer bu esneme malzemenin elastik sınırı içerisinde gerçekleşirse boru kopmaz ve esneme yapar. Zorlanan şaft boruyu koparamayınca kayıcı mili zorlar. Kayıcı mil sert bir malzeme olduğu için fazla esneyemez ve kırılır(şekil 1.27).



Şekil 1.27 Kayıcı milin kırılması

Eğer boru kopmaz ve kayıcı mil kırılmaz ise şaft iyice zorlanınca boru burulur. Bu problem de çok sık görülmez. Şekil 1.28 de burulmuş bir şaft borusu gösterilmiştir.



Şekil 1.28 Burulan şaft borusu

İşte bu tür problemler yaşamamak için şaftların mukavemeti kullanacağımız sisteme uygun olması gerekir. Uygun şaft seçimi ise ancak deney ve testlerle mümkün olabilir.

Bizim projemiz işte tam burada devreye girmektedir. Tasarlamış ve imalatını yapmış olduğumuz test cihazımız ile şaftların statik yorulmalarını inceleme fırsatı bulduk.

2 LİTARATÜR ARAŞTIRMASI

Fischer ve Freudenstein'nin (1984) yapmış olduğu çalışmaya bakıldığında, kardan şaftlarda momentin iletilmesi sırasında en çok gerilmelerin çatal ve istavroz bölgelerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu bölgelerde kırılma çatlakları oluşma riski çok fazladır ve maksimum kayma gerilmesi oluşacağı açıktır. Bu gerilme yığılmalarını engellemek için malzeme miktarını arttırmak sistemin yapısı açısından sınırlı olduğu için malzemenin mekanik özelliklerini arttırmak için çalışmalar yapmak gerekmektedir. Kardan şaftın mafsalları arasında kayma sürtünmeleri ve kayıcı millerin dişleri üzerinde sürtünmeler meydana gelmektedir. Bu sürtünmeleri minimuma indirmek için çok iyi yağlanmaları gerekmektedir.

Uzunoğlu(2006)yapmış olduğu çalışmada belirttiği üzere, kardan şaft birçok hareketli elemana sahiptir ve bu elemanlar moment iletimi esnasında karmaşık kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Buna göre kardan şaftlarda 3 temel hasar oluştuğu tespit edilmiştir. Bu hasarlar; aşırı yükleme sonucu ortaya çıkabilecek hasarlar, sistemin yapısından kaynaklanabilecek hasarlar ve yüzey aşınmasından dolayı oluşan hasarlardır.

Aşırı yükleme: Kardan şaftın bağlı olduğu sistemde iletilmek istenen moment,kardan şaftın parçalarının emniyetli moment değerini aşması halidir. Bu durum genellikle ani zorlamalarda ve ani hareket yönü değişiminde meydana gelmektedir. Bir tahrik elemanının üretebildiği torkun tamamını artımlı olarak değil de birden şafta iletmesi, bir iş makinesinin yüklü şekilde çalışırken ani olarak yön değiştirmesi ve kamyonların özellikle sert olamayan zeminlerde aşırı yüklü olarak çalışması örnek verilebilir. Bu tür durumlarda aracın ya da makinenin tüm hareket organları da şaft ile birlikte aşırı yükleme etkisi altındadır. Kardan şaftlarda aşırı yüklemeler sonucunda kayıcı milde kayma gerilmesi oluşur. Yine istavroz iğne rulmanların da kırılmalar ve istavroz muylusunda çatlamlar meydana gelmektedir.

Yapısal Yorulma Hasarları: Bu tip hasarlar tüm malzemelerde olduğu gibi yük altındaki bir metalin maksimum taşıyabileceği yükten daha az yük altında zarar görmesidir. Kardan şaftın burulma mukavemetinin altında olan bir kuvvetle sürekli olarak çalışması durumunda ortaya çıkar. Bu yorulma şaftın tüm elemanları üzerinde etkili olur. Bu yorulmalar sonucunda en çok rastlanan hasar istavrozlarda, rulmanlarında, kayıcı millerde görülmektedir.

Burulma Yorulması: Kardan şaftlarda kayıcı milin yapısı ve elastiklik modülüne($G:N/mm^2$) bağlı olarak aşırı darbeler bir miktar sönümlenebilir. Ancak burulma yorulması kardan şaftın kayar mili ile çatalların kaynaklı bağlantılarında olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra istavroz ve istavrozun bağlandığı çatallarda eğilme zorlanması oluşmaktadır. Bu bölgelerde eğilme yorulması da meydana gelebilmektedir. Ancak bu sistemlerde burulma zorlanması daha önemlidir.

Kardan şaftın tüp çatal ve kayıcı gibi kısımları kaynakla birleştirilmektedir. Bu yüzeylerde yüksek ısıdan dolayı gevrekleşme ya da tam nüfuziyet olamaması durumunda burulma yorulması etkisiyle çatlaklar oluşabilmekte ve kopmalar meydana gelebilmektedir. Bu durumların, kaynak yapılacak yüzeyin tavlanması, kaynak ağızlarının uygun açıda olması ve kontrollü soğutma gibi yöntemlerle önüne geçilebilmektedir.

Pınar (2011) yaptığı çalışmada alüminyum ve kompozitten üretilen hibrit kardan şaftlar üzerine çalışmıştır. Üretilen bu hibrit şaftın kütle atalet momentinin çelik şaftlarınkine göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Kompozit kardan şaftın statik burulma mukavemetinin çelik şaftla aynı olduğunu ve bu sebeple moment iletim veriminin arttığını belirtmişlerdir. Kompozit şaftların hafif ticari araçlar için uygunabilirliğini araştırmışlardır.

Tamer Akkurt (2013) yapmış olduğu çalışmada ağır ticari vasıtaların kardan şaftlarının incelenmesi sonucunda motorun şafta uyguladığı tork ve tekerlek bağlantı torklarını kıyaslamıştır. Bunların sonucunda kardan şaft seçimi yaparken aracın tam kapasite olduğu durumda motorun şafta uyguladığı tork ile tekerlek bağlantı torkundan hangisi küçükse o tork değerinin dikkate alınması gerektiğini ve tork değerinde çalışabilecek mekanik özellikteki şaft seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Mehmet Emin Taşdelen (2014) yapmış olduğu doktora tezinde kardan şaft mekanik ve malzeme verimliliğini arttırmak amaçlı çalışmada beklenen çalışma ömründen önce deforme olmuş veya kırılmış olan şaftları incelemiş ve incelediği 5 farklı deforme malzemede farklı nedenlerden dolayı deformasyon ve kopma olduğunu keşfetmiştir. Yapmış olduğu incelemede malzemelerin tasarım ilkelerine oldukça uygun tasarlanmış olduğunu keşfetmiş. Kimyasal inceleme sonucu yaklaşık AISI 4140 malzeme özelliklerinde olduğunu ve ıslah işlemi sonucu 6-7 mm yüzey sertliği kazandırılmış olduğunu rapor etmiştir. Yapmış olduğu mikro yapı incelemeleri sonucunda inklizyon oranına göre yapının oldukça kirli ve ısı işlem sonrası meydana gelen mikro

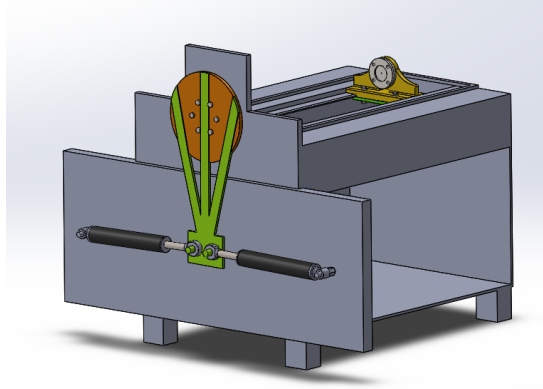
çatlaklar olduğu görmüş. Yapmış olduğu incelemeler sonucunda hasar görme nedenlerini; kirli malzeme yapısı, yanlış ısıl işlem, çatlaklı malzeme yüzeyi ve aşırı zorlama olarak rapor etmiştir.

3 MATERYAL ve METOT

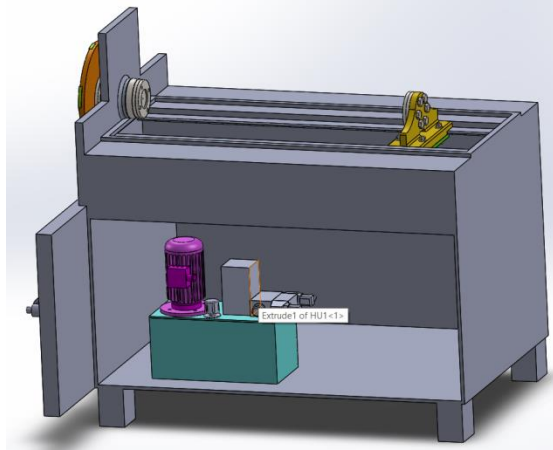
3.1 Materyal

3.1.1 Hidrolik test düzeneği tasarımı

Test düzeneği imalatına başlanmadan önce yapımı düşünölen makinanın üç boyutlu tasarımları yapılmıştır. Makinanın bilgisayar ortamında çalışabilirliği test edilmiştir. Bu aşamada karşılaşılan problemler çözümlenerek makine imalatına başlanılmıştır. Ayrıca yapımı planlanan makinanın dayanım analizleri 3D analiz programı ile kontrol edilmiştir. Makine tasarımına ait model görüntöler şekil 3.1 ve şekil 3.2 de verilmiştir.



Şekil 3.1 Test düzeneği ön görünüşü



Şekil 3.2 Test düzeneği yan görünüşü

3.1.2 Test düzeneği elemanları

3.1.2.1 Hidrolik basınç ünitesi

Test düzeneğinde 5,5 kw'lık bir elektrik motoru tahriki ile 250 bar lık bir basınç elde edebildiğimiz bir basınç ünitesi kullanılmıştır.(şekil 3.3)



şekil 3.3 Hidrolik güç ünitesi

3.1.2.2 Ana şase

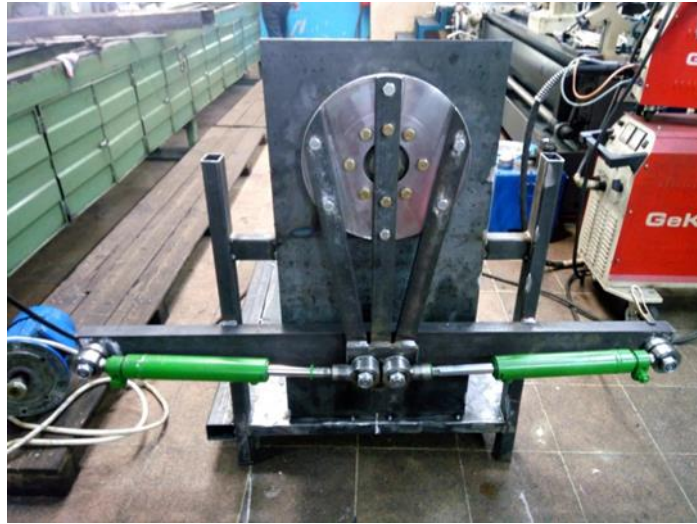
Bu test düzeneğinde 10 mm kalınlığında 500*1000 lik bir dikey sac tabla ve 12 mm kalınlığında 500*1200 lük bir yatay sac tabla ana şaseyi oluşturmaktadır. Dikey sac tabla üzerinde pistonlar, kuvvet kolu, bağlantı aynası(hareketli mesnet) ve yataklaması bulunur. Yatak tabla üzerinde U profilkızaklar ve sabit mesnet bulunmaktadır. şekil 3.4 de ana şasenin imalat resimleri gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Ana şasi

3.1.2.3 Hidrolik piston

Test düzeneğinde kuvvet kolu ucuna karşılıklı olarak tek yön tesirli olacak şekilde iki adet piston bağlanmıştır. Bu pistonların mil çapı 25mm, dış silindir çapı 57mm, piston çapı 45mm ve stroğu 250 mm'dir. Bu pistonlar sayesinde üretilen kuvvet ve aksenal hareket kuvvet kolu yardımı ile radyal harekete ve momente dönüştürülmektedir. Hidrolik basınç pistonun vasıtasıyla itme kuvvetine dönüştürülmektedir. Bu kuvvet, kuvvet kolu ile çarpıldığında şaftta meydana gelen burulma momenti hesaplanabilir. Hidrolik pistonlar ve bağlanma şekli şekil 3.5 de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Hidrolik pistonlar

3.1.2.4 Kuvvet kolu

Kuvvet kolu 350 mm çapındaki bir flanşın üzerine kuvvet kolu boyu 500 mm olacak Şekilde 10*60'lık sıcak çekme lamadan tasarlanmıŐtır. Lama, cıvatalara yk binmemesi ve maksimum rijitlik sağlaması için yarısı flanŐiine gömülü kalacak Şekilde cıvatalar ile flanŐa sabitlenmiŐtir. Şekil 3.6 de kuvvet kolunun imalat aŐamasındaki resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kuvvet kolu

3.1.2.5 Plc sürücü

Test düzeneğinde bütün sistemi yöneten verileri toplayıp iŐleyen yani sistemin beyni olan Siemens SimaticS7 1200 model bir plc kullanılmıştır. Bu plc 14 dijital ve 2 analog giriŐe sahip bir plcdir. Basınç transmitterleri analog sinyal verdiği için analog giriŐe bağlanmıştır. Dijital giriŐlere ise kontrol düğmeleri bağlanmıştır(Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Plc sürücü

3.1.2.6 Basınç transmitteri

Denemesi yapılacak şaft farklı çalışma şartları için iki yönlü olarak sürekli burulmaya zorlanmaktadır. Burulmanın her iki yönde de gerçekleştirilmesi için sistemde basınç ayarlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Her iki piston girişine 4-20mA sinyalle çalışan 0-100 bar aralığında ayarlanabilir basınç transmitteri kullanılmıştır. Bu sensörler sayesinde piston içerisindeki yağ basıncı ayarlanmış değere ulaştığında (istenilen tork elde edildiğinde) sensör tarafından plc sürücüyeye ölçtüğü basınç değerine göre 4-20 mA arasında sinyal gönderir. Bizim plc ye set ettiğimiz basıncı okuduğunda plc valf bobinine sinyal göndererek valf yön değiştirerek diğer taraftaki pistonu devreye sokmaktadır. Böylece sistem sürekli bir döngü içerisinde kalacak ve şaftı burma hareketi sürekli devam edecektir. Şekil 3.8 de basınç transmitteri görülmektedir.



Şekil 3.8 Basınç transmitteri

3.1.2.7 Encoder

Test cihazımızda test edilen numunelerin etki kuvveti altında ne kadar elastik deformasyona uğradığını tespit edebilmek için bu sistemde 2R2500 8*4M modeli incremental (artırımlı) 12500 puls bir encoder kullanılmıştır. Bu encoder 360 dereceyi 12500 e bölerek plc sürücüyeye veri göndermekte plc ise bu veriyi bir çarpım ile derece cinsinden bilgisayara aktarmaktadır. Bu encoder ile sadece açı ölçümü değil tur sayısını ve testin bittiği anda sistemi durdurma işlemini de yapmaktayız. Şöyle ki örneğin; test edilen numune istenilen kuvvet etkisi altında 3 derecelik bir burulma yapmaktayken biz plc sürücüyeye encoder 7 dereceyi gördüğü anda sistemi durdur komutu vererek test numunesi kırıldığında ya da koptuğunda sistem otomatik olarak testi durduracaktır.



Şekil 3.9 Encoder

3.1.2.8 Elektrik panosu

Elektrik panosu sistemin tüm elektrik sisteminin merkezidir(şekil 3.12). Bu pano içerisinde;

- Motor koruma için termik şalter
- Kontaktör
- Manuel kumanda düğmeleri
- Start butonu
- Acil stop butonu
- Sistem seçim anahtarı
- Selenoidler için 220V girişli 24V 2A çıkışlı adaptör

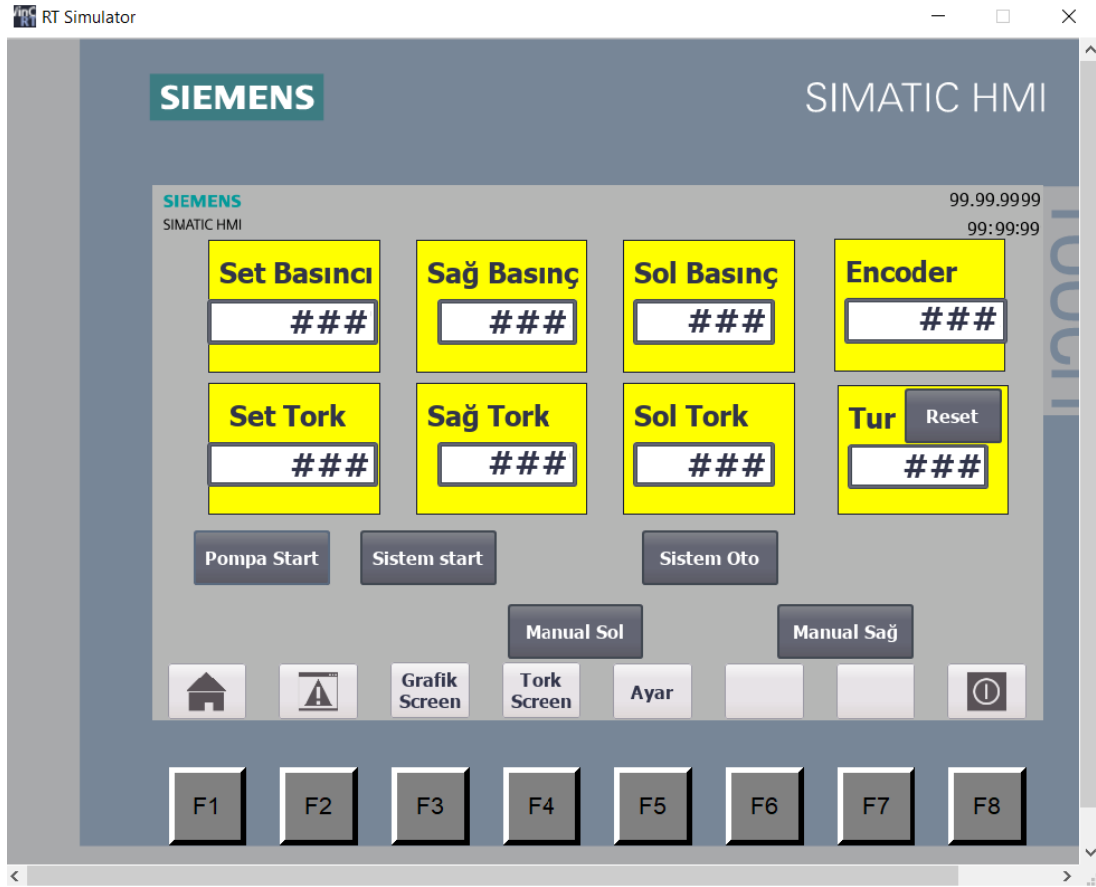
bulunmaktadır.



Şekil 3.10 Elektrik panosu

3.1.2.9 Sistemin kontrolü

Tasarlanmış olduğumuz test cihazımızın kontrolü tamamen bilgisayar üzerinden yapılmaktadır. Test edilecek numunenin kaç Nmtork ile test edileceğini ayarlayabilmekteyiz. Ayrıca canlı ekranda sağ ve sol piston basınçlarını, sağ ve sol yönde uygulanan torku, şaftın burulma açısını, tur sayısını canlı ekranda görebilmekteyiz. Bunların yanı sıra yine bilgisayar ekranında canlı olarak açı-zaman, tur-zaman ve tork zaman grafiklerini canlı olarak görebilmekteyiz. Teste başlamadan önce program açıldığında karşımıza ilk olarak şekil 3.11 de görülen açılış ekranı gelmektedir.



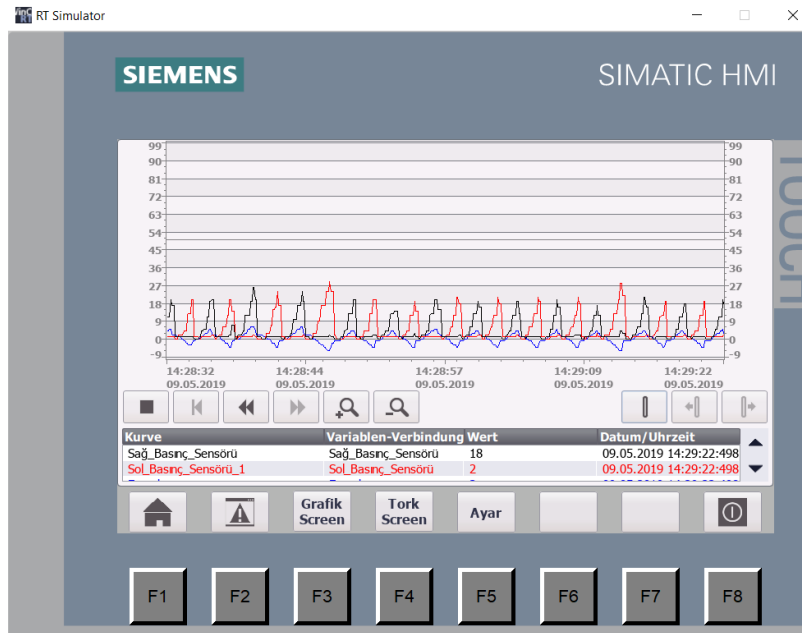
Şekil 3.11 Giriş ekranı

Şekil 3.11 de gösterilen giriş ekranında buluna pompa start butonu hidrolik pompayı çalıştırıp durdurmakta, sistem star butonu testi başlatmaktadır. Sistem start butonunu çalıştırabilmek için sistem oto butonu aktif olmalıdır. Sistem oto butonunun üzerine tıklanınca sistem manuel kullanılabilir. Kardan şaftın rahat bir şekilde bağlanabilmesi için manuel sağ ve manuel sol butonları kullanılabilir. Sistem manuel de olduğunda

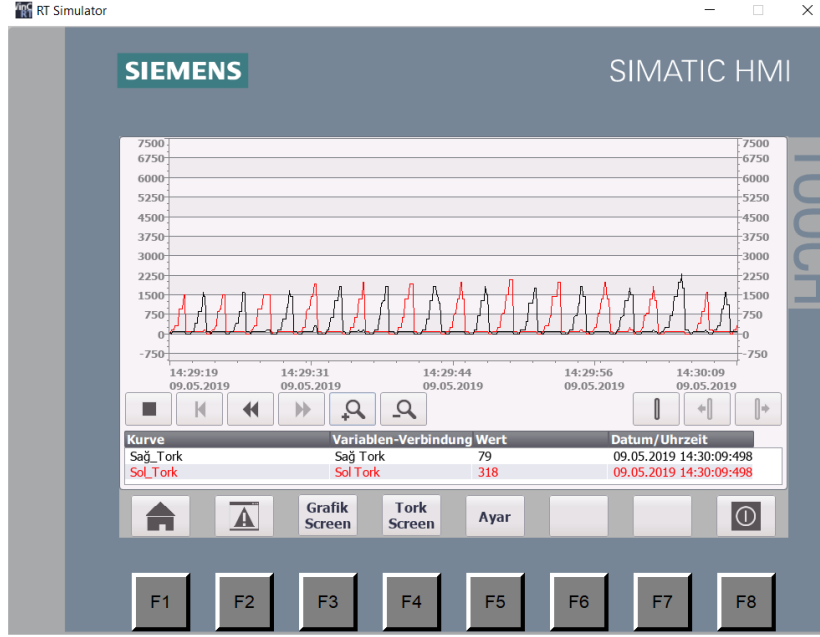
elektrik panosu üzerinde bulunan butonlarla da pistonlar sağ ve sol yönde hareket ettirilebilmektedir.

Ayrıca ekranın alt kısımlarında bulunan home tuşu görülen ekranı, ünlem butonu hataları, grafik ekranı basınç zaman ve açılı zaman grafiğini(şekil 3.12), tork ekranı tork zaman grafiğini(şekil 3.13) ayar butonu sistemin kaç derece açılı da durdurulması gerektiği dereceleri ekranını getirmektedir.

Testi başlatılmak için set basıncı kutusuna test edilecek numunenin kaç nm tork ile test edilecek ise ona karşılık gelen basınç değerinin ekrandaki kutucuğa girilmesi gerekmektedir. Bu tork ile basınç arasındaki ilişki piston çapları, kuvvet kolu mesafesi ile yapılan hesaplamalar sonucunda bir çarpım elde edilmiştir. Bu çarpımı plcsürücü kendisi otomatik olarak yapmakta ve ekrana o basınca karşılık gelen torku yansıtılmaktadır.



Şekil 3.12 Grafik ekranı



Şekil 3.13 Tork ekranı

3.2 Metot

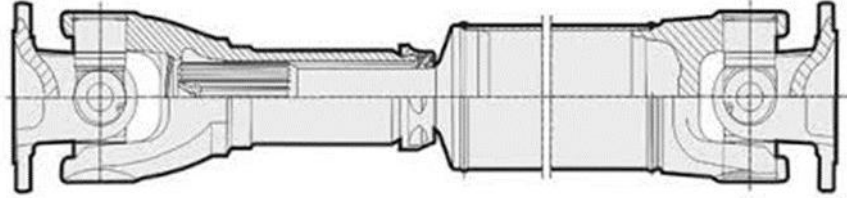
3.2.1 Matematiksel modelleme

Burulma rijitliği, tahrik sistemlerinin performansı için oldukça önemlidir. Kardan şaftlar, burulma yüklemesi altında elastik bir alt sistem olarak davranış göstermektedir. Burulma rijitliği ve yaylanma oranlarının doğru tespit edilebilmesi için hassas laboratuvar denemelerinin yapılmaktadır. Fakat her ne kadar laboratuvar denemeleri yapılsa da kardan şaftların tasarımları yapılırken ar-ge aşamasında analitik olarak ve bilgisayar destekli analizlerinin yapılması gerekmektedir.

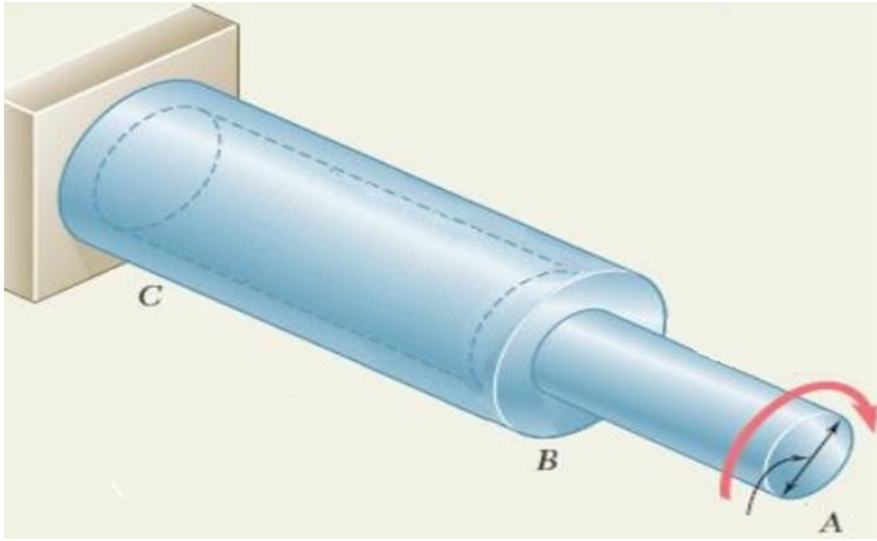
Kardan şaftların analitik hesapları yapılırken boru ve kayıcı mil dışındaki diğer yardımcı parçaların (çatal, tüp çatal, flanşlı çatal vb.) katılığı yüksek olduğundan burulma değerleri çok küçük olmaktadır. Analitik hesaplamalarda bu parçaların hesabı ihmal edilebilir düzeydedir ve çoğu zaman hesaba katılmamaktadır. Bu çalışmada da sadece borular için hesaplamalar yapılmaktadır.

Şekil 3.14 de standart bir kardan şaft için teknik resim gösterilmektedir. Şekil 3.15 te burulma etkisi altında ki bu kardan şaftın model görünümü, maruz kaldığı döndürme yönleri

ve hesaplamalarda kullanılacak mesnetleme noktaları gösterilmektedir. Buradan hareketle testini yapacağımız kardan şaftın modelleme esnasında analitik hesaplamaları yapılacaktır. Mevcut şaft test cihazında gerçek çalışma şartlarına uygun olarak test edilecek ve elde edilen bulgular analitik hesaplamalar ile mukayese edilerek sapmalar irdelenecektir.



Şekil 3.14 Standart kardan şaft



Şekil 3.15 Burulma şekli

Teorik hesaplamalar:

Radyan cinsinden burulma açısının hesabı;

$$\theta = \frac{[T \times L]}{[G \times I_p]} \quad (3.1)$$

T: Moment,	N mm
L: Şaft Uzunluğu,	mm
G: Rijitlik (Katılık) Modülü,	N/mm ²
I _p : (Kesitin) Polar eylemsizlik momenti	mm ⁴

Burulma katılığı veya yaylanma oranı (Bir derecelik açısal ilerleme için gerekli moment)

$$k = \frac{T}{\alpha} = \frac{G \times I_p}{L} \quad (3.2)$$

İçi dolu şaftlarda burulma katılığı;

$$k = \frac{\pi \times d^4 \times G}{32 \times L} \quad (3.3)$$

Etli borulu şaftlarda burulma katılığı;

$$k = \frac{\pi \times (d_o^4 - d_i^4) \times G}{32 \times L} \quad (3.4)$$

d_o: dış çap

d_i: iç çap

Tandem şaftlarda (değişik çaplardan oluşan şaftlarda) veya şaft boyunca boru kesiti değişiklik gösteriyorsa şaftın her bir kesitini, uygun referans çap ve eşit uzunluktaki başka bir şaft ile değiştirmek çoğunlukla uygulanan bir metottür.

İçi dolu şaft için,

L= d çapındaki gerçek şaftın uzunluğu

L_e=d_ereferans çapındaki şaftın denk uzunluğu

Öyleyse, Eşitlik (3.4) ten gerçek ve denk şaftın her ikisinin de aynı momenti taşıyacağı düşünülerek,

$$d^4/L=d_e^4/L_e$$

İçi dolu şaft için, denk uzunluk,

$$L_e=L d_e^4/d^4 \quad (3.5)$$

Benzer şekilde, Eşitlik (3.4) ten d_0 dış ve d_i iç çaplarındaki etli borulu şaft için denk uzunluk:

$$L_e=L d_e^4/(d_0^4 - d_i^4) \quad (3.6)$$

Bazı sistemlerde kardan şaft birden fazla boru, esnek elman ve bağlantı elemanlarından meydana gelebilir. Bu tür şaftlarda komple kardan şaftın burulma katılığı şöyle elde edilir:

$$\Sigma L_e (\text{Komple Şaftın Denk Uzunluğu})=(L_a+L_b+L_c+\dots+L_n$$

L_a, L_b, \dots, L_n , kompledeki her bir elemanın “ d_e ” referans çapına indirgenmiş denk uzunluğudur. Öyleyse;

$$\Sigma k (\text{Toplam Burulma Katılığı})=\frac{\pi \times d_e^4 \times G}{32 \times \Sigma L_e} \quad (3.7)$$

Ayrıca, $k_a=\frac{\pi \times d_e^4 \times G}{32 \times L_a}$, $k_b=\frac{\pi \times d_e^4 \times G}{32 \times L_b}$ olsun. Burada, k_a, k_b, \dots Şaftın değişik kesitlerindeki burulma katılığıdır.

Eşitlik (3.7)‘den,

$$1/\Sigma k=(1/k_a+1/k_b+\dots+1/k_n) \quad (3.8)$$

Bu ifade ile bir dizi elemandan oluşan kardan shaftın toplam burulma katılığını hesabı için her bir elemanın burulma katılığını hesaba katarak bulabileceğimizi göstermektedir.

Bazı güç iletim sistemlerinde, borular paralel bir düzlemde tasarlanmış olabilir. Bu durumda toplam burulma katılığı aşağıda belirtildiği gibi, her bir burulma katılığının toplamı şeklindedir.

$$\Sigma k = (1/k_a + 1/k_b + 1/k_c + \dots + 1/k_n) \quad (3.9)$$

Ayrıca, Eşitlik (3.7)'den,

$$1/\Sigma L_e = (1/L_a + 1/L_b + 1/L_c + \dots + 1/L_n) \quad (3.10)$$

L_a, L_b, L_c, \dots , her bir referans çapına indirgenmiş elemanlarından kuzunluklarıdır.

4 SONUÇ VE BULGULAR

Tasarımını ve imalatını yapmış olduğumuz test cihazımızın çalışabilirliğini test etmek amacıyla yapmış olduğumuz denemeler ve sonuçları şu şekildedir.

Aynı mafsal ölçüsü, boru çapı ve kalınlığı ve flanş bağlatışı olan iki şaft test edilmiş ve kıyaslama yapılmıştır. Bu şaftlar arasındaki tek fark 1. numune de kayıcı bulunmakta 2. numune de ise kayıcısız sadece boru bulunmaktadır.

4.1 1. Numune test sonuçları

1. Numune fiziksel özellikleri;

- Mafsal ölçüsü 27*81,8 mm
- Flanş 120*70 4M12
- Boru çapı 50,8*2,41 mm boyu 245 mm
- Kayıcı mil çapı 34,9 mm boyu 110 mm
- Toplam boy 500 mm
- Malzemesi ck45 ıslah çeliği
- Kaynaklar MIG kaynağı ile yapılmıştır.

Yukarıda mekanik özellikleri verilen 1. numune 1500 nmtork etkisi altında test edilmiştir. Bu test 1068 tur ve yaklaşık 1 saat sürmüştür. 1068 tur sonunda sabit mesnet tarafındaki tüp çatalın boru ile birbirine kaynatıldığı bölgede borudan kopma meydana gelmiştir. Bu test sonucunda elde edilen veriler ve grafikler den birkaçı şekillerde verilmiştir.

Bu numune için teorik hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

$$T = 15.10^5 \text{Nmm}$$

$$L_1 = 390 \text{ mm (Toplam kardan şaftın kayıcı hariç boyu)}$$

$$G = 8.10^4 \text{ N/mm}^2 \text{ Çelik için}$$

$$I_p = \text{Boru için} = \frac{\pi \times (d_d^4 - d_i^4)}{32} \quad \text{Kayıcı mil için} = \frac{\pi \times d^4}{32}$$

Denklem 3.1 den yola çıkarak burulma açısı:

$$\theta(\text{burulma açısı}) = \frac{T \times L}{G \times I_p} = \frac{15.10^5 \times 390}{8.10^4 \times \frac{\pi \times (50,8^4 - 46^4)}{32}} + \frac{15.10^5 \times 110}{8.10^4 \times \frac{\pi \times 34,9^4}{32}} = 0,0482 \text{ rad}$$

Kardan şaftın 1500 Nm moment etkisi altında burulma açısı:

$$\alpha = 0,0482 \times \frac{360}{2\pi} = 2,75 \text{ derece}$$

Burulma katılığı denklem 3.7 den yola çıkılarak;

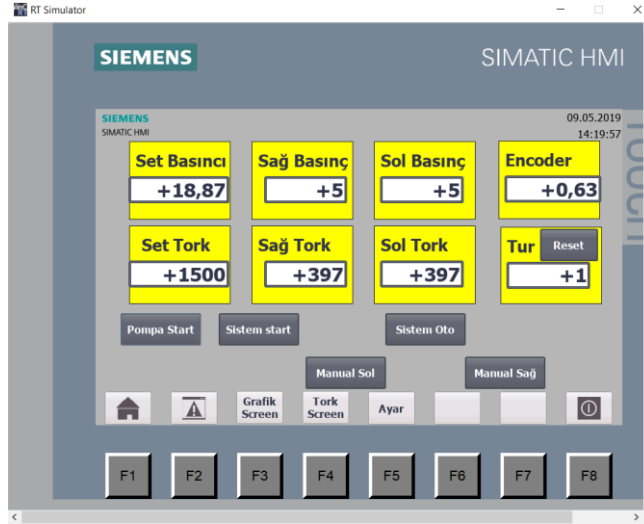
$$\frac{1}{\sum k} = \frac{1}{k_a} + \frac{1}{k_b} = \frac{1}{\frac{\pi \times d^4 \times G}{32 \times L}} + \frac{1}{\frac{\pi \times d_d^4 - d_t^4 \times G}{32 \times L}} = 1,820384369 \times 10^{-3}$$

$\sum k = 549,3 \text{ N}$ (Bir derecelik açısal ilerleme için gereken kuvvet)

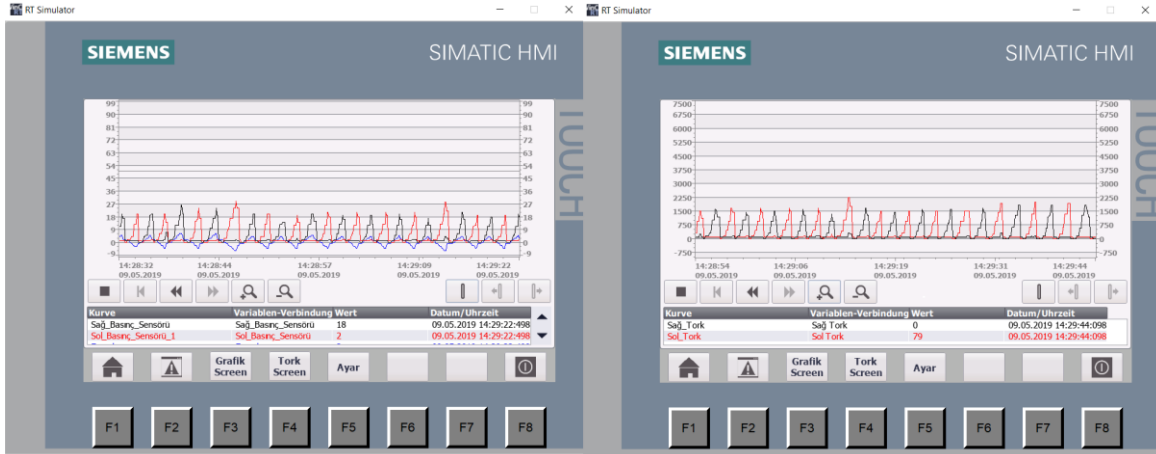
Bu test sonucunda elde edilen veriler ve grafikler den birkaçı şekillerde verilmiştir.



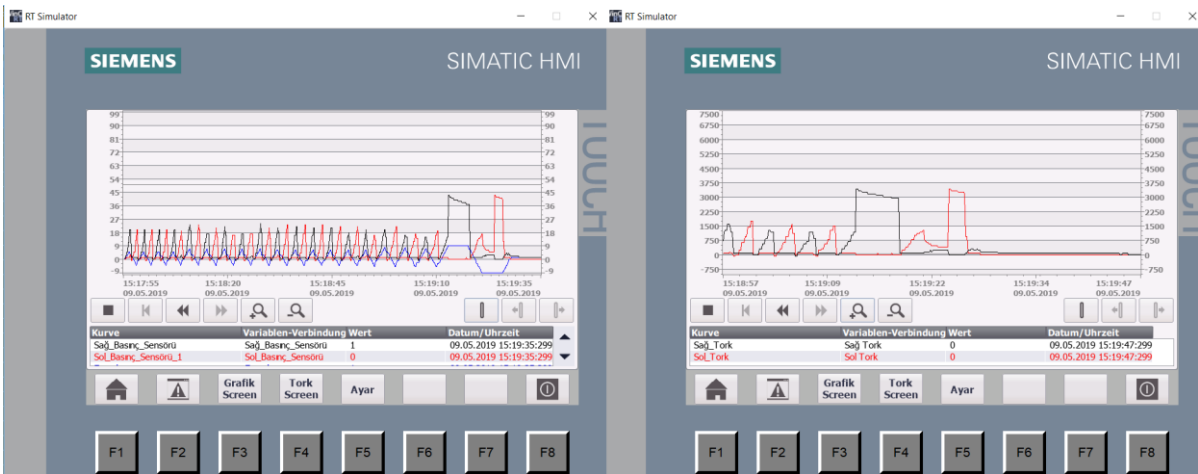
Şekil 4.1 1. numune



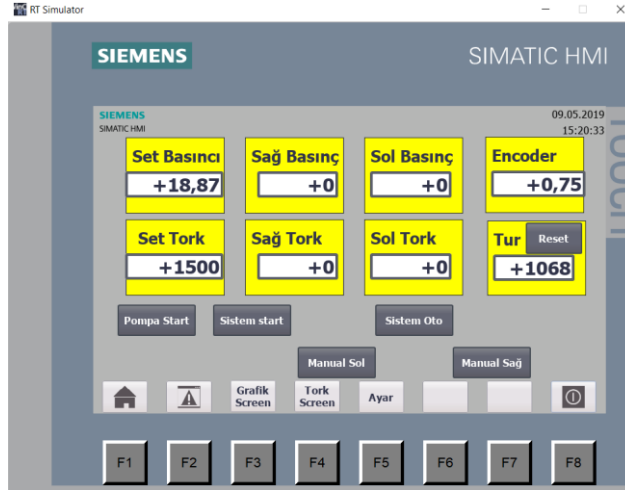
Şekil 4.2 Test başlangıcı



Şekil 4.3 Test esnasında basınç, açı ve tork grafikleri



Şekil 4.4 Kopma anında grafikler



Şekil 4.5 Kopma anı ana ekran



Şekil 4.6 Kopan 1. numune

4.2 2. Numune test sonuçları

2. Numune fiziksel özellikleri;

- Mafsal ölçüsü 27*81,8 mm
- Flanş 120*70 4M12
- Boru çapı 50,8*2,41 mm boyu 340 mm
- Kayıcı mil yok
- Toplam boy 500 mm
- Malzemesi ck45 ıslah çeliği
- Kaynaklar MIG kaynağı ile yapılmıştır.

$$T = 15.10^5 \text{ Nmm}$$

$$L_1 = 390 \text{ mm (Toplam kardan şaftın kayıcı hariç boyu)}$$

$$G = 8.10^4 \text{ N/mm}^2 \text{ Çelik için}$$

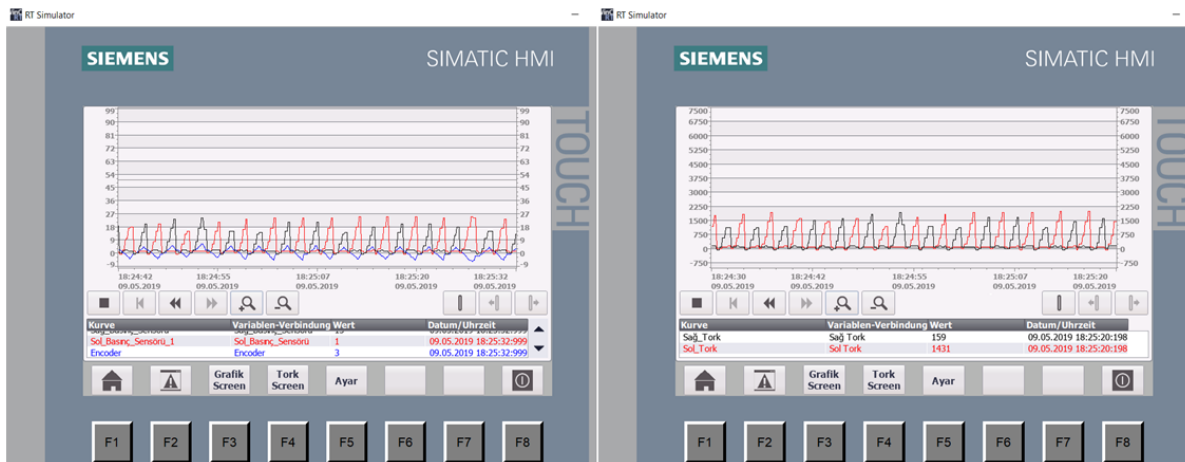
$$I_p = \text{Boru için} = \frac{\pi \times (d_d^4 - d_i^4)}{32}$$

$$\theta(\text{burulma açısı}) = \frac{T \times L}{G \times I_p} = \frac{15.10^5 \times 500}{8.10^4 \times \frac{\pi \times (50,8^4 - 46^4)}{32}} = 0,0437 \text{ rad}$$

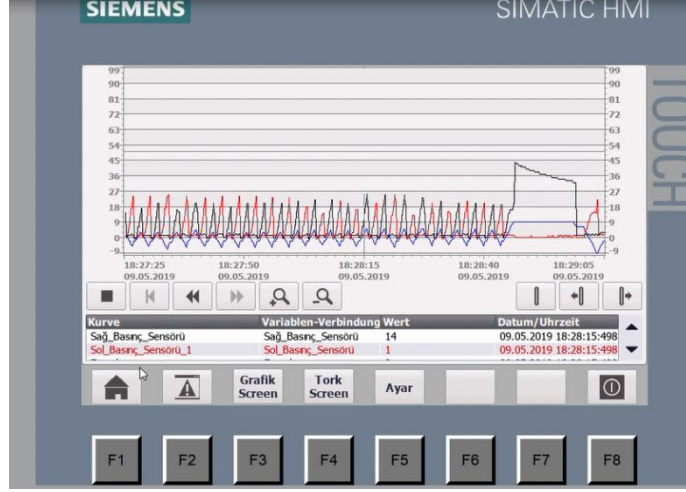
$$0,0437 \times \frac{360}{2\pi} = 2,5 \text{ derece}$$

$$k = \frac{T}{\alpha} = \frac{1500}{2,5} = 600 \text{ N (Bir derecelik açısal ilerleme için gerekli kuvvet)}$$

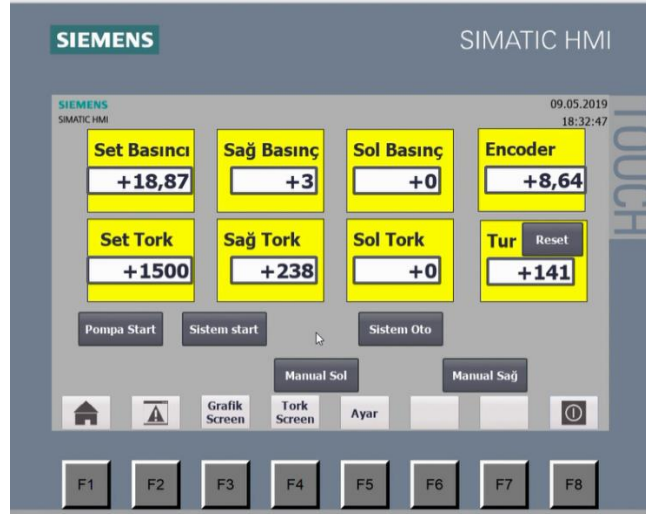
Yukarıda mekanik özellikleri verilen 2. numune 1500 Nm tork etkisi altında test edilmiştir. Bu test 1. teste kıyasla ilginç bir şekilde çok daha kısa sürede bitmiştir. 2. test yaklaşık 8 dakika ve 141 tur sonunda hareketli mesnet tarafındaki kaynakta kopma meydana gelmiştir. Bu erken kopmanın sebebi olarak, 1. numunede bulunan kayıcı milin sünek özellikli olması ve şaftta elastikiyet kazandırması gösterilebilir. 2. Numunede kayıcı bulunmaması nedeni ile burulma kuvveti etkisi altında kaynaklarda meydana gelen kesme kuvveti ile kaynak yapılan bölgede borudan kopma meydana gelmiştir. Bu test sonucunda elde edilen veriler ve grafikler den birkaçı şekil 4.7, 4.8, 4.9 da verilmiştir.



Şekil 4.7 Test esnasında basınç, açı ve tork grafikleri



Şekil 4.8 Kopma anında basınç açığı grafikleri



Şekil 4.9 Kopma anında ana ekran

5 KAYNAKLAR

- Fischer I.S., Freudenstein F. (1984). "Internal Force and Moment Transmissions in a Cardan Joint with Manufacturing Tolerances", ASME Journal of Mechanism, Transmissions and Automation in Design, Volume 106, Issue 3, pp 301-312
- Uzunoğlu B. (2006).Kardan Őaftının Geometrik Modellenmesi ve Sonlu Elemanlar Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul-Türkiye
- Pınar E.H. (2011). Hibrit Kompozit Kardan Şaftı Tasarım Ve Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir Türkiye
- Akkurt T. (2013). Ağır Ticari Araçlarda Kardan Őaftına Etkiyen Tork Değerlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi,İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul-Türkiye
- Taşdelen M.E. (2014). Çelik Ve Kompozit Malzemelerden Üretilen Kardan Millerinde Mekanik Ve Malzeme Ömür Verimliliğinin Artırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ-Türkiye
- Anonim (2016). <http://teknikressamm.blogspot.com/2016/12/surtunme-kaynagi-nedir-hakkinda-bilgi.html>, Erişim Tarihi: 20.04.2019
- Anonim (2016). <https://www.makinaegitimi.com/kaynak-teknolojisi/gazalti-ark-kaynagi.html>, Erişim Tarihi: 25.04.2019
- Yeşilyurt H. (2016). Improving Mechanical Properties Of Cardan Shafts Manufactured From Aıısı 4140 Steel Materials, Yüksek Lisans Tezi, Melikşah Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri-Türkiye
- Sathasivam G., Thamoıharan C., Naveenchandran P., Jagadeesh VikramC., (2018). Modeling and Analysis Of Propeller Shaft With Universal Joints, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 119 No. 12, 10191-10200, India

6 ÖZGEÇMİŞ

Sercan AKIN, 1991 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğretimini Söğütlü Çeşme İ.Ö.O da başlayıp Ahmet Kabaklı İ.Ö.O. da tamamladı. Liseyi İstanbul Gazi Anadolu Lisesi'nde bitirdikten sonra 2009 da Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne başladı. 2012 yılında Erasmus programı ile Macaristan'da Szent Istvan Üniversitesin'de 1 dönem eğitim gördü. 2014 yılında mezun olduktan sonra yüksek lisans eğitime başladı. 2014 yılından bu yana HAK KARDAN LTD. ŞTİ. nde çalışmaktadır.