

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BEŞ EKSENLİ KÖPRÜ TİPİ CNC MERMER İŞLEME MAKİNESİ
TASARIMI ve İMALATI**

Semih GÜLAÇTI

**Danışman
Prof. Dr. Ertuğrul DURAK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



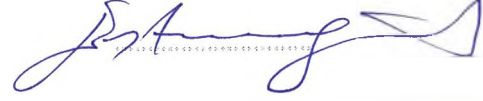
© 2018 [Semih GÜLAÇTI]

TEZ ONAYI

Semih GÜLAÇTI tarafından hazırlanan “**Beş Eksenli Köprü Tipi CNC Mermer İşleme Makinesi Tasarımı ve İmalatı**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Ertuğrul DURAK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Eyüp Sabri TOPAL
Akdeniz Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER



TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Semih GÜLAÇTI



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Doğal Mermer Bloklarından Levha Üretimi Yöntemleri ve Kesim	
Teknikleri	2
1.1.1. Mermer nedir?	2
1.1.2. Türkiye’de mermer rezervleri	4
1.1.3. Doğal mermer blokların işlenmesi.....	4
1.1.4. Dairesel testere ile kesim.....	7
1.1.5. CNC tezgâhlar ile ilgili temel kavramlar	8
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Köprü Kesme Makinesi	16
3.2. CNC Mermer Köprü Kesme Makinesi Tasarımı	18
3.2.1. Mermer köprü kesme makinesinin genel özellikleri	20
3.2.2. Beş eksen cnc tezgahı	24
3.2.3. Beş eksende malzeme işlemeye olan ihtiyaç.....	25
3.3. Beş Eksen Köprü Tipi Cnc Mermer Kesme Makinesi Tasarımı	25
3.3.1. Genel özellikler	25
3.3.2. Döner kafa tasarımı	27
3.3.3. Dikey yön hareket kafa tasarımı	32
3.3.4. Testere motoru ve testere motor taşıma sehpa tasarımı	34
3.3.5. Köprü ve taşıyıcı kolon tasarımı.....	41
3.3.6. Yağ Kullanımı	47
3.3.7. Şasi ve sehpa tasarımı	56
3.4. Tahrik Motoru Seçimleri	66
3.4.1. Y eksenli motoru.....	67
3.4.2. X eksenli motoru.....	70
3.4.3. Z eksenli motoru.....	73
3.4.4. A eksenli motoru	75
3.4.5. C eksenli motoru.....	76
3.4.6. Testere motoru	78
3.5. Diğer Muhtelif Tasarım Detayları.....	78
4. PROTOTİP MAKİNELERDE ÖRNEK ÇALIŞMALAR VE TARTIŞMA	86
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	91
6. KAYNAKLAR	93
EKLER.....	98
EK-A. Atlanta Redüktör Kataloğu.....	99
EK-B. Atlanta Kremayer Kataloğu.....	100
EK-C. Atlanta Pinyon Kataloğu.....	101
EK-D. İna Araba Kataloğu.....	102

EK-E. Ina TSX25-E Kılavuz Ray Kataloğu	103
EK-F. Neugart PSN 115 Servo Redüktör Kataloğu	104
EK-G. Neugart WPLE Servo Redüktör Kataloğu	105
EK-H. R2AA08040F, R2AAB8100H & R2AA08075F Servo Motor Kataloğu.....	106
EK-I. R2AA13120D Servo Motor Kataloğu	107
EK-J. SACCARDO 107LA/4 Testere Elektrik Motoru Kataloğu	108
EK-K. CKS80 A 120 R VE 160R Kablo Taşıyıcı Kanal Kataloğu.....	109
EK-L. Sanyo Denki Motor Seçim Kılavuzu	110
ÖZGEÇMİŞ.....	111



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BEŞ EKSENLİ KÖPRÜ TİPİ CNC MERMER İŞLEME MAKİNESİ TASARIMI ve İMALATI

Semih GÜLAÇTI

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Ertuğrul Durak

Bu çalışmada mermerin kısaca tanımı, Türkiye'nin global mermer pazarındaki yeri ve önemi anlatılmakla birlikte klasik köprü kesme makinelerinin çağımızın gerekliliklerine ayak uyduramadığını ve ihracatımızın önemli bir kısmını oluşturan ebatlı taşlardaki işleme problemleri ortaya konulmuştur. Sektörün sahip olduğu bu sorun yüksek fiyatlı ithal makinelerle karşılanmaktadır. Sonuç olarak bu durumu göz önünde bulundurarak, beş eksenli köprü tipi CNC mermer işleme makinesi tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır. Bu makinede hassas kesimler için çözüm bulunurken çağın gerektirdiği basit ve karmaşık geometrik şekillerde mermerlerin çok kısa sürede işlenmesi bu makine ile yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mermer, mermer işleme, mermer kesme, köprü kesme makinesi, beş eksenli köprü tipi CNC mermer işleme makinesi

2018, 111 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN AND MANUFACTURING OF BRIDGE TYPE FIVE AXIS CNC MARBLE PROCESSING MACHINE

Semih GÜLAÇTI

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Ertuğrul DURAK

In this thesis, a brief description of the marble and Turkey's role and importance on the global marble market is provided. In this study, the conventional bridge cutting machines' inability to meet current requirements of the sector and its adverse effect on cut natural stone industry that makes up a considerable amount of Turkey's export are presented. The demand for five axis bridge cutting machines therefore has been met with imported, expensive machinery, and to be able to meet this demand locally, a CNC bridge cutting machine is designed and manufactured. With this machine, precision cutting and simple/complex geometric shapes are intended to be performed in the very short time.

Keywords: Marble, processing of marble, cutting of marble, bridge cutting machine, five axis bridge type CNC marble processing machine,

2018, 111 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Ertuğrul Durak'a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın imalat aşamasındaki desteklerinden dolayı Özteknik Makine şirketine teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Semih GÜLAÇTI
ISPARTA, 2018



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Mermer	3
Şekil 1.2. Sayalama işlemi	5
Şekil 1.3. Levha/plaka üretimi.....	5
Şekil 1.4. Ebatlama	6
Şekil 1.5. Yüzey işlemleri.....	6
Şekil 3.1. Geleneksel köprü tipi mermer kesme makinesi	16
Şekil 3.2. Autonics firmasının enkoder ürünü	17
Şekil 3.3. Mermer plakasının ebatlanması.....	18
Şekil 3.4. İthal beş eksen köprü tipi cnc mermer kesme makinesi.....	19
Şekil 3.5. CNC 5-eksen köprü kesme makinesi ile yapılabilen işlere örnekler.....	19
Şekil 3.6. Sanyo Denki marka bir servo motor	21
Şekil 3.7. Alt destekli krom mil ve doğrusal kızak sistemleri	23
Şekil 3.8. Tex Computer Power E 10.4 Compact	23
Şekil 3.9. Beş eksen köprü tipi CNC mermer kesme makinesi	25
Şekil 3.10. Tezgahtaki çalışma eksenleri.....	26
Şekil 3.11. Prototip makine tasarımı.....	28
Şekil 3.12. Döner kafa.....	29
Şekil 3.13. Konik makaralı rulmanlar	29
Şekil 3.14. Konik makaralı rulman konik açısı	30
Şekil 3.15. İç-dış bilezik ayrılabilir yapı	30
Şekil 3.16. Yüksek kalaylı bronz malzeme kullanım yeri.....	31
Şekil 3.17. Bronz yatak ve gresörlük	31
Şekil 3.18. Bilya-diş nokta teması gösterimi	32
Şekil 3.19. Boşluk.....	33
Şekil 3.20. Bilyeli vida kesit görünüm.....	33
Şekil 3.21. Bilyalı vida	34
Şekil 3.22. Kesim testeresi kıstasları.....	35
Şekil 3.23. Testereye etki eden kuvvetler	39
Şekil 3.24. Motor taşıma sehpası	40
Şekil 3.25. A ve C ekseni – Açılı konum.....	41
Şekil 3.26. Taşıyıcı yan taraflar monte edilirken.....	42
Şekil 3.27. Köprüdeki Z ve Y eksenleri.....	42
Şekil 3.28. Y ekseni yolu: Kılavuz rayı, masura taneli arabalar ve kremayer dişli	43
Şekil 3.29. INA RWU 25 masuralı araba görseli	44
Şekil 3.30. INA TSX 25 kılavuz rayı görseli.....	44
Şekil 3.31. Y ekseninde bulunan yataklamadaki kuvvetler	45
Şekil 3.32. Arabaya uygulanan momentler	45
Şekil 3.33. X ekseni araba konumları (kırmızı renkle gösterilmiştir)	46
Şekil 3.34. Kızak körük görseli	47
Şekil 3.35. Kızak körük parametreleri	48
Şekil 3.36. X ekseni bükümlü sac (yağ haznesi).....	49
Şekil 3.37. X ekseni yağ gresörlükleri	49
Şekil 3.38. Y ekseni yağlama yapılan bölge	50
Şekil 3.39. Y ekseni yağ gresörlüğü.....	50
Şekil 3.40. Soğutma hortumu	51

Şekil 3.41. HEB profil kullanım yerleri	52
Şekil 3.42. Makine köprü tasarımından bir görünüş	54
Şekil 3.43. Makine perspektif görünüm	54
Şekil 3.44. CKS CK80 Kablo taşıyıcı kanalı	55
Şekil 3.45. Servo motor kabloları	55
Şekil 3.46. Üretimi tamamlanmış 5 eksen köprü kesme makinesi (1. prototip)	56
Şekil 3.47. Şasi yüke bağlı sehim analizi sonucu.....	57
Şekil 3.48. Şasi yüke bağlı gerilim analizi sonucu	58
Şekil 3.49. Z eksen deformasyon analizi	58
Şekil 3.50. Z eksen gerilim analizi	59
Şekil 3.51. Köprü deformasyon analizi	59
Şekil 3.52. Köprü gerilim analizi	60
Şekil 3.53. Döner kafa deformasyon analizi	60
Şekil 3.54. Döner kafa gerilim analizi.....	61
Şekil 3.55. Sehpa profillerinin kaynak işlemi.....	61
Şekil 3.56. Şasi ve ayak profilleri.....	62
Şekil 3.57. Correa Versa M gantry tipi freze makinesi.....	62
Şekil 3.58. Correa Versa M gantry tipi freze makinesi tezgahı	63
Şekil 3.59. Trapez sac	64
Şekil 3.60. Kaldırma mapalarından bir görünüm.....	65
Şekil 3.61. Açılı kare profiller	65
Şekil 3.62. Gövde şasisi tasarımı	66
Şekil 3.63. Motorların konumları.....	66
Şekil 3.64. Y ekseninde kullanılan servo motor	70
Şekil 3.65. X eksen servo motoru	72
Şekil 3.66. A eksen servo motoru	76
Şekil 3.67. C eksen servo motoru	78
Şekil 3.68. Boyanmış şasi.....	79
Şekil 3.69. Lazer düzeneği	79
Şekil 3.70. 10.4 inç kumanda paneli	80
Şekil 3.71. Tabla hareketi.....	81
Şekil 3.72. Tabla hareketi (80°)	82
Şekil 3.73. Hidrolik güç ünitesi	82
Şekil 3.74. Led trafosu	83
Şekil 3.75. Motor koruma şalteri.....	83
Şekil 3.76. MCCB izolasyon trafosu	84
Şekil 4.1. Dairesel kesim.....	86
Şekil 4.2. İlk prototip - Düz kesim.....	87
Şekil 4.3. İlk prototip – Çoklu kesim esnasında.....	87
Şekil 4.4. Çokgen kesim	88
Şekil 4.5. İkinci prototip kullanıma hazır makine	88
Şekil 4.6. 5 eksen makine prototipi ile işlenmiş parça	90
Şekil 4.7. 5 eksen makine prototipi ile parça işlenirken	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Yapı çelikleri mekanik özellikleri.....	27
Çizelge 3.2. Önerilen dairesel testere hızları (Saccardo kataloğu)	36
Çizelge 3.3. Saccardo testere motoru katalog verileri	36
Çizelge 3.4. Araba katalog verileri.....	46
Çizelge 3.5. Slideway 220 kızak yağı özellikleri	51
Çizelge 3.6. HEB profil değerleri	53



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	İvme	(m/s ²)
a _p	testere kesme derinliği	(mm)
d	Çap	(mm)
E	Elastisite modülü	(GPa)
F	Kuvvet	(N)
F _t	Teğetsel kuvvet	(N)
g	Yerçekimi ivmesi	(m/s ²)
i	Redüksiyon / çevrim oranı	
J	Atalet/eylemsizlik momenti	(kg.m ²)
J _m	Motor ataleti	(kg.m ²)
J _{yük}	Taşınan yükün ataleti	(kg.m ²)
l _s	Bilyalı mil adımı	(mm)
L	Uzunluk	(mm)
m	Kütle	(kg)
n/n _r	Dakikadaki devir sayısı	(d/d)
P	Güç	(kW)
Q _w	Birim zamanda kaldırılan talaş hacmi	(m ³ /s)
r	Yarıçap	(mm)
t	Zaman	(s)
SE	Spesifik kesme enerjisi	(MJ/ m ³)
T	Tork	(Nm)
T _{yük}	Yük torku	(Nm)
T' _{yük}	Güvenlik katsayısı sonrası yük torku	(Nm)
V	Hız	(da m/s)
V _f	Testere ilerleme hızı	(m/s)
V _s	Dairesel testere hızı	(m/s)
W	Ağırlık	(N)
w _m	Testere üzerindeki kesici elmas genişliği	(m)
α	Açısal ivme	(rad/s ²)
δ	Sehim	(mm)
η	Kontakt yüzeyi verimi	
θ	Eğim açısı	(°)
μ	Sürtünme katsayısı	
π	Pi sayısı	
ρ	Malzeme yoğunluğu	(kg/m ³)
ω	Açısal hız	(rad/s)

1. GİRİŞ

Endüstrinin hızla gelişip ilerlediği ve Endüstri 4.0'a geçtiği bu dönemde, ülkemizin en yüksek ihracat payını oluşturan mermer endüstrisi, ne yazık ki bu gelişimin kısmen gerisinde kalmıştır. Ülkemizde halen mermerden yapılan evye, mutfak tezgahları, objeleri, pencere denizlikleri, kapı eşikleri, merdiven basamakları, heykel, hayvan figürleri, vb. ürünler el işçiliğiyle yapılmaktadır. Bu durum global markette firmalarımıza ciddi bir handikap yaratmaktadır. Çünkü el işçiliğiyle yapılan bu işler ciddi uzun sürelerde yapılmakta ve tamamen kişinin becerisine bağlı kalınmaktadır.

Dikkatsizlik sonucu yapılan en ufak hata ise malzemeyi atıl duruma düşürebilmektedir. Bu da hem doğal kaynaklarımızın çöp olmasına neden olmakta, hem de üreticilerimizi global markette zarara uğratmaktadır.

Bu sebeple tasarlanıp prototip imalatı yapılacak bu makine ile hata payını en aza indirerek ve işleme süresini kısaltarak mermer firmalarına büyük kolaylık sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca bu firmalar madenlerimizi, düşük maliyetli işçiliklerle global markete çok yüksek karlılıkla pazarlayabileceği de bir gerçektir.

Bu makinelerin muadilleri çoğunlukla İtalyan firmaları tarafından üretilmekte ve tüm dünyaya pazarlanmaktadır. Bu ithal makinelerden yüksek ilk maliyetleri, kullanma problemleri, operatör bulma problemleri vb., nedeniyle Türkiye'de de çok fazla bulunmamaktadır. Çünkü bu makinelerin gerek ilk yatırım maliyetleri gerekse satış sonrası servis maliyetleri çok yüksektir. Dolayısıyla mermer makineleri üreten firmalar, bu yatırımı rahatlıkla gerçekleştirememektedirler.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, beş eksenli köprü tipi CNC makinesinin tasarımı, prototip makine imalatında kullanılacak olan malzemelerin seçimi, tasarım süreci, imalatı ve prototip makineye ait örnek mermer işleme test sonuçları; ithal ve yerli rakiplerine göre öne çıkan özellikleri ve kabiliyetleri incelenecektir.

Tez çalışmasında kullanılacak yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

- a) Makinenin tasarımı ve malzeme seçimi
- b) Kesme kuvvetleri hesabı
- c) Tezgah gövdesi mukavemet hesabı
- d) Tahrik motorlarının seçimi
- e) Lineer yatakların seçimi
- f) Yağlama durumunun incelenmesi
- g) Prototip imalatı
- h) Testler

Sunulan bu tez çalışmasında Antalya Organize Sanayi Bölgesinde yer alan Özteknik Mermer Torna Makine San. Tic. Ltd. Şti.'den;

- Pazar araştırması,
- Cad tasarım programı,
- Bilgi ve deneyim,
- Beş eksen gantry tipi cnc freze,
- Dört eksen köprü tipi cnc freze,
- CNC torna,
- CNC dik işlem merkezi,
- Arz ve talep

konularında bilgi ve üretim konusunda destek alınmıştır.

1.1. Doğal Mermer Bloklarından Levha Üretimi Yöntemleri ve Kesim Teknikleri

1.1.1. Mermer nedir?

Mermer, metamorfizma olayı sonucunda kalker ve dolomitik kalkerlerin yeniden kristalleşmesiyle meydana gelmiş bileşimdir (Şekil 1.1.). Bileşimlerinin %90-98'i CaCO_3 'ten (Kalsiyum karbonat) oluşmaktadır. Düşük oranda MgCO_3 (Magnezyum karbonat) içermektedir. CaCO_3 kristallerinden oluşan mermerlerde esas mineral "Kalsit" tir. Aynı zamanda az miktarda silis, silika, feldspat, demiroksit, mika, florin

ve organik maddeler bulunabilir. Renkleri genellikle beyaz ve grimsidir. Fakat yabancı maddeler nedeniyle sarı, pembe, kırmızı, mavimsi, esmerimsi ve siyah gibi renklerde de olabilirler. Saflık derecesi; saydamlık ve beyaz renkli oluşu ile paralel olmaktadır (Karaman, 2010).

Mikroskop altında incelendiğinde, birbirine iyice kenetlenmiş "Kalsit Kristalleri"nden oluştuğu görülür.



Şekil.1.1. Mermer (Karaman, 2010)

Endüstriyel anlamda “mermer”; kesilip parlatılabilen her cins taş mermer olarak kabul edilmektedir. Ancak, doğru olanı, taşları kökenlerine bağlı gerçek türleri ile tanıyıp isimlendirmektir. Belirtildiği gibi blok verebilen, kesilerek cilalanıp parlatılabilen, dayanıklı ve göze hoş görünen her türlü taş (magmatik, metamorfik, sedimanter), iyi cila kabul eden kalkerler, tektonik breşler ve pudingler, traverten ve oniks mermerlerinden başka granit, diabaz, lösitli siyenit ve serpantinitier gibi magmatik kayalar da bu mermer terimi içerisine girmektedirler. Bununla beraber mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik, mineralojik, petrografik, yapısal ve jeomekanik unsurlar ile teknolojik özellikler etkilidir (Karaman, 2010). 5 Haziran 2004 tarihli ve 25483 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Maden Kanununda Mermer; “II. Grup madenler; Dekoratif taşlar, Traverten, Kalker, Dolomit, Kalsit, Granit, Siyenit, Andezit, Bazalt ve benzeri taşlar” içerisinde yer almaktadır.

1.1.2. Türkiye’de mermer rezervleri

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) verilerine göre Türkiye’nin mermer rezervi 5 milyar m³ olarak tahmin edilmekte olup, bu da dünya potansiyelinin yaklaşık %40’ını oluşturmaktadır. Toplam rezervi 13.9 milyar ton (yaklaşık 5,1 milyar m³) olan Türkiye, 1,6 milyar ton civarındaki görünür rezervi ile dünya tüketimini 80 yıl karşılayabilecek bir konumdadır (Demir, 2017). Türkiye’de 80’in üzerinde değişik yapıda, 120’nin üzerinde ise değişik renk ve desende mermer rezervi bulunmaktadır. En tanınan çeşitler olarak; Süpren, Elazığ Vişne, Akşehir Siyah, Manyas Beyaz, Bilecik Bej, Kaplan Postu, Denizli Traverten, Afyon Şeker sayılabilir (Demir, 2017).

Mermer sektöründe yaklaşık 800 ocak, 1500 fabrika ve 7000 civarında atölye bulunmaktadır. Bunun sektörde istihdam olarak karşılığı 300000 kişi olmaktadır(<https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-051196>). Ocakların %90’ı Ege ve Marmara Bölgesi’nde yoğunlaşmış olup, mevcut ocakların %27’si Balıkesir, %24’ü Afyon, %12’si Bilecik, %8 Denizli, %6’sı ise Muğla’da bulunmaktadır (Demir, 2017).

1.1.3. Doğal mermer blokların işlenmesi

Doğal taş işleme ocaklarında üretilen ürünler, üç başlık altında listelenebilir:

- Düzgün boyutlu
- Yarı şekilli /şekilsiz
- Blok olmayan iri parçalar (Özçelik, Ünver, Bayram & Yaşıtlı, 2008).

Ocaklardan gelen bu ürünlerin işleme aşamaları ise aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Sayalama (blokların ticari ölçülere göre işlenmesi / küp veya dikdörtgen prizma haline getirilmesi)
- Levha/plaka üretimi
- Ebatlama

- Yüzey işlemleri
- Son ürün durumuna getirme (Özçelik vd., 2008)



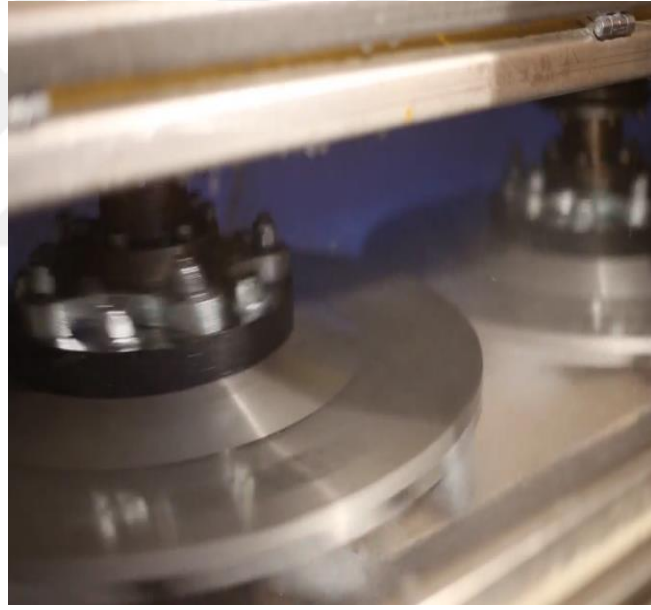
Şekil 1.2. Sayalama işlemi (Erişim tarihi: 19.03.2018.
<http://ahmetkınaoglu.com.tr>)



Şekil 1.3. Levha/plaka üretimi (Erişim tarihi: 19.03.2018.
<http://www.ekolmermer.com.tr>)



Şekil 1.4. Ebatlama (Erişim tarihi: 19.03.2018. <http://www.breton.it>)



Şekil 1.5. Yüzey işlemleri

Sayılanmış ürünlerin levha veya plakalara ayrılması işlemlerinde ise aşağıdaki metodlar uygulanmakta olup, bu çalışmanın kapsamı olan köprü kesme makinesinde kullanılan dairesel testere sistemi ile kesim göz önüne alınacaktır.

- Düz testere ile kesim
- Dairesel testereyle kesim
- Elmas tellerle çoklu kesim
- Elmas kemerli bant kesimi

1.1.4. Dairesel testere ile kesim

Dairesel testere ile kesim fonksiyonunu sağlayan makineler; testere, kesme motoru, testere ve motorun dikey, yanal veya açısal hareketini sağlamak için bir köprü düzeneği, doğal taş blokunu taşıyan hareketli ya da hareketsiz tezgâh ve tüm bu düzeneği taşıyan kolonlar ve şasiden oluşmaktadır. Bu makineler, bir veya birden çok testere bulundurabilir, klasik, NC ya da CNC kontrollü olabilmektedirler. Kesim, dikey ya da yatay dairesele testerelerle gerçekleştirilebilmektedir. Testere çapları ve dakikada devir sayıları çeşitlidir. Testereler, sert çelikten imal edilmiştir ve kesim için testerenin dış çapında belli aralıklarla yerleştirilmiş elmas soketler bulunmaktadır (şekil 1.6). Elmasın bu işlev için tercih edilmesi, dünyadaki doğal oluşumlu en sert malzeme olmasındandır.



şekil 1.6. Elmas soketli dairesele mermer kesme testeresi (Erişim tarihi: 19.03.2018. <http://www.cihanmakmer.com>)

Kesim işlemi aşamaları, üç başlık altında toplanabilir. Bunlar, testere ile kesilecek doğal taş bloğu arasındaki ilk temas anı olan sürtme, çentik açma ve ardından ilerleme aşamalarıdır. Henüz kesmenin gerçekleşmediği, işlenecek malzemenin elastik limitine erişilmediği aşama, sürtme aşamasıdır. Plastik deformasyonun gerçekleşmeye başladığı aşama çentik açma aşamasıdır. Malzemenin yırtılma gerilmesinin aşıldığı, testerenin malzemeyi kesmeye devam ettiği aşama ise ilerleme aşamasıdır (zelik vd., 2008)

Kesim işlemi, kesme diskine oksijen kaynağı ile birleştirilmiş elmas segmentleriyle gerçekleştirilir. Bu kompozit segmentler; kobalt, bronz, tungsten karbür, nikel ve kalaydan oluşan metal ana yapıya elmas partiküllerinin dahil edilmesiyle elde edilir (Ersoy ve Atıcı, 2003). Kesim işlemi, kesilecek doğal taşlar homojen yapıda olmadığı için ve elmas parçalarının oldukça ince disklerle kaynatılması nedeniyle stabil değildir (Ucun vd., 2008).

1.1.5. CNC tezgâhlar ile ilgili temel kavramlar

1. Hareket Doğrultuları (Eksenler): CNC tezgâhlar farklı eksenler, farklı hareket yönlerine sahiptir. Örneğin, CNC torna, CNC freze, CNC matkap vb. farklı cins tezgâhlar da eksenler farklı yönlerde hareket ederken teknolojinin gelişmesiyle birbirine dik üç eksenin yanında bunların karışımlarını kullanan 5 ya da 6 eksenli tezgâhlar da bulunmaktadır. CNC programında eksenler genellikle X, Y, Z, U, V, W gibi farklı harfler ile isimlendirilirler.

2. Referans Noktaları: CNC tezgâhlar, eksenleri üzerinde başlangıç veya referans pozisyonu olarak önceden tanımlanmış bir konumu referans noktası olarak kullanırlar. Referans noktaları, tezgâh açıldığında tezgâhın bu konumlara gönderilmesi suretiyle tezgâhın mekanik pozisyonu ile kontrol sisteminin pozisyonunun senkronize edilmesinde kullanılır. Bu nokta aynı zamanda; sıfıra gönderme pozisyonu, home(ev, yuva) pozisyonu ya da ızgara sıfır konumu olarak da bilinir.

3. İş Mili Kontrol Fonksiyonu: CNC programlarında S (Spindle kelimesinin kısaltılmasından oluşmaktadır) harfi iş mili devrini belirtmede kullanılır. Örneğin; S1000 komutu iş milinin 1000 devir/dakika hızında döndürüleceğini belirtmektedir. İş milinin saat yönünde döndürülmesi, saat tersi yönünde döndürülmesi ya da durdurulması ilgili M kodları ile kontrol edilmektedir.

4. Otomatik Takım Değiştirme Kontrol Fonksiyonu: CNC programlarında T (Tool kelimesinin kısaltılmasından oluşur) harfi ile birlikte kullanılan sayısal değerler ile taretteki hangi takımın iş miline takılacağı bu takıma ait telafi değerlerinin nereden okunacağı belirlenir.

5. Soğutma Sıvısı Kontrol Fonksiyonu: CNC tezgâhlarda iş milinin aşırı ısınmasını önlemek amacıyla kullanılan soğutma sıvısı açma ve kapama kontrolü ilgili iki M kodu ile kontrol edilir.

6. Otomatik Palet Değiştirme Kontrol Fonksiyonu: CNC tezgâhlarda kullanılacak paletin hazırlık bölgesinden çalışma bölgesine alınması için ilgili iki M kodu kullanılır.

7. İnterpolasyon: Takım tek bir eksende hareket ettirilmek istenirse, verilen komuta göre iş mili tam düz bir hat boyunca hareket edecektir. Fakat takım iki eksen üzerinde birlikte hareket ettirilmek istenirse (Örneğin, hem X hem de Y eksenlerinde hareket edecekse) hareketin başladığı noktadan bittiği noktaya kadar olan iki nokta arasını birbirine bağlayan hat boyunca, mümkün olan en küçük hata ile bu doğru üzerinde kalmak suretiyle, ilgili eksenler üzerinde çok küçük artım birimleriyle hareket edecektir. Günümüzde bu artım birimleri 0,001 mm. ya da 0,0001 mm' gibi çok küçük değerlerdedir.

8. Hızlı Hareket (Boşta İlerleme - Pozisyonlama): İşlem sırasında takımın kesme yapmadığı durumlarda işleme zamanını kısaltmak için bir sonraki noktaya konumlanmak için tezgâh imalatçısı tarafından tespit edilen hızda gitmesidir. CNC takım tezgâhlarının programlanmasında boşta ilerleme için G00 kodu kullanılır.

9. Doğrusal Hareket: Takımın tam doğrusal bir hareket yapacak şekilde hareket etmesidir. Genellikle, delik delme, yüzey frezeleme, kanal açma vb. işlemlerde kullanılır.

10. Dairesel Hareket: Takımın dairesel bir yol şeklinde hareket etmesini sağlar. Takım, verilen bir R (Yarıçap komutu) değeri ile saat yönünde ya da saat tersi yönünde ilerleyerek hareket eder.

11. Telafi: Her bir takımın boyunu, enini, çapını vb. bilgilerini bilerek, hassas işleme yaparken bunları göz önünde bulundurmak yerine bu değerleri önceden,

tezgâh hafızasındaki bir bölüme atamak suretiyle parçanın boyunu, kalınlığını, çapını düşünmeden işlem yapabilmemize imkân tanır. Program hafızasında her takımın boy, genişlik, yarıçap gibi şekilsel bilgilerine ait tanımlamalar bulunur. Takım iş miline takıldığı zaman bu bilgiler kullanılarak, belirli bir boyda ya da yarıçapta işlenecek bir parça için takımın boy ya da yarıçap değerlerini bu değerlerden çıkararak hesaplama yapma işleminden kurtarır ve tezgâh bu işlemi otomatik olarak yaparak istenilen uzunlukta ya da çapta ürünler elde edilmesine imkân tanır. Böyle bir sistemde takım aşınmalarından dolayı meydana gelebilecek boy ya da çap değişimleri, takımın tekrar ölçülerek yeni değerlerin girilmesiyle çözülebilmektedir (Cevindik, 2009).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Konu ile ilgili olarak yapılan literatür araştırması neticesinde, beş eksenli köprü tipi CNC mermer işleme makinesi üzerinde günümüze kadar yapılan çalışmalar aşağıda sıralanan kategoriler şeklinde yapılacaktır:

- Mermer'in tanımı ve ülkemizdeki rezerv durumları
- CNC takım tezgahları nedir?
- CNC Tezgahlar ile İlgili Temel Kavramlar
- Beş eksenli CNC tezgahı nedir?
- Beş eksen tezgah kullanımının avantajları / dezavantajları
- Boyutsal ön tasarımı
- Standart makine elemanların belirlenmesi
- Sistemin modellenmesi
- Kesme hızı ve ilerleme hesabı

Ülkemiz dünya doğal taş rezervinin yaklaşık %33'üne sahiptir (İhracat Genel Müdürlüğü Maden, Metal ve Orman Ürünleri Daire Başkanlığı, 2018.Erişim tarihi:20.05.2018.<https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-051196>).

Üretimin tamamına yakın kısmı özel sektör tarafından gerçekleştirilen mermer madenciliğinde yıllık doğal taş üretimi yaklaşık 11,5 milyon ton olup, işleme tesislerinin toplam plaka üretim kapasitesi yaklaşık 6,5 milyon m²'dir. Dünya mermer rezervi bakımından önemli bir yeri olan Türkiye, 400'e varan renk ve doku kalitesine sahip mermer çeşitleri ile pazar şansı çok yüksek bir ülkedir. 2016 yılında 1,8 milyar dolar civarında olan mermer ihracatı, 2017 yılı sonrası yaklaşık 2,1 milyar dolara yükselmiştir (İhracat Genel Müdürlüğü Maden, Metal ve Orman Ürünleri Daire Başkanlığı, 2018. Erişim tarihi: 20.05.2018. <https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-051196>).

Doğal taştan yapılan malzemelerin mimar ve dekoratörler tarafından daha fazla tercih edilmesi dünyadaki tüketici sayısının artmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra piyasa fiyatlarının önemli ölçüde düşmesi, ekolojik ve estetik görünümlü malzemelere olan ilginin artması tüketimin artmasına yardımcı olan faktörlerdir. Uzmanlar gelecek yıllarda bu gelişimin süreceğini tahmin etmektedir.

Günümüzde önemli doğal taş üreticisi ülkeler, dünya üretiminin % 70'ini gerçekleştirmektedir (Doğaltaş Mermer Raporu, 2005).

Dinçel (1999)'in yaptığı çalışmada, CNC'nin (Computer Numerical Control) tanımı yapılmış, NC (Numeric Control) takım tezgahlarından CNC takım tezgahlarına neden geçildiği ve CNC takım tezgahlarının getirdiği yeniliklerden bahsedilmiştir. Ayrıca, CNC takım tezgâhlarının; geleneksel takım tezgâhlarına olan üstünlükleri açıklanmıştır. CNC takım tezgâhlarının yapısı ve çeşitlerinden bahsedilmiştir.

Tseng vd. (1989), "A CNC machining system for education" başlıklı çalışmalarında eğitim amaçlı olan 3 eksenli bir CNC tasarlamış ve imal etmişlerdir. Geliştirilen CNC tezgahı için; mikroişlemci destekli kontrol ünitesi ve kontrol yazılımı üretilmiştir.

Gülesin vd. (2007), yaptığı çalışmada ise, makine imalatında kullanılan takım tezgâhları, ağaç işleme, kaynak, alevle kesme, tel ve dalma erozyon, enjeksiyonla şekillendirme gibi birçok üretim işlemlerinde uygulanan bilgisayarlı sayısal denetim makinelerinin, programlanması hakkında bilgi verilmiştir.

Özdeveci M. (2001), yaptığı çalışmasında; ülkemize ithal edilen eğitim amaçlı CNC tezgâhları incelemiş ve çok pahalı olduklarını vurgulamıştır. Çalışmasında bu ürünlere alternatif olarak, eğitim amaçlı CNC freze tasarlamış ve imal etmiştir. Fakat üretmiş olduğu makinede, ithal edilen CNC tezgahlardaki gibi lineer kızaklar yerine kırılmaç kuyruğu yataklar; bilyeli vidalı miller yerine ise trapez vidalı miller kullanmıştır. Tezgâhın programlanmasında Pascal, C ya da Delphi gibi programlama dilleri kullanılmıştır.

Xu vd. (2001), gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarında, dairesel testereli bir mermer makinesi ile farklı çalışma koşullarında gri granitin kesimi için, kesme kuvvetlerini ve enerjisinin değişimini incelemişlerdir. Kuvvet ve kesim güçlerinin verilerini bilgisayar ortamına aktarılmış ve verileri işlemek içinse Matlab yazılımı kullanılmıştır.

Büyüksağış ve Göktan (2005), kesim sırasında mermere etkiyen kuvvetlerden hareketle harcanan enerjiyi hesaplamışlardır. Çalışmalarında ise bilgisayar kontrollü bir deney düzeneği kullanmışlardır. Farklı tipte mermer kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada iki farklı parametreye göre kesim enerjisi incelenmiştir. Çalışmalarını yedi farklı mermer üzerinde yapan ekip mermerlerin tamamında benzer değişimler olduğu görülmüştür.

Karaçam (2009), çalışmasında CNC freze tasarımı ve adım motor sürücülerini araştırmış aynı zamanda mikro adım sürücüler kullanılarak yüksek hızda performansları incelenmiştir.

Çelik (2007), çalışmasında beş eksen CNC freze tezgahı ile üretilen eğrisel kavitelerin yüzey pürüzlülüğünün kestirimi için bir yöntem geliştirmiştir. Diş başı ilerleme, yanıl ilerleme ve kesme hızı parametrelerini dikkate alarak çalışma gerçekleştirmiştir. Çoklu doğrusal regresyon tekniği kullanılarak, frezeleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülük değeri tahmin etmeye yönelik matematiksel bir formül geliştirilmiştir. Deneylerle de matematiksel denklemler kontrol edilmiştir.

Özyalçın (2006) yaptığı çalışmasında X, Y, Z koordinatlarında esnek hareket eden bir kartezyen robot tasarlamıştır. Robotun, eksenleri step motor ile kontrol edilmiştir. Motor sürücülerini kendisi yapmıştır ve Mach3 programını kullanmıştır.

Kavala (2010) ise yaptığı çalışmada üniversite bünyesinde bulunan ve atıl durumda üç eksenli CNC tezgaha, iki döner eksenli tabla tasarımı ve imalatını gerçekleştirdikten sonra söz konu bu tablayı ekleyerek beş eksenli CNC tezgah hale dönüştürmüştür. Çalışmasında beş fazlı step motorlar kullanılmıştır. Tezgâhın

kontrolü için Linux tabanlı EMC (Geliştirilmiş Makine Kontrolörü) kullanılmıştır. EMC içerisinde yazılan G kodlar sayesinde iş parçalarını işlemek mümkün hale getirilip aynı anda 5 eksen çalıştırılmıştır.

Köbeloğlu (2011) yaptığı çalışmada eğitim amaçlı iki eksenli masaüstü CNC torna tezgahı tasarlamış ve prototip imalatını gerçekleştirmiştir. Tezgâhın eğitim amaçlı olmasından dolayı sisteme bir webcam bağlanarak tezgâhtaki işleme süreci bilgisayar ekranından takip edilebilir hale getirilmiştir.

Hasar vd. (2012) yaptığı çalışmada masaüstü 4 eksen CNC freze tezgahı tasarımını ve imalatını yapmıştır. Yapılan tezgâhta strafordan ve ahşaptan helisel dişliler yapılmış ve yapılan parçalar ölçülerek, tezgâhın hassasiyeti ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

Şefkatlioğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada strafor köpüğün iki boyutlu herhangi bir şekilde kesilmesini sağlayacak olan CNC Strafor Kesme Makinesi tasarımını ve imalatını yapmıştır. Üretilen tezgâh başarılı bir şekilde çalıştırılıp, strafordan at figürü işlenmiştir.

Deliormanlı (2012), CAI (Cerchar Abrasive Index) değerinin kesme operasyonu ve kesici malzemeler için bir girdi olup, doğal taşların aşındırma özelliğini değerlendiren ve oldukça sık başvurulan bir test yöntemi olduğunu bildirmiş, CAI değeri ve doğal taş aşınımıyla ilgili testler yapıp pratik bağlantılar kurmuştur. Büyüksağış vd., (2012), spesifik kesme enerjisi, belli bir zamanda, belli bir hacimde malzeme kesmek için gerekli enerji miktarı olduğunu bildirmiş ve spesifik enerji değerleri için testler gerçekleştirmiştir. Atıcı ve Ersoy'un (2003) çalışmasında, bir çok farklı mermer tipi ile kesim testleri gerçekleştirilmiş, spesifik kesme enerjisi ve CAI arasında bağlantılar bulunmuştur. Ek olarak, Şengün ve Altındağ (2011), doğal taşların shore sertliği, üst çekme dayanımı gibi değerlerinin spesifik kesme enerjisine doğrudan etkileri olduğunu ve bu enerjinin, sayılan taş özelliklerinden tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Yapılan literatür araştırmaları neticesinde; beş eksen köprü tipi CNC mermer makinesine ait bir yayına rastlanmamıştır. Yapılması planlanan çalışma ile literatüre katkı sağlanması planlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında; mevcut literatür göz önüne alınarak beş eksenli köprü tipi CNC mermer işleme makinesi tasarımı ve kabiliyetleri ile ilgili yeterli araştırma ve incelemelerin olmadığı görülmüştür. Bu durum dikkate alınarak, mevcut çalışmalara katkı sağlamak amacıyla beş eksenli köprü tipi CNC mermer işleme makinesinin konstrüksiyonunun tasarımı, imalatı ve kabiliyetleri incelenecektir. İmal edilecek makine ile farklı çalışmalar yapılabilecek ve elde edilecek sonuçlarla mermer sektöründe; madenlerimizin katma değerli bir şekilde satışı beklenmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Köprü Kesme Makinesi

Köprü kesim makinesi büyük fabrikalarda plaka halindeki mermer, granit ve benzeri ürünlerin istenilen ölçülerde kesimi için dizayn ve imalatı yaptırılan otomatik bir makinedir. Şekil 3.1.'de geleneksel köprü kesme makinesine ait bir tasarım görülmektedir. Bu tip makinelerde eksen motorları asenkron olup, eksen konum bildirimini enkoder ile sağlamaktadır.



Şekil 3.1. Geleneksel köprü tipi mermer kesme makinesi (Erişim tarihi: 15.04.2018. <https://www.mks.com.tr>)

Asenkron motorlar, bir diğer adıyla indüksiyon motorları, motor sargılarından geçen alternatif akımın yarattığı manyetik döner alanın dönme hızı ile rotordaki dönme hızının aynı olmadığı motorlardır. Söz konusu manyetik alanı oluşturan sargılar, motorun sabit duran parçası olan statorda konumlanır. Elektrik motorlarının dönen parçaları ise rotor olarak isimlendirilir. Asenkron motorların belli başlı avantajları:

- Az periyodik bakım ihtiyacı.

- Çalışma esnasında ark oluşmaması.
- Geniş güç seçeneği.
- Çeşitli faz seçeneği.
- Yüksek momentlerinin olması (Erişim tarihi: 24.03.2018. <http://hbogm.meb.gov.tr/MTAO/1ElektrikMakLab/unite5.pdf>)

Asenkron motorların dezavantajı;

- Kalkınma anında normal akımının 4-5 katı fazla akım çekerler.
- Devir sayılarını değiştirmek zordur.
- Gürültülü çalışırlar (Elektrikce, 2017).

Enkoderler, dönüşel konum ve hız verilerini elektriksel sinyallere çeviren ve bu sinyalleri işleyen cihazlardır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Autonics firmasının enkoder ürünü (Erişim tarihi: 24.03.2018. www.autonics.com)

Sistem olarak PLC kullanılmakta olup, makine sadece Şekil 3.3.' de görüldüğü gibi plakaları tam ölçüsüne veya plakadan fayans ölçüsüne ebatlama işlemi yapabilmektedir. Bu ebatlama işlemini gerçekleştirirken sistem 90 derecedeki kesimleri tabladan sağlamaktadır. Tabla 90-180-270 dereceye sabit dönüşler

yapmaktadır. Bu yüzden daire, elips, üçgen v.s. gibi şekiller elde edilememektedir. Ayrıca zamanla oluşan boşluklardan dolayı gönyesiz kesimler elde edilmektedir. Döner tablalı bir makine, Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Mermer plakasının ebatlanması (Erişim tarihi: 24.03.2018.
<http://www.usel.com.tr>)

3.2. CNC Mermer Köprü Kesme Makinesi Tasarımı

Şekil 3.4.’te görülen makine, köprü tipi CNC mermer makinesine örnek olarak gösterilebilir. Bu makinede tüm eksenler servo motor ile kontrol edilmektedir. Servo motorlar yine boşluksuz servo redüktörlere akuple edilmiştir. Böylece 0,1mm’lik kesim hassasiyeti sağlanmıştır. Kızak olarak lineer kızaklar kullanılıp, ilerleme eksen tahrik işlemi; hassas, sertleştirilmiş, taşlanmış kramayer ve pinyonlarla sağlanmıştır. Makine kontrol sistemi CNC tabanlı olup karmaşık şekillerde CAD-CAM ile elde edilen G kodlarını desteklemektedir. Bu tip makinelerde kesim açıları döner kafadan sağlandığı için; aşağıda Şekil 3.5.’te belirtilen kesim işlemlerini elde etmek kolaylıkla mümkündür.



Şekil 3.4. İthal beş eksen köprü tipi cnc mermer kesme makinesi (Erişim tarihi: 06.04.2018. <http://www.donatonimacchine.eu/>)



Şekil 3.5. CNC 5-eksen köprü kesme makinesi ile yapılabilen işlere örnekler (Erişim tarihi:06.04.2018. <http://www.denver.sm>)

Sistem olarak PLC (Programmable Logic Controller) kullanılmakta olup, makine sadece plakaları tam ölçüsüne veya plakadan fayans ölçüsüne ebatlama işlemi yapabilmektedir. Bu ebatlama işlemini gerçekleştirirken sistem 90° sahip kesimleri tabladan sağlamaktadır.

3.2.1. Mermer köprü kesme makinesinin genel özellikleri

Makine tasarımında dikkat edilecek en önemli unsurlardan birisi, yapılacak olan işin ebatlarına, piyasada tercih edilen ürün ebatlarını üretme amacına uygun olmasıdır. Bu yüzden köprü kesme makinelerinin çalışma prensibine uygun olacak ölçüler seçilmiştir. Bu ölçülerin tüm dünyada kabul edilmiş granit ve mermer bloklarının maksimum uzunluğuna ve genişliğine göre tasarlanması gerekmektedir. (Erişim tarihi: 19.11.2017. <http://ahmetkinoaoglu.com.tr/blok-mermer-ayirma-ve-ebatlama/>)

Makine tasarımında kullanılacak malzeme cinsi seçimlerinde dikkat edilen en önemli unsur malzemelerin karşılaşacağı yüklere karşı göstereceği mukavemet, çekme-basma dayanımları, korozyona karşı direnci, işlenebilirliği ve piyasada kolay ve ekonomik bulunabilirlikleridir.

Sistemin yüksek torklarda (150Nm-250Nm) ve yüksek pozisyonlama hassasiyetinde (0,01mm) çalışması amaçlandığı için servo motor kullanılması planlanmaktadır. Makinede servo motorların kullanılması planlandığı ve zamanla oluşabilecek boşlukları engellemek amacıyla, boşluksuz (<1arcmin) servo redüktörler kullanılması amaçlanmaktadır. “Backlash” olarak da adlandırılan boşluklar, bir mekanizmayı oluşturan parçalar arasındaki açıklık ya da kayıp devinimler olarak açıklanabilir. Birbirine geçen dişli dişlerinin iki taraftan da birbirine temas edip kilitlenmemesi, dişli yüzeylerinin yağlanması için mesafe bırakılması ve dişli parçaları-yataklama arası genleşme açısından gerekli olan bu boşluklar, hassas işlemler söz konusu olduğunda sorun olmaktadır (QTC Gears, ‘Elements of Metric Gear Technology’ kataloğu, 2018). Bu nedenle boşluksuz servo redüktörler kullanarak pozisyonlama hassasiyeti

yakalayıp, gönyeli kesimlerin ve hassas ölçülerin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Servo motorlar, çok düşük devirlerde (1 d/d) bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan motorlardır (Şekil 3.6). Servo motorlar da step motorlar gibi sürücüye ihtiyaç duyar ve bu sürücüler servo motorlarda tümleşik olarak bulunur. Robot teknolojisinde en çok tercih edilen motor çeşididir. Ayrıca hidrolik ve pnömatik gibi alanlarda da kullanılır. Servo motor içerisinde AC veya DC motorlardan herhangi biri bulunmaktadır (Karabey, 2016).



Şekil 3.6. Sanyo Denki marka bir servo motor (Erişim tarihi: 06.04.2018. https://www.sanyodenki.com/archive/document/product/servo/catalog_E_pdf/SANMOTION_R_ACmotor_200V-37kW_E.pdf)

Servo motorların genel özellikleri;

- Döndürme momentleri yüksektir.
- Döndürme momentinin iki katına kadar olan değerlere kısa süreli olarak yüklenebilirler.
- Devir sayıları 1-10 000 d/d arasındaki değerlerden herhangi birisine kolayca ayarlanabilirler.
- Çok sık aralıklı olarak hareket edebilirler. Yani dur-kalk yapma sayılarının çok olması motoru olumsuz etkilemez. Atalet (kalkış) momentleri küçük

olduğundan verilen komutları gecikme olmadan algılar ve bu komutları yerine getirirler.

Servo motorların avantajları ise;

- 10 000 d/d gibi yüksek devirlerde çalışabilirler.
- Konum kaçırma olmaz. Hareket esnasında pozisyonundan ileri gitmiş ise geri alır, geri kalmışsa ileri alarak pozisyon noktasını bulur.
- Yüksek devirlerde yüksek torkta çalışabilirler.
- Torklarının iki katına kadar çıkan durumlarda kısa süreli de olsa çalışırlar (Karabey, 2016).

CNC freze tezgâhlarında, kesici takımları hareket ettiren ve iş parçasından talaş kaldıran dönme hareketini üreten yüksek frekanslı motora iş (fener) mili motoru denir. İş milinin dönme hızı, iş parçasının malzemesi, iş parçasında amaçlanan yüzey hassasiyeti, kesim hızı gibi parametrelere göre seçilir. İş mili motoru, dönme hızını ve yönünü belirten komutu bilgisayarlı kontrol ünitesinden almaktadır (Karaçam, 2009).

İş mili motoru seçiminde dikkat edilecek önemli unsurların başında; kesilecek taşın kalınlığı, yani kesme ucunun karşılaşacağı yük ve kesme ucunun çıkacağı maksimum devir göz önünde bulundurulmuştur.

Tahrik sistemimizde mermer sektörüne en uygun çözüm olacağı düşünüldüğü için kremayer dişli mekanizmasının kullanılması planlanmaktadır. Çünkü her ne kadar sistemin toz ve çamurdan körüklerle korunması düşünülse de edinilen tecrübeler ışığında, bunun yüzde yüz sağlanamayacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla vidalı mil somun sistemi yerine daha hassas davranışlar sergileyeceği için kremayer dişli mekanizması seçilmiştir.

Yataklama sistemi için kullanılabilecek standart makine elemanları şunlardır:

- Krom kaplı indüksiyonla sertleştirilmiş taşlanmış mil,
- Alt destekli krom mil,
- Doğrusal (kırlangıç) kızak sistemleri (Karabey, 2016).



Şekil 3.7. Alt destekli krom mil ve doğrusal kızak sistemleri (Karabey, 2016)

Prototip tezgâh imalatında yataklama sisteminde, gerek işleme maliyetleri, gerekse hassasiyet ve montaj hızı anlamında hazır doğrusal kızak sistemler seçilmiştir.

Prototip tezgâh imalatında 5 eksen interpolasyonlu olduğu için ve G kodu destekli olması amaçlandığından dolayı CNC kontrol ünitesi kullanılması gerekmektedir. Bu doğrultuda Sanyo Denki servo motorlarla uyumlu olan Tex Computer'ın Power E 10.4 Compact modeli kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Tex Computer Power E 10.4 Compact (Erişim tarihi: 06.04.2018. <https://www.texcomputer.com/en>)

CNC kontrol üniteleri yüksek matematiksel işlem kabiliyetine sahiptirler. Bu sayede tezgâhın bir sonraki konumunu matematiksel yöntemlerle hesaplar ve tezgâhı o konuma taşırlar. Ünitenin bir saniyede yerine getirebildiği komut sayısı

işlem hızını verir. İşlem hızı, tezgâhın performansında çok etkili bir faktördür (Karaçam, 2009).

3.2.2. Beş eksen cnc tezgahı

İlerleyen CNC teknolojisiyle beş eksen CNC tezgâh kullanım alanları da genişlemiştir. Beş eksen işleme operasyonları havacılık, savunma imalat sanayi, otomotiv, kalıpcılık ve medikal sektörlerinde karmaşık yüzeylerin imalatında sıklıkla kullanılmaktadır.

Havacılık imalat sanayi yoğun olarak beş eksen CNC tezgâh kullanımını gerektirir. Hem yapısal parçaların imalatında hem de motor parçalarının imalatında simültane ve indeksli beş eksen imalat metotları sıklıkla kullanılır. Gün geçtikçe ilerleyen tıp dünyasında CNC ile implant ve protez imalatı gibi imalat konularında gelişim medikal imalat sanayinde her geçen gün artmaktadır.

CNC işleme makineleri genellikle hareket eksen sayılarına göre tanımlanırlar. Üç eksen işleme makinesi, üç lineer eksenle hareket sağlarken; beş eksen işleme makinesi, üç lineer eksen ve iki rotasyon eksen sayesinde yüksek kalitede kompleks yüzeyleri işleme olanağı sağlar. Üç eksen teknolojisine yapılan yatırımlar, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beş eksen teknolojisine doğru yönlendirilmiştir (Kavala, 2010).

CNC freze tezgâhlarında üç temel eksen bulunur. Bunlar; tablanın boyuna ilerlemesi sağlayan X ekseni, enine ilerlemeyi sağlayan Y ekseni, kesici takımın aşağı yukarı ilerlemesini sağlayan Z eksenidir. Ayrıca her bir temel eksenlerde dönel eksenler bulunmaktadır. X eksenindeki dönel eksen A ekseni, Y eksenindeki dönel eksen B ekseni, Z eksenindeki dönel eksen C eksenidir.

Şekil 3.9.' da görüldüğü gibi, beş eksen köprü tipi CNC mermer kesme makinesinde X, Y, Z temel eksenlerine ek olarak X eksenindeki dönel eksen, A ve Z eksenindeki dönel eksen, C eksenleri bulunmaktadır.



Şekil 3.9. Beş eksen köprü tipi CNC mermer kesme makinesi (Erişim tarihi:10.05.2018. <http://www.gmm.it>)

3.2.3. Beş eksen malzeme işlemeye olan ihtiyaç

Döner tablalı sistemlere nazaran daha küçük hacim kaplanması ve yüklemenin daha kısa sürmesi söz konusudur. Beş eksen tezgâh, kesme ucuna parçayı bir kere sabitleme koşuluyla işleme olanağı vermektedir. Örnek olarak, rotasyon eksenlerinde delik delme işlemi verilebilir. Özellikle otomotiv sanayinde tek kompleks parçaların (otomobil motoru, vb.) işlenmesinde büyük kolaylık sağlar. Beş eksen tezgâhlar, serbest (free) formları işlemede büyük avantaj sağlar. Bu tarz parçalar üç eksenle de işlenebilir. Fakat işleme zorlukları ve yumuşak hareket (smooth) verilememesi yüzünden pürüzlü yüzeyler ile karşılaşılır ve istenen yüzeye mekanik aksamdan dolayı yaklaşamama durumu mevcuttur (Kavala Ş., 2010).

3.3. Beş Eksen Köprü Tipi Cnc Mermer Kesme Makinesi Tasarımı

3.3.1. Genel özellikler

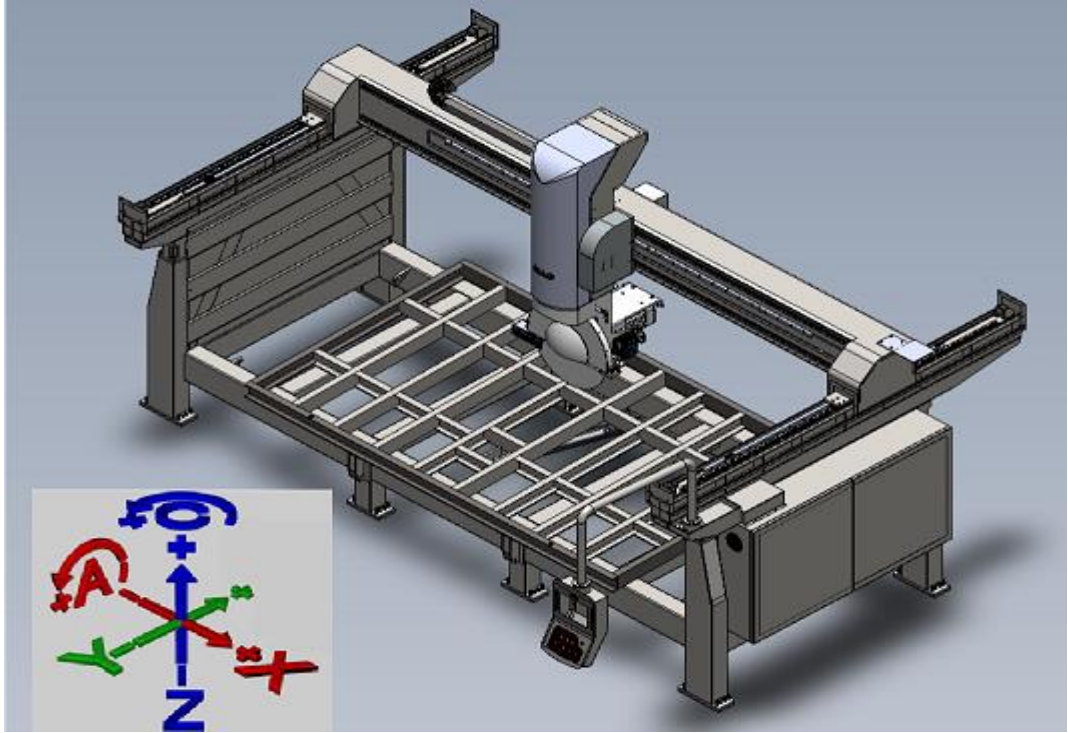
Makine tasarımında dikkat edilecek en önemli unsurlardan birisi yapılacak olan işin ebatlarına, amacına uygun olmasıdır. Bu yüzden köprü kesme makinelerinin çalışma prensibine uygun olarak aşağıdaki ölçüler seçilmiştir.

- Maksimum çalışma uzunluğu: 3500 mm
- Maksimum çalışma genişliği: 2100 mm
- Maksimum çalışma kalınlığı: 240 mm

Yukarıdaki ölçülerde belirtildiği gibi makine, bugün tüm dünyada kabul edilmiş granit ve mermer bloklarının maksimum uzunluğuna ve genişliğine göre tasarlanmıştır. Çalışma kalınlığı ise kullanıcının hassas ebatlama işlemini gerçekleştirebileceği 240 mm'ye göre ayarlanmıştır (Erişim tarihi: 02.10.2017.

<http://www.gmm.it/1012file/brochure/depl%20brio%20cnc.pdf>).

Bu çalışmadaki tasarımı yapılan prototip tezgahında kullanılan eksenler Şekil 3.10.'da gösterildiği üzere adlandırılmaktadır.



Şekil 3.10. Tezgahtaki çalışma eksenleri

Prototip makine tasarımında (Çizelge 3.1.) seçilen ve imalatında kullanılan malzeme cins ve tipleri genel olarak; köprü, döner kafa, dikey yön hareket kafasında sac malzemesi olarak S235JR (St37); taşıyıcı kolonda 160 HEB ve 100x200x6 mm, 100x150x6 mm profiller; çeşitli çaplarda imalat çelikleri CK45, yatak malzemesi olarak yüksek kalaylı bronz malzeme DIN 1705G.CuSn14

olarak sıralanabilir. Kalay içeren bakır alaşımlarından olan bu malzeme, aşınma direnci yüksek olduğundan yataklama malzemesi olarak oldukça uygundur (Ünlü vd., 2003). Bu seçimlerde dikkat edilen en büyük unsur malzemelerin karşılaşacağı yüklere karşı göstereceği mukavemet, çekme-basma dayanımları, korozyona karşı direnci ve piyasadaki bulunabilirlikleridir.

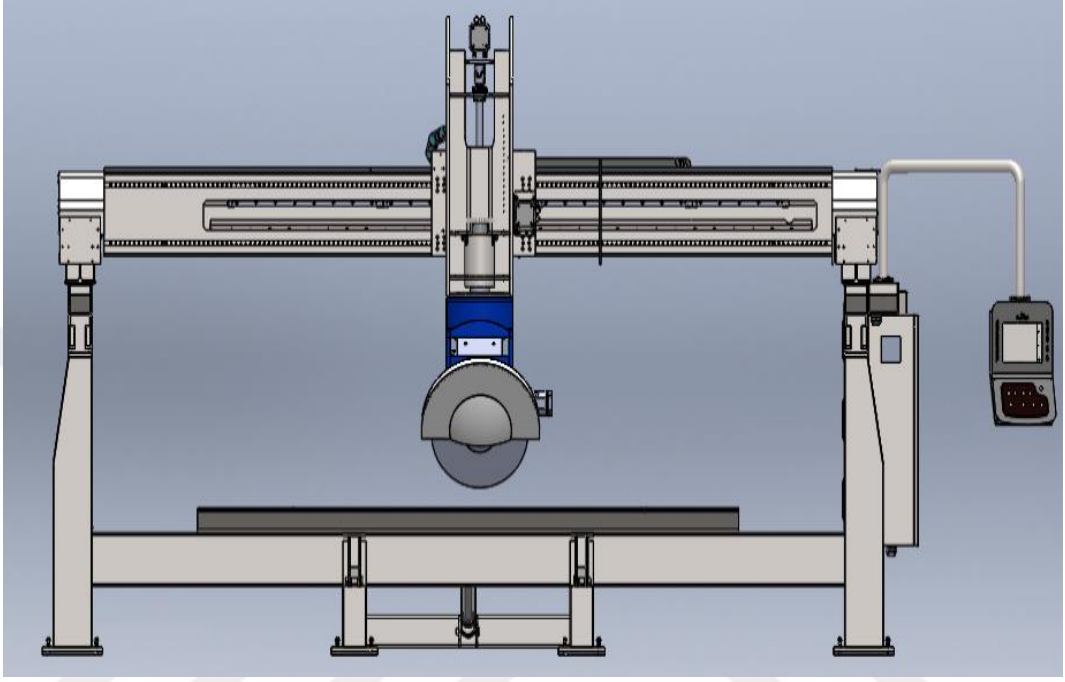
Çizelge 3.1. Yapı çelikleri mekanik özellikleri. (Erişim tarihi: 10.05.2018.<http://demo.hascelik.com/tr/celik-hakkinda/yapi-celikleri/71>)

GENEL YAPI ÇELİKLERİ MEKANİK ÖZELLİKLERİ												
Malz. No.	DIN (ESKİ)	DIN (Yeni)	SAE / AISI	ÇEKME		AKMA					KOPMA UZAMASI	
				DAYANIMI		SINIRI					(şekillendirme yönü - dik doğrultu)	
				(Mpa)		(MPa)					(%)	
				< 3 mm	≥ 3 mm	≥ 16 mm	≥ 16 mm	≥ 40 mm	≥ 63 mm	≥ 80 mm	≥ 3 mm	≥ 40 mm
					≥ 100 mm		≥ 40 mm	≥ 63 mm	≥ 80 mm	≥ 100 mm	≥ 40 mm	≥ 63 mm
1.0035	St 33	S185	-	310 - 540	290 - 510	185	175	-	-	-	16	-
1.0037	St 37-2	S235JR	-	360 - 510	340 - 470	235	225				26	25
1.0036	USt 37-2	S235JRG1	A570Gr.33,36	360 - 510	340 - 470	235	225	215	215	195	26	25
1.0038	RSt 37-2	S235JRG2	A570Gr.36	360 - 510	340 - 470	235	225	215	215	215	26	25
1.0116	St 37-3	S235J2G3	A284Gr.D	360 - 510	340 - 470	235	225	215	215	215	26	25
1.0044	St 44-2	S275JR	A570Gr.40	430 - 580	410 - 560	275	265	255	245	235	22	21
1.0144	St 44-3	S275J0	A573Gr.70	430 - 580	410 - 560	275	265	255	245	235	22	21
1.0570	St 52-3	S355J0	-	510 - 680	490 - 630	355	345	335	325	315	22	21
1.0050	St 50-2	E295	A570Gr.50	490 - 660	470 - 610	295	285	275	265	255	20	19
1.0060	St 60-2	E335	-	590 - 770	570 - 710	335	325	315	305	295	16	15
1.0070	St 70-2	E360	-	690 - 900	670 - 830	360	355	345	335	325	11	10

3.3.2. Döner kafa tasarımı

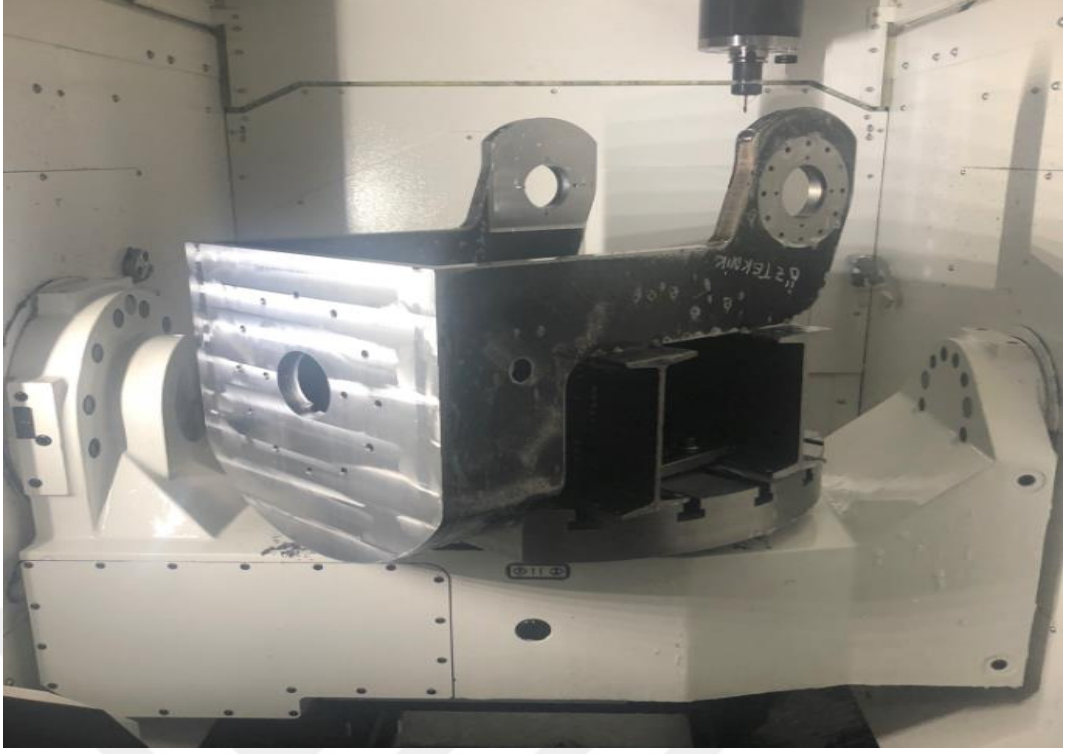
Şekil 3.11.'de da görüldüğü gibi tasarlanan prototip makinede, kesimlerdeki açışilemini döner kafa (Şekil 3.12.) ile gerçekleştirmektedir. Sistem 20 mm St37-1 malzemeden yapılmıştır. Bileşenler birbirine SG2 kaynak teli kullanarak tek sıra gazaltı kaynağı yöntemiyle birleştirilmiş olup federlerle desteklenmiştir.

Sistemde zamanla oluşabilecek boşluklara karşı boşluksuz<1arcmin servo redüktörler kullanılmıştır. Bu sayede pozisyonlama hassasiyeti yakalanmış olup gönyeli kesimler elde edilmiştir. Sistemin C eksenini etrafındaki dönüşünü 32020 kodlu konik makaralı rulmanlar yataklamaktadır.

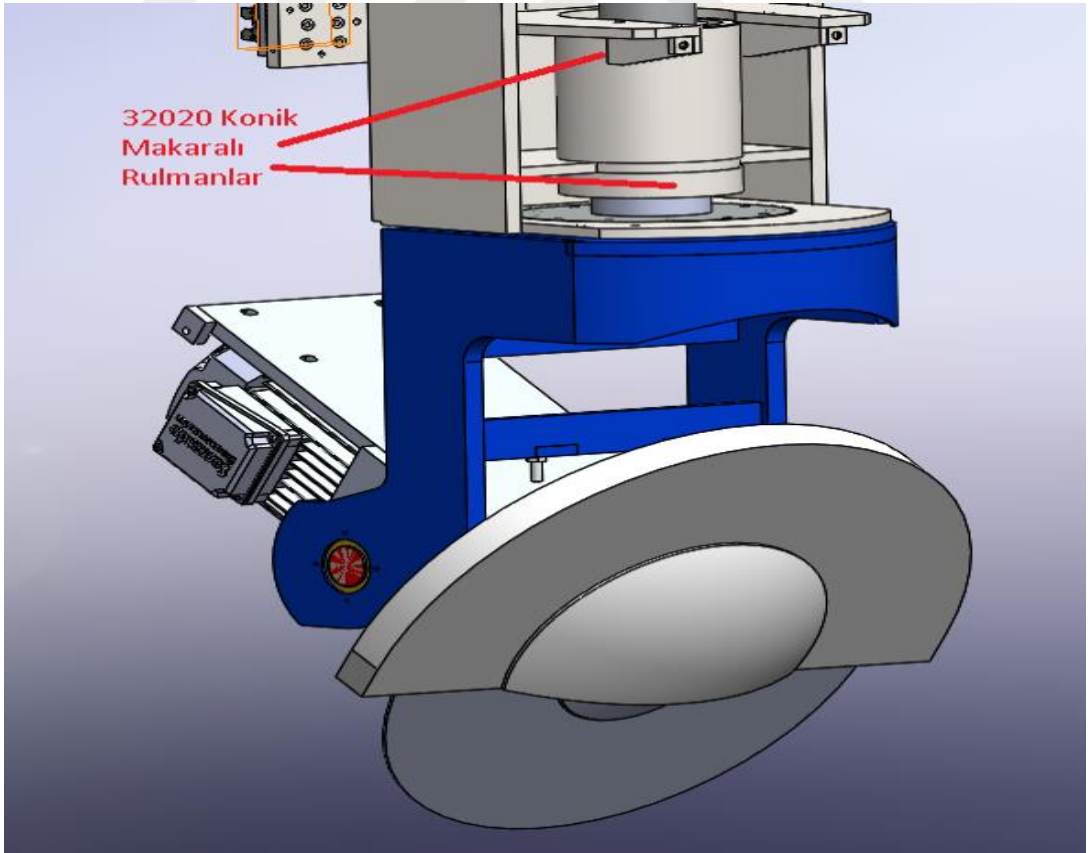


Şekil 3.11. Prototip makine tasarımı

Sistemin düşey yönde her iki taraftan kuvvet etki etmektedir. Bir tarafta kendi ağırlığından gelen kuvvet diğer tarafta ise kesim esnasında gelen kuvvettir. Bu durum göz önüne alındığında ise aksenal kuvvetler çift yönde olduğu için konik makaralı rulmanlar sırt sırta konumlandırılmıştır. Bu yapının en büyük avantajı ise daha az boşluklu bir yapıyı sağlamaktır.

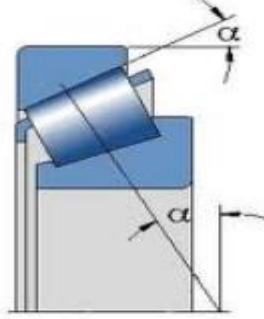


Şekil 3.12. Döner kafa



Şekil 3.13. Konik makaralı rulmanlar

Konik makaralı rulmanlar, hem radyal yükleri, hem de eksenel yükleri taşıyabilmektedir. Şekil 3.14'deki " α " olarak gösterilen konik açısı arttıkça rulmanın eksenel yük taşıma kapasitesi artmaktadır.



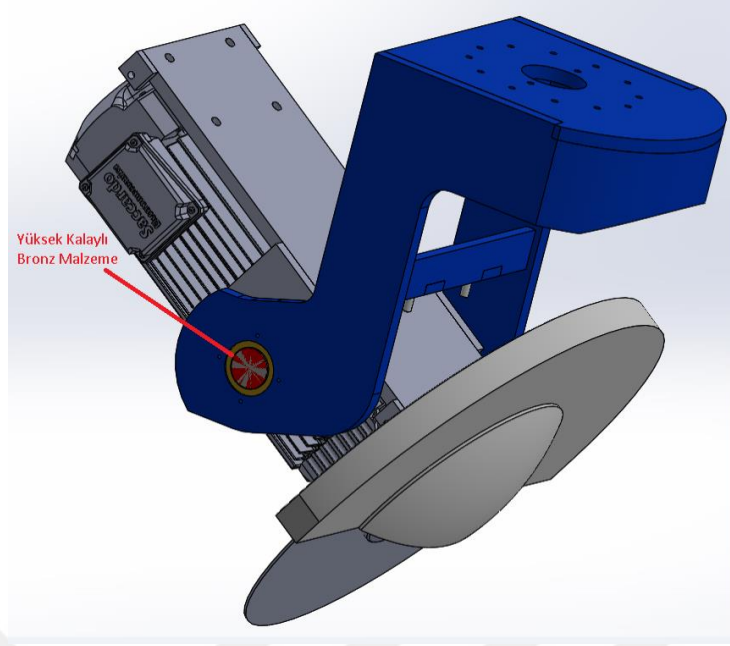
Şekil 3.14. Konik makaralı rulman konik açısı (Erişim tarihi: 02.06.2018. <http://www.muhendislikbilgileri.com/?Bid=1192894>)

Konik rulmanlarda iç bilezik makaralarla birlikte, dış bilezik ise bunlardan ayrılabilir durumdadır (Şekil 3.15.). (Erişim tarihi: 02.06.2018. <http://www.skf.com/us/products/bearings-units-housings/roller-bearings/tapered-roller-bearings/index.html>).



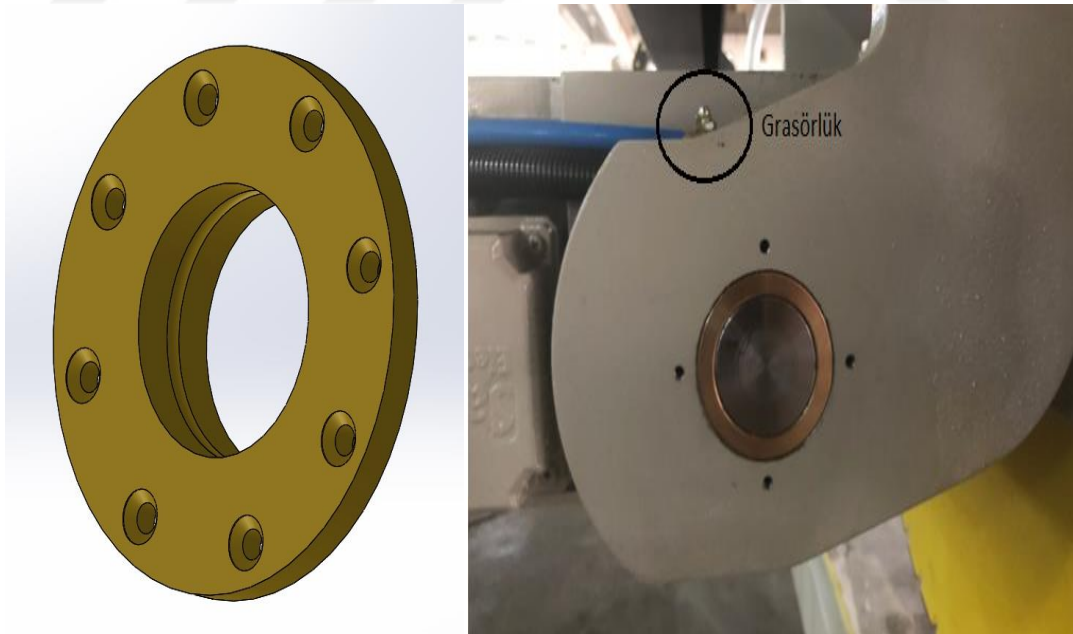
Şekil 3.15. İç-dış bilezik ayrılabilir yapı (Erişim tarihi: 02.06.2018. <http://www.muhendislikbilgileri.com/?Bid=1192894>)

Döner kafanın imalatı Şekil 3.12'de gösterilmektedir. Sistemdeki kesici kafanın dönüş hızı 20 d/d olup aynı zamanda yük olduğu için bu tip rulmanlar seçilmiştir. Konik makaralı rulmanlar, aynı anda etki eden tek yönlü eksenel yükleri ve yüksek radyal yükleri destekleyebilir. Sistem aynı zamanda motor sehпасına yataklık etmektedir, yatak malzemesi olarak yüksek kalaylı bronz malzeme DIN 1705G.CuSn14 kullanılmıştır.



Şekil 3.16. Yüksek kalaylı bronz malzeme kullanım yeri

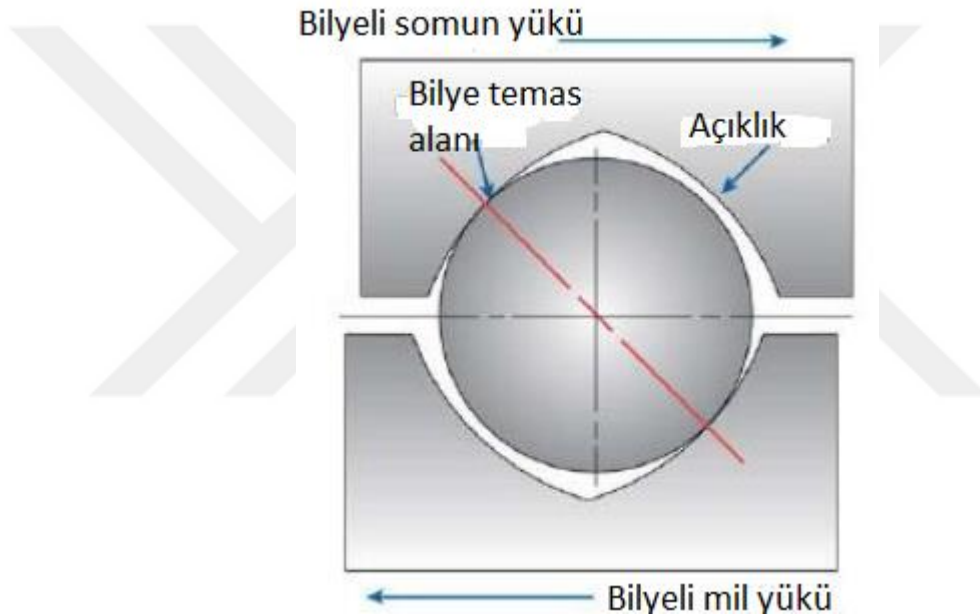
Şekil 3.17’de gösterilen yüksek kalaylı bronz yatağın yağlanması, 1/8 inç grasörlükle sağlanmaktadır. Haftada bir 0 veya 1 numara gresle yağlanması gerekmektedir.



Şekil 3.17. Bronz yatak ve grasörlük

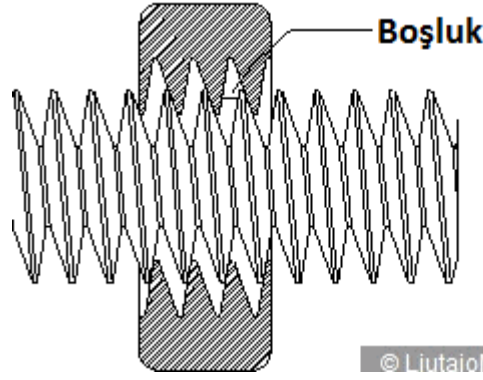
3.3.3. Dikey yön hareket kafa tasarımı

Bilyalı vidalar, aktarma vidalarında olduğu gibi dairesel taşıma hareketini doğrusal harekete çeviren sistemlerdir. Yarı dairesel helis oyuklu bir vida ve bununla eşleşen bilyeli somundan oluşur (Şekil 3.18, 3.19). Aktarma vidalarına göre en önemli farkı, doğrusal hareketi düşük bir sürtünme ile gerçekleştirebilmesidir. Diş yüzeyleri, aktarma vidalarında temas halinde olduğu için sürtünme daha fazla olmaktadır. Bilyeli vidalarda ise diş ve bilyalar, nokta temasında olduğundan az sürtünme ile çalışma gerçekleşir (Erişim tarihi 08.06.2018. <http://dergipark.gov.tr/uploads/issuefiles/8bcb/139e/afc3/5735f41276057.pdf>).



Şekil 3.18. Bilya-diş nokta teması gösterimi (Erişim tarihi 02.06.2018. <http://dergipark.gov.tr/uploads/issuefiles/8bcb/139e/afc3/5735f41276057.pdf>)

Trapez vida (aktarma vidaları) yerine bilyalı vida kullanımı yönündeki tercih, kare vidalı millerdeki yüksek sürtünme sonucu oluşacak ısının dönüş hızına olumsuz etkisi, verimi düşürmesi, boşluklu olması ve görece düşük hassasiyette olması göz önüne alınarak yapılmıştır (Gretz, 2016). Trapez vidalarında verim %30'lardayken, bilyeli vidalarda bu değer %90'lara ulaşmaktadır (Gretz, 2016). Bu bilgiler ışığında, kullanım ömrü, çalışma süresi ve hassasiyet bakımından bilyeli vida kullanım kararı alınmıştır(Şekil 3.20).



Şekil 3.19. Boşluk (Erişim tarihi:02.06.2018. <http://www.liutaiomottola.com/Tools>)



Şekil 3.20. Bilyeli vida kesit görünüm (Erişim tarihi 02.06.2018. <http://dergipark.gov.tr/uploads/issuefiles/8bcb/139e/afc3/5735f41276057.pdf>)

Bilyalı vidalar, aktarma vidalarına göre daha pahalıdır. Kullanım ömrünü arttırmak için yağlama ve gres gerektirmesi, gürültülü çalışması, kendiliğinden çözülmeyi engellemek için ilave frenleme mekanizması gerektirmesi gibi faktörler ise bu maliyet farkının nedenlerinde olup, bilyalı vidaların dezavantajlarından (Erişim tarihi 08.06.2018. <http://dergipark.gov.tr/uploads/issuefiles/8bcb/139e/afc3/5735f41276057.pdf>).

Makine gövdesini yukarı aşağı hareket ettiren mekanizma Şekil 3.21.'de gösterildiği gibi bilyeli vida ile sağlanmaktadır. Vidalı millerde sürtünme az olduğu için ve düşey eksen kullanılacağı için bir blokaj sistemi gereklidir. Bu blokaj yani frenleme sistemini servo motorla yapılacaktır.

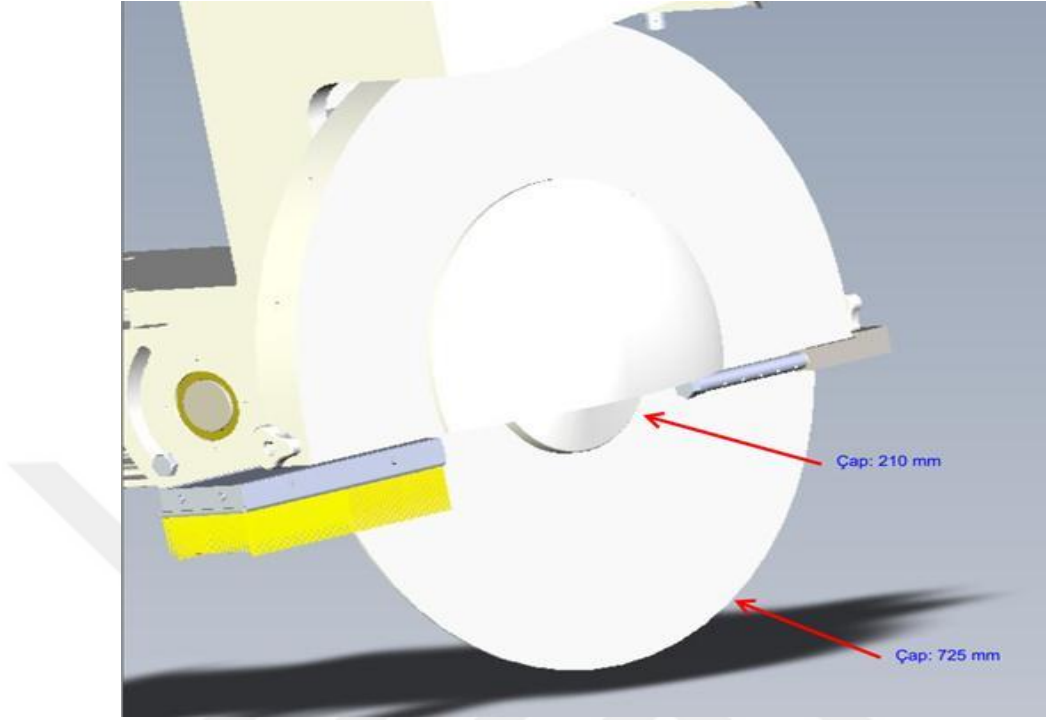


Şekil 3.21. Bilyalı vida

3.3.4. Testere motoru ve testere motor taşıma sehpaı tasarımı

Motor seçiminde dikkat edilecek en büyük unsur kesilecek taşın kalınlığıdır. Makine ölçüleri, bugün tüm dünyada kabul edilmiş granit ve mermer bloklarının maksimum uzunluğuna ve genişliğine göre tasarlanmıştır. Maksimum çalışma kalınlığı ise, kullanıcının hassas ebatlama işlemini gerçekleştirebileceği, testere flanşı ve testere çapı değerlerinin geometrik kısıtlarına bağlı olarak yaklaşık 240 mm olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.22.).Bu

hesaplama testere gövdesinin yanmaması için; 17,5 mm mermerle flanş arasında su yatağı için pay bırakılmıştır.



Şekil 3.22. Kesim testeresi kıstasları

Makinede maksimum 240 mm kalınlığında taş kesileceği ön görüşü ile 725 mm testere çapını destekleyebilecek motor seçimi için tedarikçi firmaların katalogları incelenmiştir. Mermer için önerilen dairesel testere hız aralığının da 40-50 m/s olduğu göz önüne alınarak dakikadaki devir sayısı:

$$n[d/d] = (60 \cdot V[m/s]) / \pi D[m] \quad (3.1.)$$

Denklem (3.1.)'e göre $n = 1054 \text{ d/d}$ (40 m/s dairesel testere hızı), $n = 1320 \text{ d/d}$ (50 m/s dairesel testere hızı için) elde edilir.

Çizelge 3.2. Önerilen dairesel testere hızları (Saccardo kataloğu)

Motor modeli	Testere Çapı (mm)	Önerilen devir hızı: Mermer (40-50 m/s)	Önerilen devir hızı: Kum taşı (55-65 m/s)	Önerilen devir hızı: Sert granit (25-30 m/s)	Önerilen devir hızı: Granit (32-40 m/s)
SBC 76	450	1700-2100	2300-2800	1000-1300	1300-1700
SBC 93	600	1300-1600	1750-2050	800-950	1000-1300
SBC 107	750	1000-1300	1400-1650	640-750	815-1000
SBC 127	900	850-1050	1150-1400	530-640	680-850
SBC 142	1100	700-870	950-1150	440-520	550-700
SBC 160	1400	550-680	750-900	340-410	440-550
SBC 200	1600	480-600	660-790	300-360	380-480

Bu değerleri S1 çalışma rejiminde karşılayabilecek en uygun ürünün asenkron, 3 fazlı Saccardo SBC 107 motoru olduğu görüldü ve gerekli gücün 17 kilowatt olduğu saptandı. Dolayısıyla seçim bu yönde kullanılmıştır (Çizelge 3.3)

Elektrik motorlarının S1 çalışma rejimi, sürekli çalışma rejimidir. Motor, sıcaklık dengesine erişene kadar, sabit yükte çalışmaktadır.

S6 çalışma rejimi, sürekli ve kesintili çalışma rejimidir. Ardışık, birbirinin aynı sabit yük çevrimleriyle çalışma ve yüksüz çalışma. Durma periyodu yoktur.

S9 çalışma rejimi, periyodik olmayan yük ve hızlarla çalışma rejimidir. Sıklıkla aşırı yükleme uygulanabilir. (Erişim tarihi:19.07.2018. https://www.engineeringtoolbox.com/iec-duty-cycles-d_739.html)

Çizelge 3.3. Saccardo testere motoru katalog verileri

400 V/50 Hz 4 FAZLI MOTOR							
	S1 Çalışma Rejimi		S6 Çalışma Rejimi		S9 Çalışma Rejimi		Motor Ağırlığı
	Güç (kW)	Devir hızı (rpm)	Güç (kW)	Devir hızı (rpm)	Güç (kW)	(rpm)	kg
SBC 107 LA/4	17	1435	20	1420	22	1400	120

Özçelik vd. (2008), dairesel testere çapları ve teknik özellikleri arasındaki bulguları paylaşmış, testere çapının 700-800 mm aralığında olduğunda gerekli motor gücünün 22-30 kW arasında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada testerenin çalışma rejimiyle ilgili bir bilgi yer almamaktadır; dolayısıyla söz konusu güç değerlerinin en zorlayıcı şartlar için bildirildiği varsayılmaktadır. Seçilen SBC 107 motorunun S9 çalışma rejimi, bu şartları öngörmekte ve 22 kW gücü zaten sağlayabilmektedir. Çizelge 3.3' de, bu çalışma rejiminin ani ve belirsiz yük ve hız değişimlerini kapsadığı ve çalışma süresince termal dengenin sağlanmadığı bilgisi verilmiştir.

Bu motor gücünün yeterliliğini sağlamak için gerçekleştirilen literatür araştırmalarında, CAI (Cerchar Abrasive Index) ve spesifik kesme enerjisi değerinin önemine dair bulgulara rastlanmıştır. CAI değeri, kesme operasyonu ve kesici malzemeler için bir girdi olup, doğal taşların aşındırma özelliğini değerlendiren ve oldukça sık başvurulanan bir test yöntemidir (Deliormanlı, 2012). Spesifik kesme enerjisi, belli bir zamanda, belli bir hacimde malzeme kesmek için gerekli enerji miktarıdır (Büyüksağış vd., 2012). Atıcı ve Ersoy'un (2003) çalışmasında, bir çok farklı mermer tipi ile kesim testleri gerçekleştirilmiş, spesifik kesme enerjisi ve CAI arasında bağlantılar bulunmuştur. Atıcı ve Ersoy'un (2003) bulgularına göre, CAI değeri 1 ve 2 iken spesifik kesme enerjisi sırasıyla 1000 ve 1200 MJ/m³ bulunmuştur. Buna göre, gerekli kesme gücü, spesifik enerjinin (SE) 1000 MJ/ m³ olması durumunda ve a_p , testere kesme maksimum derinliği (240 mm); V_f , kesim esnasında testere ilerleme hızı (20 m/saat, bu da yaklaşık 0,0055 m/s) ve w_m , testere üzerindeki yazan teknik verilere göre kesici elmas genişliği (7 mm) olmak üzere;

$$SE = P/Q_w \quad (3.2.)$$

$$Q_w = a_p * w_m * V_f \quad (3.3.)$$

$$1000000 = P / (0,24*0,007*0,0055) \quad (3.4.)$$

$$P = 9,24 \text{ kW}$$

SE'nin 1200 MJ/m³ olması durumunda ise gerekli kesme gücü P=11,1 kW bulunur.

Testere doğrusal ilerleme hızının (V_f) değişkenlik gösterebileceği düşünüldüğünde, enerji hesapları, bu hızın 30 m/saat seçilmesi ihtimaline göre tekrar hesaplanmıştır. Bu durumda, spesifik enerjinin 1000 ve 1200 MJ/m³ olması durumunda, gerekli kesme gücü sırasıyla 14 ve 16,8 kW bulunmuştur.

Buna ek olarak, Şengün ve Altındağ (2011), doğal taşların shore sertliği, üst çekme dayanımı gibi değerlerinin spesifik kesme enerjisine doğrudan etkileri olduğunu ve bu enerjinin, sayılan taş özelliklerinden tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir. Tipik mermerlerin shore sertliğinin 45-60 değerleri arasında olduğu (Altındağ ve Güney, 2004) ve üst çekme dayanımının da yaklaşık 7-20 MPa (Erişim tarihi: 06.04.2018).

<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=a1c4c37b55e24765bcb63b4665b44f05&ckck=1>) olduğu bilindiğine göre, bu verilerin Şengün ve Altındağ'ın (2011) çalışmasındaki spesifik kesme enerjisi karşılıkları yine 900 – 1200 MJ/m³ olarak görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, seçilen elektrik motorunun gücü yeterli olmaktadır.

Elektrik motorunun tam yükte güç üretmesi için gereken nominal tork:

$$T = 9550 \cdot P / n_r \quad (3.5.)$$

Burada;

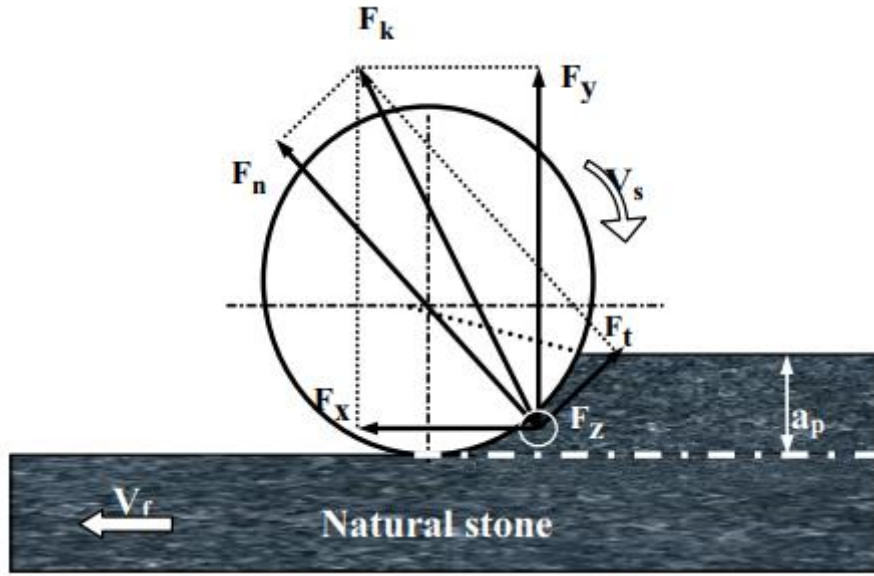
T = nominal tork (Nm)

P = motor nominal güç (kW)

n_r = motor dakikada devir sayısı (d/d)

Nominal gücü ve bulunan devir sayısı (dairese testere hızını 50 m/s olarak) verileri ışığında; Denklem (3.5.)'e göre $T = 123$ Nm elde edilir.

Kesim esnasında testereye etki eden kuvvetler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Testereye etki eden kuvvetler (Büyüksağış vd., 2012)

Burada;

F_t : teğetsel kuvvet (N)

F_n : normal kuvvet (N)

F_k : kesme kuvveti (N)

F_x ve F_y : x ve y yönlerindeki bileşke kuvvetler (N)

V_s : dairesel testere hızı (m/s)

V_f : testere ilerleme hızı (m/s)

a_p : kesme derinliği (mm / m)

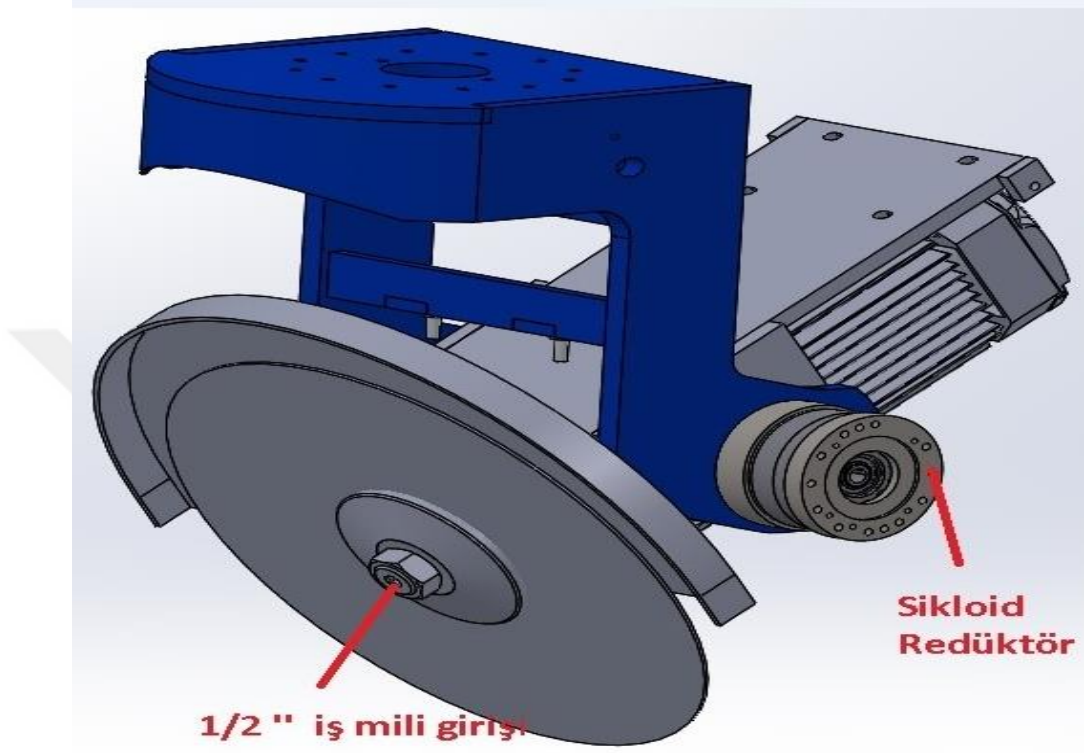
$$F_t = T [Nm] / (D[m]/2) \quad (3.6.)$$

Denklem (3.6.)'ya göre $F_t=328$ N hesaplanır.

F_x , F_y ve F_z kuvvetleri, deneysel metodlarla, örneğin dinamometre kullanılarak elde edilebilir (Büyüksağış vd., 2008). Bu ölçümler sonucu elde edilen kuvvet değerlerinin bileşkesi F_k , aynı zamanda teğetsel kuvvet F_t ve normal kuvvet F_n 'nin de bileşkesi olacaktır.

Motor taşıma sehpası, Şekil 3.24.'te görüldüğü gibi 0-90 derece döner sistemli yapılmıştır. Makine beş eksen interpolasyonlu çalışacağı için motor sehpasının a ekseninde 0 dereceden – 90 dereceye kadar otomatik pozisyon alması amaçlanmıştır. Böylece kullanıcılar mermer plaka veya ebatlı taşlarına

kolaylıkla pah kırabilecek, aynı zamanda, motorun 90° konumunda ½" takım girişi olan yerine; freze bağlayarak figürler, motifler v.s. işlenebilecektir. Sistem, tahriğini çevrim oranı 119 olan sikloid redüktörle (Sumitomo F2C A25) sağlamaktadır.



Şekil 3.24. Motor taşıma sehpası

Bu tip sikloid redüktörlerde ana bileşenler; eksantrik yataklı giriş mili, sikloid diskler, redüktör gövdesi, pinler, yuvarlak makaralar ve çıkış mili/ flanşdır. Ortadaki eksantrik kamın dönmesiyle beraber, sikloid diskler de disklerin üzerindeki merkezdeki büyük daireler çevresince döner. Diskler ise küçük daireler içerisindeki hareketli makaralar üzerinde hareket ederler. Sikloid diskler, hareketli makaralar etrafında saat yönünde bir yörünge izlerken, kendi ekseninde ise saat yönünün tersinde döner (Erişim tarihi: 05.06.2018. <https://www.haberortak.com/69570-sumitomo-cyclo-sikloid-reduktor-teknolojisi/>).

Sikloid redüktörlerin planet redüktörlere karşı sağladığı avantajlar; ani yük değişimlerine dayanıklılık, az sürtünme, daha az bakım gerekliliği, daha az titreşim ve gürültü, kompakt tasarım, daha boşluksuz yapı ve uzun kullanım ömrü olarak özetlenebilir (Erişim tarihi: 05.06.2018. <https://www.haberortak.com/69570-sumitomo-cyclo-sikloid-reduktor-teknolojisi/>)



Şekil 3.25. A ve C ekseni – Açılı konum

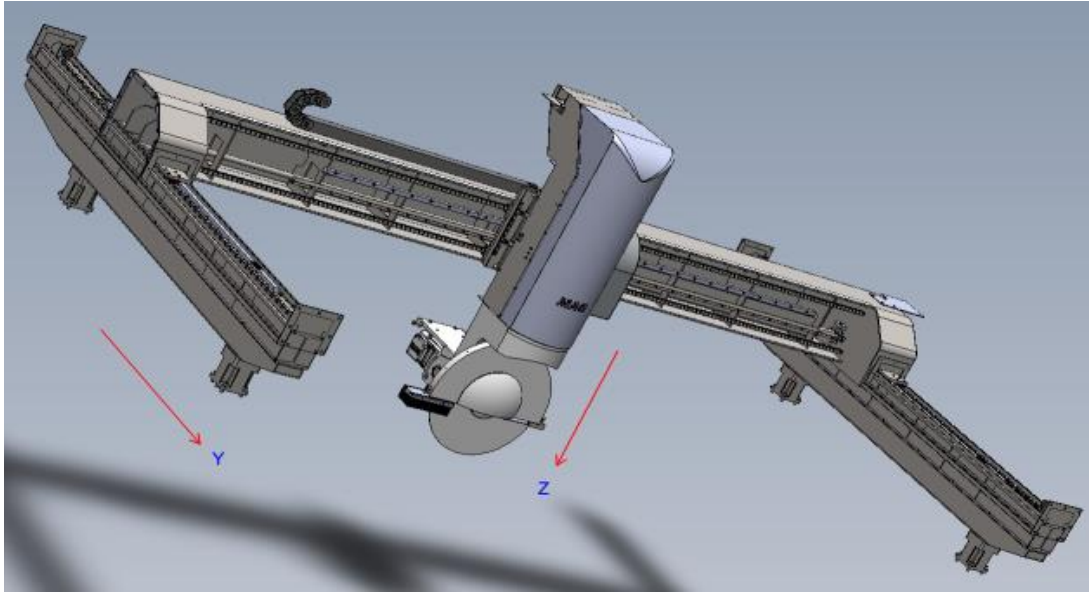
3.3.5. Köprü ve taşıyıcı kolon tasarımı

Köprünün taşıyıcı kolonları için S235JR (St37) malzemesi olarak seçilmiştir. Kolondaki birleştirme işlemi gazaltı kaynak ile yapılmıştır (Şekil 3.26).



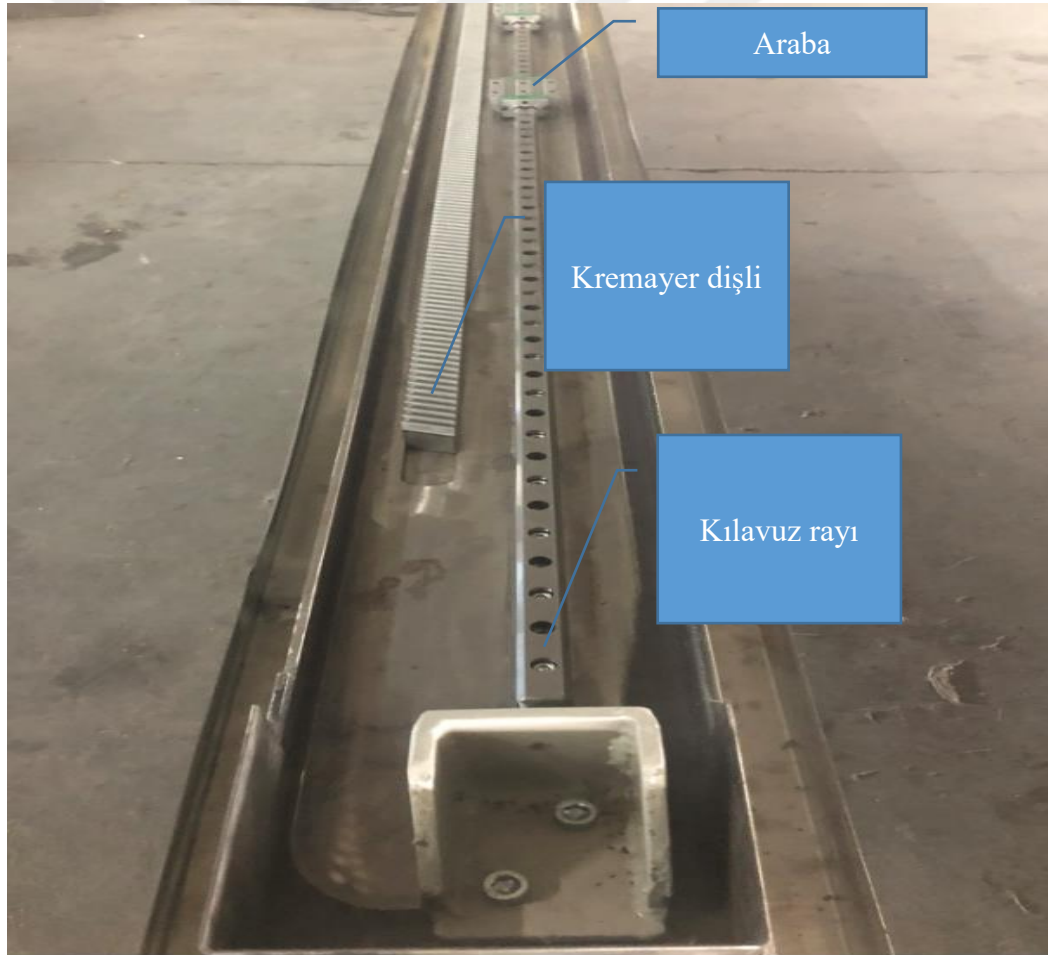
Şekil 3.26. Taşıyıcı yan taraflar monte edilirken

Köprünün yürüme yolları, Y eksenini olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.27). Kesimi gerçekleştiren dairesel testerenin bulunduğu, aşağı-yukarı hareket edebilen düzenek ise Z eksenini olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.27). Köprü ve Z eksenini düzeneklerinin Y eksenindeki doğrusal hareketini sağlayabilmek için masura taneli arabalar ve lineer kızaklar kullanılmıştır.

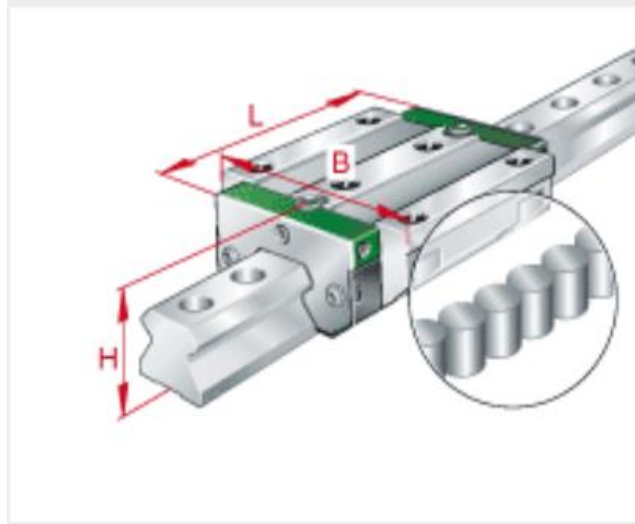


Şekil 3.27. Köprüdeki Z ve Y eksenleri

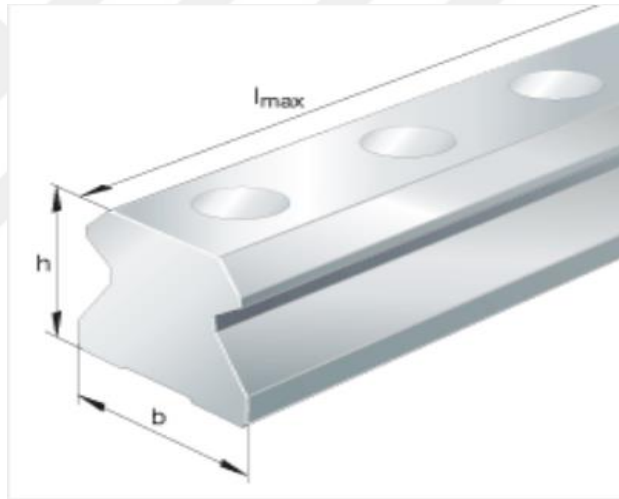
Bilya taneli lineer kızak ve araba yerine masura taneli lineer kızak ve araba seçmemizin sebebi ise köprü ağırlığımızın yaklaşık 2000 kg olmasıdır. Bilyalarda kontak alanı tek bir noktadayken, masuralarda çizgisel temas olduğundan kontak alanının daha büyük olması, daha yüksek yük kapasitesi avantajı sağlamaktadır. Konum hassasiyeti ve yüksek ağırlık nedeniyle bu seçim gerçekleştirilmiştir. Prototip tasarımında INA TSX tipi kılavuz ray ve INA RWU-25 tipi araba kullanılmıştır (Şekil 3.29 ve 3.30). Ray, arabalarda bulunan tanelerin yuvalarından çıkmadan, sürekli bir devir daim yapmasına elverişli olacak şekildedir. Köprü makinesinde her iki yönde birer kızak ve her kızak üzerinde iki adet araba olacak şekilde bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Bilya tipi ve dizilimine göre yük dağılımı, kızak sertliği, yük kapasitesi ve kullanım ömrü gibi parametreler önemlidir.



Şekil 3.28. Y eksenli yolu: Kılavuz rayı, masura taneli arabalar ve kremayer dişli

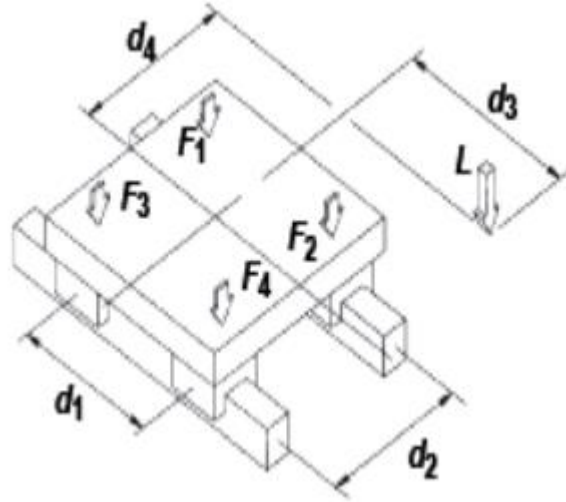


Şekil 3.29. INA RWU 25 masuralı araba görseli (Erişim tarihi: 08.06.2018.
<http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br/RWU..-E>)



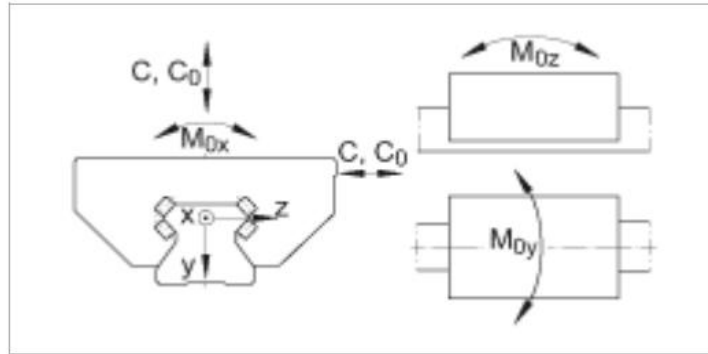
Şekil 3.30. INA TSX 25 kılavuz rayı görseli (Erişim tarihi: 08.06.2018.
<http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec.br/TSX..-E>)

Şekil 3.31’de normal yük altındaki lineer hareket esnasında Y eksenindeki yataklama sistemine etki eden kuvvetler görülmektedir. Bu yük, arabalara eşit olarak dağıtılmaktadır.



Şekil 3.31. Y ekseninde bulunan yataklamadaki kuvvetler (Kutlu, 2006)

Testere ekipmanını barındıran Z eksen montajı, arabaların x ekseninde statik bir moment uygulayacaktır. Bu montajın ağırlık merkezi ile arabaların ağırlık merkezleri arasındaki mesafe, katı model üzerinde incelendiğinde yaklaşık olarak 0,25 metredir. Bu durumda, yükün x eksen etrafında arabalara uygulayacağı moment:



Şekil 3.32. Arabaya uygulanan momentler

$$M_{0x} = m \cdot g \cdot L = 600 \cdot 9,8 \cdot 0,25 = 1470 \text{ Nm} \quad (3.7.)$$

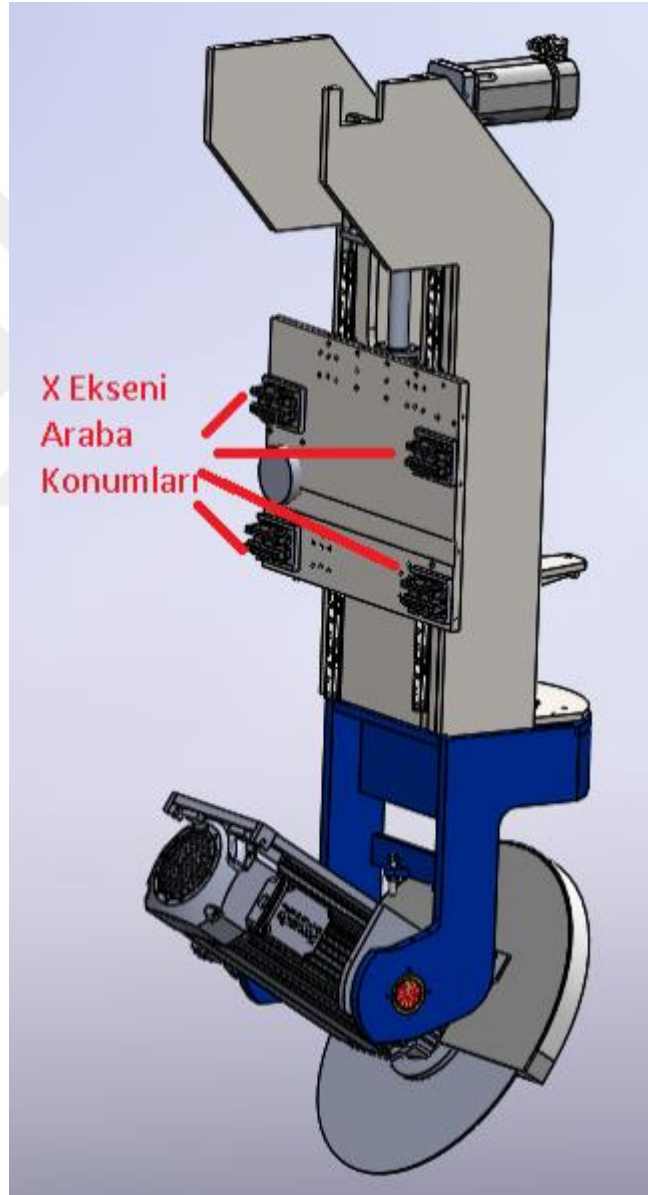
Bu moment, 4 arabaya uygulandığından araba başına düşen değer:

$$1470/4 = 367,5 \text{ Nm}$$

Bu değer, üretici firmanın verdiği 440 Nm (Çizelge 3.4.) değerinden düşük olduğu için seçim uygundur.

Çizelge 3.4. Araba katalog verileri

Araba kütlesi, m_w (kg)	0,91
Kızak ağırlığı, m_g (kg/m)	3,3
Temel dinamik yük değeri (N)	33500
Temel statik yük değeri (N)	82000
X ekseninde statik moment değeri (Nm)	440
Y ekseninde statik moment değeri (Nm)	1200
Z ekseninde statik moment değeri (Nm)	1080



Şekil 3.33. X ekseninde araba konumları (kırmızı renkle gösterilmiştir)

Taşıyıcı yan taraflarda (y eksenı yönünde hareket sağlayan düzenek) ise, yük 4 arabaya dağıldığından bir moment oluşmamaktadır. Ek olarak, bir arabanın statik yük sayısı 82000 N, dinamik yük sayısı ise 33500 N olarak INA araba kataloğunda verilmiştir (Çizelge 3.4.)). Köprünün lineer hareketinde, bir başka deyişle makinenin y eksenindeki hareketinde ivmelenme kuvveti ($F_{ivmelenme}$):

$$F_{ivmelenme} = m \cdot a = 2000 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2 = 4000 \text{ N} \quad (3.8.)$$

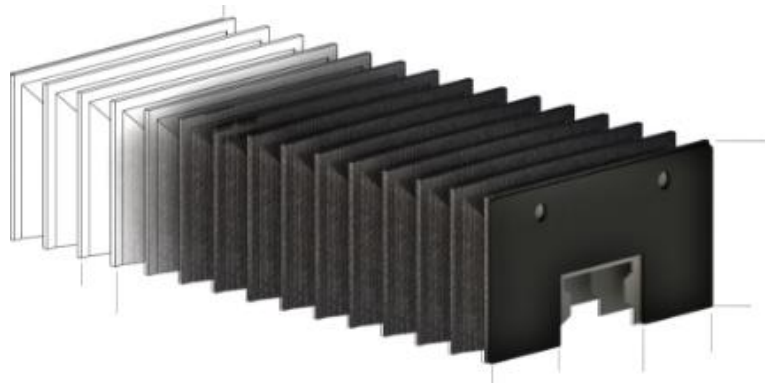
$$F_{yük} = m \cdot g = 2000 \cdot 9,8 = 19600 \text{ N}$$

Bu bilgiler ışığında, bu değerler üstte bahsedilen katalog değerlerinden (82000 N, 33500 N) düşük olduğu için seçilen arabalar sistem için uygundur.

3.3.6. Yağ Kullanımı

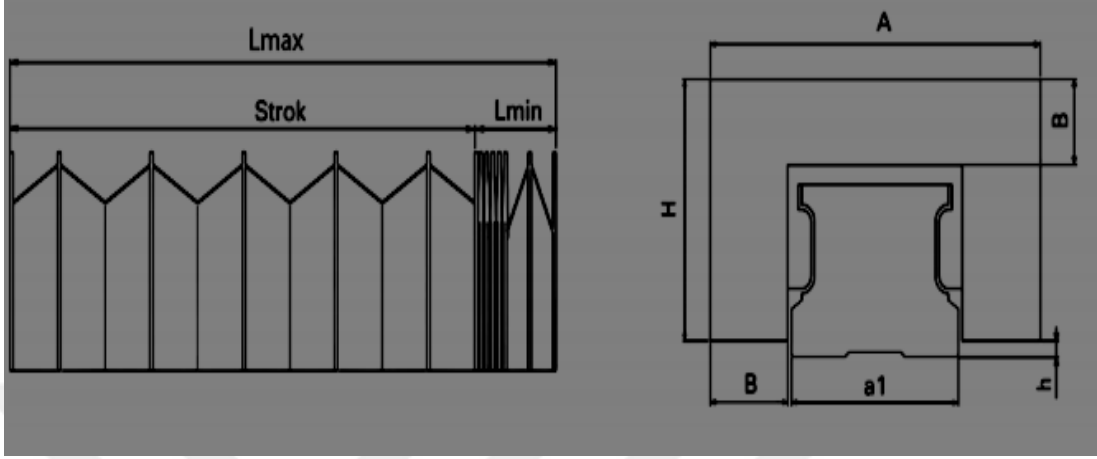
Köprü uzunluğu boyunca yapılacak hareket eksenı, X eksenı olarak tanımlanmıştır. Bu yöndeki hareket için ise yine aynı tip iki adet kılavuz ray ve her sırada ikişer adet olmak üzere araba kullanılmıştır.

Kılavuz rayları, masuralı arabalar ve köprünün Y eksenindeki hareketi sırasında pinyon ve kremayer dişli arasında yağlamayı sağlayan yağların toz, kir, kullanım amacına göre apak ve dış etkenlerden korunması kızak körükleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Yine aynı şekilde, X ve Z ekseninde de kızak körükleri kullanılmıştır.



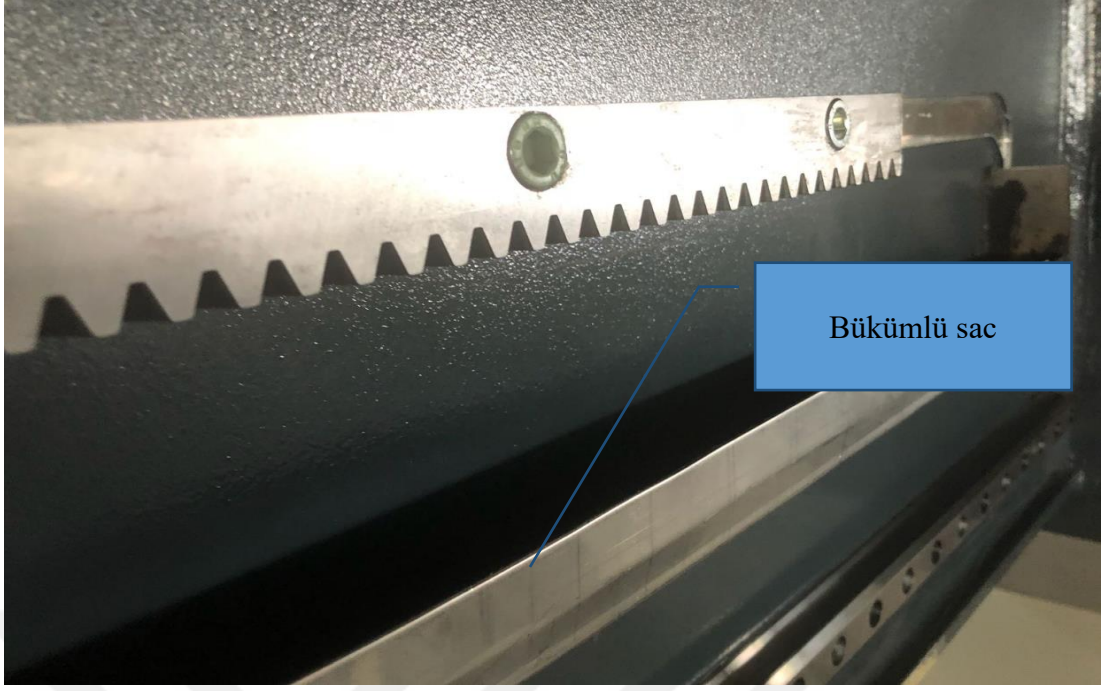
Şekil 3.34. Kızak körük görseli (Erişim tarihi: 08.06.2018. <http://www.kozanli.com.tr/product-detail/sledge-bellows>)

Tedarikçiye, Şekil 3.35'te belirtilmiş olan ve makine tasarım kıstaslarından çıkan ölçüler bildirilmekte, kendileri ise bu bilgilere göre bez kalınlığı ve PVC malzeme seçip son ürünün tedarikliğini sağlamaktadır.



Şekil 3.35. Kızak körük parametreleri (Kozanlı Mühendislik, 'Koruma Sistemleri' kataloğu. Erişim tarihi: 08.06.2018. https://www.mib.org.tr/uploads/UserFile/Pdf/bb2_IL2qtYU5PI2ssI4opHkl0nWbYRSqLj0e.pdf)

X eksenindeki lineer hareketi sağlayan pinyon ve kremayer dişliler arasındaki yağlama, Şekil 3.36.'da gösterildiği gibi uygulanmıştır. Bükümlü bir sac, kılavuz kızaklarının arasına konumlandırılmış ve uygun bir seviyeye kadar sıvı yağ ile doldurulmuştur. Bu şekilde, pinyonun sürekli yağlı olması sağlanmıştır. Şekil 3.37'de ise yağ grasörlüklerini tek bir noktada toplanmasını sağlayan, erişilmesi kolay yağlama takozu bulunmaktadır. Yatay ve düşey ekseninde bulunan lineer arabaların gresle yağlanmasını sağlayan yağ grasörlükleri gösterilmiştir.



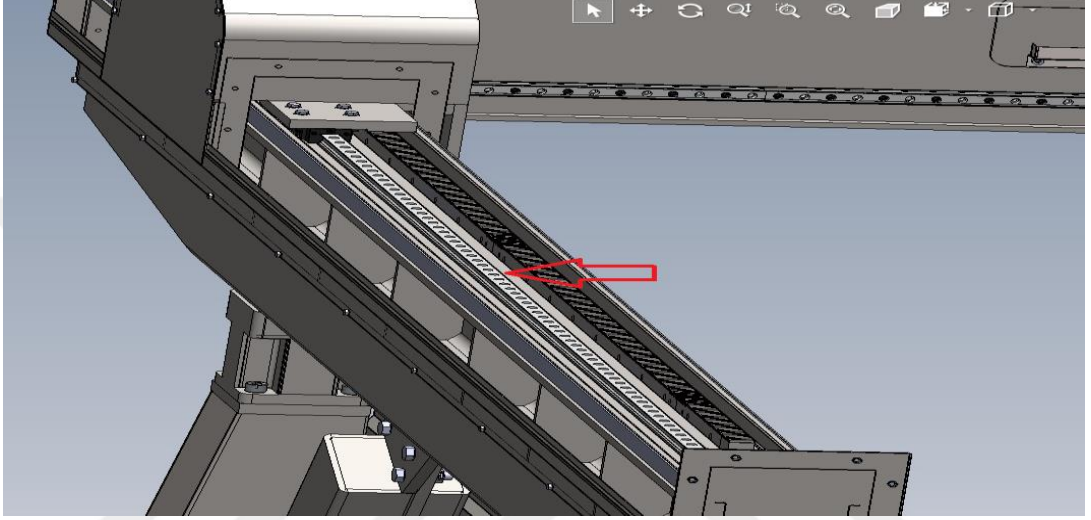
Şekil 3.36. X eksenli bükümlü sac (yağ haznesi)



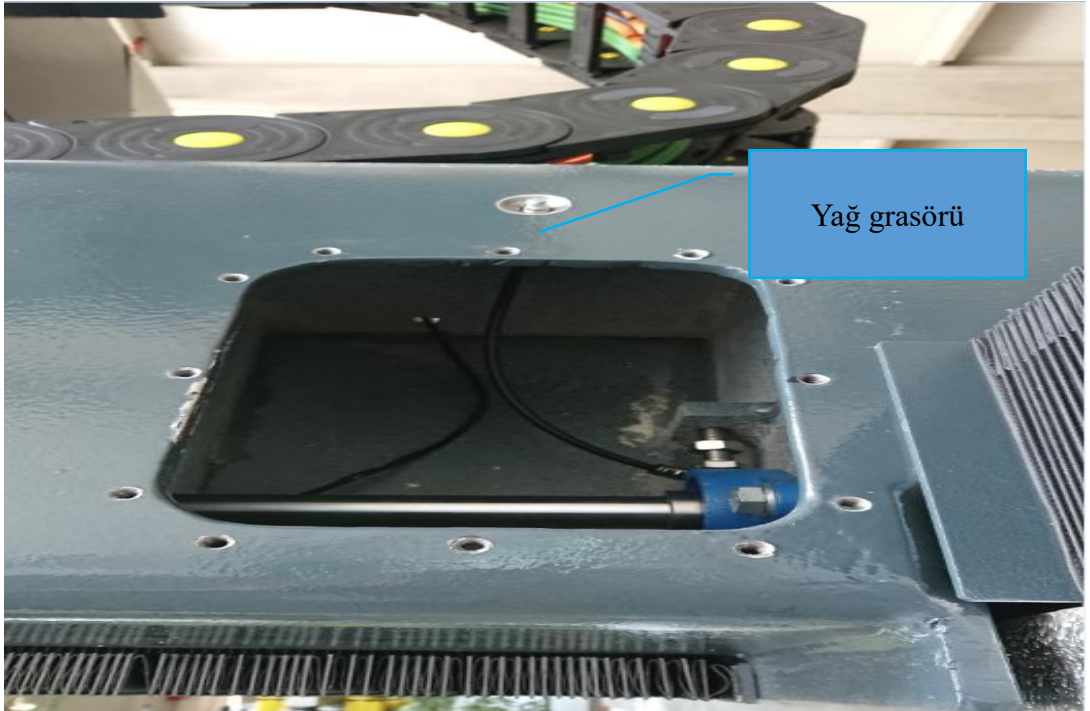
Şekil 3.37. X eksenli yağ grasörlükleri

Y ekseninde ise lineer kızak ve kramayer için yağ havuzları yapılarak; x eksenindeki kremayerlere uygulanan sürekli yağlama durumu sağlanmıştır.

Kullanılan yağ, Slideway 220 kızak yağıdır (Çizelge 3.5.). Toplamda 20 litre olarak uygulanan bu yağın, yılda bir kez yenilenmesi gerekmektedir. Yağlama bölgesi ve bu işlem için gerekli grasörlükler, sırasıyla Şekil 3.38. (şekil 3.28’de de görülmektedir) ve 3.39.’da görülebilmektedir.



Şekil 3.38. Y ekseni yağlama yapılan bölge



Şekil 3.39. Y ekseni yağ grasörlüğü

Köprü üzerinde yatay ve düşey ekseninde bulunan lineer arabalar ve z ekseninde vidalı mil için; konum gereği sıvı yağ ve yağ havuzu kullanılamayacağından dolayı, bu bölgedeki lineer arabalara 5 litre 0 veya 1 numara gresle yağlama uygulaması yapılmıştır. Bu işlemin haftada bir yapılması önerilmektedir.

Çizelge 3.5. Slideway 220 kızak yağı özellikleri (Erişim tarihi: 23.07.2018. <http://www.eurol.com/en/37-products/1477-eurol-slideway-oil-220.html>)

20°C'de yoğunluk	0.8925 kg/l
Viskozite (100°C'de, kinematik)	19.7 cSt
Viskozite (40°C'de, kinematik)	222.4 cSt
Viskozite endeksi	101
Parlama sıcaklığı	259 °C
Akma noktası	-12 °C

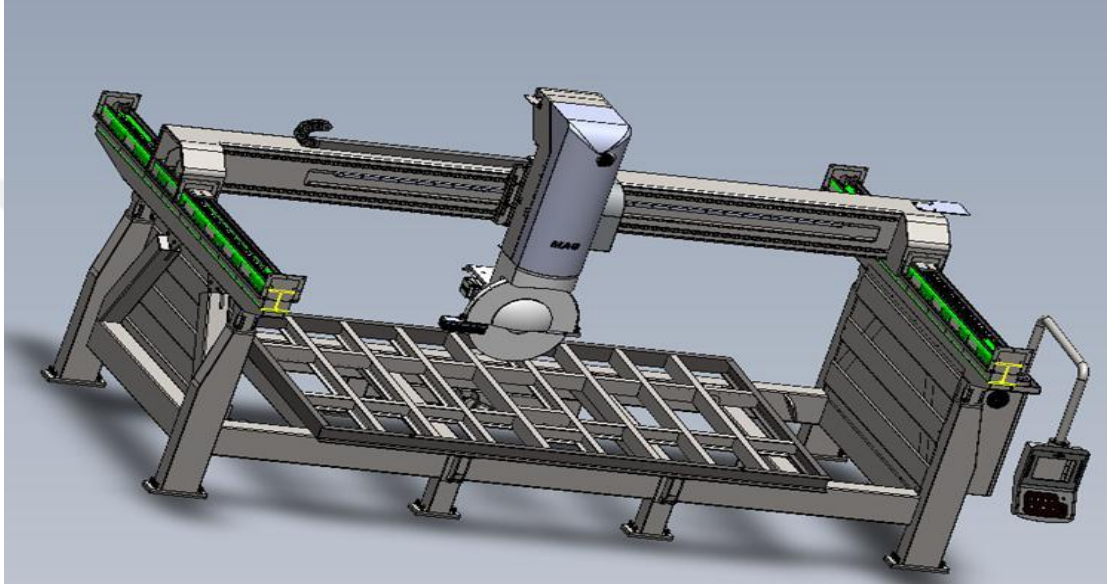
Kesim esnasında sürtünme kaynaklı sıcaklık artışlarını engellemek ve oluşan çapakları uzaklaştırmak için şebeke suyu kullanılmaktadır. Seçilen testere ve güç gereklilikleri göz önüne alındığında, gerekli su debisi 40 lt/d olarak belirlenmiştir (Özçelik vd., 2008). Şebeke hattında ki su basıncı bu değeri karşıladığı için ilaveten bir su pompası sistem gerekli değildir. Şekil 3.40'ta soğutma hortumu görülmektedir.



Şekil 3.40. Soğutma hortumu

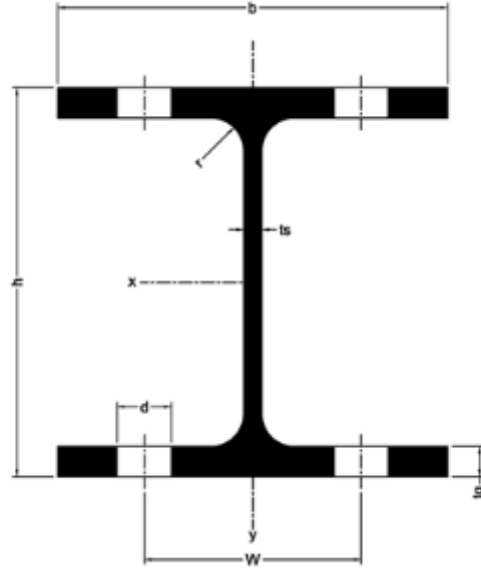
Kesim esnasında kullanılan soğutma suyu için valf ve su filtresi sisteme dahil edilmiştir. Makinenin genelinde kullanılan tüm soğutma hortumlarının çapı ½ inçtir.

Bu köprü ve kafaları taşıyacak taşıyıcı kolonun malzeme ve tasarım açısından da yeterli olması gerekmektedir. Bu yüzden, sistemde, Avrupa standart geniş başlıklı I profillerinden olan 160'lık HEB kullanılmıştır (Şekil 3.41, Çizelge 3.6).



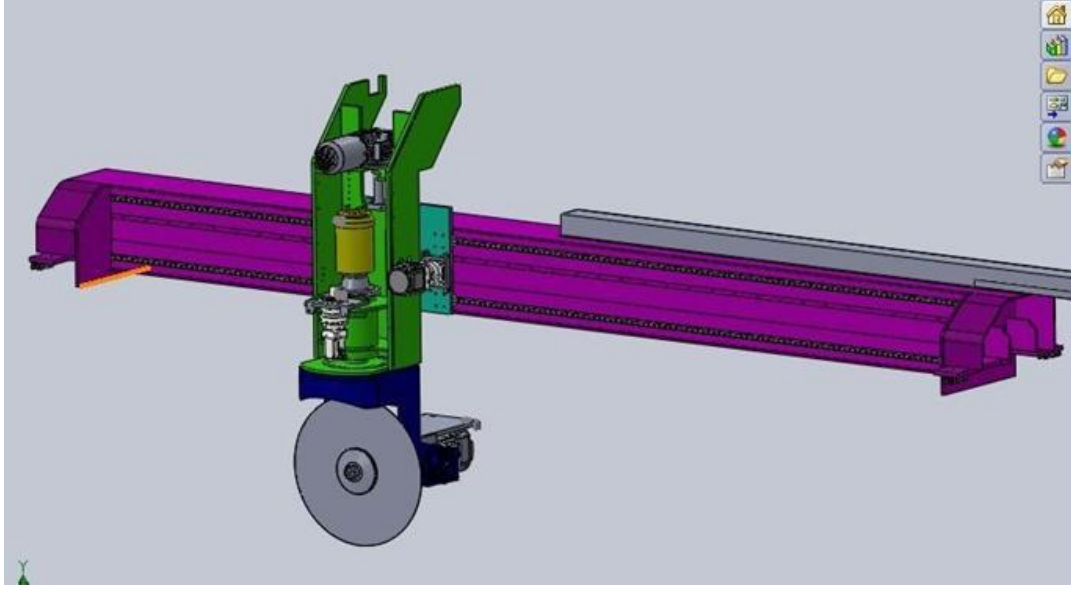
Şekil 3.41. HEB profil kullanım yerleri

Çizelge 3.6. HEB profil değerleri (Erişim tarihi: 08.06.2018. <http://www.partnertechnik.com/tr-TR/Sayfalar/47/bilgi-bankasi/165/heb-profiller.aspx>)

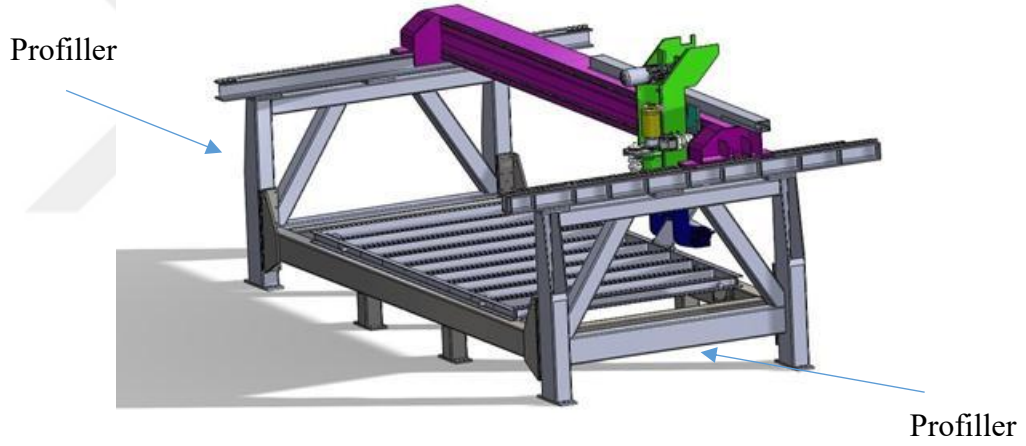


HE-B PROFİLLER (DIN 1025-2)														
HE-B	h	b	ts	tg	r	A	G	d	W	W1	Atalet ve Dayanım Momenti			
	mm	mm	mm	mm	mm	cm²	kg/m	mm	mm	mm	x - x		y - y	
											I _x cm4	W _x cm³	I _y cm4	W _y cm³
180	180	180	8,5	14	15	65,3	51,26	28	109	100	3830	426	1360	45,7

Bu malzeme, standart I çelik profillerden daha kalın ve geniş kesitlidir. HEB çeliklerinin, yukarı aşağı hareket kafasını ve köprüyü taşıyacağı için özellikle kalın ve geniş kesitli olmasına dikkat edilmiştir. Taşıyıcı kolonlarda ise 150x150x6 mm, 100x150x6 mm, 150x200x6mm kalın kesitli profil çelikler kullanılmıştır. Sistemde HEB160 I profili, köprüyü ve dikey hareket sistemini taşıyacak kolonlara çapraz atkılarla destek yapılmıştır. Böylece yükü rahatlıkla karşılanması sağlanmıştır. Şekil 3.43.'te makine perspektif görünümünden bu tasarım rahatlıkla görülebilmektedir. Bu profiller, HEB çeliklerine SG2 kaynak teliyle çift sıra olarak gazaltı kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir.



Şekil 3.42. Makine köprü tasarımından bir görünüş



Şekil 3.43. Makine perspektif görünüm

Hareketli kablo taşıyıcı kanalı olarak %30 cam elyafı poliamid PA6 malzemesi kullanılmıştır. Şekil 3.44 ve 3.46’da görülebileceği gibi köprü üzerinde de, kesici takımında kullanılmıştır.



Şekil 3.44. CKS CK80 Kablo taşıyıcı kanalı (Erişim tarihi: 08.06.2018.
www.cks.com.tr)



Şekil 3.45. Servo motor kabloları

Servo motor kabloları (Şekil 3.45), blendajlı olarak seçilmiştir. Turuncu renkli olan kablo, servo motorlara enerji sağlarken yeşil renkli kablo ise motorların encoder bilgisini işletim sistemine ulaştırmaktadır.



Şekil 3.46. Üretimi tamamlanmış 5 eksen köprü kesme makinesi (1. prototip)

3.3.7. Şasi ve sehpa tasarımı

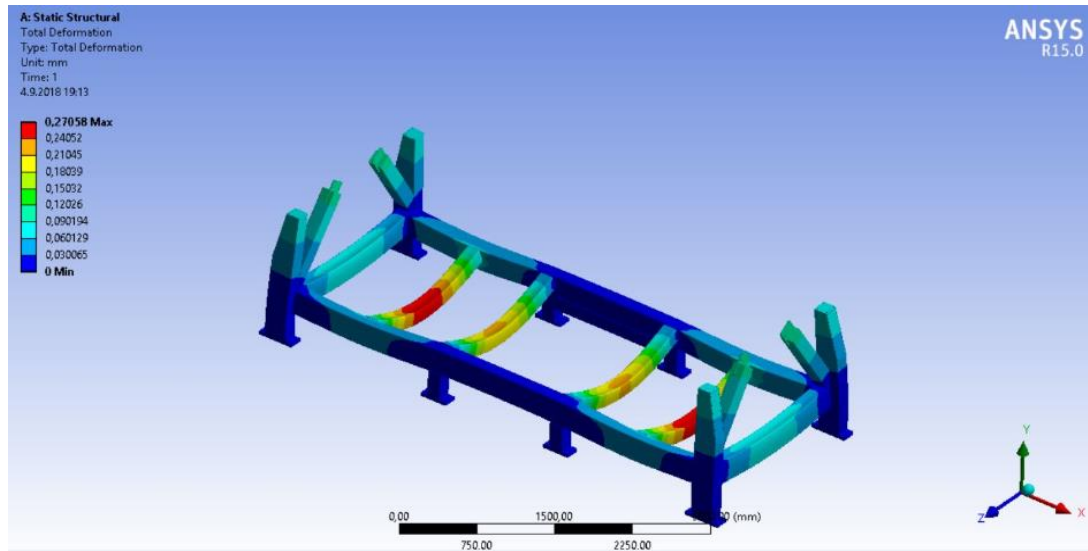
Yoğunluğu en yüksek olan mermerlerden olan bazaltdan bir bloğun makinede kesilmesi söz konusu olduğunda, bazaltın yoğunluğu (yaklaşık 3000 kg/m^3) ve köprü kesme makinesinin çalışma ölçü kısıtları, yani kesilebilecek bloğun maksimum ölçüleri göz önüne alınmalıdır. Bu ölçüler $3500 \times 2200 \times 240 \text{ mm}$ 'dir. Bu durumda blok kütlesi yaklaşık olarak 5500 kg 'dır.

Blokların yerleştirildiği sehpanın kütlesi ise sehpayı oluşturan NPU profillerin montaj halde kütle toplamlarından bulunur. 120 NPU profillerinin metre başına kütlesi $13,4 \text{ kg/m}$ olduğuna göre ve kullanılan profillerin uzunlukları göz önünde bulundurulduğunda toplam sehpa kütlesi yaklaşık 460 kg olarak bulunmaktadır. Solidworks programının Kütle Özellikleri seçeneği ile makinenin yaklaşık toplam ağırlığının 6000 kg olduğu görülmektedir.

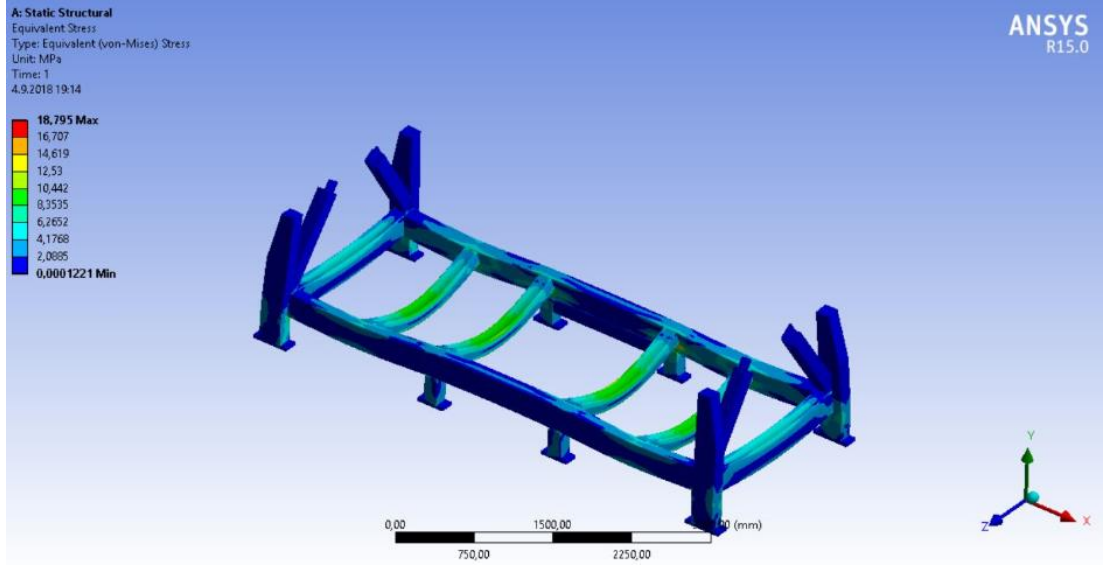
Tezin tahrik motoru seçimleri bölümünde de bahsedileceği gibi, yükün (analize tabi tutulan makine bölümlerinin ağırlığı) maksimum hıza erişmesi için gereken ivme 2 m/s^2 olarak alınmıştır. Bu hız ve ivme değeri, testerenin kesim hızı/ivmelenmesi değildir; yükün istenen konuma ilerletilirken sahip olacağı değerlerdir. Ancak, kesim esnasındaki kesim kuvvetlerinin ölçülebilmesi için

gereken dinamometre, uzama ölçer gibi ekipmanlar ve bu şekilde elde edilebilen ampirik veriler mevcut olmadığından, yük ağırlığına ek olarak söz konusu ivmenin etkisiyle oluşacak kuvvet de analize dahil edilmiş, analizlerin zorlayıcı şartlar altında yapılmasına çalışılmıştır. Buna ek olarak, testere motoru boşta iken 20 amper sağlamakta iken, kesim esnasında bu değer 30 amper olmaktadır. Bu değişimin kapsanması için 1.5 değerinde bir güvenlik faktörünün analizlere eklenmesi öngörülmüştür.

Yük, makine gövdesindeki 250x150x4870 mm ölçülerinde 2 adet, 150x150x1700 mm ölçülerinde 4 adet profilden ve ayak profillerinden oluşan şasi üzerinde konumlandırılmıştır. Ansys programında yapılan analizden alınan aşağıdaki görselde görülebilecek bu profiller, gövde boyunca uzanan profillerin uçları, ayak profillerine kaynaklandığından sabit destek olarak modellenmiş olup, yerle temas eden kısa ayak profilleri de yine aynı şekilde modellenmiştir. Yük ise yine 6000 kg olarak alınmıştır. 1.5 değerinde güvenlik faktörü (hareket ve kesme anındaki oluşacak dinamik kuvvetlerinde etkisi tezgahın boş ve kesme anındaki akım değişimi göz önüne alınarak bu faktör seçilmiştir.) de göz önüne alındığında, 9000 kg (90000 N) yük değeri analiz edilmiştir. En yüksek sehim 0,20 mm, en yüksek gerilim değeri ise 18.8 MPa olarak görünmektedir (Şekil 3.47 ve Şekil 3.48).



Şekil 3.47. Şasi yüke bağlı sehim analizi sonucu



Şekil 3.48. Şasi yükü bağlı gerilim analizi sonucu

Kesim kafasında (Z eksen) öngörülen yükler:

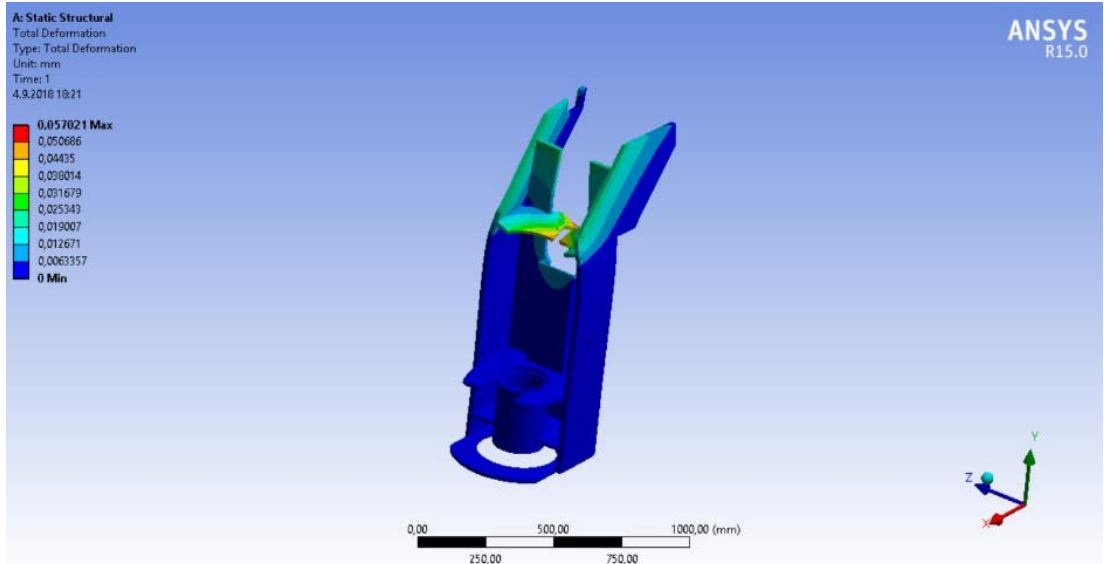
$$[(600 \text{ kg}) \times (10 \text{ m/s}^2) + (600 \text{ kg}) \times (2 \text{ m/s}^2)] \times 1.5 = 10800 \text{ N}$$

Köprüde:

$$[(2000 \text{ kg}) \times (10 \text{ m/s}^2) + (2000 \text{ kg}) \times (2 \text{ m/s}^2)] \times 1.5 = 36000 \text{ N}$$

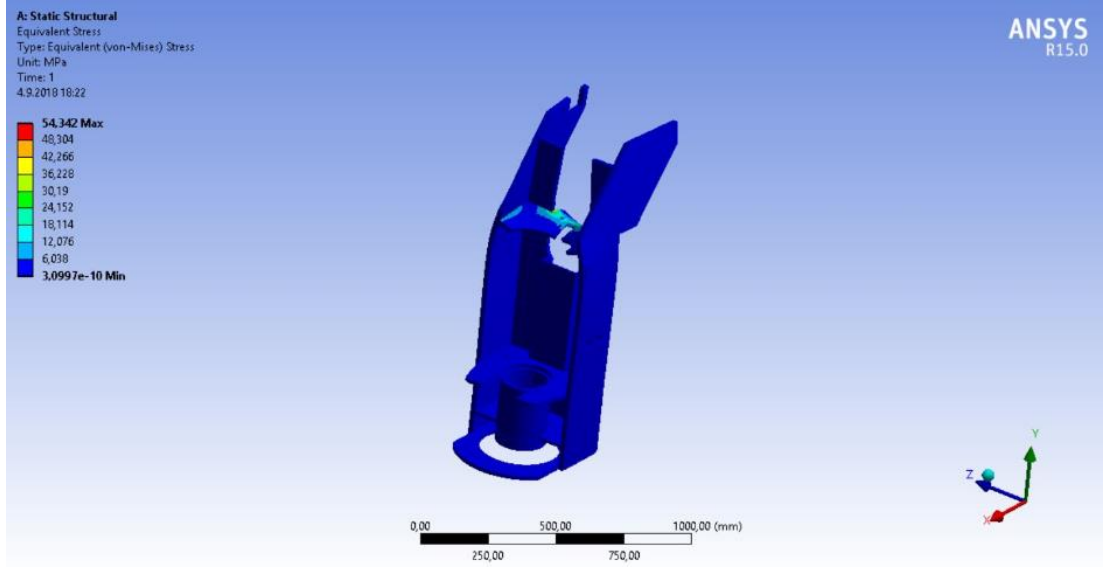
Döner kafada:

$$[(150 \text{ kg}) \times (10 \text{ m/s}^2) + (150 \text{ kg}) \times (2 \text{ m/s}^2)] \times 1.5 = 2700 \text{ N}$$



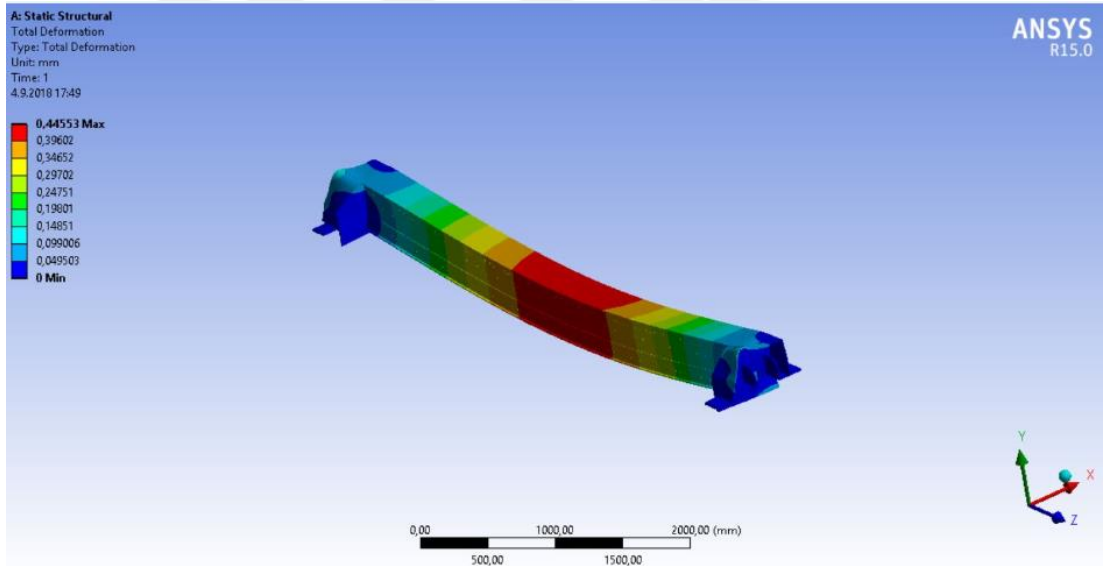
Şekil 3.49. Z eksen deformatasyon analizi

Z eksen analizinde (Şekil 3.49), 10800 N yük altında en yüksek deformatasyon değeri 0.05 mm olarak bulunmuştur.



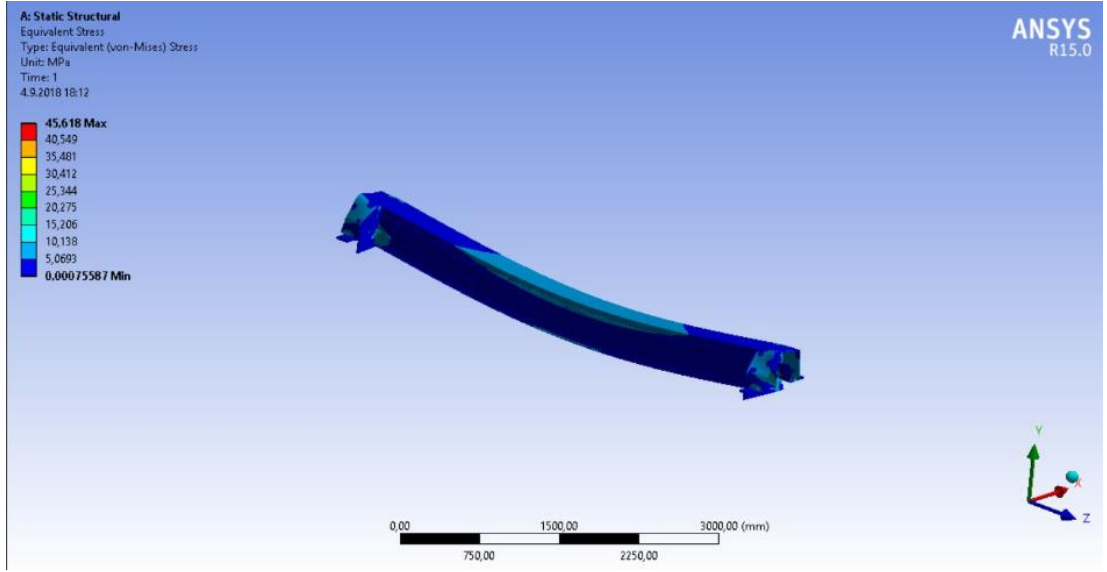
Şekil 3.50. Z eksenli gerilim analizi

Z eksenli analizinde (Şekil 3.50), 10800 N yük altında en yüksek gerilim değeri 54 MPa olarak bulunmuştur.



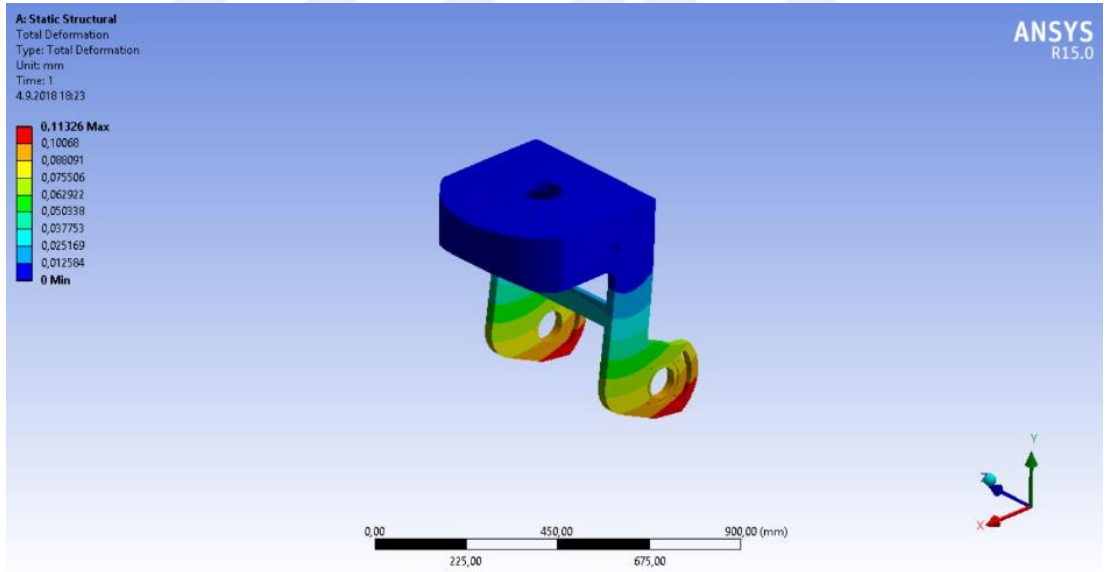
Şekil 3.51. Köprü deformasyon analizi

Köprü üzerinde 36000 N yük altında yapılan analizde (Şekil 3.51), en fazla 0,44 mm sehim değeri görülmüştür.



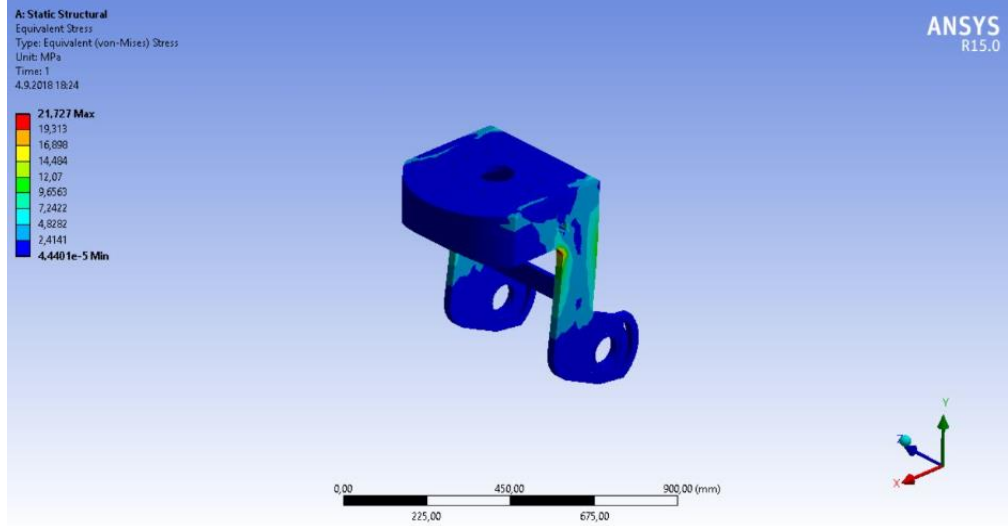
Şekil 3.52. Köprü gerilim analizi

Köprü üzerinde 36000 N yük altında yapılan analizde (Şekil 3.52), en fazla 45,6 MPa mm sehım değeri görülmüştür.



Şekil 3.53. Döner kafa deformasyon analizi

Döner kafa analizinde (Şekil 3.53), 2700 N yükte en büyük deformasyon değeri 0.11 mm olarak bulunmuştur.



Şekil 3.54. Döner kafa gerilim analizi

Döner kafa analizinde (Şekil 3.54), 2700 N yükte en büyük deformasyon değeri 21.7 MPa olarak bulunmuştur.

Şasi profilleri, gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir (Şekil 3.55. ve 3.56.). Kaynak teli olarak 540 N/mm² ye kadar çekme dayanımı olan SG2 kaynak teli kullanılmıştır. Sehpa montajı da bu şekilde gerçekleştirilmekle beraber, şasiye menteşeler ve hidrolik sistemi ile birleştirilmiştir (Şekil 3.71 ve Şekil 3.73). Tüm bu yapı, işlemlerinde çift sıra kaynak işlemi yapılmakta olup, ardından boyanmaktadır.



Şekil 3.55. Sehpa profillerinin kaynak işlemi



Şekil 3.56. Şasi ve ayak profilleri

Şasi üzerindeki hassas mekanik işlemler, gantry tipi Correa Versa M freze makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.57 ve 3.58.). Bu makinede 18,5 metreye kadar uzun parçalar işlenebilmektedir.



Şekil 3.57. Correa Versa M gantry tipi freze makinesi



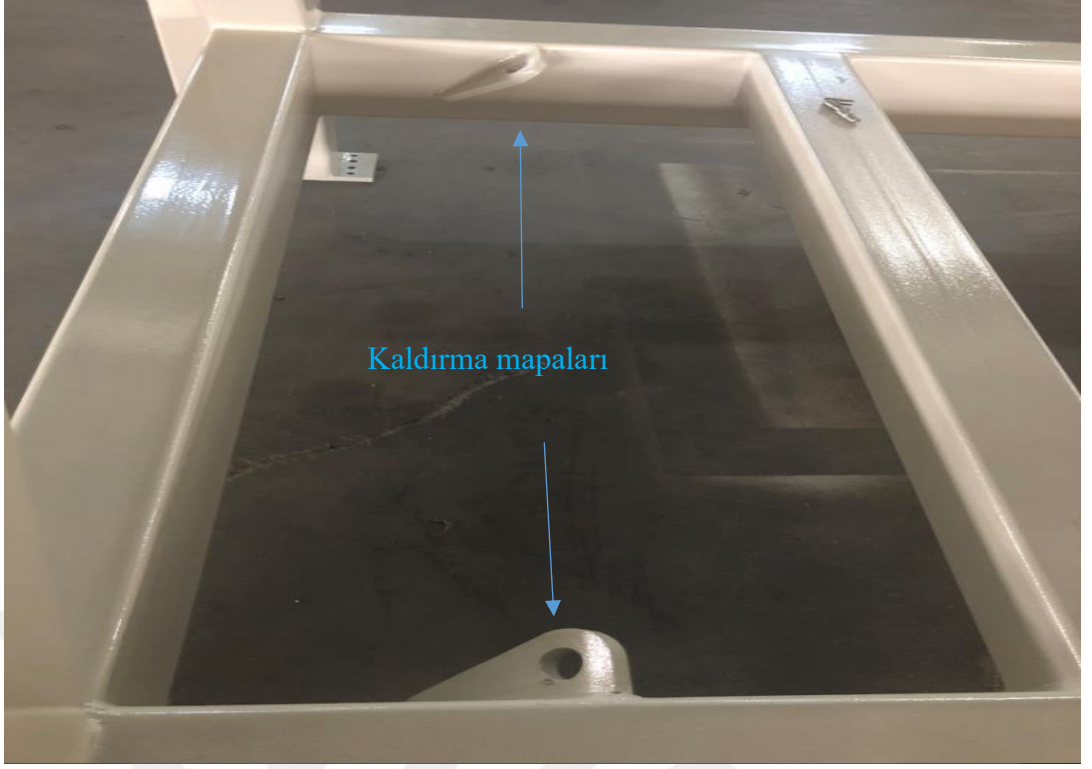
Şekil 3.58. Correa Versa M gantry tipi freze makinesi tezgahı

Şasi yanlarında, ayak profilleri ve taşıyıcı yan montajları arasında galvaniz kaplı trapez saclar kullanılmıştır (Şekil 3.59.) Belli ölçülerde katalog ürünü olarak satın alma uygun olması, özel tasarım gerektirmemesi bu seçimi pratik yapmaktadır. Trapez saclarının çekme kuvvetlerine karşı daha dayanıklı olması ve çalışma koşullarında oluşacak su, kir ve doğal taş atıklarının, bu sacların geometrisi nedeniyle yüzeye yapışıp kalma riskinin daha az olması gibi etmenler de göz önüne alınmıştır.

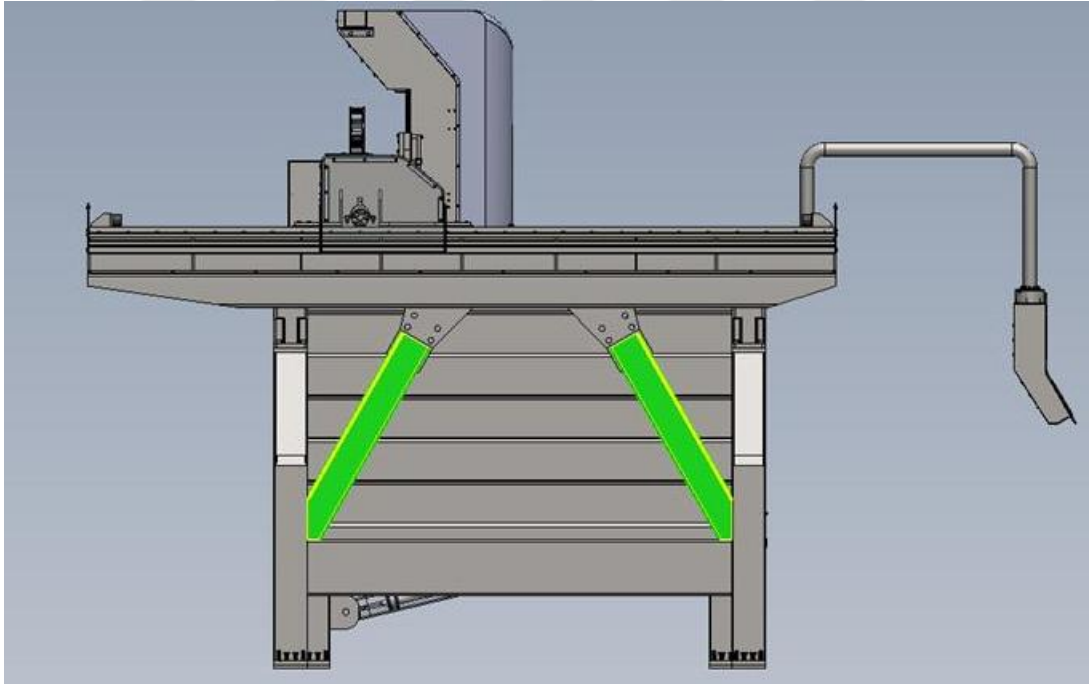


Şekil 3.59. Trapez sac

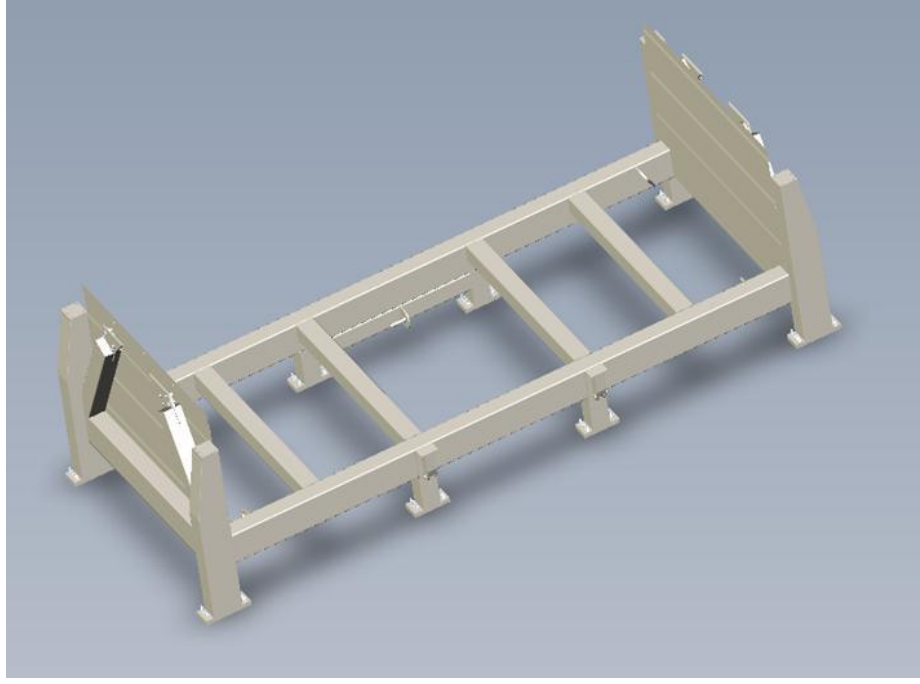
Makinenin kurulacağı yere taşınabilmesi ve konumlandırılabilmesi için şasiye 4 adet kaldırma mapası kaynaklanmıştır. Bunlardan 2 adedi Şekil 3.60'ta görülebilmektedir. Şekil 3.61'de gösterilen kare kesitli profiller, köprü konumlama ve kesim esnasında oluşacak vibrasyonun olumsuz etkilerini bertaraf etmek adına açılı/ diyagonal şekilde konumlandırılmıştır. Sistemdeki hareket, hızlanma ve kesim sırasında taşıyıcı profil ve kirişlerinde dengesiz kuvvetler mevcut olacağından yanal yer değiştirme gözlenecektir. Mevcut tasarım, hareket yönüne göre oluşacak çekme ve basma kuvvetlerinin tümünü destekleyebilir durumda olacaktır ve bu da istenmeyen titreşimleri azaltacaktır.



Şekil 3.60. Kaldırma mapalarından bir görünüm



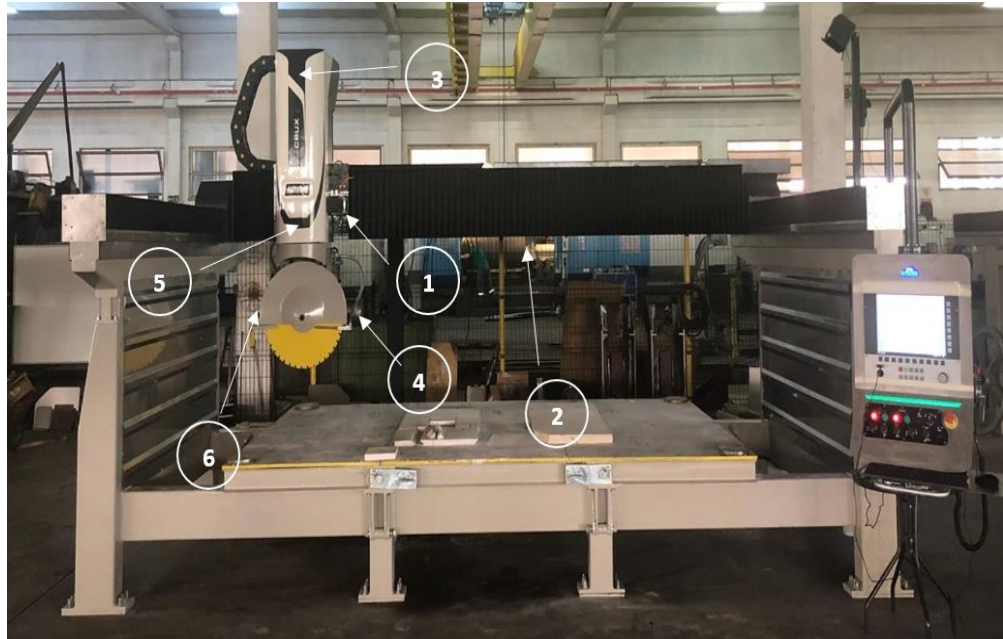
Şekil 3.61. Açılı kare profiller



Şekil 3.62. Gövde şasisi tasarımı

3.4. Tahrik Motoru Seçimleri

5 eksenli CNC köprü kesme makinesinde X, Y, Z, C, A eksenleri servo motorlarla, testere ise asenkron motorla tahrik edilmektedir.



Şekil 3.63. Motorların konumları

Şekil 3.63'te, 1 numara ile gösterilen bölgede x eksen, 2 numara y eksen, 3 numara z eksen, 4 numara a eksen, 5 numara c eksen motorunun konumunu göstermekte olup, 6 numara ise testere motorunun yerini göstermektedir.

3.4.1. Y eksen motoru

Y ekseninde karşılanması gereken atalet momentinin hesaplanmasında, yükün (işlenecek malzeme değil, makinenin söz konusu eksene karşılık gelen kısım ve parçalarının kütlesidir) tahmin edilen kütlesi, pinyon çapı, redüksiyon oranı (i) ve yük için öngörülen maksimum hız değeri göz önüne alınmaktadır. Bu hız değerinin, kesim sırasında testerenin ilerleme hızı değil, yükün ilerletilme hızı olduğunu vurgulamakta fayda vardır.

$$V_{maks} = 20 \text{ m/d} = 20000 \text{ mm/d}$$

$$m_{yük} = 2000 \text{ kg}$$

$$d_{pinyon} = 79,58 \text{ mm}$$

$$i = 39$$

Yükün, bahsedilen maksimum hızda hareket edebilmesi için pinyonun dakikadaki devir sayısı (d/d), pinyon çevresi ve maksimum hızdan bulunur:

$$n_{pinyon} = V_{maks} / (2 \pi r) = 20000 / (2 \cdot \pi \cdot 39,79) = 80,03 \text{ d/d} \quad (3.9.)$$

Redüksiyon işlemi göz önüne alındığında motor devir sayısı değeri ise:

$$n = 80,03 \cdot 39 \cong 3200 \text{ d/d} \cong 335 \text{ rad/s}$$

Sistemde, hareket ettirilecek yükün yanında pinyon, dişli ve redüktör gibi komponentlerin atalet momentleri ihmal edilebilir ölçüdedir. Atlanta firmasının katalogları incelendiğinde pinyon kütlelerinin yaklaşık 1-1,5 kg, kremayer dişli ve redüktör kütlelerinin ise 10-15 kg arası olduğu görülmüştür. Bu yüzden hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Bu durumda, yükün atalet momenti, kg.m^2 cinsinden:

$$J_{yük} = m \cdot r^2 \quad (3.10.)$$

$$(r = V/\omega ; \omega = \text{rad/s birimi açısal hız})$$

$$J_{yük} = 2000 \cdot [(20/60 \text{ m/s})/335]^2 = 2,1 \text{ g.m}^2 = 21 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2 \quad (3.11.)$$

Maksimum hıza (20 m/d) erişmek için gereken ivme “a”, 0.2g, yani yaklaşık olarak 2 m/s² olarak alınmıştır.

$$V = V_0 + a \cdot t \quad (3.12.)$$

$V_0 = 0$, $V = 20 \text{ m/d} = 0,33 \text{ m/s}$ ise Denklem 3.12.’de yerine konulursa, söz konusu hıza ulaşmak için geçen süre:

$t = 0,17$ saniyedir. Açısal ivmeyi (α) bulmak için:

$$a = (V_2 - V_1)/t = (w_2 - w_1) \cdot r/t \quad (3.13.)$$

$$\alpha = (w_2 - w_1)/t = (335 \text{ rad/s} - 0)/0,17 = 1970 \text{ rad/s}^2 \quad (3.14.)$$

Bu durumda, ivmelenme torku, T_m :

$$T_m = J_{yük} \cdot \alpha \quad (3.15.)$$

$$T_m = 21 \cdot 10^{-4} \cdot 1970 = 4,14 \text{ Nm}$$

Motorun nominal gücü:

$$P_m = \frac{T_m \cdot n}{9550} \quad (3.16.)$$

P_m = motor nominal güç (kW)

n = motorun dakikadaki devir sayısı (d/d)

$$P_m = 1,38 \text{ kW}$$

Motor miline etki edecek yük torku:

$$T_{yük} = \frac{F}{2 \cdot \pi \cdot \eta} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i} \quad (3.17.)$$

(Erişim tarihi: 13.04.2018.

<http://web.ulbsibiu.ro/laurean.bogdan/html/Mecanica%20miscarii.pdf>)

F = hareket yönündeki kuvvet

η = dişli-pinyon verimi; ortalama değer olarak 0,9 alınmıştır (Erişim tarihi: 06.06.2018. <http://www.machinedesign.com/archive/comparing-performance-and-efficiency-linear-motors-ball-screws-and-rack-and-pinion-drives>)

D = pinyon çapı (mm)

i = redüksiyon oranı (39)

$$F = m.g.(\sin\theta + \mu.\cos\theta) \quad (3.18.)$$

θ = eğim açısı (makine taşıyıcı taraflarında hareket eğimsiz olduğundan 0° alındı)

μ = dişli-pinyon arası sürtünme katsayısı, lubrikasyon sağlandığı için ortalama olarak 0,05 alınmıştır (Erişim tarihi: 15.07.2018. https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html).

$$F = 2000 \cdot 10 \cdot (0 + 0,05) = 1000 \text{ N}$$

$$T_{\text{yük}} = 1000 \cdot (79,59/1000) / (2 \cdot 0,9 \cdot 39) = 1,13 \text{ Nm} \quad (3.19.)$$

Yük torkunu bir güvenlik faktörü katsayısı ile çarpıp çıkan sonuca göre hareket etmek önemlidir. Bu katsayının 2 olması kararlaştırılmıştır (How to Size a Motor, t.y. Erişim tarihi: 26.04.2018.

http://www.putmanmedia.com/assets/cd_wp_sizemotor.pdf)

$$T'_{\text{yük}} = 2 \cdot 1,13 = 2,3 \text{ Nm}$$

Bu veriler ışığında, Sanyo Denki firmasının R2AA13120D servo motoru seçilmiştir. Bu motorun çalışma hızı aralığı 3000-6000 d/d, nominal torku (T_R ; rated torque) 5,7 Nm, eylemsizlik momenti ise $6 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$ 'dir.

$$T'_{\text{yük}} \leq T_R \cdot 0,8 \quad (3.20.)$$

$$2,3 \leq 5,7 \cdot 0,8 = 4,56 \text{ koşulu sağlanmaktadır.}$$

Buna ek olarak, eylemsizlik momenti kontrolü:

$$J_{\text{yük}} \leq J_M \cdot 10 \quad (3.21.)$$

$$21 \cdot 10^{-4} \leq 6 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 60 \cdot 10^{-4}$$

Bu iki koşul, Ek-12’de sunulmuş Sanyo Denki servo motor seçim kılavuzundaki direktifleri sağladığı için seçim uygundur (Ek-12) (SanMotion Servo Systems R3E Model kataloğu, s. 48. Erişim tarihi 15.03.2018.

http://www.sanyodenki.eu/IMG/pdf/SANMOTION_R_3E_model_catalogue_e-3.pdf).



Şekil 3.64. Y ekseninde kullanılan servo motor (Erişim tarihi: 08.06.2018. <http://www.robosan.com.tr/servo/R2AA13120D.htm>)

3.4.2. X eksen motoru

X eksenindeki hesaplamalar ise yine benzer şekilde olup, hareket ettirilecek yükün öngörülen değeri 600 kg, redüksiyon değeri kullanılan redüktör nedeniyle 40, maksimum lineer hız 20 m/d (20000 mm/d), pinyon çapı ise yine 79,58 mm’dir.

$$n_{\text{pinyon}} = V_{\text{maks}} / (2 \pi r) = 20000 / (2 \cdot \pi \cdot 39,79) = 80,03 \text{ d/d} \quad (3.22.)$$

Redüksiyon işlemi göz önüne alındığında motor d/d değeri ise:

$$n = 80,03 \cdot 40 = 3200 \text{ d/d} = 335 \text{ rad/s (yaklaşık değer)}$$

Sistemde, hareket ettirilecek yükün yanında pinyon, dişli ve redüktör gibi komponentlerin atalet momentleri ihmal edilebilir kalmaktadır; kataloglar incelendiğinde pinyon kütlelerinin yaklaşık 1 kg, kremayer dişli ve redüktör kütlelerinin ise 10-15 kg arası olduğu görülmüştür. Bu yüzden hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Bu durumda atalet momenti kg.m^2 cinsinden Denklem (3.14)'ü kullanarak:

$$J_{\text{yük}} = m \cdot r^2 = m \cdot (V/w)^2 = 600 \cdot [(20/60 \text{ m/s})/335]^2 = 0,6 \text{ g.m}^2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2 \text{ bulunur.}$$

Maksimum hıza (20 m/d) erişmek için gereken ivme "a", 0.2g, yani yaklaşık olarak 2 m/s^2 olarak alındığında Denklem (3.12)'ye göre, ivmeye ulaşmak için geçen süre:

$t = 0,17$ saniye bulunur. Açısal ivme (α) ise Denklem (3.14)'e göre:

$$\alpha = 1970 \text{ rad/s}^2 \text{ bulunur.}$$

Bu durumda, ivmelenme torku ise Denklem (3.19)'a göre

$$T_m = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 1970 = 1,18 \text{ Nm, Motorun nominal gücü de Denklem (3.15)'e göre}$$

$P_m = 0,39 \text{ kW}$ ve motor miline etki edecek yük torku Denklem (3.17) ve (3.18.)'e göre

$$F = 300 \text{ N ve } T_{\text{yük}} = 1000 \cdot (79,59/1000) / (2 \cdot 0,9 \cdot 39) = 0,33 \text{ Nm}$$

bulunmaktadır. Yük torkunu bir güvenlik faktörü katsayısı ile çarpıp çıkan sonuca göre hareket etmek önemlidir. Bu katsayının 2 olması kararlaştırılmıştır:

$$T'_{\text{yük}} = 2 \cdot 0,33 = 0,66 \text{ Nm}$$

Bu verilere dayanarak, Sanyo Denki firmasının R2AA08040F servo motoru seçilmiştir. Bu motorun çalışma hızı aralığı 3000-6000 d/d, nominal güç 0,39 kW, nominal torku (T_R) 1,27 Nm, eylemsizlik momenti ise $1,04 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$ 'dir.

$T'_{yük} \leq T_R \cdot 0,8$ (SanMotion Servo Systems R3E Model kataloğu, s. 48. Erişim tarihi 15.03.2018. http://www.sanyodenki.eu/IMG/pdf/SANMOTION_R_3E_model_catalogue_e-3.pdf)

$0,66 \leq 1,27 \cdot 0,8 = 1,01 \text{ Nm}$ olduğuna göre bu koşul sağlanmaktadır.

Buna ek olarak, eylemsizlik momenti kontrolü:

$$J_{yük} \leq J_M \cdot 10$$

$$6 \cdot 10^{-4} \leq 1,04 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 10,4 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Bu iki koşul sağlandığı için seçim uygundur. (SanMotion Servo Systems R3E Model kataloğu, s. 48. Erişim tarihi 15.03.2018. http://www.sanyodenki.eu/IMG/pdf/SANMOTION_R_3E_model_catalogue_e-3.pdf)



Şekil 3.65. X eksenli servo motoru (Erişim tarihi: 08.06.2018. https://www.motortong.com/series_detail/16950/R2AA08040F.html)

3.4.3. Z eksenli motoru

5 eksenli köprü kesme makinesinin Z ekseninde maksimum çalışma yüksekliği (strok) 350 mm olarak düşünüldüğü için ve bilyalı vidalı milin 2 ucuna da sabitleme ve diğer komponent montajlamaları için 100er mm pay bırakılması varsayımında bulunulduğunda, mil uzunluğunun 550-600 mm olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu milin çapı ise, kesici kafa boyutları ve diğer bileşenlerin yerleşimi düşünüldüğünde 40 mm olarak öngörülmüştür. Mil adımı 5 mm olarak planlanmıştır. Bu ekseninde frenli servo motor kullanılmıştır. 90 derece açılı, çevrim oranı 9 olan Neugart marka redüktör kullanılmıştır.

Z ekseninde kullanılan vidalı milin atalet momenti (J_{vm}):

$$J_{vm} = \gamma \cdot D^4 \cdot l \quad (\text{kg.m}^2) \quad (3.23.)$$

γ = mil yoğunluğu (çelik için $7,8.10^3 \text{ kg/m}^3$)

D = vidalı mil çapı (m)

l = vidalı mil uzunluğu (m)

$$J_{vm} = \frac{3,14 \cdot 7,8 \cdot 10^3}{32} \cdot (0,04 \text{ m})^4 \cdot (0,55 \text{ m}) = 0,00107 \text{ kg.m}^2$$

bulunur. Vidalı mil tarafından hareket ettirilen yükün atalet momenti:

$$J_{yük} = m \cdot (l_s / 2\pi)^2 \quad (3.24.)$$

l_s = vidalı mil adımı (m)

$$J_{yük} = 600 \cdot (0,005 / 2\pi)^2 = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2 = 0,38 \text{ g.m}^2$$

elde edilir. Bu durumda, Z eksenindeki toplam atalet momenti, $1,45 \text{ g.m}^2$ ($14,5 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$) olmaktadır.

Maksimum hıza erişmek için vidalı milin dakikadaki devir hızı:

$$n_{vm} = 20000 \text{ (mm/d)} / (2 \cdot \pi \cdot 20) = 160 \text{ d/d} \quad (3.25.)$$

Redüktör sonrası motor devri:

$$n_{motor} = 160 \cdot 9 = 1440 \text{ d/d}$$

Hareket yönündeki kuvvet, F Denklem (3.22)'i kullanarak, $\mu = 0,05$ (Erişim tarihi: 15.07.2018.

https://www.aerotech.com/media/854495/18%20engineering%20reference_motor%20selection%20and%20sizing.pdf) ve hareket dikey olduğu için $\theta = 0^\circ$ olduğundan,

$$F = 6000 \text{ N}$$

bulunur.

Vidalı mil ile vidalı mil somun gövdesi arasındaki açıklığı gidermek için sistemde bir ön yük de hesaba katılmıştır; yükün %7'si olarak hesaplanmıştır. (Erişim tarihi: 20.03.2018. <https://www.linearmotiontips.com/a-users-guide-to-preload/>)

$$F_{\text{ön yük}} = 6000 \cdot \%7 = 420 \text{ N}$$

Bu durumda, yük torku:

$$T_{\text{yük}} = \frac{F \cdot l_s}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + \frac{F_{\text{önyük}} \cdot l_s}{2 \cdot \pi} \quad (3.26.)$$

l_s = vidalı mil adımı (m)

η = Bilye vidalı mil verimi 0.9 alınmıştır (Gretz, 2016).

$$T_{\text{yük}} = \frac{6000 \cdot 5/1000}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + \frac{420 \cdot 5/1000}{2 \cdot \pi} = 5,63 \text{ Nm}$$

Güvenlik katsayısı 2 alınırsa:

$$T'_{\text{yük}} = 5,63 \cdot 2 = 11,2 \text{ Nm}$$

Motor başlangıç torku:

$$T_{\text{motor}} = T'_{\text{yük}} / (i \cdot \eta_G) = 1,41 \text{ Nm} \quad (3.27.)$$

η_G = redüktör verimi 0.88 alınmıştır (Neugart WPLE redüktör kataloğu verisidir)

$i = 9$ (redüksiyon oranı)

Redüktörde motor şaftındaki hız azaltılıp tork arttırılacağından, güvenlik katsayısı ile hesaplanmış yük torku karşılanabilecektir. Sanyo Denki R2AA13120D servo motoru seçilmiştir. Motor, 1,2 kW güç, 2000 d/d ve 5,7 Nm tork sağlamaktadır. Ek olarak, bu motorun milinin (rotor) eylemsizlik momenti, ürün kataloğunda 0,0006 kg.m² olarak verilmiştir. Redüktör çıkış milindeki atalet momentinin, motorun rotor momentinin redüksiyon oranının (9) karesi kadar daha fazlasını sağlaması gerekmektedir.

$$J_r = J_m \cdot i^2$$

$$J_r = 0,0006 \cdot 9^2 = 0,0486 \text{ kg.m}^2 \quad (3.28.)$$

Bu değer, daha önce bulunan, sistemin toplam atalet momenti olan $14,5 \cdot 10^{-4}$ kg.m² değerinden de büyük olduğu için seçim uygundur.

3.4.4. A eksen motoru

$$V_{\text{maks}} = 5 \text{ m/d} = 5000 \text{ mm/d}$$

$$m_{\text{yük}} = 150 \text{ kg}$$

$$D = 110 \text{ mm (çapı)}$$

$$i = 119$$

Bu eksenindeki hareketi sağlamak için 0.75 kW güç üreten R2AA08075F servo motor modeli kullanılmıştır.



Şekil 3.66. A eksenli servo motoru (Erişim tarihi: 08.06.2018.
<http://www.robosan.com.tr/servo/R2AA08075F.htm>)

3.4.5. C eksenli motoru

Burada çevrim oranı 142 olan redüktörden tahrik sağlanmaktadır.

$$V_{maks} = 20 \text{ m/d} = 20000 \text{ mm/d}$$

$$m_{yük} = 250 \text{ kg}$$

$$D = 110 \text{ mm (kafayı döndüren parça çapı)}$$

$$i = 142$$

Denklem 3.9'a göre:

$$n = 20000 / (2\pi r) = 200000 / (2 \cdot 3,14 \cdot 110) = 29 \text{ d/d}$$

$$n_{motor} = 29 \cdot 142 = 4120 \text{ d/d} = 431 \text{ d/d}$$

Denklem 3.10'a göre:

$$J_{yük} = 250 \cdot ((20/60)/431)^2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$V_0 = 0$, $V = 20 \text{ m/d} = 0,33 \text{ m/s}$ ise Denklem 3.12.'de yerine konulursa, söz konusu hıza ulaşmak için geçen süre:

$t = 0,17$ saniyedir. Açısal ivmeyi (α) bulmak için:

$$\alpha = (w_2 - w_1) / t = (431 \text{ rad/s} - 0) / 0,17 = 2535 \text{ rad/s}^2$$

İvmelenme torku, Denklem 3.15'e göre:

$$T_m = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 2535 = 0,38 \text{ Nm}$$

Denklem 3.16'ya göre nominal motor gücü:

$$P_m = (0,38 \cdot 4120) / 9550 = 0,16 \text{ kW}$$

Motor miline etki edecek yük torku, Denklem 3.17'ye göre:

$$T_{\text{yük}} = \frac{F}{2 \cdot \pi \cdot \eta} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i}$$

$$\eta = 0.9, i = 142, D = 110$$

$$F = mg = 250 \cdot 9,81 = 2452 \text{ N}$$

$$T_{\text{yük}} = 1,05 \text{ Nm}$$

Güvenlik katsayısı 2 alınırsa:

$$T'_{\text{yük}} = 2,1 \text{ Nm}$$

Bu sonuçlar ışığında, anma çıkış gücü 1 kW, nominal torku 3,18 Nm olan R2AAB8100H Sanyo Denki servo motoru seçilmiştir.

Ek-12'de gösterilmiş olan Sanyo Denki servo motor seçim kılavuzuna göre sağlanması gereken koşullar sağlanmaktadır.

$$T'_{\text{yük}} \leq T_R \cdot 0,8$$

$$2,1 \leq 3,18 \cdot 0,8 = 2,54 \text{ Nm}$$

$$J_{\text{yük}} \leq J_M \cdot 10$$

$$1,5 \cdot 10^{-4} \leq 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot 10$$



Şekil 3.67. C eksenli servo motoru (Erişim tarihi: 08.06.2018.
https://www.motortong.com/series_detail/16952/R2AAB8100H.html)

3.4.6. Testere motoru

Tezin 3.3.4. Motor Ve Motor Taşıma Sehpa'sı Tasarımı başlığında da belirtildiği üzere, burada Saccardo firmasının asenkron, 3 fazlı Saccardo SBC 107 motoru kullanılmıştır.

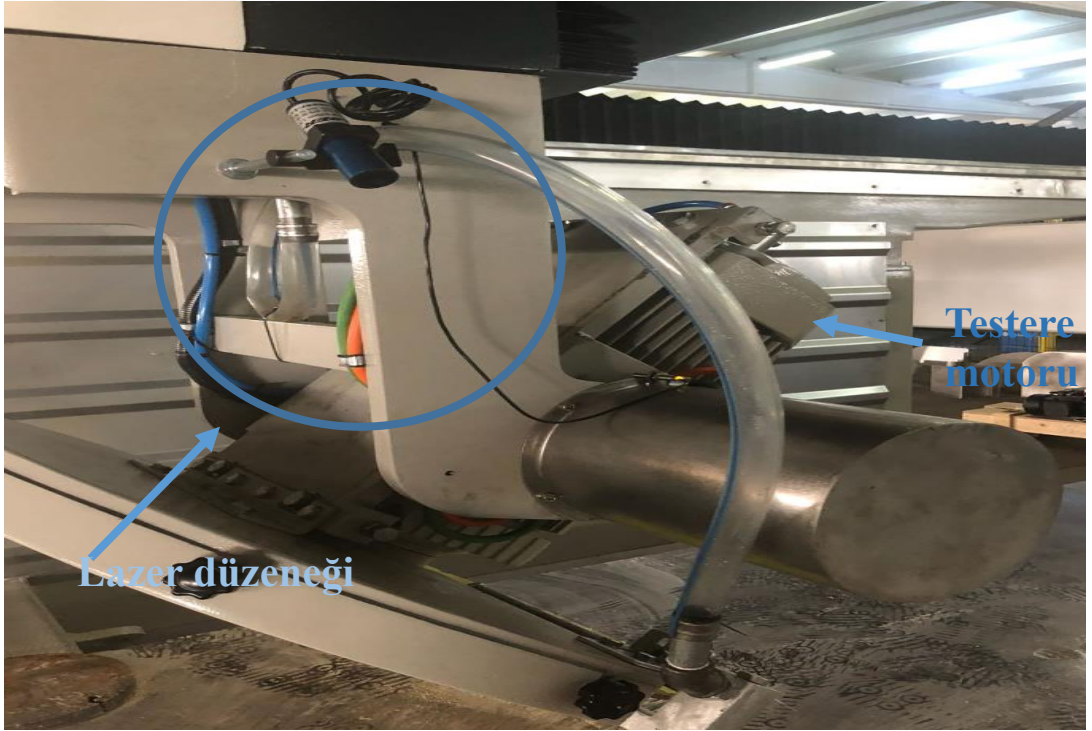
3.5. Diğer Muhtelif Tasarım Detayları

Boyanacak şasi, ayak profilleri ve taşıyıcı yan kısımlar, önce kumlamaya gönderilmektedir. Kumlamadaki amaç, metal yüzeyinde görünen ya da mikronize boyutlardaki pas ve korozyonu yok ederek metalin özünü ortaya çıkarmaktır. Böylece parçalar korozyona karşı daha dirençli hale gelmektedir. Ardından epoksi astarı atılır, macun kullanılarak çatlaklar doldurulur ve en sonunda akrilik boya ile boyama işlemi gerçekleştirilir (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. Boyanmış şasi

Testere bölümünde, kesim yolunu gösteren bir endüstriyel lazer düzeneği vardır (Şekil 3.69).



Şekil 3.69. Lazer düzeneği

CNC kontrol sisteminin monte edileceği panel; zamanla korozyona uğrayabileceği düşünülerek 3mm paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Panelde 10.4 inçlik bir ekran ile kullanıcı-makine arayüzü kullanışlı bir biçimde tesis edilmiştir (Şekil 3.70).



Şekil 3.70. 10.4 inç kumanda paneli

Kumanda panelinde (Şekil 3.70)'de gösterilen 1 numaralı bölgede bulunan yeşil ve kırmızı butonlardan yeşil buton, testerenin çalıştırılmasını, kırmızı ise kapatılmasını sağlamaktadır. (Şekil 3.70)'de gösterilen 2 numaralı bölgede bulunan butonlardan, yeşil olan programın çalıştırılmasını, kırmızı ise durdurulmasını sağlamaktadır. (Şekil 3.70)'de gösterilen 3 numaralı buton, testerenin hızının yüzdelik olarak ayarlanmasını sağlamaktadır. (Şekil 3.70)'de gösterilen 4 numaralı buton ile hidrolik tablanın konumu ayarlanabilmektedir. (Şekil 3.70)'de gösterilen 5, 6, 7,8 ve 9 numaralı butonlar, sırasıyla X, Y, Z, C ve A eksenlerinin artı ve eksi yönde manuel modda hareketlerini sağlamaktadır. (Şekil 3.70)'de gösterilen 10 numaralı buton ise kesme hızının yüzdelik olarak ayarlanmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.71. Tabla hareketi

Makineye mermer plakalarının rahat yüklenebilmesi için yaklaşık 80° ' ye kadar hareket edebilen hidrolik güç üniteli tabla tasarlanmıştır (Şekil 3.72 ve 3.73). Tablanın 0 derece pozisyonuna emniyet şalteri konularak, tablanın 0 derece dışındaki pozisyon konumlarındayken makinenin çalışması engellenmiştir.



Şekil 3.72. Tabla hareketi (80°)



Şekil 3.73. Hidrolik güç ünitesi

Kontrol panelindeki şerit aydınlatmaları için 12 volt doğru akımlı ve 2A değerlerinde led trafosu kullanılmıştır.



Şekil 3.74. Led trafosu (Erişim tarihi: 19.07.2018.
<https://www.mervesanelektronik.com>)

Tüm elektronik düzeneğin bulunduğu panodaki ısıyı düzenlemek için fan pano termostatu kullanılmıştır.

Hareketli bir mekanizmanın teması sonucu bu temas ile elektriksel kontakların pozisyonunu değiştiren ya da kesen sınır şalteri de sisteme dahil edilmiştir. Devreyi faz kaybı ve kısa devrelere karşı koruyan motor koruma şalterleri sisteme dahil edilmiştir.



Şekil 3.75. Motor koruma şalteri (Erişim tarihi: 19.07.2018.
<https://www.schneider-electric.com.tr>)

Elektrik gücünü ekipmanlara dağıtılırken bu ekipmanı şebeke gücünden izole eden izolasyon trafosu kullanılmıştır. MCCB (Moulded Case Circuit Breaker), aşırı yüklere karşı cihazı korur ve böyle durumlarda devreyi kesmektedir.



Şekil 3.76. MCCB izolasyon trafosu (Erişim tarihi: 19.07.2018.
<https://www.schneider-electric.com.tr>)

Röleler, üzerinden akım geçtiği esnada çalışan bir devre bileşenidir. Akım yolunun açılıp kapatılmasıyla devreyi kontrol ederler. Faz koruma röleleri ise, şebekeden gelen olağandışı etkilere karşı 3 fazlı elektrik motorlarının 2 fazda çalışmalarını engellemektir.

Ayarlanabilen direnç değerleri sağlayan potansiyometreler sistemde kullanılmaktadır. Elektronik sistemde sinyal iletim kablosu olarak blendajlı UNITRONIC® LiYCY tipi düşük frekanslı PVC blendajlı iletişim kabloları kullanılmaktadır. Bu iletişim kablolarındaki kalaylı bakır tel örgüsü, istenmeyen elektromanyetik etkilere karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Daha hafif fonksiyonlar içinse PVC kaplı TTR kablolar kullanılmıştır. Endüktif yakınlık sensörleri, kendisine yaklaşan metal objeleri temas sağlanmadan algılar ve buna

göre nesne konumlaması yapar. Bunlar haricinde, her elektronik sistemde yer alan muhtelif sigorta, güç kaynağı, kontaktör ve klemens bileşenleri de kullanılmıştır.



4. PROTOTİP MAKİNELERDE ÖRNEK ÇALIŞMALAR VE TARTIŞMA

Tasarımı ve imalatı tamamlanan 1. ve 2. prototip makinelerle tam daire, çokgen, çoklu kesim ve evye imalatları gerçekleştirilmiş olup, aşağıdaki fotoğraflarla bu işlemler gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Dairesel kesim



Şekil 4.2. İlk prototip - Düz kesim



Şekil 4.3. İlk prototip – Çoklu kesim esnasında



Şekil 4.4. Çokgen kesim

2. prototip makinede, 1'ye oranla yüklemeyi kolaylaştırması açısından 80 dereceye kadar yatabilen hidrolik bir tabla eklenmiştir. Aynı zamanda, makinede kesim optimizasyonu programı devreye alınmıştır.



Şekil 4.5. İkinci prototip kullanıma hazır makine

Şekil 4.2.'de görüldüğü üzere imalatını gerçekleştirdiğimiz makinede tasarım aşamasında da belirttiğimiz gibi 725 mm çapında testere bağlayabilecek şekilde üretilmiştir. Muadili olan yerli ve ithal makinelerde bu konseptteki makinelerde maksimum 625 mm çapında dairesel testere takılabilmektedir. Bu da maksimum 200 mm kalınlığında taş kesilebilmesi anlamına gelir.

Şekil 4.3.'te 30 mm kalınlığında 8 adet; toplam 240 mm kalınlığında mermer kesilmiştir. Yapılan testte kesim hızı yaklaşık 3m/d olarak kullanıldığında üstteki taşlarda bir kayma yaşanmadığı saptanmıştır. Kesme hızının 3m/d' yı aşması halinde ise en üstteki 2 plakada kaymadan dolayı yaklaşık olarak +/- 0.3 mm verilen ölçülerden sapma olduğu gözlemlenmiştir. Bu sapma değeri, yurtiçi satışlarda çok önem arz etmese de, yurtdışı satışlarda bu tolerans değeri +/-0.2 mm kadardır. Dolayısıyla, üretici firma yurtdışı satış gerçekleştirecek olursa testere kesim hızını 3 m/d ve/veya altında kullanması gerekmektedir.

Şekil 4.6'da görülen parça için Stone Terroir firmasından Pınar Evrensel Atasoy ile ortak bir çalışma gerçekleştirildi. Standart olarak ürettiği bu parçayı insan gücüyle yaklaşık 24 saat sürekli çalışma ile bitirildiği ve yüzey kalitesinin ise çok iyi olmadığı gözlemlendi.

Aynı parça için Pegasus cad-cam programında ilk önce 3 boyutlu katı modeli çizildi daha sonra ise çizilen parçanın cam programı yardımıyla G kodları oluşturuldu ve bir bellek yardımıyla prototipi üretilmiş olan makinemizin; kontrol ünitesine aktarıldı.

Parça, işleme mantığı olarak kaba operasyon ve finiş operasyonu olarak 2 adımda gerçekleştirildi ve parça 2 saat 37 dakika gibi bir sürede elde edildi. Elde edilen parçanın yüzey kalitesinin gözle görülür bir biçimde el işçiliğinden çok daha kaliteli olduğu gözlemlendi.



Şekil 4.6. 5 eksen makine prototipi ile işlenmiş parça



Şekil 4.7. 5 eksen makine prototipi ile parça işlenirken

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında beş eksen köprü tipi CNC mermer işleme makinesi tasarımı ve üretimi amaçlanmıştır. Bu bağlamda tasarım için gerekli olan hesaplamalar yapılmıştır. Solidworks programıyla üç boyutlu katı modeli oluşturulan makinenin ANSYS programı yardımıyla yapılan analizlerle de tasarımın ve malzeme seçimini doğruluğu incelenmiştir. İthal makinelerin ilk yatırım maliyetlerinin yanı sıra, olası bakım, onarım ve yedek parça temini giderleri söz konusu olacağı için, bunların daha düşük bir maliyet ve daha kısa zaman aralığında müşterilere sunulabilmesi bu makinenin artılarından biridir.

Üretimi tamamlanan 5 eksenli köprü kesme makinesi, başarıyla doğrusal, dairesel, çokgen ve açısız kesimlerin yanı sıra evye üretimiyle ilgili testleri başarıyla gerçekleştirilmiştir. Özellikle karmaşık üç boyutlu şekillerin işlenmesinde, el işçiliğine oranla avantajlarının fazlalığı örnek çalışmalarla görülmüştür. Bir önceki bölümde bahsedildiği gibi, insan gücüyle yaklaşık 24 saat sürekli çalışma ile ancak bitirilebilen bir işlemin, 2 saat 37 dakikada bitmesi sağlanabilmiştir.

Mevcut yerli üretim makinelerin günümüz teknolojisini mermer sektörüne aktaramadığı gözlemlenmiştir. Prototipini ürettiğimiz 5 eksen CNC makine ile mermer sektörünün ithal makineler ve fonksiyonel olmayan yerli üretim makineleri kullanmak zorunda kalmayacaklarına ayrıca uzun işleme zamanı olan, riskli, maliyetli üretimleri ortadan kaldırdığı kanıtlanmıştır.

Muadili olan yerli ve ithal makinelerde bu konseptteki makinelerde maksimum 625 mm çapında dairesel testere takılabilirken, imalatı gerçekleştirilen makinede 725 mm çapında testere bağlanabilmektedir. Bu da maksimum 200 mm kalınlığında taş kesilebilmesi anlamına gelmektedir.

Bu tez çalışmasında tasarımı tamamlanan makinenin ilerleyen dönemlerde makinenin boşta hareketleri 35 metre/dakika hızlara çıkarabilecek çalışmalar yapılabilir. Aynı zamanda, günümüzde hammaddenin çok değerli konuma

gelmesinden dolayı kesilecek ürünün fotoğrafları çekilip görüntü üzerinde optimizasyonu sağlanabilir. Ayrıca Mermer İşleme firmalarınca makinelerin kullanılmasıyla geri bildirimlerle mevcut özellikleri geliştirilebilir ve/veya ilave özellikler eklenmesi de mümkün olacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Ahmet Kınaoğlu, 2018. Erişim Tarihi: 19.03.2018. <http://www.ahmetkinoaoglu.com.tr>
- Atıcı, U., Ersoy, A., 2003. Correlation of Specific Energy of Cutting Saws and Drilling Bits with Rock Brittleness and Destruction Energy, *Journal of Materials Processing Technology*.
- Autonics, 2018. Erişim Tarihi: 24.03.2018. <http://www.autonics.com>
- Breton, 2018. Erişim Tarihi: 19.03.2018. <http://www.breton.it>
- B. S. Ünlü, N. S. Köksal, E. Atik, "Bakır Esaslı Bronz ve Pirinç Yatakların Tribolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 5, Sayı 2, sh. 103-108, 2003.
- Büyüksağış, İS. and RM. Göktan, 2005."Investigation of marble machining performance using an instrumented block-cutter," *Journal of Materials Processing Technology*, 169: 258-262.
- Cihanmakmer, 2018. Erişim Tarihi: 19.03.2018. <http://www.cihanmakmer.com>
- Cevindik, M., 2009. Üç Eksenli CNC ile Mermer İşlemede Elektrik Enerji Tüketimine Etki Eden Parametreler. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Afyonkarahisar.
- CKS Kablo Taşıyıcı Sistemleri, 2018. Erişim Tarihi: 23.04.2018. <http://www.cks.com.tr>
- Çelik, A. K., 2007, Development Of A Methodology For Prediction Of Surface Roughness Of Curved Cavities Manufactured By 5-Axes CNC Milling. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Çetin,T., 2003, Türkiye Mermer Potansiyeli, Üretimi ve İhracatı, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 23, Sayı 3 (2003) 243-256, Ankara.
- Deliormanlı, A.H., 2012. Cerchar abrasivity index (CAI) and its relation to strength and abrasion test methods for marble stones. *Construction and Building Materials* 30 (2012) 16–21
- Demir, E.,2017. Bir mermer Ocağından Çıkarılan Blok Mermer İle Mermer Fabrikasından Çıkan Ürünlerin Maliyet Analizi; Barla Mermer Ocağı ve Fabrikası Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111s, Isparta

- Denver, 2017. Erişim Tarihi: 06.04.2018. <http://www.denver.sm>
- Dergipark, 2018. Erişim Tarihi: 02.06.2018. <http://www.dergipark.gov.tr>
- Dinçel, M., 1999. CNC Takım Tezgahları. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Lisans Bitirme Tezi, Tekirdağ
- Donatoni, 2018. Erişim Tarihi: 06.04.2018. <http://www.donatonimacchine.eu>
- Ekolmermer, 2018. Erişim Tarihi: 19.03.2018. <http://www.ekolmermer.com.tr>
- Elektrikce, 2018. Erişim Tarihi:02.03.2018. <http://www.elektrikce.com/uc-fazli-asen-kron-motorlarin-calisma-prensibi/>
- GMM, 2018. Erişim Tarihi: 10.05.2018. <http://www.gmm.it>
- Gretz, 2016. Ball-Screw Design: The Advantages of Internal Ball Returns. Erişim Tarihi:09.06.2018. <http://www.machinedesign.com/motion-control/ball-screw-design-advantages-internal-ball-returns>
- Gülesin, M., Güllü, A., Avcı, Ö., & Akdoğan, G., 2007. CNC Torna ve Freze Tezgâhlarının Programlanması, Asil Yayın Dağıtım, 10-45, Ankara.
- QTC Gears, Elements of Metric Gear Technology. Erişim Tarihi 22.03.2018. <https://www.webcitation.org/5nQCqsUa9?url=http://www.qtcgears.com/Q410/PDF/techsec14.pdf>
- Hasar, N., Tokat, A., & Çetinkaya, K., 2012. Masaüstü 4 eksen cnc ile strafor ve ahşap helisel konik dişli işleme ve kesme parametreleri. 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi 29-30 Kasım 2012- Balıkesir
- Hasçelik, 2018. Erişim Tarihi: 10.05.2018. <http://demo.hascelik.com/tr/celik-hakkinda/yapi-celikleri/71>
- HBOGM, 2018. Erişim Tarihi: 24.03.2018. <http://hbogm.meb.gov.tr/MTAO/1ElektrikMakLab/unite5.pdf>
- İhracat Genel Müdürlüğü Maden, Metal ve Orman Ürünleri Daire Başkanlığı, 2018. Doğal Taş Sektörü. Erişim Tarihi: 20.05.2018. <https://www.ekonomi.gov.tr/portal/content/conn/UCM/uuid/dDocName:EK-051196>
- Karabey, Ö., 2016. Prototip 3 Eksenli Freze Tasarımı Ve Uygulaması. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Sivas
- Karaçam S., 2009. Adım Motor Kontrollü hızlı CNC freze tasarımı. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya

Karaman, D., 2010. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi ve Bir Mermer İşletmesinde Uygulama Örneği, Uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116s, Isparta.

Kavala Şen, D., 2010. Beş Eksenli CNC Tezgah Tasarım Ve Kontrolü. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55 s, İzmir.

Kozanlı, 2018. Erişim Tarihi: 08. 06.2018. <http://www.kozanli.com.tr>

Köbeloğlu, A.,2011. Eğitim amaçlı masaüstü CNC torna tezgahı tasarımı ve prototipi.Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

Kutlu, M., 2006. Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgahı Tasarım ve İmalatı, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s, Afyonkarahisar.

Liutaiomottola, 2018. Erişim Tarihi: 02.06.2018. <http://www.liutaiomottola.com/Tools>

Maden, 2018. Erişim Tarihi: 15.09.2017. <http://www.maden.org.tr> – Dünya mermer ticaretinde Türkiye'nin yeri.

Makina İmalatçıları Birliği, 2018. Erişim Tarihi: 08.06.2018. <https://www.mib.org.tr>

Marble, (t.y.). Erişim Tarihi: 06.04.2018. <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=a1c4c37b55e24765bcb63b4665b44f05&ckck=1>

MEGEP (Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi – Makine teknolojisi-Katrakta plaka kesimi. Erişim Tarihi: 14.10.2017

Mervesan Elektronik, 2018. Erişim Tarihi: 19.07.2018 <http://www.mervesanelektronik.com>

MKS, 2018. Erişim Tarihi: 24.03.2018. <http://www.mks.com.tr>

Mühendislik Bilgileri, 2018. Erişim Tarihi: 02.06.2018 <http://www.muhendislikbilgileri.com/?Bid=1192894>

Özçelik, Y., Ünver, B., Bayram, F., & Yaşıtlı, N.E., 2008. Bazı Doğal Taşların Dairesel Testere Kesim Yöntemiyle Kesilebilirlik Sınıflaması ve Kesme Mekanizmasının Sayısal Modellemesi, TÜBİTAK MAG Proje 104M384, 2008: 1-122, Ankara.

- Özdeveci, M., 2001. Eğitim tipi CNC frezesinin tasarımı ve imalatı. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özyalçın, İ., 2006. Kartezyen robot tasarımı. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s., Antakya.
- Partner Teknik, 2018. Erişim Tarihi: 08.06.2018. <http://www.partnereteknik.com>
- Robosan, 2018. Erişim Tarihi: 08.06.2018 <http://www.robosan.com.tr>
- Sanyo Denki, 2018. Erişim Tarihi: 15.03.2018 <http://www.sanyodenki.eu>
- Schaeffler, 2018. Erişim Tarihi: 08.06.2018. <http://www.medias.schaeffler.com>
- Schneider-Electric, 2018. Erişim Tarihi:19.07.2018 <http://www.schneider-electric.com>
- Şefkatlioğlu E., 2015. CNC Strafor Kesme Makinesi Tasarımı ve İmalatı. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100s, Kayseri.
- Şengün,N., R. Altındağ, R., "Prediction of specific energy of carbonate rock in industrial stones cutting process", Saudi Society for Geosciences, 2011.
- Tex Computer, 2018. Erişim Tarihi: 06.04.2018. <http://www.texcomputer.com>
- Tseng,A, Kolluri S.P. and Radhakrishnan P. (1989). "A CNC machining system for education", Journal of Manufacturing Systems, 8 (3) : 207 214.
- Ucun, İ., Aslantaş, K., & Büyüksağış, İ.S. 2008." Kayaç Kesme İşleminde Kullanılan Elmas Soketli Kesici Diskin Kesme Performansının İncelenmesi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2008 (3) 33-40.
- Ucun, İ., Aslantaş, K., Büyüksağış, İ.S., & Taşgetiren, S., 2010. An investigation on the effect of diamond concentration and matrix material composition in the circular sawing process of granites. Proc. IMechE Vol. 225 Part C: J. Mechanical Engineering Science
- Ucun, İ., Aslantaş, K., Büyüksağış, İ.S., & Taşgetiren, S, 2012. Determination of specific energy in cutting process using diamond saw blade of natural stone. Energy Edu. Sci. and Tech. Part A: Energy Sci. and Res 28 (2), 641-648
- Usel, 2018. Erişim Tarihi: 24.03.2018. <http://www.usel.com.tr>
- Xu, X. P., Li, Y. Malkin, S., 2001, "Forces and Energy in Circular Sawing and Grinding of Granite", Journal of Manufacturing Science and Engineering, Feb., Vol.123, pp.13-22.

Xu, X. P., Li,Y, Zeng, W. Y. and Li, L. B., 2002, "Quantitative Analysis of the Loads Acting on the Abrasive Grits in the Diamond Sawing of Granites", Journal of Materials Processing Technology, Vol.129, pp.50-55, 2002.



EKLER

EK A. Atlanta Redüktör Kataloğu

EK B. Atlanta Kremayer Kataloğu

EK-C. Atlanta Pinyon Kataloğu

EK-D. Ina Araba Kataloğu

EK-E. Ina TSX25-E Kılavuz Ray Kataloğu

EK-F. Neugart PSN 115 Servo Redüktör Kataloğu

EK-G. Neugart WPLE Servo Redüktör Kataloğu

EK-H. R2AA08040F, R2AAB8100H & R2AA08075F Servo Motor Kataloğu

EK-I. R2AA13120D Servo Motor Kataloğu

EK-J. SACCARDO 107LA/4 Testere Elektrik Motoru Kataloğu

EK-K. CKS80 A 120 R VE 160R Kablo Taşıyıcı Kanal Kataloğu

EK-L. Sanyo Denki Motor Seçim Kılavuzu



EK-A. Atlanta Redüktör Kataloğu



ATLANTA

HP High-Performance Gear Units with <2' Adjustable Backlash

Center Distance

$a_o = 63 \text{ mm}$

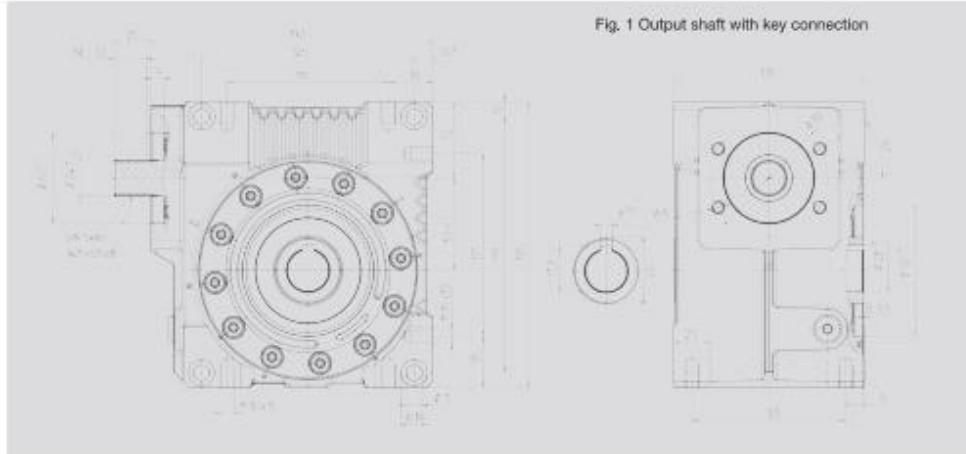


Fig. 1 Output shaft with key connection

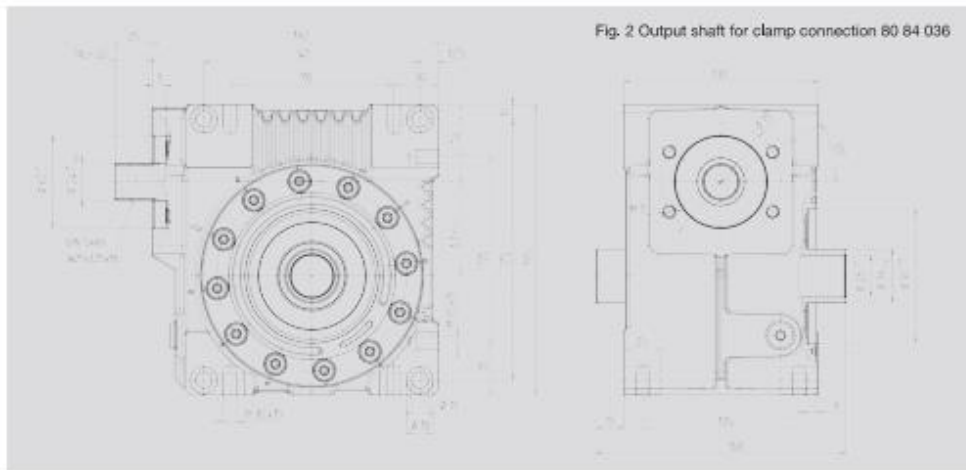


Fig. 2 Output shaft for clamp connection 80 84 036

Order Code Fig. 1	Fig. 2	Ratio i		$J_{red} 10^{-4}$ kg m ²
58 04 005	58 14 005	4,75	11,5	2,5350
58 04 007	58 14 007	6,75	11,5	1,3720
58 04 009	58 14 009	9,25	11,5	0,9825
58 04 015	58 14 015	14,50	11,5	0,9590
58 04 020	58 14 020	19,50	11,5	0,6940
58 04 029	58 14 029	29,00	11,5	0,9966
58 04 039	58 14 039	39,00	11,5	1,0100
58 04 052	58 14 052	52,00	11,5	0,5305

With food grade oil, order code 58 04 1xx / 58 14 1xx

EK-B. Atlanta Kremayer Katalogu



ATLANTA

HPR Racks Module 1.5-12

Quality 6



Order Code	Module	L ₁	L ₂	N° of Teeth	b	h _b	h ₀	f	a	l	N° of Holes	h	d ₁	d ₂	t	a ₁	l ₁	d ₃	kg
29 15 055 ²⁾	1.5	500.00	6.74	100	19	19	17.5	2	62.5	125	4	8	7	11	7	31.7	436.6	5.7	1.30
29 16 055	1.5	500.00	6.74	100	19	19	17.5	2								without Mounting Holes			1.30
29 15 105	1.5	1000.00	6.74	200	19	19	17.5	2	62.5	125	8	8	7	11	7	31.7	936.6	5.7	2.60
29 16 105	1.5	1000.00	6.74	200	19	19	17.5	2								without Mounting Holes			2.60
29 20 105	2	1000.00	8.50	150	24	24	22	2	62.5	125	8	8	7	11	7	31.7	936.6	5.7	4.10
29 21 105	2	1000.00	8.50	150	24	24	22	2								without Mounting Holes			4.10
29 20 155	2	1500.00	8.50	225	24	24	22	2	62.5	125	12	8	7	11	7	31.7	1436.6	5.7	6.15
29 21 155	2	1500.00	8.50	225	24	24	22	2								without Mounting Holes			6.15
29 20 205	2	2000.00	8.50	300	24	24	22	2	62.5	125	16	8	7	11	7	31.7	1936.6	5.7	8.20
29 21 205	2	2000.00	8.50	300	24	24	22	2								without Mounting Holes			8.20
29 30 105	3	1000.00	10.30	100	29	29	26	2	62.5	125	8	9	10	15	9	35.0	930.0	7.7	5.90
29 31 105	3	1000.00	10.30	100	29	29	26	2								without Mounting Holes			5.90
29 30 155	3	1500.00	10.30	150	29	29	26	2	62.5	125	12	9	10	15	9	35.0	1430.0	7.7	8.85
29 31 155	3	1500.00	10.30	150	29	29	26	2								without Mounting Holes			8.85
29 30 205	3	2000.00	10.30	200	29	29	26	2	62.5	125	16	9	10	15	9	35.0	1930.0	7.7	11.80
29 31 205	3	2000.00	10.30	200	29	29	26	2								without Mounting Holes			11.80
29 40 105 ²⁾	4	1000.00	13.80	75	39	39	35	2	62.5	125	8	12	10	15	9	33.3	933.4	7.7	10.70
29 41 105	4	1000.00	13.80	75	39	39	35	2								without Mounting Holes			10.70
29 42 105	4	1000.00	13.80	75	39	39	35	2	62.5	125	8	12	14	20	13	33.3	939.4	11.7	13.00
29 42 155 ¹⁾	4	1506.67	13.80	113	39	39	35	2	62.5	125	12	12	14	20	13	33.3	1433.4	11.7	19.50
29 40 205	4	2000.00	13.80	150	39	39	35	2	62.5	125	16	12	10	15	9	33.3	1933.4	7.7	21.40
29 41 205	4	2000.00	13.80	150	39	39	35	2								without Mounting Holes			21.40
29 42 205	4	2000.00	13.80	150	39	39	35	2	62.5	125	16	12	14	20	13	33.3	1933.4	11.7	21.40
29 50 055 ²⁾	5	500.00	17.40	30	49	49	34	2.5	62.5	125	4	12	14	20	13	37.5	425.0	11.7	6.50
29 51 055	5	500.00	17.40	30	49	49	34	2.5								without Mounting Holes			6.50
29 50 105	5	1000.00	17.40	60	49	49	34	2.5	62.5	125	8	12	14	20	13	37.5	925.0	11.7	13.00
29 51 105	5	1000.00	17.40	60	49	49	34	2.5								without Mounting Holes			13.00
29 50 155	5	1500.00	17.40	90	49	49	34	2.5	62.5	125	12	12	14	20	13	37.5	1425.0	11.7	19.50
29 51 155	5	1500.00	17.40	90	49	49	34	2.5								without Mounting Holes			19.50
29 50 205	5	2000.00	17.40	120	49	49	34	2.5	62.5	125	16	12	14	20	13	37.5	1925.0	11.7	26.00
29 51 205	5	2000.00	17.40	120	49	49	34	2.5								without Mounting Holes			26.00
29 60 055 ²⁾	6	500.00	20.90	25	59	59	43	2.5	62.5	125	4	16	18	26	17	37.5	425.0	15.7	9.90
29 61 055	6	500.00	20.90	25	59	59	43	2.5								without Mounting Holes			9.90
29 60 105	6	1000.00	20.90	50	59	59	43	2.5	62.5	125	8	16	18	26	17	37.5	925.0	15.7	18.10
29 61 105	6	1000.00	20.90	50	59	59	43	2.5								without Mounting Holes			18.10
29 60 155	6	1500.00	20.90	75	59	59	43	2.5	62.5	125	12	16	18	26	17	37.5	1425.0	15.7	27.10
29 61 155	6	1500.00	20.90	75	59	59	43	2.5								without Mounting Holes			27.10
29 60 205	6	2000.00	20.90	100	59	59	43	2.5	62.5	125	16	16	18	26	17	37.5	1925.0	15.7	36.20
29 61 205	6	2000.00	20.90	100	59	59	43	2.5								without Mounting Holes			36.20
29 80 055 ²⁾	8	480.00	28.00	18	79	79	71	2.5	60.0	120	4	25	22	33	21	120.0	240.0	19.7	21.00
29 81 055	8	480.00	28.00	18	79	79	71	2.5								without Mounting Holes			21.00
29 80 105	8	960.00	28.00	36	79	79	71	2.5	60.0	120	8	25	22	33	21	120.0	720.0	19.7	42.50
29 81 105	8	960.00	28.00	36	79	79	71	2.5								without Mounting Holes			42.50
29 80 205	8	1920.00	28.00	72	79	79	71	2.5	60.0	120	16	25	22	33	21	120.0	1680.0	19.7	85.00
29 81 205	8	1920.00	28.00	72	79	79	71	2.5								without Mounting Holes			85.00
29 10 105	10	1000.00	35.11	30	99	99	89	2.5	62.5	125	8	32	33	48	32	125.0	750.0	19.7	68.72
29 11 105	10	1000.00	35.11	30	99	99	89	2.5								without Mounting Holes			68.72
29 10 155	10	1500.00	35.11	45	99	99	89	2.5	62.5	125	12	32	33	48	32	125.0	1250.0	19.7	103.00
29 11 155	10	1500.00	35.11	45	99	99	89	2.5								without Mounting Holes			103.00
29 12 105	12	1000.00	42.56	25	120	120	108	2.5	40.0	125	8	40	39	58	38	125.0	750.0	19.7	111.00
29 13 105	12	1000.00	42.56	25	120	120	108	2.5								without Mounting Holes			111.00

- 1) These racks should be used for continuous linking only with the left side (see sketch).
2) The screw joint limits the feed force.

Total pitch error: $GT_f/1000 \leq 0.036 \text{ mm}$, $GT_f/1500 \leq 0.043 \text{ mm}$ ($\leq 0.029/1000 \text{ mm}$)
 $GT_f/2000 \leq 0.047 \text{ mm}$ ($\leq 0.024/1000 \text{ mm}$)

• Further information see next page.

1/2012

Dimensions in mm

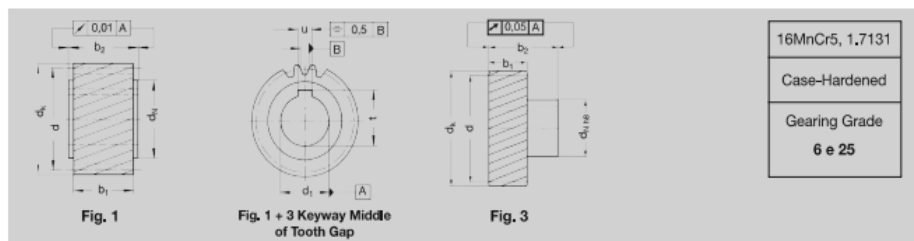
ZA - 7



ATLANTA

Gearwheels with Ground Teeth – Module 3

Helical Tooth System, Ground Teeth, 19° 31' 42" left-hand, with Bore ØH6 and Keyway acc. to DIN 6885



Order Code	Fig.	N° of Teeth z	d	d*Pl	d _k	d _{1H6}	d _N	b ₁	b ₂	u	t	kg	Shrink-Disk on Page GH-1
Module 3													
24 30 320	3	20	63,66	200,00	69,7	22	36	28	56	6	24,8	0,6	80 84 036
24 31 320	3	20	63,66	200,00	69,7	25	44	28	60	8	28,3	0,7	80 80 044
24 34 520	1	20	63,66	200,00	69,7	30	45	28	30	8	33,3	0,8	
24 32 320	3	20	63,66	200,00	69,7	30	50	28	60	8	33,3	0,8	80 85 050
24 33 320	3	20	63,66	200,00	69,7	32	55	28	65	10	35,3	0,8	80 80 055
24 35 520	1	20	63,66	200,00	69,7	35	48	28	30	10	38,3	0,7	
24 33 522	1	22	70,03	220,00	76,0	25	36	28	30	8	28,3	0,8	
24 34 522	1	22	70,03	220,00	76,0	30	45	28	30	8	33,3	0,7	
24 33 322	3	22	70,03	220,00	76,0	32*	55	28	65	10	35,3	1,0	80 80 055
24 35 522	1	22	70,03	220,00	76,0	35	48	28	30	10	38,3	0,7	
24 35 322	3	22	70,03	220,00	76,0	40*	62	28	65	12	43,3	1,0	80 86 062
24 30 325	3	25	79,58	250,00	85,6	22	36	28	56	6	24,8	1,0	80 84 036
24 33 525	1	25	79,58	250,00	85,6	25	36	28	30	8	28,3	1,0	
24 31 325	3	25	79,58	250,00	85,6	25	44	28	60	8	28,3	1,1	80 80 044
24 34 525	1	25	79,58	250,00	85,6	30	45	28	30	8	33,3	1,0	
24 32 325	3	25	79,58	250,00	85,6	30	50	28	60	8	33,3	1,2	80 85 050
24 33 325	3	25	79,58	250,00	85,6	32	55	28	65	10	35,3	1,2	80 80 055
24 35 525	1	25	79,58	250,00	85,6	35	48	28	30	10	38,3	0,9	
24 34 325	3	25	79,58	250,00	85,6	35	55	28	65	10	38,3	1,1	80 80 055
24 36 525	1	25	79,58	250,00	85,6	40	70	28	50	12	43,3	1,1	
24 35 325	3	25	79,58	250,00	85,6	40*	62	28	65	12	43,3	1,1	80 86 062
24 33 328	3	28	89,13	280,00	95,1	32*	55	28	65	10	35,3	1,1	80 80 055
24 35 328	3	28	89,13	280,00	95,1	40*	62	28	65	12	43,3	1,1	80 86 062
24 33 332	3	32	101,86	320,00	107,85	32*	55	28	65	10	35,3	2,1	80 80 055
24 35 332	3	32	101,86	320,00	107,85	40*	62	28	65	12	43,3	2,1	80 86 062

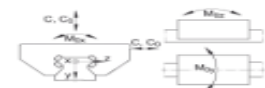
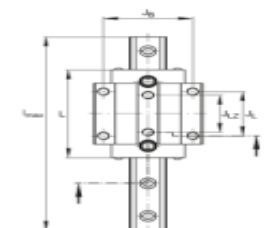
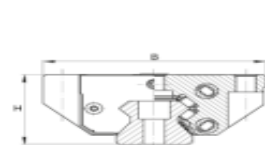
* H7 tolerance



EK-D. Ina Araba Kataloğu

Carriages RWU25-E-L

long carriage with full complement recirculating roller system for linear recirculating roller bearing and guideway assembly, for oil or grease lubrication



Load directions

H	36 mm	
B	70 mm	
L	107 mm	Minimum covered length for sealing the lubrication connections
1)		Locating face
2)		Marking
3)		Fixing screw
A ₁	23,5 mm	
A ₂	7,5 mm	
A _{1, max}	23 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
A _{1, min}	20 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
A _{2, max}	23 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
A _{2, min}	20 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
b	23 mm	Tolerance: -0,005/-0,035
G ₁	M8	
G ₂	M8	For screws to DIN ISO 4762-12.9
		Max. tightening torque [MA] in Nm:
		M8 = 10
		M8 = 24
		M10 = 41
		M12 = 83
		M14 = 140
		M16 = 220
		M20 = 470
H ₁	6,5 mm	
H ₂	17,5 mm	
H ₃	5,25 mm	
h	22,3 mm	
h ₁	11,8 mm	Tolerance: +J0,5
J _a	57 mm	
J _b	45 mm	
J _c	40 mm	
j	30 mm	
K ₁	M8	For screws to DIN ISO 4762-12.9
		Max. tightening torque [MA] in Nm:
		M8 = 17
		M8 = 41
		M12 = 140
		M14 = 220
		M16 = 340
		M24 = 1100
K ₂	M8	For screws to DIN ISO 4762-12.9
		Max. tightening torque [MA] in Nm:
		M8 = 10
		M8 = 17
		M8 = 41

Carriages - RWU25-E-L

		M10 = 83
		M12 = 140
		M14 = 220
		M16 = 340
K ₄	M8	For screws to DIN ISO 7984-8.8
		Max. tightening torque [MA] in Nm:
		M8 = 10
		M8 = 24
		M10 = 48
		M12 = 83
		M14 = 130
		M16 = 220
L ₁	82,2 mm	
L ₂	2,2 mm	
l _{max}	1980 mm	Maximum length of single-piece guideways; longer guideways are supplied in several sections and are marked accordingly. Maximum single-piece guideway length of 6 m by agreement.
N ₂	3 mm	Maximum diameter of lubrication hole in adjacent construction
N ₃	M8	Maximum screw depth 6 mm
O	10x1,5 mm	DIN 3771
T ₆	10 mm	
T ₆	8,5 mm	
t ₇	12,5 mm	
m _v	0,91 kg	Mass of carriage
m _g	3,3 kg/m	Mass of guideway
C	33500 N	Basic dynamic load rating
C ₀	82000 N	Basic static load rating
M _{ax}	440 Nm	Static moment rating about X axis
M _{ay}	1200 Nm	Static moment rating about Y axis
M _{az}	1080 Nm	Static moment rating about Z axis

EK-E. Ina TSX25-E Kılavuz Ray Kataloğu

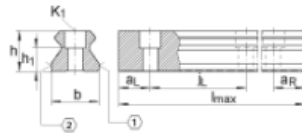
medias Home => Linear guidance systems => TSX...-E => TSX25-E

Series Products Product data Description Calculation CAD Mounting Shopping basket Datasheet

Guideways TSX25-E

for linear recirculating roller bearing and guideway assembly RUE...-E

Accessories



h	22,3 mm	
b	23 mm	Tolerance: -0,005/-0,035
l_{max}	1980 mm	Maximum length of single-piece guideways; longer guideways are supplied in several sections and are marked accordingly. Maximum single-piece guideway length of 6 m by agreement.
1)	Locating face	
2)	Marking	
a_{L max}	23 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
a_{L min}	20 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
a_{R max}	23 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
a_{R min}	20 mm	a L and a R are dependent on the length l max of the guideway
h₁	11,8 mm	Tolerance: +/-0,5
j_L	30 mm	
K₁	M6	For screws to DIN ISO 4762-12.9 Max. tightening torque [MA] in Nm: M6 = 17 M8 = 41 M12 = 140 M14 = 220 M16 = 340 M24 = 1100
m_S	3,3 kg/m	Mass of guideway

EK-F. Neugart PSN 115 Servo Redüktör Kataloğu

PSN Technical data

Code	Gearbox characteristics			PSN070	PSN090	PSN115	PSN142	PSN190	z ⁽¹⁾	
	Service life	t _L	h	20,000						
	Service life at T ₂₀ x 0,88			30,000						
	Efficiency at full load ⁽²⁾	η	%	98					1	
				97					2	
	Min. operating temperature	T _{min}	°C (°F)	-25 (-13)						
	Max. operating temperature	T _{max}		90 (194)						
	Protection class				IP 65					
S	Standard lubrication				Oil					
F	Food grade lubrication				Oil					
L	Low temperature lubrication ⁽³⁾				Oil					
	Installation position				Any					
S	Standard backlash	j _k	arcmin	< 3					1	
				< 5					2	
R	Reduced backlash				< 2	< 1	< 1	< 1	< 1	
	Torsional stiffness ⁽²⁾	c _g	Nm/arcmin (lb _{in} /arcmin)	3,5 - 5,0 (31 - 44)	7,3 - 10,5 (65 - 93)	20,0 - 29,0 (177 - 257)	35,0 - 51,0 (310 - 451)	122,0 - 175,0 (1080 - 1549)	1	
				3,6 - 5,0 (32 - 44)	7,2 - 10,1 (64 - 89)	19,5 - 28,0 (173 - 248)	34,0 - 49,0 (301 - 434)	120,0 - 168,0 (1062 - 1487)	2	
	Gearbox weight	m _G	kg (lb _{in})	1,9 (4,2)	3,3 (7,3)	6,9 (15,2)	15,7 (34,6)	36 (79,4)	1	
				2,7 (6,0)	4,3 (9,5)	8,4 (18,5)	17 (37,5)	39,7 (87,5)	2	
S	Standard surface				Housing: Steel – nitrocarburized and post-oxidized (black)					
	Running noise ⁽⁴⁾	Q _g	dB(A)	57	58	63	66	68		
	Max. bending moment based on the gearbox input flange ⁽⁵⁾	M _b	Nm (lb.in)	18 (159)	38 (336)	80 (708)	180 (1593)	300 (2655)	1	
				18 (159)	18 (159)	38 (336)	80 (708)	180 (1593)	2	
		Motor flange precision				DIN 42955-R				

Output shaft loads			PSN070	PSN090	PSN115	PSN142	PSN190	z ⁽¹⁾
Radial force for 20,000 h ^(6/7)	F _{r,20,000 h}	N (lb _{in})	3200 (720)	5500 (1238)	6000 (1350)	13000 (2925)	20000 (4500)	
Axial force for 20,000 h ^(6/7)	F _{a,20,000 h}		4400 (990)	6400 (1440)	8000 (1800)	15000 (3375)	19000 (4275)	
Radial force for 30,000 h ^(6/7)	F _{r,30,000 h}		3200 (720)	4800 (1080)	5400 (1215)	11500 (2588)	17500 (3938)	
Axial force for 30,000 h ^(6/7)	F _{a,30,000 h}		3900 (878)	5700 (1283)	7000 (1575)	13500 (3038)	18500 (4163)	
Static radial force ^(7/8)	F _{r,stat}	Nm (lb _{in})	3200 (720)	5500 (1238)	6000 (1350)	13000 (2925)	20000 (4500)	
Static axial force ^(7/8)	F _{a,stat}		4400 (990)	6400 (1440)	8000 (1800)	15000 (3375)	19000 (4275)	
Tilting moment for 20,000 h ^(6/8)	M _{K,20,000 h}		203 (1797)	419 (3708)	562 (4974)	1566 (13859)	2887 (25550)	
Tilting moment for 30,000 h ^(6/8)	M _{K,30,000 h}		203 (1797)	366 (3239)	506 (4478)	1385 (12257)	2526 (22355)	

Moment of inertia			PSN070	PSN090	PSN115	PSN142	PSN190	z ⁽¹⁾
Mass moment of inertia ⁽²⁾	J	kgcm ² (lb _{in} ·s ² ·10 ⁻⁴)	0,128 - 0,272 (1,133 - 2,407)	0,330 - 0,811 (2,921 - 7,177)	0,857 - 2,484 (7,584 - 21,983)	6,475 - 13,112 (57,304 - 116,041)	21,695 - 53,182 (192,001 - 470,661)	1
			0,123 - 0,177 (1,089 - 1,566)	0,124 - 0,227 (1,097 - 2,009)	0,321 - 0,600 (2,841 - 5,310)	0,840 - 1,962 (7,434 - 17,364)	6,360 - 10,654 (56,286 - 94,288)	2

PSN

EK-G. Neugart WPLE Servo Redüktör Kataloğu

WPLE Technical data

WPLE

Code	Gearbox characteristics			WPLE040	WPLE060	WPLE080	WPLE120	z ⁽¹⁾
	Service life	t _L	h	20,000				
	Service life at T _{2N} x 0.88			30,000				
	Efficiency at full load ⁽²⁾	η	%	95				1
				94				2
				88				3
	Min. operating temperature	T _{min}	°C (°F)	-25 (-13)				
	Max. operating temperature	T _{max}		90 (194)				
	Protection class		IP 54					
S	Standard lubrication		Grease					
F	Food grade lubrication		Grease					
L	Low temperature lubrication ⁽³⁾		Grease					
	Installation position		Any					
S	Standard backlash	j _k	arcmin	< 21	< 16	< 13	< 11	1
				< 25	< 18	< 15	< 13	2
				< 28	< 21	< 17	< 15	3
	Torsional stiffness ⁽²⁾	C _q	Nm/arcmin (lb _{in} /arcmin)	0.6 - 0.8 (5 - 7)	1.5 - 2.0 (13 - 18)	3.8 - 5.1 (34 - 45)	9.6 - 12.9 (85 - 114)	1
				0.6 - 0.8 (5 - 7)	1.6 - 2.0 (14 - 18)	4.1 - 5.1 (36 - 45)	10.4 - 12.9 (92 - 114)	2
				0.6 - 0.8 (5 - 7)	1.5 - 2.0 (13 - 18)	3.9 - 5.1 (35 - 45)	9.9 - 12.9 (88 - 114)	3
	Gearbox weight	m _G	kg (lb _{av})	0.5 (1.1)	1.7 (3.7)	4.4 (9.7)	12 (26.5)	1
				0.6 (1.3)	1.9 (4.2)	5 (11.0)	14 (30.9)	2
				0.7 (1.5)	2.1 (4.6)	5.5 (12.1)	16 (35.3)	3
S	Standard surface			Housing: Steel – nitrocarburized and post-oxidized (black)				
	Running noise ⁽⁴⁾	Q _g	dB(A)	68	70	73	75	
	Max. bending moment based on the gearbox input flange ⁽⁵⁾	M _b	Nm (lb _{in})	2 (18)	5 (44)	10.5 (93)	26 (230)	
	Motor flange precision			DIN 42955-N				

Output shaft loads				WPLE040	WPLE060	WPLE080	WPLE120	z ⁽¹⁾
Radial force for 20,000 h ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	F _{r 20,000 h}	N (lb _z)		200 (45)	400 (90)	750 (169)	1750 (394)	
Axial force for 20,000 h ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	F _{a 20,000 h}			200 (45)	500 (113)	1000 (225)	2500 (563)	
Radial force for 30,000 h ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	F _{r 30,000 h}			160 (36)	340 (77)	650 (146)	1500 (338)	
Axial force for 30,000 h ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	F _{a 30,000 h}			160 (36)	450 (101)	900 (203)	2100 (473)	
Static radial force ⁽⁷⁾⁽⁸⁾	F _{r Stat}			200 (45)	700 (158)	1250 (281)	2000 (450)	
Static axial force ⁽⁷⁾⁽⁸⁾	F _{a Stat}			240 (54)	800 (180)	1600 (360)	3800 (855)	
Tilting moment for 20,000 h ⁽⁹⁾⁽⁸⁾	M _{K 20,000 h}	Nm (lb _{in})		5 (44)	14 (124)	31 (274)	101 (894)	
Tilting moment for 30,000 h ⁽⁹⁾⁽⁸⁾	M _{K 30,000 h}			4 (35)	12 (106)	27 (239)	86 (761)	

Moment of inertia				WPLE040	WPLE060	WPLE080	WPLE120	z ⁽¹⁾
Mass moment of inertia ⁽²⁾	J	kgcm ² (lb _{in} ·in ² ·10 ⁻⁴)		0.032 - 0.049 (0.283 - 0.434)	0.221 - 0.376 (1.956 - 3.328)	0.917 - 1.409 (8.115 - 12.470)	1.849 - 3.204 (16.364 - 28.355)	1
				0.032 - 0.049 (0.283 - 0.434)	0.223 - 0.378 (1.974 - 3.345)	0.931 - 1.424 (8.239 - 12.602)	1.919 - 3.397 (16.983 - 30.063)	2
				0.032 - 0.048 (0.283 - 0.425)	0.223 - 0.240 (1.974 - 2.124)	0.931 - 1.368 (8.239 - 12.107)	1.919 - 3.175 (16.983 - 28.099)	3

EK-H. R2AA08040F, R2AAB8100H & R2AA08075F Servo Motor Katalogu

Specification



Servo Amplifier +



R2 Servo Motor High Efficiency and Low Ripple (Medium Inertia)

input voltage **AC200V**

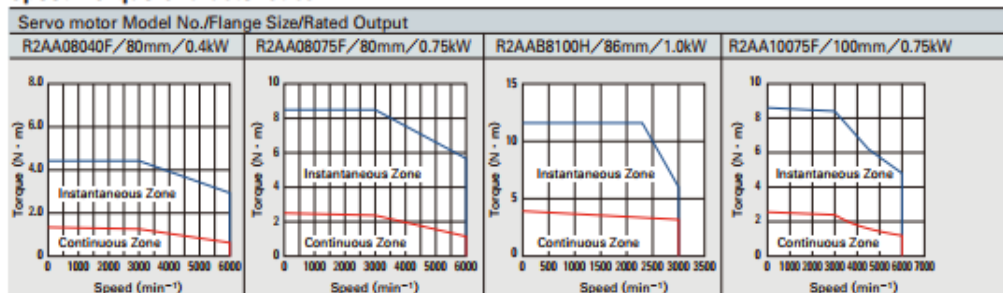
Power supply range AC170V to AC253V

Servo Amplifier Model No.				RS2A03□□			
Servo Motor Model No. and Flange Size				R2AA08040F (80mm sq.)	R2AA08075F (80mm sq.)	R2AAB8100H (86mm sq.)	R2AA10075F (100mm sq.)
	Status	Symbol	Unit				
Rated Output	★	Pr	kW	0.4	0.75	1.0	0.75
Rated Speed	★	Nr	min ⁻¹	3000	3000	3000	3000
Maximum Speed	★	N _{max}	min ⁻¹	6000	6000	3000	6000
Rated Torque	★	Tr	N·m	1.27	2.39	3.18	2.39
Continuous Stall Torque	★	Ts	N·m	1.37	2.55	3.92	2.55
Peak Stall Torque	★	Tp	N·m	4.4	8.5	11.6	8.6
Rated Armature Current	★	Ir	Arms	2.6	4.6	4.6	4.4
Armature Stall Current	★	Is	Arms	2.6	4.6	4.7	4.6
Peak Armature Stall Current	★	Ip	Arms	8.9	15.5	15.5	15.5
Torque Constant	☆	Kt	N·m/Arms	0.559	0.559	0.825	0.582
Voltage Constant for each Phase	☆	Keφ	mV/min ⁻¹	19.5	19.5	28.8	20.3
Phase Resistance	☆	Rφ	Ω	0.93	0.4	0.85	0.69
Rated Power Rate	★	Qr	kW/s	16	31	42	29
Electrical Time Constant	☆	te	ms	2.5	3	4.6	7.0
Mechanical Time Constant (Not including Encoder)	☆	tm	ms	0.93	0.7	0.89	1.2
Rotor Moment of Inertia *1		Jm	×10 ⁻⁴ g·m ² (GD ² /4)	1.04	1.82	2.38	2.00
Rotor Moment of Inertia (Encoder)		Js	×10 ⁻⁴ g·m ² (GD ² /4)	0.0033 *1			
Servo Motor Mass *1		WE	kg	1.7	2.7	3.6	3.3
Brake Static Friction Torque		TB	N·m	2.55 MIN.			
Brake Rated Voltage		VB	V	DC90V / DC24V ± 10%			
Brake Rated Current		IB	A	0.12 / 0.37			
Rotor Moment of Inertia (Brake)		JB	×10 ⁻⁴ g·m ² (GD ² /4)	0.25			
Brake Mass		W	kg	0.89	0.89	0.84	0.9
Servo Motor Operating Temp, Rel.Humidity				Operating Temperature: 0 to 40°C, Relative Humidity: 90% maximum, no condensation			
Servo amplifier power supply capacity (rating)			kVA	1.0	1.7	2.0	1.7
CE and UL approved servo motors *5				Yes			
Servo motor protection code				IP67, IP65			
Size of aluminum plates for heat radiation during measurement				t6 × 250mm sq.		t12 × 305mm sq.	

*1 This is a instance with the battery-backup method absolute encoder [PA035C].
For the following encoders, please make inquiries:
· Batteryless absolute encoder
· Wire-saving Incremental encoder [FP031T]
For the servo amplifier weight, see page 51 and 52.

*2 Items with ★ and speed - torque characteristics indicate values after temperature rise saturation when used with a standard servo amplifier. The values are the typical values.
*3 ☆ Indicates a typical value when the winding temperature is 20°C.
*4 A reduction rating might be needed if an oil seal and brake is attached. Please consult with us about the details.
*5 Our standard servo amplifiers are CE and UL approved.

Speed-Torque Characteristics



It is value when the input power supply is AC200V 3-phase circuit. The area decreases momentarily when the power supply voltage is less than 200V. Please contact us when the servo amplifier power supply is less than AC200V.

EK-I. R2AA13120D Servo Motor Katalogu

Specification



Servo Amplifier +



R2 Servo Motor High Efficiency and Low Ripple (Medium Inertia)

input voltage **AC200V**

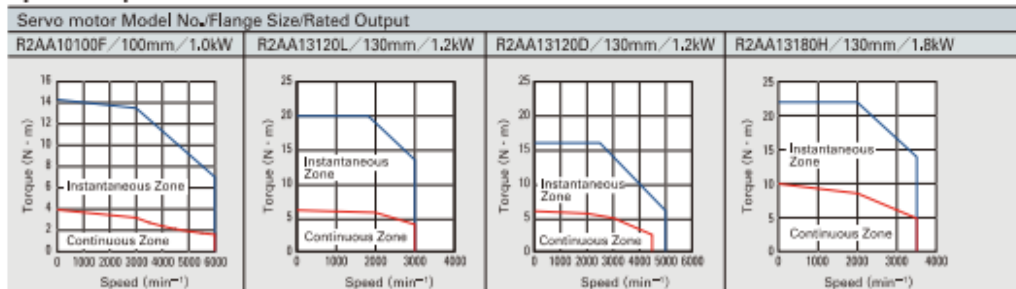
Power supply range AC170V to AC253V

Servo Amplifier Model No.				RS2A05□□			
Servo Motor Model No. and Flange Size				R2AA10100F (100mm sq.)	R2AA13120L (130mm sq.)	R2AA13120D (130mm sq.)	R2AA13180H (130mm sq.)
	Status	Symbol	Unit				
Rated Output	★	P _R	kW	1.0	1.2	1.2	1.8
Rated Speed	★	N _R	min ⁻¹	3000	2000	2000	2000
Maximum Speed	★	N _{max}	min ⁻¹	6000	3000	5000	3500
Rated Torque	★	T _R	N·m	3.18	5.7	5.7	8.6
Continuous Stall Torque	★	T _S	N·m	3.92	6.0	6.0	10.0
Peak Stall Torque	★	T _P	N·m	14.3	20	16	22
Rated Armature Current	★	I _R	Arms	5.7	7.6	9.1	11.0
Armature Stall Current	★	I _S	Arms	6.8	8.4	9.3	11.8
Peak Armature Stall Current	★	I _P	Arms	25.7	26.5	25.4	26.5
Torque Constant	☆	K _T	N·m/Arms	0.584	0.77	0.65	0.89
Voltage Constant for each Phase	☆	K _E	mV/min ⁻¹	20.4	27.0	22.7	31.1
Phase Resistance	☆	R _φ	Ω	0.35	0.35	0.23	0.23
Rated Power Rate	★	Q _R	kW/s	29	54	54	82
Electrical Time Constant	☆	t _e	ms	8.3	15	16	18
Mechanical Time Constant (Not including Encoder)	☆	t _m	ms	1.1	1.1	0.98	0.78
Rotor Moment of Inertia ^①		J _m	×10 ⁻⁴ kg·m ² (GD ² /4)	3.50	6.0	6.0	9.0
Rotor Moment of Inertia (Encoder)		J _s	×10 ⁻⁴ kg·m ² (GD ² /4)	0.0033 ^②			
Servo Motor Mass ^①		W _E	kg	4.1	6.1	6.1	7.7
Brake Static Friction Torque		T _B	N·m	3.92 MIN.	9.0 MIN.	9.0 MIN.	9.0 MIN.
Brake Rated Voltage		V _B	V	DC90V / DC24V ± 10%			
Brake Rated Current		I _B	A	0.09 / 0.30	0.17 / 0.51	0.17 / 0.51	0.17 / 0.51
Rotor Moment of Inertia (Brake)		J _B	×10 ⁻⁴ kg·m ² (GD ² /4)	0.343	0.5	0.5	0.5
Brake Mass		W	kg	0.9	1.5	1.5	1.5
Servo Motor Operating Temp./Rel.Humidity				Operating Temperature: 0 to 40°C, Relative Humidity: 30% maximum, no condensation			
Servo amplifier power supply capacity (rating)			kVA	2.3	2.7	2.7	3.6
CE and UL approved servo motors ^④				Yes			
Servo motor protection code				IP67, IP65		IP65	
Size of aluminum plates for heat radiation during measurement				t12×305mm sq.		t20×400mm sq.	t20×470mm sq.

① This is a instance with the battery-backup method absolute encoder [PA035C].
For the following encoders, please make inquiries:
- Batteryless absolute encoder
- Wire-saving Incremental encoder [PP031T]
For the servo amplifier weight, see page 51 and 52.

② Items with ★ and speed - torque characteristics indicate values after temperature rise saturation when used with a standard servo amplifier. The values are the typical values.
③ ☆: Indicates a typical value when the winding temperature is 20°C.
④ Our standard servo amplifiers are CE and UL approved.

Speed-Torque Characteristics



It is value when the input power supply is AC200V 3-phase circuit. The area decreases momentarily when the power supply voltage is less than 200V.
Please contact us when the servo amplifier power supply is less than AC200V.

EK-J. SACCARDO 107LA/4 Testere Elektrik Motoru Katalogu

Dimensioni raccomandate degli utensili

Recommended dimensions for tools
Empfohlene werkzeugmaße
Dimensiones recomendadas herramientas

Numero di giri consigliato

Advised rpm
Geratene upm
Rotación aconsejada por minuto



[Ø mm]



[Ø mm]

Marmi
Marbles
Marmore
Mármoles

[40/50 m/s]

Arenarie
Sandstones
Sandsteine
Areniscas

[55/65 m/s]

Graniti duri
hard granite
Harter granit
granito duro

[25/30 m/s]

Graniti Teneri
Soft Granite
Weicher granit
Granito suave

[32/40 m/s]

[SBC 76 A] 150	450	1700/2100	2300/2800	1000/1300	1300/1700
[SBC 93] 185	600	1300/1600	1750/2050	800/950	1000/1300
[SBC 107] 215	750	1000/1300	1400/1650	640/750	815/1000
[SBC 127] 250	900	850/1050	1150/1400	530/640	680/850
[SBC 142] 280	1100	700/870	950/1150	440/520	550/700
[SBC 160] 320	1400	550/680	750/900	340/410	440/550

Motori a 4 poli/Motors at 4 poles/4-poliger motoren/Motores a 4 polos

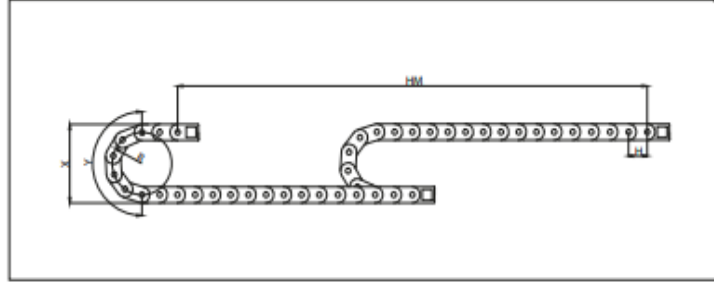
SBC 76 A/4	2,2	3	5,6	1390	2,6	3,5	6,7	1370	2,8	3,8	7,2	1350	33
SBC 76 B/4	3,1	4,3	8	1405	3,7	5	9,5	1385	4	5,5	10,5	1365	37
SBC 76 D/4	4	5,5	10	1415	4,9	6,6	12	1395	5,2	7	13	1375	40
SBC 76 E/4	4,7	6,5	10,6	1405	5,5	7,5	12,4	1390	6	8,2	13,5	1370	43
SBC 93 A/4	4,7	6,5	10,6	1420	5,5	7,5	12,4	1400	6	8,2	13,5	1380	52
SBC 93 B/4	5,3	7,2	11,7	1430	6,3	8,5	14	1400	6,7	9,1	15	1380	59
SBC 93 BB/4	6,3	8,6	13,7	1425	7,5	10	16,5	1405	8,2	11	18,2	1385	65
SBC 93 C/4	9	12,2	19	1425	11	15	23,5	1405	12	16,5	26	1385	72
SBC 93 D/4	10	13,6	21,2	1425	11,8	16	25	1405	13	17,5	27,5	1385	80
SBC 107 B/4	9,5	12,9	20,3	1425	11	15	24	1405	12	16	26	1385	98
SBC 107 C/4	11	15,2	24,2	1430	13	17,5	28,5	1410	14,3	19,5	31,5	1390	102
SBC 107 D/4	13	17,5	28,4	1430	15,5	21	34,5	1410	17	23	37	1390	107
SBC 107 E/4	14,6	20	30	1430	16,5	22,5	36,8	1420	18,5	25	40	1400	112
SBC 107 LA/4	17	23,3	36,3	1435	20	27	43,5	1420	22	30	48,5	1420	120
SBC 107 LB/4	20	27,5	43	1435	23,5	32	48,5	1420	25,5	35	55	1400	138
SBC 127 A/4	16	22	34,3	1445	19	26	40,6	1420	20,5	28	44,5	1400	146
SBC 127 B/4	20	27,5	42,1	1445	23	31	49,5	1430	26	35	56	1400	151
SBC 127 C/4	22	30,5	47,5	1445	26,5	36	55,6	1420	28,5	38,5	61,5	1400	158
SBC 127 D/4	24	33	53	1455	29,5	40	61,5	1430	31,5	43	68	1410	165
SBC 127 LA/4	30	40	67	1455	37,5	51	78	1430	39	53	85	1410	185
SBC 142 A/4	36,7	50	72	1460	44	60	86	1440	46	64	100	1420	229
SBC 160 A/4	47,5	65	93	1470	57	77,5	110	1450	61,5	83	125	1420	350

EK-K. CKS80 A 120 R VE 160R Kablo Taşıyıcı Kanal Kataloğu

CK80 SERİSİ / CK80 SERIE

PLASTİK AĞIR SERİ
PLASTIC HEAVY SERIE

- L** Kullanılacak Miktar
Calculation of the chain length
- HM** Hareket Mesafesi
Movement Distance
- Y** Radyüs Mesafesi
Radius Distance
- X** Montaj Yüksekliği
Mounting Height
- H** Hatve
Pitch



$$L = HM/2 + Y$$

$$X = R \times 2 + C$$

$$Y = R \times \pi$$

CK 80 A	ACIK SERİ OPEN DESIGN	A	B	C	D	W
MODEL		İç Yükseklik (mm) Inner Height (mm)	İç Genişlik (mm) Inner Width (mm)	Dış Yükseklik (mm) Outer Height (mm)	Dış Genişlik (mm) Outer Width (mm)	Ağırlık Kg/Mt Weight Kg/Mt
CK80 A 080 R		80	80	102	112	3.10
CK80 A 100 R			100		132	3.23
CK80 A 120 R			120		152	3.36
CK80 A 140 R			140		172	3.49
CK80 A 160 R			160		192	3.62
CK80 A 180 R			180		212	3.75
CK80 A 200 R			200		232	3.88

R	Kıvrılma Yarıçapı / Bending Radius	150	200	250	300
H (mm)		110	110	110	110
X (mm)		402	502	602	702
Y (mm)		471	628	785	942

EK-L. Sanyo Denki Motor Seçim Kılavuzu

Selection Guide

■ Servo motor capacity selection

This is a method of calculating the required capacity of servo motors from the mechanical specifications. Here we have introduced the basic selection procedure focusing on a ball screw (flat) mechanism.

Selection procedure

1. Creation of operation patterns

Create the operation patterns.

2. Calculation of conversion of motor shaft moment of load inertia J_L

Calculate the moment of load inertia from the machine configuration.

3. Calculation of load torque T_L for motor shaft conversion

Calculate the load torque from the machine configuration.

4. Provisional selection of servo motor capacity

Provisionally select a motor in which the load moment of inertia (J_L) is 10 times or less than the rotor moment of inertia (J_M) of servo motor, while the load torque (T_L) is 80% or less ($T_R \times 0.8$) of rated torque of motor (T_R).

$$J_L \leq J_M \times 10$$

$$T_L \leq T_R \times 0.8$$

5. Calculation of acceleration/deceleration torque

Calculate the required acceleration/deceleration torque from the operation patterns.

6. Calculation of effective torque

Calculate the effective torque from the torque patterns.

7. Judgment

Determine whether the acceleration/deceleration torque (T_a , T_b) is 80% or less ($T_R \times 0.8$) of peak stall torque (T_p) of servo motor, and the effective torque (T_{rms}) is 80% or less ($T_R \times 0.8$) of rating torque (T_R) of servo motor.

$$T_a \leq T_R \times 0.8$$

$$T_b \leq T_R \times 0.8$$

$$T_{rms} \leq T_R \times 0.8$$

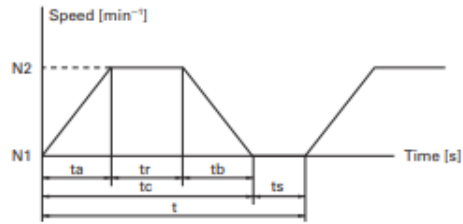
If the judgment results cannot be applied in the aforementioned equation, reconsider the servo motor capacity, for example increasing the capacity.

8. Calculation of regenerative power

Calculate the regenerative power and select an external regenerative resistor if necessary.

1. Creation of operation patterns

First, determine the equipment mechanism, dimensions of all parts, positioning amount, positioning time, gear ratio, etc. An operation pattern is the determined driving force plotted on the speed/time axis.



t_a = Acceleration time [s]

t_b = Deceleration time [s]

t_r = Constant speed-time [s]

t_s = Downtime [s]

t = 1 cycle [s]

2. Calculation of conversion of motor shaft moment of load inertia J_L

Load moment of inertia is the quantity showing inertia of a rotating object.

Given below is the calculation method used in case of ball screw (flat) mechanism.

■ Ball screw moment of inertia

$$J_{L1} = \left(\frac{1}{G} \right)^2 \times \frac{\pi \times \rho \times D^4 \times L}{32} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

G: Gear ratio

ρ : Ball screw specific gravity [kg/m^3] [Iron: 7.8×10^3]

D: Ball screw diameter [m]

L: Ball screw length [m]

■ Work + table moment of inertia

$$J_{L2} = \left(\frac{1}{G} \right)^2 \times W \times \left(\frac{P}{2\pi} \right)^2 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

G: Gear ratio

W: Work + table mass [kg]

P: Ball screw pitch [m]

■ Conversion of motor shaft moment of load inertia.

$$J_L = J_{L1} + J_{L2}$$

* Moments of inertia of reducer and coupling are assumed to be negligible and have therefore been omitted.

Features

How to Read Further
Sizing/Selection List

System
Configuration

Servo Amplifier
Specifications

Sizing/Selection
Scales

Sizing/Selection
Scales

Encoder Wiring
Diagram

External Wiring
Diagram

External Wiring
Diagram

Servo Motor
Dimensions

Options

Selection Guide

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Semih GÜLAÇTI
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : semih.gulacti@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Antalya Aldemir Atilla Konuk Anadolu Lisesi, 2007
Lisans : Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği, 2012

Mesleki Deneyim

Özteknik Makine 2012-Halen