KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PİSTON SEGMANI KESME PROSESİNDE KULLANILAN CBN KAPLI KESİCİ GÖVDE İÇİN TASARIM İYİLEŞTİRME ÇALIŞMASI

VARAN GÜNEŞ

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PİSTON SEGMANI KESME PROSESİNDE KULLANILAN CBN KAPLI KESİCİ GÖVDE İÇİN TASARIM İYİLEŞTİRME ÇALIŞMASI

VARAN GÜNEŞ

Doç.Dr. Nejat Yıldırım SARI
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Şenol ŞAHİN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Dr.Öğretim Üyesi Erdal KARADENİZ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 05.07.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Piston Segmanı kesme proseslerinde kullanılan kesici gövdelerin tasarım olarak iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen danışmanım Doç.Dr. Nejat Yıldırım SARI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tüm aşamalarında bilgi ve destekleriyle katkıda bulunan sevgili dayım Yrd.Doç.Dr. Metin BAYRAK ve yengem Yrd.DoçDr. Aylin BAYRAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde dolaylı ve dolaysız katkıda bulunan Federal Mogul'da çalışan tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen ve her koşulda arkamda duran annem Perihan BAYRAK GÜNEŞ ve ağabeyim Murat GÜNEŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran - 2018 Varan GÜNEŞ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
GİRİŞ 1
1. PİSTON SEGMANLARI HAKKINDA TEMEL BİLGİLER 7
1.1. Piston Segmanı Fonksiyonları 8
1.1.1. Sızdırmazlık 8
1.1.2. Isı transferi 8
1.1.3. Yağ sarfiyatı kontrolü 9
1.2. Piston Segmanı Tipleri 9
1.2.1. Kompresyon segmanları 9
1.2.2. Sıyırıcı segmanlar 9
1.2.3. Yağ segmanları 9
1.3. Piston Segmanı Malzemeleri 10
1.4. Piston Segmanı İmalat Yöntemleri 11
2. MODÜLER TASARIM ESASLARI 14
2.1. Modüleritenin Proses Üzerindeki Etkileri 16
2.2. Modüleritenin Yönetsel Etkileri 17
2.3. Modüler Takım Tasarımı 18
3. MALZEME VE YÖNTEM 23
3.1. İş Parçası ve Kesici Takım Malzemeleri 23
3.2. Segman (İş Parçası) Geometrisi 24
3.3. Kesici Gövde Geometrisi 26
3.4. Çok Parçalı Kesici Gövde Montajı 28
3.5. Çok Parçalı Kesici Gövde Balans Alma İşlemi 31
3.6. Segman Kesme Makinesi 34
3.7. Ölçüm Ekipmanları 35
3.8. Proses Parametreleri 37
3.9. Uygulama Yöntemi 37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 39
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 58
KAYNAKLAR 61
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 65
ÖZGEÇMİŞ 66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Piston - segman seti - silindir gömleği 7
Şekil 1.2. Segman malzemeleri 10
Şekil 1.3. Piston segmanı döküm ve ön işleme proses akışı 12
Şekil 1.4. Piston segmanı mekanik imalat proses akışı 13
Şekil 2.1. Modülarite çeşitleri 18
Şekil 2.2. Ürün mimarisi 19
Şekil 2.3. Ürün mimarisinin tanımı 21
Şekil 2.4. Farklı ürün mimarileri 22
Şekil 3.1. Segman çoklu kesme geometrisi 25
Şekil 3.2. Segman kesme paketi 26
Şekil 3.3. Segman kesme prosesi girdi ve çıktısı a) Kesme öncesi, b) Kesme sonrası 26
Şekil 3.4. Tek parça cBN kaplı kesici gövde 27
Şekil 3.5. Çok parçalı cBN kaplı kesici gövde (modüler tasarım) a) Perspektif görünüş, b) Ön görünüş 27
Şekil 3.6. cBN kaplı ithal kesici disk a) Üst görünüş, b) cBN kaplı bölge, c) Ön görünüş 28
Şekil 3.7. Bağlantı flanşı 29
Şekil 3.8. Kesici gövde ısıtıcısı 29
Şekil 3.9. Çok parçalı kesici gövde montaj aşamaları a) İlk kesici disk montajı, b) İlk ara lamel montajı, c) Son kesici disk montajı, d) Üst kapak montajı 30
Şekil 3.10. Flanşlı kesici gövde (montaj tamamlanmış) 31
Şekil 3.11. Tek parçalı ve çok parçalı kesici gövdeler 31
Şekil 3.12. Balans alma cihazı 32
Şekil 3.13. Balans alma cihazına yerleştirilmiş çok parçalı kesici gövde 32
Şekil 3.14. Balans alma cihazı lazer işaretleyici 33
Şekil 3.15. Balans alma cihazı yazılımı 33
Şekil 3.16. Balans alma halkası konum ayarlaması 34
Şekil 3.17. Segman kesme makinesi a) Yükleme bölümü, b) Boşaltma bölümü 35
Şekil 3.18. Segman yükseklik ölçüm cihazı 36
Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı 36
Şekil 4.1. Grup 1 segmanların segman yüksekliği mukayese grafiği 43
Şekil 4.2. Grup 1 segmanların paralellik ölçüsü mukayese grafiği 43
Şekil 4.3. Grup 1 segmanların üst kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği 44
Şekil 4.4. Grup 1 segmanların alt kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği 44
Şekil 4.5. Grup 2 segmanların segman yüksekliği mukayese grafiği 49
Şekil 4.6. Grup 2 segmanların paralellik ölçüsü mukayese grafiği 49
Şekil 4.7. Grup 2 segmanların üst kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği 50

Şekil 4.8. Grup 2 segmanların alt kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği 50
Şekil 4.9. Grup 3 segmanların segman yüksekliği mukayese grafiği 55
Şekil 4.10. Grup 3 segmanların paralellik ölçüsü mukayese grafiği 55
Şekil 4.11. Grup 3 segmanların üst kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği 56
Şekil 4.12. Grup 3 segmanların alt kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği 56

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. İş parçası kimyasal bileşimi 23
Tablo 3.2. Sıcak iş çeliği 1,2714 24
Tablo 3.3. Kesme prosesi parametreleri 37
Tablo 3.4. Deneme segman ölçüleri 38
Tablo 4.1. Grup 1 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği 39
Tablo 4.2. Grup 1 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri 40
Tablo 4.3. Grup 1 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği 41
Tablo 4.4. Grup 1 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri 42
Tablo 4.5. Grup 2 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği 45
Tablo 4.6. Grup 2 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri 46
Tablo 4.7. Grup 2 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği 47
Tablo 4.8. Grup 2 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri 48
Tablo 4.9. Grup 3 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği 51
Tablo 4.10. Grup 3 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri 52
Tablo 4.11. Grup 3 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği 53
Tablo 4.12. Grup 3 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri 54
Tablo 5.1. Mukayesesi tablosu 59

PİSTON SEGMANI KESME PROSESİNDE KULLANILAN cBN KAPLI KESİCİ GÖVDE İÇİN TASARIM İYİLEŞTİRME ÇALIŞMASI

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, piston segmanı kesme prosesinde kullanılan cBN kaplı kesici gövdeler için modüler tasarım gerçekleştirerek bu kesici gövdelerin ıskarta oranlarını azaltmak ve stok seviyelerini en düşük seviyede tutmaya çalışmaktır.

Bu çalışmada, alaşımsız, ısıl işlemsiz lamel grafitli gri dökme demir iş parçasının, farklı tasarımlara sahip 1,2714 (55NiCrMoV7) sıcak iş takım çeliği üzerine cBN (cubic boron nitride) kaplı kesici gövdeler ile kesilmesi sonucu çıkan ürünlerin kalite mukayesesi yapılmıştır. Denemelerde mevcut tek parça kesici gövde tasarımına alternatif olarak çok parçalı modüler bir kesici gövde tasarımı geliştirilmiş ve kullanılmıştır.

Kesme işlemi INDEX marka otomatik CNC kesme tezgâhı ile yapılmıştır. Üretilen numunelerin yükseklikleri ve paralellikleri GOETZE marka özel tasarım segman yükseklik ölçme cihazı ile yüzey pürüzlülükleri de MAHR marka MARSURF XR1 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

İki farklı gövde tasarımının da ürün kalitesi üzerinde benzer sonuçlar ortaya çıkardığı tespit edilmiştir. Gerek yüzey pürüzlülük değerleri gerekse segman yükseklik ve paralellik değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Bu sonuç yeni tasarlanan çok parçalı modüler kesici gövdenin mevcut ürün kalitesi korunarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu sayede çok parçalı modüler kesici gövde ile kesici takım ıskarta oranlarının azaltılması ve modüler tasarım sayesinde minimum stok seviyesi ile tüm ürün ölçülerinin kesilmesi sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: 1,2714 (55NiCrMoV7) Sıcak İş Takım Çeliği, cBN Kaplama, cBN Kesici Gövde, Gri Dökme Demir, Modüler Tasarım.

DESIGN IMPROVEMENT STUDY FOR cBN COATED CUTTING BODY USED IN PISTON RING CUTTING PROCESS

ABSTRACT

The purpose of this study is to reduce the scrap rates of these cutting bodies and to keep the stock levels at the lowest level by implementing a modular design for the cBN coated cutting bodies used in the piston ring cutting process.

In this study, unalloyed, non-heat treated flake graphitized grey cast iron work piece and cBN (cubic boron nitride) coated, 1,2714 (55NiCrMoV7) hot work tool steel cutting disc which have different designs were used and product quality differences were compared. Current single piece cutter body and newly designed multi piece modular cutter body were used for the trials.

Cutting process is done with INDEX brand automatic CNC cutting machine. Cutting heights and parallelism of the produced samples were measured with GOETZE special design ring height measuring device and surface roughness were measured with MAHR brand MARSURF XR1 model surface roughness meter.

It has been found that two different body designs also produce similar results on product quality. No significant difference was observed between the ring height, parallelism and surface roughness values. This result shows that the newly designed multi-piece modular cutter body can be used while maintaining the current product quality. .In this way, by using the multi-piece modular cutter body, it will be able to reduce cutter tool scrap rates and cut off all product dimensions with minimum stock level.

Keywords: 1,2714 (55NiCrMoV7) Hot Work Tool Steel, cBN Coating, cBN Cutter Body, Grey Cast Iron, Modular Design.

GİRİŞ

Günümüzde içten yanmalı motorlar, gelişen teknolojilere ve alternatiflerine yapılan büyük yatırımlara rağmen özellikle otomotiv sektöründe öncelikli olarak kullanılmaya devam etmektedir. Bu motorların en hassas ve kritik parçaları yanma odasını oluşturan parçalardır ve bunların arasında en önemlilerinden biri de piston segmanıdır.

Binek arabalarda yakıt enerjisinin üçte biri motor, şanzıman, lastik ve frenlerdeki sürtünmeyi aşmak için kullanılır. Dünya genelinde, 208 milyar litre yakıt (benzinli ve dizel) 2009'da binek otomobillerdeki sürtünmeyi aşmak için kullanılmıştır. Sürtünme kayıplarındaki azalma, aynı oranda hem egzoz hem de soğutma kayıplarını azaltacağı için yakıt tasarrufu da üç kat artacaktır. Küresel olarak, bir binek otomobil sürtünmenin üstesinden gelmek için bir yılda harcadığı yakıt ile ortalama 13.000 km yol yapabilir [1]. İçten yanmalı motorların kalbi piston grubudur. Bu grup, yakıt ve hava karışımının yanmasıyla oluşturulan enerjiyi yararlı kinetik enerjiye dönüştüren kritik bağlantı elemanlarını içerir. Segman seti de piston grubunda yer alan bu kritik elemanlardan biridir. Segman setinin birincil görevi, yanma odası ile motor bloğu arasında etkili bir gaz sızdırmazlığını sağlamaktır. İkincil görevi ise pistondan gömleğe ve dolayısıyla soğutucuya ısı transfer etmek ve karterden yanma odasına taşınan yağ miktarını sınırlayarak gömlek cidarında ince bir yağ filmi oluşturmaktır. İçten yanmalı motorların verimliliğindeki kaybın %48'i sürtünmeden kaynaklanmakta ve bu kayba piston segmanlarının büyük bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Sürtünmeden kaynaklanan mekanik güç kaybı olarak bakıldığında bu oranın sadece piston segmanları için %19 civarında olduğu yapılan çalışmalarla ortaya koyulmuştur [2].

Çalışma esnasında, silindir gömleği ile devamlı sürtünme halinde bulunan segman, metalin metali yeme durumunun oluşmaması için ortamı yağlamalı, yani sürtünmeyi azaltmak için silindir gömleği ve segman arasında ince bir yağ filmi oluşturmalıdır. Segmanlar, silindir cidarındaki fazla yağı sıyırarak, bu yağ filminin oluşumunu temin

ederler. Böylece hem silindirlerin yağlanmasını sağlarlar hem de motorun yağ yakmasını önlerler [3].

Günümüzde segman malzemesi olarak çelik kullanımı yaygınlaşsa da dökme demirler yoğun bir şekilde segman malzemesi olarak kullanılmaya devam etmektedir. Dökme demir malzemelerin sürtünmeye dayanıklı olması, aşınma direnci ve ısıl iletim kapasitelerinin yüksek olması bunun sebebi olarak gösterilebilir [4]. Kum döküm kalıplarında üretilen dökme demir piston segmanları son derece pürüzlü ve aşındırıcı martensitik bir yüzeye sahiptir. Kimyasal bileşimi, işlenebilirliğe yardımcı olan grafitleştirme elemanlarından (silisyum, nikel, bakır) ve işlenebilirliği bozan karbür oluşturucu elementlerden oluşur. Bu malzeme, grafit lameller ve temperli martensitik matristen oluşan bir mikro yapı ile karakterize edilir [5]. Yağ segmanları ve sıyırıcı segmanlar genellikle sertliği 97 ÷ 108 HRB arasında değişen lamel grafitli dökme demir malzemelerden üretilmektedirler.

Talaşlı imalat, göreceli olarak eski bir teknoloji olmasına ve 1970 ve 1980'li yıllarda yapılan spekülasyonlara göre neredeyse tamamen modası geçmiş ve hassas döküm veya kalıplama teknolojilerinin kendisinin yerini alacağını söyleyen teorilere rağmen halen parça üretiminin temel teknolojisi olmayı sürdürmektedir. Teknolojideki ilerleme, malzeme kaybında bir azalma sağlamıştır, çünkü parçanın boyutu, çizim boyutlarına oldukça yakın bir şekilde yürütülebilir, çoğu durumda talaşlı imalat, gerekli hassas şekil ve boyutların elde edilmesinin tek yoludur [6].

İşleme teknolojilerine bakıldığında, modern makine takımlarının bugün geldiği noktada yüksek kesme hızlarına sahip ve yüksek rijitlik gerektiren proseslerde taşlama prosesi artık sadece son proses olarak değerlendirilmemektedir. Bunun yanında taşlama prosesleri ile yüksek paso oranlarının olduğu aşındırıcı mekanik prosesler de kabul edilebilir bir bitmiş ürün yüzeyi elde edebilmektedir [7]. Bu bağlamda küçük üretim partileri ile yapılan üretimlerde büyük pasoların alınabildiği bu tarz taşlama işlemlerinde tek katmanlı süper abrasif kesici diskler oldukça verimli ve maliyet açısından avantajlıdır [8].

Binek otomobiller, genellikle bir ila sekiz kişilik taşıma kapasitesine sahip, yükten ziyade insanları taşımak için tasarlanmış motorlu taşıtlar olarak tanımlanır. Diğer ulaşım şekilleri ile karşılaştırıldığında, binek otomobilleri daha yüksek konfor,

esneklik ve rahatlık sunar. Yaşam kalitesini artırmak için sıklıkla takip edilen zenginliğin bir işaretidir. Global otomobil satışları, otuz yılı aşkın bir sürede iki katına çıkmıştır; 1980'de yaklaşık 29 milyon iken 2016'da 69 milyona çıkmıştır [9]. Tarihsel olarak gelişmiş ülkeler, büyük otomobil piyasalarıdır; ABD, AB ve Japonya küresel otomobil satışlarının yaklaşık% 80'ini oluşturur. Bu ülkelerdeki otomobil sahipliği bin kişi başına 400-500 araba seviyesine ulaşmıştır. Bununla birlikte, az gelişmiş ülkeler tarihsel ve göreceli olarak daha düşük otomobil satışlarına sahipti. Bu ülkelerdeki otomobil sahipliği genellikle bin kişi başına 100 otomobilin altında gerçekleşmiştir. Ancak son on yılda, hızlı ekonomik büyümeden ötürü, az gelişmiş ülkelerdeki otomobil satışları, en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Az gelişmiş ülkelerdeki geniş nüfus tabanı ve muazzam araba alışveriş potansiyeli göz önüne alındığında, küresel otomobil satışları önümüzdeki yıllarda şüphesiz daha fazla büyüme yaşayacaktır. Özellikle Çin pazarına bir parantez açmak gerekirse, 2005 yılında 3,9 milyon olan araç satış sayısı 2016 yılında 24,3 milyona ulaşmıştır. Tahmini olarak, Çin'in araç nüfusu sırasıyla 2020, 2030 ve 2050 yılları ile 184.8, 363.8 ve 606.7 milyona ulaşacak ve ABD'deki araç nüfusunu yaklaşık 2025 yılına kadar aşacaktır [9-10].

Araç kullanımı yoğunluğu, ülkeler arasında önemli farklılık göstermektedir. Örneğin, ABD'de mevcut otomobil kullanım yoğunluğu 18.000 km / yıl'ın üzerindeyken Japonya'da 9000 km / yıl civarındadır. Mevcut literatürde, ABD [11] de dahil olmak üzere Kanada [12], AB [13], Japonya [14], Kore [15], Çin [16], Hindistan [17], Brezilya [18], Endonezya [19] ve diğer OECD ülkeleri gibi birçok büyük ülkede araç kullanım yoğunluklarının tahminlerine ulaşılabilmektedir.

Soğutma, basınç tutma ve yağ sarfiyatı kontrolü fonksiyonlarını yapan Piston Segmanlarının görevi günden güne artmakta ve bu durum yeni pek çok segman tasarımının gelişmesine neden olmaktadır. Ayrıca yukarıdaki örneklerde de dikkat çekilen artan taleplerin karşılanması için seri üretim şartlarının iyileştirilmesi gerekliliği doğmuş ve segmanların çoklu dökülüp kesilerek ayrılması bu gerekliliklerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada segman kesme prosesinde kullanılan cBN kaplı kesici gövde tasarımı ele alınmıştır. Kesici gövdenin mevcut tek parça gövde tasarımı değiştirilerek

modüler çok parçalı gövde tasarımına dönüştürülmüştür. Yeni tasarlanan çok parçalı gövde ile mevcut tek parçalı gövde arasında işlenen ürünlerin kalitesi açısından farklılık olup olmadığı incelenmiş ve kesici gövdelerin mukayesesi yapılmıştır. Çok parçalı gövde tasarımında modüler tasarım esasları dikkate alınmış ve uygulanmıştır. Bu çalışmada amaç, modüler tasarım sayesinde kesici gövde ıskarta oranlarını azaltmak, esnek bir yapı oluşturarak birçok ürün çeşidine aynı kesici gövde parçaları ile hitap etmek ve dolayısıyla stok maliyetlerini düşürmektir.

Mevcut tek parçalı gövde tasarımı ile devam eden seri üretim maliyeti, gövdenin tasarımından ileri gelen olumsuzluklar sebebiyle yüksek seyretmektedir. Bu olumsuzluklar aşağıda belirtildiği gibidir:

- Iskarta oranları
- Stok maliyeti
- Her bir segman kesme yüksekliği için ayrı kesici gövde gereksinimi

Segman kesme prosesinde meydana gelen kesici gövdenin ıskarta sebepleri ve maliyetleri aşağıda açıklandığı gibidir:

- Talaş sıkışması: Kesme prosesi ile dakikada 200 mm^3 talaş kaldırılmaktadır. Bu yoğun talaş, kesme yağı ile birleşerek kesme yüzeylerinde deformasyona ve nihayetinde kesici disk yüzeylerinin aşınmasına ve formunun bozulmasına sebep olmaktadır. Tek parça gövdeden oluşan kesicinin kesici disklerinde meydana gelen bu hasarlanma aynı gövdedeki diğer kesici disklerin sağlam olmasına rağmen kesici gövdenin kullanılamamasına sebep olmaktadır. Örneğin elimizde 19 kesici diskten oluşan bir tek parça kesici gövde olduğunu düşünelim. Üretim esnasında kesici disklerden sadece birinin hasarlanması sonrası geriye kullanılabilir 18 kesici disk olmasına rağmen kesici gövdenin keseceği segman ölçüleri (hasarlı diske denk gelen) bozuk olacaktır. Bu da tek parça kesici gövdenin kullanılmasını imkânsız kılmaktadır. Proseste talaş taşıma oranı ve soğutma kapasitesi en yüksek ve en kalite kesme yağlarından biri kullanılmaktadır. Buna rağmen yoğun talaş oluşumu sebepli meydana gelen kesici gövde hasarlanmalarının önüne geçilememiştir. Talaş sebepli meydana gelen kesici gövde ıskarta oranı %20'dir. Yani 100 gövdeden 20'si bu sebeple ıskarta olmaktadır. Yıllık yaklaşık olarak 80 adet yeni kesici gövde alındığı düşünüldüğünde 16 adet kesici gövde sadece bu sebepten ıskarta olmaktadır.

- Yüksek sıcaklık: Kesici gövdelerin cBN kaplı kesici disklerinin ıskarta olma sebeplerinden bir diğeri de yüksek sıcaklıkta meydana gelen kesme işlemidir. Kesme işlemi yaklaşık 10.000 devir/dakika ile gerçekleşmektedir. Yoğun talaş hacmi ve yüksek devir sebebiyle kesme işlemi sıcaklığı, kesici gövdelerin 1,4 mm kalınlığındaki kesici disklerine zarar verecek noktalara çıkmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için kesme yağını soğutma üniteleri devreye alınmış ancak sıcaklıklar kesme esnasında istenen seviyelere çekilememiştir. Yüksek sıcaklık sebebiyle ıskarta edilen kesici gövde oranı %10'dur. Yani 80 adetlik yıllık tüketim düşünüldüğünde 8 adet kesici gövde bu sebeple ıskarta olmaktadır.

Mevcut tek parçalı kesici gövdenin bir diğer dezavantajı ise stok maliyetidir. Kesici gövde tek parçadan ve dolayısıyla tek segman kesme yüksekliğinden oluşmaktadır. Bu da her bir farklı segman yüksekliği için ayrı bir kesici gövde demektir. Çalışmaların yapıldığı segman üretim tesisinde bu kesici gövdeleri kullanarak üretim yapan 3 makine bulunmaktadır ve toplamda yaklaşık 100 kesici gövde stoğu mevcuttur. Stok maliyeti kesici gövdenin mevcut tasarımı gereği düşürülememektedir. Ancak çok parçalı kesici gövde ile kesici diskler ortaklaştırılmıştır. Kesme prosesine giren segmanların kesme payları 1,4 mm'dir. Yeni tasarımda 1,4 mm yüksekliğinde kesici diskler bağımsız bir şekilde monte edilip demonte edilebilmektedir. İstenen kesme yüksekliği de bu kesici diskler arasına koyulan ara lamellerle ayarlanabilmektedir. Böylelikle stok oranının yaklaşık %20 oranında düşürülmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışma kapsamında yukarıda belirtilen dezavantajlar tamamen ortadan kaldırılamasa da gerçekleşme oranlarında iyileşme yapılması hedeflenmektedir. Iskartada %50 ve stokta %20 iyileşme hedeflenmektedir.

Kesici takımlarda modüler parçalara ayırarak yapılan tasarım iyileştirme çalışmalarının sadece düşük kesme hızlarına sahip HSS frezelerde uygulandığı yapılan literatür taramalarında ortaya çıkmıştır. Kesme hızı HSS frezelerin en az iki katı olan cBN kaplı kesici gövdeler için benzer bir çalışma literatür taramalarında tespit edilememiştir.

Belirtilen ıskarta sebepleri ve stok maliyetleri kesici gövde tasarımını değiştirmeden yapılan diğer tüm denemeler sonucu ortadan kaldırılamamış veya azaltılamamıştır.

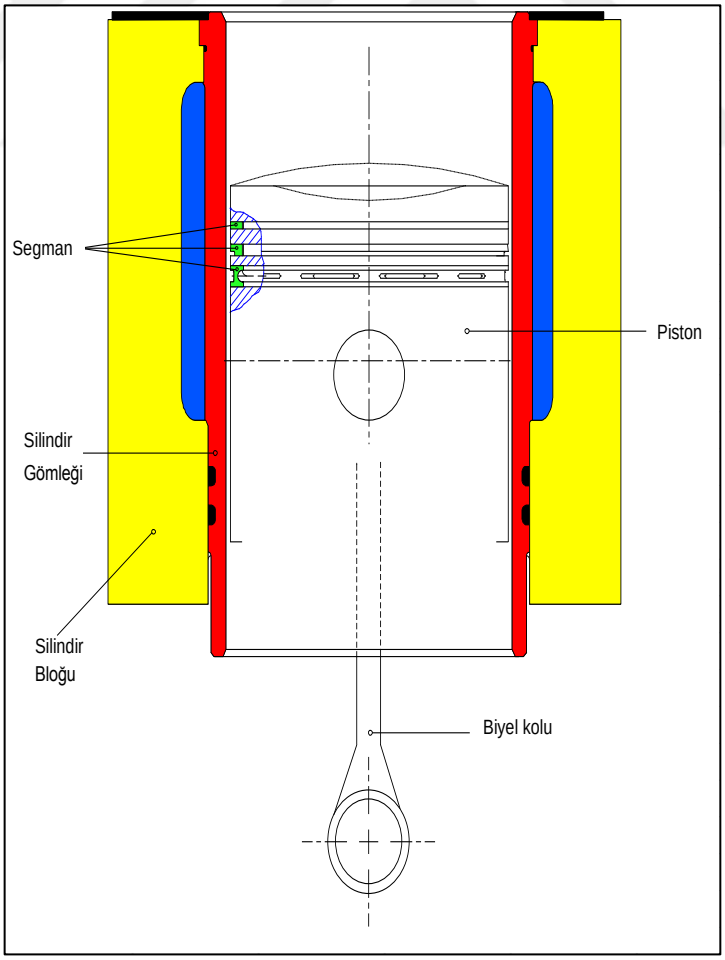
Bu çalışmada bu problem kesici gövde tasarımının değiştirilmesi yoluna gidilerek çözülmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak ortaya bu çalışmanın konusu olan çok parçalı kesici gövde tasarımı çıkmıştır. Kesici disklerin bağımsız değiştirilebilir bir şekilde tasarlanması sonucu ıskarta olan tekil kesici diskler yeni tasarımla birlikte bağımsız olarak değiştirilebilecektir. Ayrıca kesici disklerin ölçülerinin sabit (1,4 mm) olması sebebiyle yeni tasarımda kesme yüksekliği değiştirilmek istendiğinde kesici diskler arasındaki lameller bağımsız olarak değiştirilebilecektir. Bu da aynı kesici diskler kullanılarak yeni kesme yükseklikleri elde edilmesine olanak sağlar. Dolayısıyla her bir kesme yüksekliği için ayrı bir kesici gövde stoku yapma zorunluluğu ortadan kalkmış olur.

Bölüm 1'de Piston Segmanları hakkında genel bilgilendirme yapılmıştır. Bu bölümde segmanın fonksiyonları, segman tipleri, segman malzemeleri ve segman imalat yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bölüm 2'de modüler tasarım esasları anlatılmıştır. Modüleritenin proses üzerindeki etkileri ve yönetsel etkileri üzerinde durulmuştur. Sonrasında bu çalışmanın da konusu olan takım tasarımında modüleritenin kullanımı hakkında literatür bilgisi paylaşılmıştır. Bölüm 3'de bu çalışmanın malzeme ve yöntem başlığı altında hazırlık aşamaları anlatılmıştır. İş parçası ve kesici takım malzemeleri ve geometrileri hakkında bilgiler verilmiş ve kesici gövde montajı, kesici gövde balans alma prosesi, kesme makinesi, ölçüm ekipmanları, proses parametreleri ve uygulama yöntemi hakkında tüm bilgiler paylaşılmıştır. Bölüm 4'de bu çalışmada yapılan denemelerin sonuçları paylaşılmıştır. Bölüm 5'de denemeler sonucu elde edilen veriler yorumlanmış ve mevcut tasarım ve modüler tasarım arasındaki mukayese tablosu paylaşılmıştır. Devam eden çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

1. PİSTON SEGMANLARI HAKKINDA TEMEL BİLGİLER

Ağzı kesilmiş halka biçimli bir sızdırmazlık elemanı olan segman, içten yanmalı motorlarda yanma sonucu meydana gelen ısı enerjisini mekanik enerjiye çeviren, sistemdeki en önemli elemanlardan biridir. Piston, segman seti ve silindir gömleği grubunun görüldüğü yanma odası elemanları Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.

Günümüz modern arabalarındaki motorların güçleri müşteri talepleri doğrultusunda sürekli artmaktadır. Bu artış nedeniyle motorda daha iyi soğutma, basınç tutma ve yağ sarfiyatı kontrolü fonksiyonlarını yapan Piston Segmanlarının görevi günden güne artmakta ve yeni pek çok segman tasarımının gelişmesine neden olmaktadır [20].



Şekil 1.1. Piston - segman seti - silindir gömleği

1.1. Piston Segmanı Fonksiyonları

Segmanların Piston-Gömlek-Silindir Bloğu sistemi çerçevesinde motorda önemli fonksiyonları mevcuttur. Bu fonksiyonlar aşağıdaki gibidir [20] :

- Sızdırmazlık
- Isı Transferi
- Yağ sarfiyatı kontrolü

1.1.1. Sızdırmazlık

Segmanların motorun çalışması sırasında zamanların oluşumunda önemli görevleri vardır. Segmanların yanma odasından kartere (yağ deposu) doğru olan sızdırmazlığı sağlamaları istenir. Piston başında bulunan segmanlar, silindir cidarına belli bir basınç yaparak, pistonla silindir arasında sızdırmazlık temin ederler. Örneğin emme zamanında piston üst ölü noktadan (Ü.Ö.N) alt ölü noktaya (A.Ö.N) inerken karter tarafındaki havanın yanma odası tarafına geçmesini önleyerek, silindirde iyi bir vakum doğmasını temin eder, karışımın silindire dolmasını sağlarlar. Sıkıştırma zamanında ise piston A.Ö.N.'dan Ü.Ö.N.'ya çıkarken silindirdeki karışımın kartere kaçmasını önler, yanma odasında sıkışmasını temin ederler. Yanma (Ateşleme) zamanında ise, yanmış gazları sızdırmadan yalnızca piston başına etki etmesini sağlayarak motordan en yüksek verimin alınmasını temin ederler. Ayrıca egzoz zamanında yanmış gazların kartere kaçmasını önleyerek kötü etkilere mani olurlar [20].

1.1.2. Isı transferi

Yanma odasında yanma (ateşleme) sonucu oluşan yüksek sıcaklıktan dolayı özellikle piston başı çok ısınır. Dolayısıyla üzerinde taşıdığı segman da ısınır. Isınan segman üzerindeki ısıyı silindir gömleğine oradan da soğutma suyuna ulaştırarak pistonların soğumasına yardım eder. Burada segman iyi bir ısı aktarıcı olarak ısı transferini gerçekleştirmektedir [20].

1.1.3. Yağ sarfiyatı kontrolü

Çalışma esnasında, silindir gömleği ile devamlı sürtünme halinde bulunan segman, metalin metali yeme durumunun oluşmaması için ortamı yağlamalı, yani sürtünmeyi azaltmak için silindir gömleği ve segman arasında ince bir yağ filmi oluşturmalıdır. Segmanlar, silindir cidarındaki fazla yağı sıyırarak pistonla silindir gömleği arasında bu yağ filminin oluşumunu temin ederler. Böylece hem silindirlerin yağlanmasını sağlarlar hem de motorun yağ yakmasını önlerler [20].

1.2. Piston Segmanı Tipleri

Pistondaki segman tipi, sayısı ve bunların takılışı motorun cinsine göre değişir. Segmanlar fonksiyonlarına göre 3 ana grupta toplanabilir [20,21]:

- Kompresyon Segmanları
- Sıyırıcı Segmanlar
- Yağ Segmanları

1.2.1. Kompresyon segmanları

Pistonla silindir arasında sızdırmazlık görevi yaparlar. Sıkışan hava-yakıt karışımının kartere kaçmasını önlediği gibi, iş zamanında da yanmış gazların kaçmasını önlerler. Pistonun soğutulmasında yardımcı olur ve ayrıca yağ segmanlarının bıraktığı, silindirin üst kısmına geçen yağın silindir cidarına daha düzgün yayılmasını temin ederler. Dikdörtgen, Konik ve Trapez kesitli segmanlar bu gruba girmekte olup, piston üzerinde genellikle 1.yuvaya takılırlar [20,21].

1.2.2. Sıyırıcı segmanlar

Bu grupta yer alan segmanlar sıyırıcı özelliği olan kompresyon segmanlarıdır. Kompresyon ve yağ sıyırma görevlerinin her ikisini de karşılayacak bir ara segman olarak öngörülen Çeneli segmanlar bu gruba girerler [20,21].

1.2.3. Yağ segmanları

Bir motorun işletme emniyetini, ekonomikliğini ve ömrünü etkileyen en önemli faktör, o motorun yağ kullanım kapasitesidir. Yağ segmanları, silindir cidarındaki

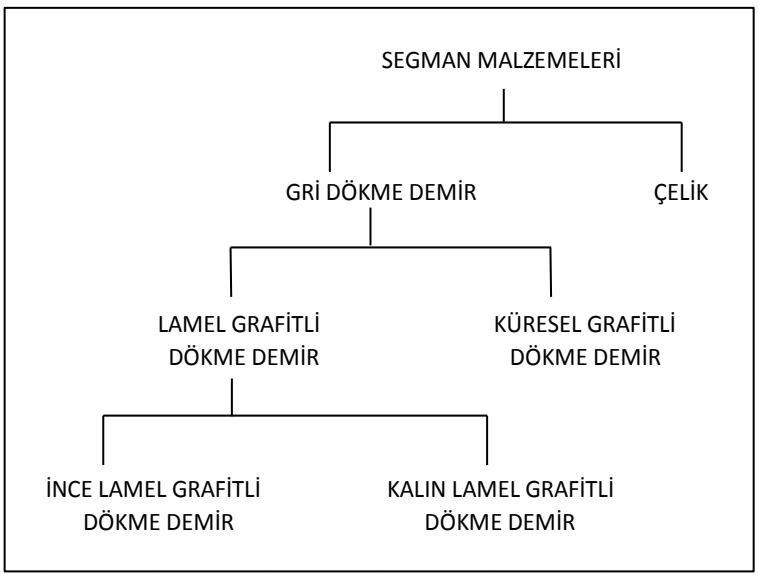
fazla yağı sıyırarak, pistondaki yağ drenaj kesitlerinden kartere akıtırlar. Motorda silindir cidarları, segmanlar ve pistonlar biyel başındaki yağ püskürtme deliğinden püskürtülen yağlarla birlikte, biyel başı kenarlarından savrulan yağlarla yağlanır. Esasında bu iki yolla savrulan yağ, silindiri yağlayacak yağdan çok fazladır. Bu fazla yağlar yağ segmanları vasıtası ile sıyrılarak kartere akıtılır. Ayrıca bu yağlarla birlikte karbon zerreleri ve hava-yakıt karışımı ile silindirlere kadar ulaşan toz, toprak ve yabancı maddeler yağ segmanları tarafından yağla birlikte sıyrılarak zararsız hale getirilir. Yağ segmanlarında segmanın sıyırdığı yağın kartere gidebilmesi için yağ drenaj kesitleri bulunur. Pistondaki yağ segmanı yuvalarında da aynı şekilde yağ akıtma delikleri bulunur. Yağ segmanları [20,21]:

- Yaysız yağ segmanları
- Yaprak yaylı yağ segmanları
- Spiral yaylı yağ segmanları
- Çok parçalı çelik yağ segmanları

olarak 4 ana grupta toplanabilir.

1.3. Piston Segmanı Malzemeleri

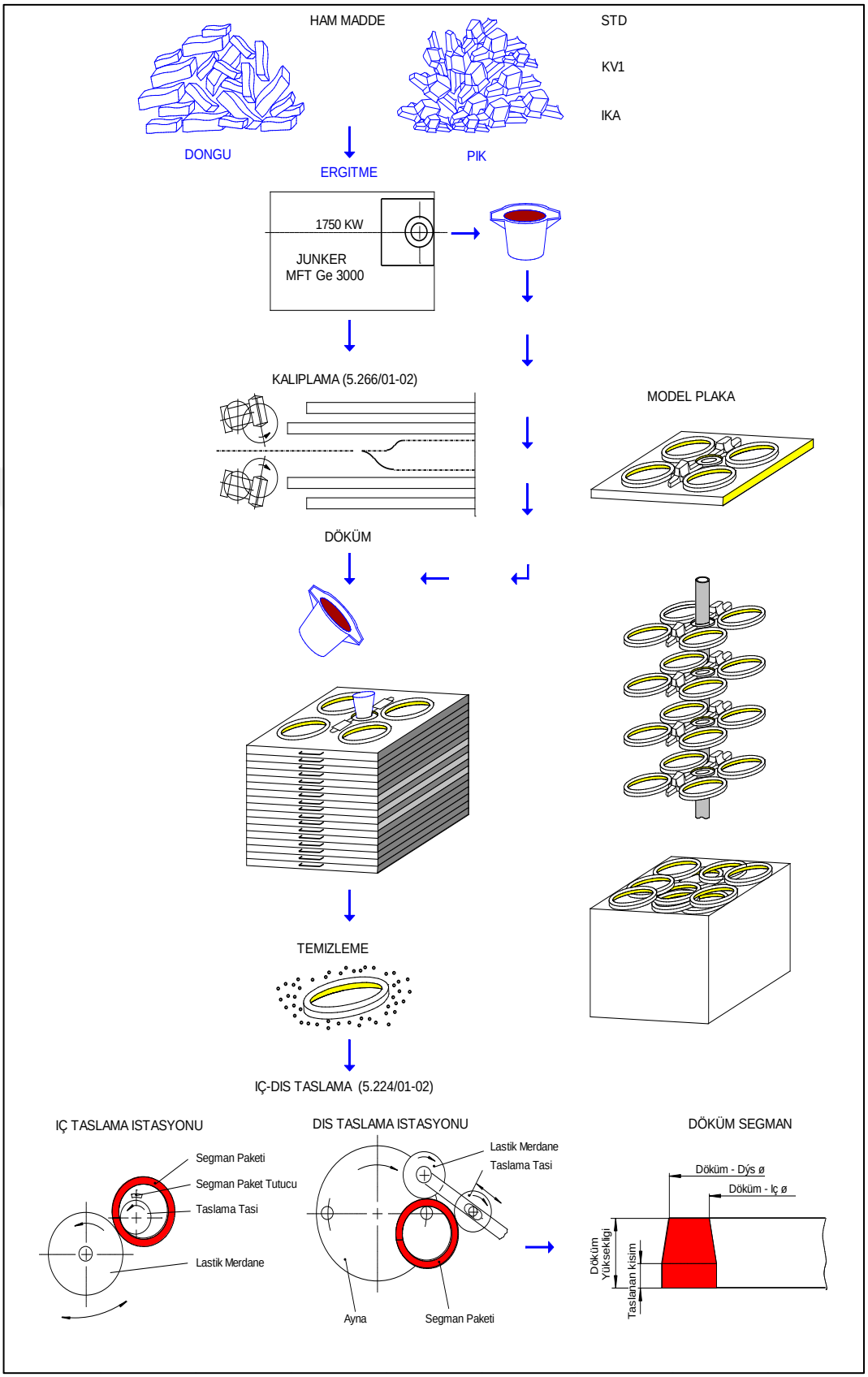
Piston segmanı malzemeleri gri dökme demir ve çelik olmak üzere Şekil 1.2.'de görüldüğü gibi 2 ana gruba ayrılmaktadır [20].



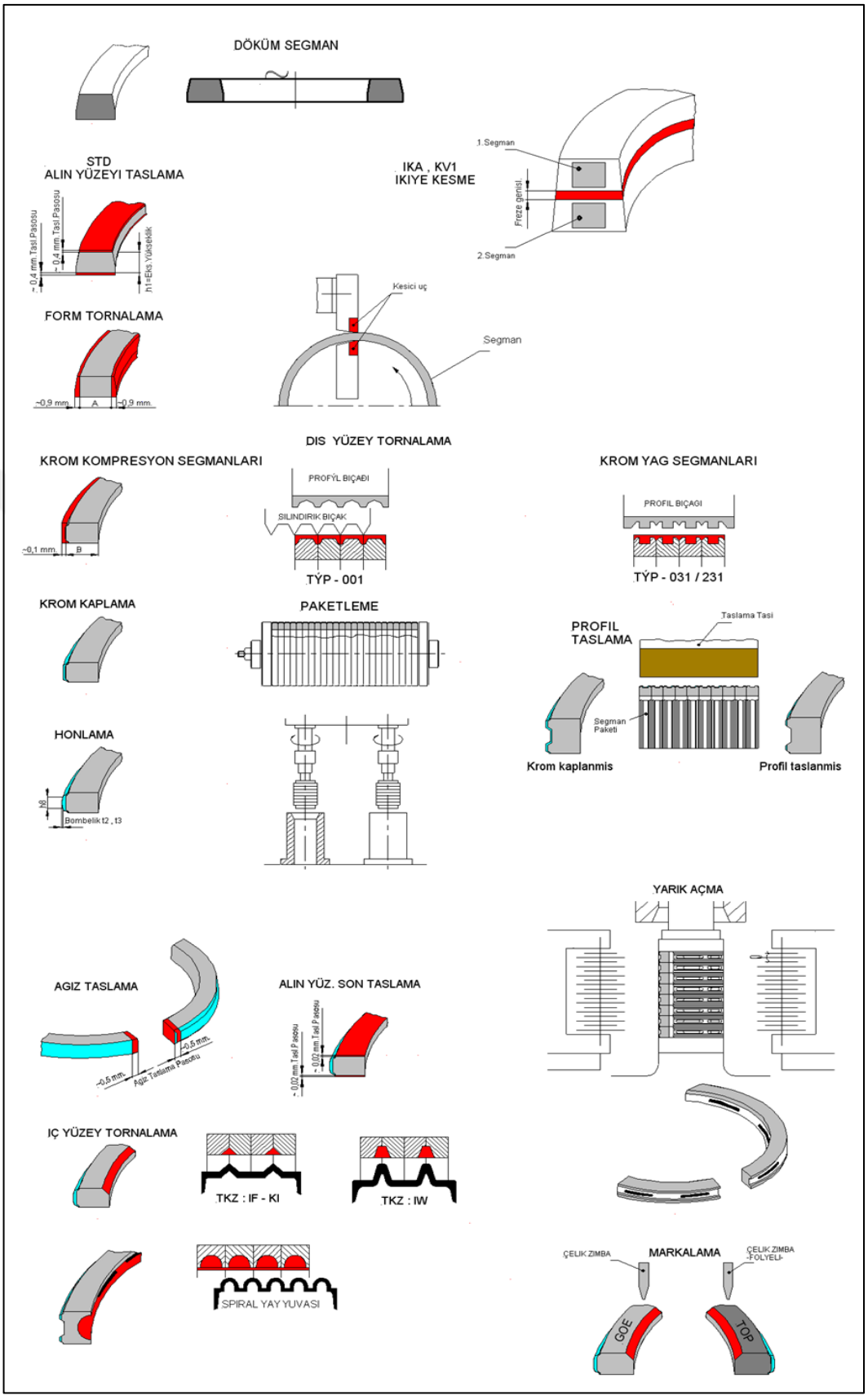
Şekil 1.2. Segman malzemeleri

1.4. Piston Segmanı İmalat Yöntemleri

Tabii gerilimden yararlanmak için segmanlar oval dökülür. Oval dökülen segmanların, oval olarak tornalanması gerekir ki bu da Form (kam) tornalama prosesi ile gerçekleştirilir. Daha sonra segman ağzı kesilir. Segmanı yuvarlak olarak çapına oturttuğumuzda, segman bu yeni pozisyonunda çeperlere doğru tabii bir kuvvet yapacaktır. Bu da malzeme yapısından faydalanarak elde ettiğimiz teğetsel kuvvettir. Takip eden çeşitli mekanik prosesler vasıtası ile segman son şeklini alır. Segmanların mekanik işlemeleri paket halinde özel imalat tezgâhlarında yapılır. Segman üretimi esnasında kullanılan genel imalat yöntemleri Şekil 1.3. ve 1.4.'de gösterildiği gibidir [20].



Şekil 1.3. Piston segmanı döküm ve ön işleme proses akışı



Şekil 1.4. Piston segmanı mekanik imalat proses akışı

2. MODÜLER TASARIM ESASLARI

Modüler tasarım, bağımsız olarak oluşturulabilen ve daha sonra farklı sistemlerde kullanılabilen ve modül olarak adlandırılan daha küçük parçalara ayrılan bir tasarım yaklaşımıdır. Yani modüler tasarım, işlevselliğin, mevcut birimler üzerinde asgari bir etkisi olan benzer kaynaklardan gelen benzer bileşenler veya ürünlerle bu tür birimleri değiştirmeye izin veren, iyi tanımlanmış arayüzlere sahip, ayrı ve kendi kendine yeten birimler haline bölünmüş bir tasarım şeklidir [22].

Modülerlik, farklı görevlerin verimli bir şekilde bölünmesi ile sistemin karmaşık yapısını yönetilebilir hale getirir ve sistemin modülleri birbirinden bağımsız olarak tasarlanabilir, üretilir, test edilir ve doğrulanabilir [23]. Bu modüller sistemin geri kalanına zarar vermeden değiştirilebilir ve geliştirilebilir. Ayrıca modülerlik, sistemin mimari karmaşıklığını azaltır, bu nedenle sistem mimarisi daha basit ve bu nedenle yönetilmesi daha kolay görünür [24].

Modüler sistemler operasyonel esnekliği sağlar. Sistemin modülleri, değişen operasyonel gereksinimleri karşılamak üzere hızlı ve kolay bir şekilde yapılandırılabilir, bu özellikle imalat sistemleri için modüler sistemlerin çok önemli bir özelliğidir. Modüler sistemler teşhis, bakım, onarım ve imha etmek açısından daha avantajlıdır.

Geliştirilmiş farklı yapılar, sistemdeki bir veya daha fazla modülün, genel sistemde başka değişiklikler yapılmaksızın değiştirilmesi ile başarılabilir. Dolayısıyla modüler sistemlerin her bir modülü bağımsız olarak değiştirilebilir [24].

Modüler sistemleri geliştirmek ve değiştirmek daha ucuzdur. Modülerleştirmeyle, karmaşık bir mühendislik sisteminin geliştirilmesi veya değiştirilmesinin yüksek maliyetleri, tek tek modüllerin geliştirilmesi veya değiştirilmesi maliyetlerine indirgenir [23,24].

Şirketler arasındaki rekabet, şirketlerin üretkenliğini ve verimliliğini artırmak için bir ihtiyaçtır. Bu faktörler, diğerlerinin yanı sıra, hızlı bir teknolojik değişimle birlikte,

Ürün Mühendisliği ve Üretim Sürecindeki görevleri gittikçe daha karmaşık hale getirmekte ve dinamik ortamları yönetme yeteneği gerektirmektedir. Bu bağlamda modülerleştirme, kurumların rekabet gücünü artırmak için bir stratejidir [25].

Yapısı, diğer modüller ile birleştirilebilen modüllerden oluştuğunda bir ürünün modüler olduğu kabul edilir ve bu da çok çeşitli ürünlerin oluşturulabilmesini sağlar [26].

Bununla birlikte, ürün modülerizasyonunun genel olarak şirketlerin işletme performansına ve spesifik üretkenlik ve verimlilik üzerindeki etkileri hakkında çok az ampirik kanıt bulunmaktadır [25].

Modüler tasarımı başarmak için, geliştirme sürecinin ilk evrelerinde bazı ilke ve kurallara uyulmalıdır. Aşağıda bazı ilke ve kurallar verilmiştir.

- İşlevlerin Aktarımı
- Ayrık Modüller
- Basitleştirilmiş Arayüz

İşlevlerin Aktarımı: Geliştirme süreci sırasında, sistem işlevleri tanımlandıktan sonra, bunlar sistemin modüllerine tahsis edilmelidir. Sistem fonksiyonları ile sistem modülleri arasındaki tahsis işlemi sırasında önemli bir kuralın dikkate alınması gerekir. Bu kurala göre işlevler, sistem modülleri arasında paylaşılmamalıdır [22].

Ayrık Modüller: Modülleri açıkça tanımlamak ve onları ayırmak için, bu soruları sorabiliriz [22].

- Tasarım, modülleri açıkça tanımlıyor mu?
- Her bir modülün açıkça tanımlanmış bir amacı var mı?
- Modüller mümkün olduğunca alt bölümlere ayrılmış mı?
- Farklı modüllerin işlevselliği çoğaltmadıkları doğrulanmış mı?

Basitleştirilmiş Arayüz: Basit arayüzler, bir sistemin amaçlanan işlevlerini yerine getirdiğini kontrol ederken göz önüne alınması gereken etkileşim sayısını azaltır. Basit arayüzler, bileşenleri farklı koşullarda tekrar kullanmayı da kolaylaştırır [22]. Arayüzler, modüller arasındaki bağlantılardır, yani modüllerin birbirlerine

bağlanmaları, uymaları ve birbirleriyle iletişim kurmalarını sağlayan unsurlardır [27]. Arabirimlerin belirlenmesi, standartlaştırılması ve basitleştirilmesi, ürün tasarımında ve üretiminde ürün çeşitliliğini yönetmeye yardımcı olur [28].

Özellikle otomobil endüstrisinde şirketler tarafından modülerleştirmenin kullanımının artan eğilimi, konuyla ilgili tartışmayı genişletmek ve derinleştirmek anlamına geliyor [29].

2.1. Modüleritenin Proses Üzerindeki Etkileri

Literatürde yer alan çalışmaların çoğunda belirtildiği gibi değişkenler, parça numaraları, satın alınan ve üretilen ürünlerin sayısı ile özel ürün kalemlerinin azaltılması, modüleritenin çıktısı olan parçaların ortak kullanımı ile sağlanabilmektedir. Bu yöntemin benimsenerek uygulanması günümüzde, parçaların ortaklaştırılmasında bir artışın meydana gelmesini sağlar. Bu durum da, kuruluşların ürünler arasında ortak öğeleri paylaşmasına ve üretim ölçeğinde kazanmasına olanak sağlar. Parçaların ortak olması, daha yalın ve basit tasarımlara olanak tanır. Bu süreçte istihdam edilen değişken sayıda kişinin temsil ettiği proje iş gücü ile maliyetlerin düşürülmesi sağlanmış olur [30].

Modüler ürün mimarisini vurgulayan bir tasarım stratejisi benimsemek revizyonlara veya yeni tasarımların daha verimli bir şekilde oluşturulmasına olanak sağlar. Bunun nedeni, yeni tasarımların tüm ürünün gözden geçirilmesi yükü olmaksızın kolaylıkla üretilebilmesidir. Böylece proje mühendislerinin yeni tasarımlardaki çalışma süreleri azaltılabilmiş ve bu sürenin daha fazla verimlilik kazandırma imkânı sağlayacak yerlerde kullanılması sağlanabilmiştir [30].

Modüler tasarım öncesi ve sonrası dönemlerde değişkenlerin karşılaştırmalı bir analizi yapılırken, hammadde tüketiminde ortalama bir azalma olduğu gözlemlenmektedir. Bu azalma, aynı görevi yapan parçaların ortaklaştırılmasındaki artışa bağlanabilir. Parçaların ortaklaştırılması, malzemelerin daha fazla kullanılması ve imalat sürecindeki kayıp ve atıkların azaltılması anlamına gelir [30].

2.2. Modüleritenin Yönetsel Etkileri

Modülerite, üretim hacmini etkileyen faktörlerin nicel olarak tanımlanmasına katkıda bulunur ve ürün modülerizasyonu sonrasında iyileştirilmiş bir verimlilik sağlar. Verimlilikteki iyileşmenin, bir veya daha fazla ürün ailesinden farklı ürünler için modüllerin standartlaştırılması ve optimizasyonu yoluyla elde edildiği görülmüştür. Bu faktörler süreçlerin uzmanlaşmasını sağlar, işlemlerin hızını ve kalitesini arttırır.

Yöneticiler için, ürünlerin modülerleştirilmesi, daha fazla özelleştirilmiş ürün talep eden pazarlara yönelik proseslerin uzmanlaşmasını korumak için stratejik bir alternatiftir. Buna göre, ürünlerin modülerleştirilmesi, seri üretime yönelik ürünlerin özelleştirilmesi için merkezi bir faktördür. Literatürde, modülerleşmenin örgütlerin etkinliği üzerindeki olumlu etkileri ile ilgili ampirik sonuçlar mevcuttur [31]. Ürün modülerizasyonunun etkileri üzerine yapılan pek çok çalışma bu tür etkileri stratejik ve operasyonel bir bakış açısıyla anlamaya çalışmaktadır [26].

Modüler mimariler kullanıldığı şirketlerin işletme performansları yüksektir. Bunun nedeni şirketlerin tasarım ve üretim sürelerini azaltmasıdır. Buna ek olarak, var olan bazı bileşenler tekrar kullanılabilmektedir, bu da üretim için parça sayısını azaltmakta ve ortak parçaların hacmini arttırmaktadır [30].

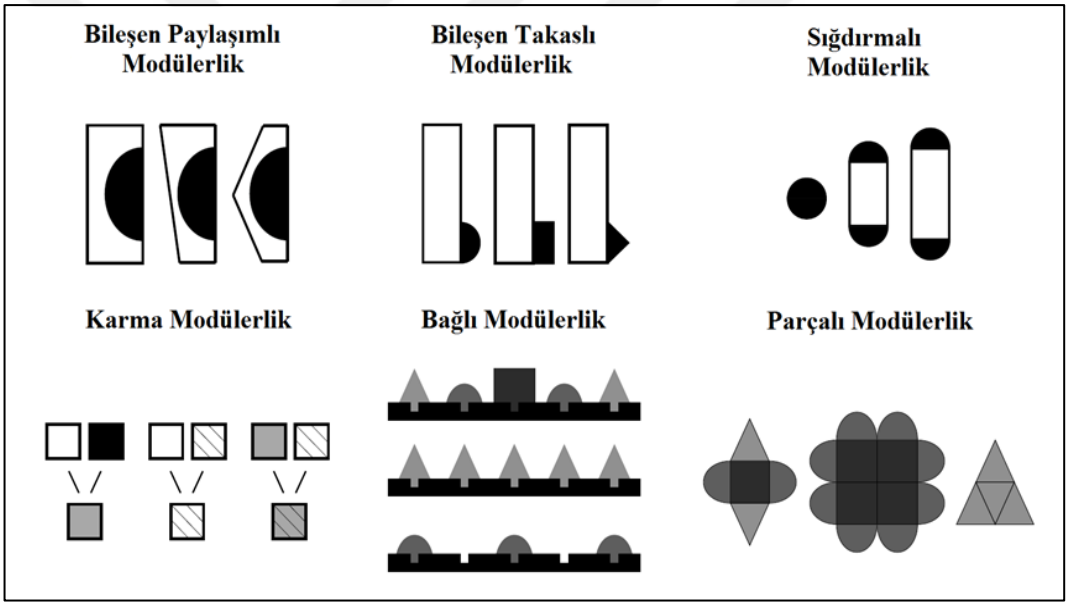
Modülerlik ve operasyonel performans arasındaki ilişkiyi eşzamanlı olarak inceleyen az sayıda deneysel çalışma bulunmaktadır [32]. Ürün modülerizasyonunun verimlilikte anlamlı ve nedensel bir iyileşme sağladığını gösteren literatür çalışmaları mevcuttur [25]. Modülerite, ürünlerdeki ortak parçaların artırılmasına, yani parça numaralarının azaltılmasına, süreçlerde uzmanlaşmaya ve sonuçta daha düşük teslim sürelerine ve nihai ürünün kalitesinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Mevcut araştırmalar, üretim kapasitesini etkilediği, maliyetleri düşürdüğü, ürün kalitesini geliştirdiği ve müşteri hizmetini, esnekliği ve teslim süresini geliştirdiği için modüler tasarımın şirketin rekabet gücünü artırdığını göstermektedir.

Şirketin iş süreçlerinin işlevsel birimleri ile ürün modülerizasyonu arasındaki entegrasyon, ürün yeniliğini teşvik eder ve kalitesini artırır, maliyetleri düşürür, teslimat sürelerini azaltır, esnekliği ve müşteri memnuniyetini artırır [33].

2.3. Modüler Takım Tasarımı

Modüler sistem kavramları, tezgâh takımları için büyük bir zaman içinde kendi yolunu çizerek ilerlemiştir. Modüler bir mimari, tutarlı bir arabirim yapılandırmasının mevcut olması durumunda, modülleri kaldırarak veya ekleyerek hızlı bir adaptasyonu mümkün kılar. Bu nedenle, piyasa değişikliklerine hızlı ve esnek bir şekilde tepki vermek mümkündür [34].

Makine takımlarının kavramsallaştırılmasında ortaya çıkan faydalar, maliyet açısından etkili ürün işlevleri kurulması, onaylanmış ve standartlaştırılmış bileşenler kullanılarak ürün geliştirme çabalarının azaltılması olarak sıralanabilir [35]. Farklı modülarite çeşitleri Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



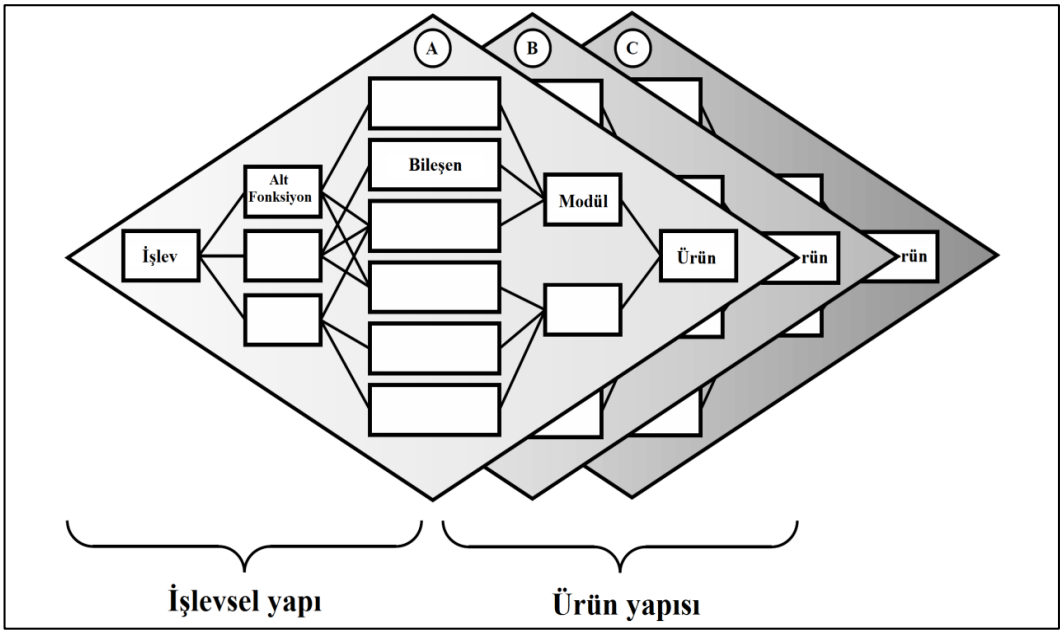
Şekil 2.1. Modülarite çeşitleri [36]

Örneğin, her iki mimarinin en iyi yönlerinden yararlanmak için modüler ve entegre ürün mimarisinden oluşan hibrit bir form mümkündür. Farklı modülerliklerin bazı karakteristik özellikleri aşağıda listelenmiştir [36]:

- Bileşen Paylaşımlı Modülerlik: Farklı ürünlerde bileşenlerin yeniden kullanılabilmesinin bir sonucu olarak olası maliyet düşürmenin mümkün olduğu bir yöntemdir.
- Bileşen Takaslı Modülerlik: Bu yöntemde değişken olmayan parçalar standart veya isteğe bağlı bileşenler olarak kurulur.

- Sığdırmalı Modülerlik: Bu yöntemde ürün yapısı, bileşen ve arayüz sayısı bağımsızdır. Fark, ölçülerde yatmaktadır.
- Karma Modülerlik: Bu yöntem arabirimlerinden bağımsız olarak farklı bileşenlerden oluşan ürünler için geçerlidir.
- Bağlı Modülerlik: Önkoşul temel yapıyı öne çıkarmaktır. İlave parçalar standart arayüzler aracılığıyla eklenir.
- Parçalı Modülerlik: Önceden tanımlanmamış bir ürüne standartlaştırılmış arayüzlerle bileşenlerin kombinasyonu bu yöntemle mümkündür.

Bir ürünün işlevsel ve fiziksel karakterizasyonlarının ayrıştırılmasıyla, ürünü temel olarak Şekil 2.2.'de gösterilen farklı bakış açılarından tarif eden iki yapılı bir sonuç ortaya çıkar. Ürün mimarileri, bir ürünün solda gösterilen işlevsel yapı ve sağda gösterilen fiziksel yapı arasındaki ilişkiyi temsil eder [37]. Öznitelikler ürün tarafından gerçekleştirilir. Ürün fonksiyonlarının en düşük seviyeye indirgenmesi, bileşenleri tanımlamak için önkoşul yaratır. Bu bakış açısı, iyileştirmeye yönelik bakış açısına karşılık gelir. Ürün yapısında, bileşenler istenen nihai montaj elde edilene kadar birleştirilir. Fiziksel ve fonksiyonel arayüzler ve çatışan gereksinimler bağlantılar sayesinde net bir şekilde anlaşılır. Bunula birlikte tasarımla ilgili teknik alternatifler Şekil 2.2.'de A, B ve C ile işaretlenmiştir - birbirleriyle karşılaştırılabilir ve değerlendirilebilir [38].



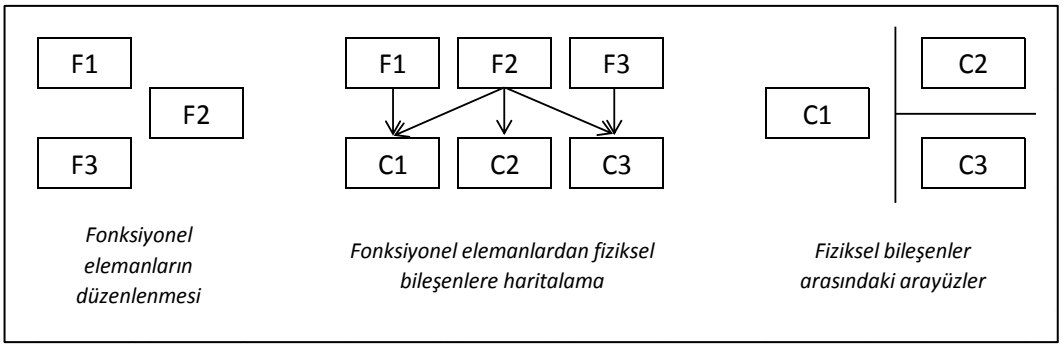
Şekil 2.2. Ürün mimarisi [38]

Ortaya çıkabilecek ekonomik faydalar, daha kısa teslimat süreleri, ıskarta oranlarının düşmesi, farklı ürün gruplarına adapte olabilme ve düşük stok seviyeleri olarak özetlenebilir [39]. Değişim fırsatları önemli ölçüde geliştirilecektir. Modüller geliştirilebilir, üretilebilir ve bağımsız olarak incelenebilir, ayrıca kalite iyileşmesi sağlanabilir. İstenen modülerlik derecesi, özel uygulamalara göre değişkenlik gösterir.

Makine takımlarının kavramlaştırılması için Şekil 2.1.'de gösterilen bağlı modülerliğe göre, proses kombinasyonlarından bağımsız olarak temel yapıdan yararlanılır. Başka bir konu, bileşenlerin yeniden kullanılabilirliğine odaklanmaktadır. Amaç, standartlaştırılmış arayüzlere sahip bileşen ve modüller geliştirmek ve ilişki yapısında düşük bir etkileşim kurmaktır. Sürdürülebilir bir standartlaşma kolaylaştırılmıştır. Modüler yapısından dolayı, genişletilebilirlik ve birleştirilebilirlik konusunda yüksek potansiyele sahiptir. Hali hazırda mevcut arayüz modülleri, uygulama ve geliştirme çabalarını azaltmak için kullanılabilir. Ürün kullanım aşamalarındaki riskler de en aza indirilmiştir [36]. Önemli nokta işlevsel yapı ve ürün yapısının bağlanmasıdır. Bu iki yapı arasındaki bağları kurularak, Makine takımlarının kavramsallaştırılması için gelişme ve sinerji potansiyelleri açığa çıkarılabilir.

Modüler ürünler geliştirmek için, sistem düzeyinde tasarım aşamasında daha fazla zaman harcanmalıdır. Odak noktası, ilgili standart ve protokolleri belirterek modül arayüzlerini dikkatlice tanımlamaktır [40]. Ancak modüler bir ürün için, ayrıntılı tasarım aşamasında daha az zaman harcanmalıdır. Detaylı tasarım aşaması öncelikle bileşen tasarımı, test ve üretim süreci planlaması ile ilgilidir [40]. Modüler bir ürün için, modül arayüzleri sistem düzeyinde tasarım aşamasında tanımlanmıştır ve bu nedenle farklı modüllerin ve bileşenlerin tasarımı neredeyse bağımsız ve paralel olarak ilerleyebilir [40]. Ürün mimarisinin en yaygın kullanılan tanımlarından biri Şekil 2.3.'de gösterilmiştir. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

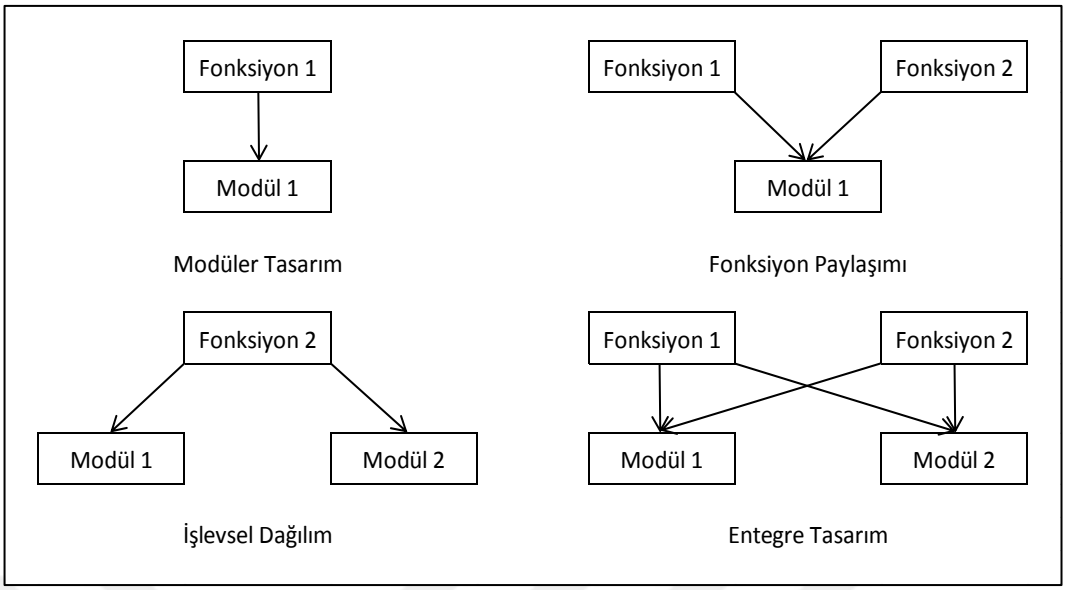
- Fonksiyonel elemanların düzenlenmesi
- Fonksiyonel elemanlardan fiziksel bileşenlere eşleme
- Etkileşen fiziksel bileşenler arasındaki arayüzlerin özellikleri



Şekil 2.3. Ürün mimarisinin tanımı [40]

Bir ürünün işlevi, ürünün fiziksel özelliklerinin tersine yaptığı şeydir [40]. Örneğin, en genel seviyede, bir aracın işlevi, sürücüyü A noktasından B noktasına taşımaktır. Bu genel işlev daha sonra birkaç alt fonksiyona ayrılabilir, örneğin araçta doğru sıcaklığa sahipken, ulaşım güvenli bir şekilde yapılmalıdır. Bu alt fonksiyonlar, ürün içindeki bir veya birkaç farklı bileşen veya modülde gerçekleştirilir. Bileşenlerde bu işlevler nasıl gerçekleştirilir, fonksiyonel elemanlardan fiziksel bileşenlere eşleme, ürün mimarisinin ikinci yönüdür. Ürün mimarisi tanımının üçüncü yönü, arayüzlere odaklanır. Arayüz şartnamesi, bileşenlerin arayüleri arasındaki birincil etkileşimlerin protokolünü tanımlar ve ayrıca geometrik bir bağlantının olup olmadığını belirler [40].

Şekil 2.4.'de gösterildiği gibi haritalamanın fonksiyonel elemanlardan fiziksel bileşenlere nasıl yapıldığı ile karakterize edilen dört tip ürün mimarisini ayırt eden çalışmalar yapılmıştır [41].



Şekil 2.4. Farklı ürün mimarileri [41]

Yukarıdaki araba örneğini alırsak, bunun anlamı, bir aracın sürücüsünü güvenli bir şekilde taşıyan ve araçta doğru sıcaklığa sahip olan işlevlerin, ürün içindeki farklı modüllerde ve bileşenlerde nasıl gerçekleştirildiğini gösterir. Ürün mimarisinin en basit biçimi, bir fonksiyonun tek bir modüle tahsis edildiği modüler tasarımdır. Örneğin, bir aracın sürücüsünün güvenli bir şekilde taşınması işlevinin tek bir modülde serbest bırakılması halinde bu durum söz konusu olabilir. En karmaşık biçim, çeşitli işlevlerin birkaç farklı modüle ayrıldığı entegre tasarımdır. Entegre tasarım aslında, bir sürücünün güvenli bir şekilde taşınması işlevinin gerçekleştirilmesi için geçerlidir. Bu işlev, arabadaki birçok farklı modülün parçaları olan bileşenler tarafından gerçekleştirilir - örneğin kokpit modülü, ön koltuk modülü, ön modül vb. Aynı zamanda, kokpit modülü, sadece 'bir aracın sürücüsünü güvenli bir şekilde taşıma fonksiyonunu değil, aynı zamanda araçta doğru sıcaklığa sahip olma fonksiyonunu da gerçekleştirir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Segman üretiminde çoklu döküm yolu ile üretilen segmanların ilk mekanik proseslerinden biri de kesme prosesidir. Bu proses genel itibarı ile kesilecek segmanlardan oluşan bir paket ve bir kesici gövde ile gerçekleştirilir.

Bu çalışmada iki farklı kesici gövde tasarımı kullanılarak aynı ürünün proses çıktı kalitesi üzerinden mukayesesi yapılmıştır. Kesici gövdeler mevcut tasarım olan tek parçalı ve yeni tasarlanan modüler çok parçalı olarak denemelerde kullanılmıştır. Tek seferde çoklu kesme işlemi yapan bu gövdeler mevcut durumda tek parça gövdeden üretilmektedir. Deneme çalışmasında her bir kesici disk ve kesici diskler arasına yerleştirilen lameller ayrı ayrı üretilmiş ve montaj yapılarak kullanılmıştır. Denemesi yapılan modüler tasarım ile mevcut tasarım arasında işlenen ürün kalitesi açısından farklılıklar olup olmadığı incelenmiş ve kesici gövdelerin mukayesesi yapılmıştır.

3.1. İş Parçası ve Kesici Takım Malzemeleri

Bu çalışmada kullanılan segman (iş parçası) malzemesi, üretim tesisinin ürettiği segmanların malzemeleri arasında en çok paya sahip olan, alaşımsız, ısıl işlemsiz, lamel grafitli gri dökme demir olarak seçilmiştir. Bu malzemenin sertlik değeri 97 ÷ 108 HRB arasındadır. Kimyasal bileşimi ise Tablo 3.1.'de belirtildiği gibidir.

Tablo 3.1. İş parçası kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim	C	Si	Mn	P	S	Cr
% Kütlesel	2,8 ÷ 3,8	2 ÷ 3	0,5 ÷ 0,9	0,3 ÷ 0,7	max.0,15	0,15 ÷ 0,6

Kesici gövde malzemesi olarak ise krom-nikel-molibden-vanadyum alaşımlı, yüksek sıcaklıklarda sürekli tekrarlanan çarpışmaya dirençli, yüksek sıcaklıkta tokluğa, iyi derecede meneviş dayanıklılığına sahip, yağ veya hava ile sertleştirilebilen ve yüksek sertlik alabilen 1,2714 (55NiCrMoV7) sıcak iş takım çeliği kullanılmıştır.

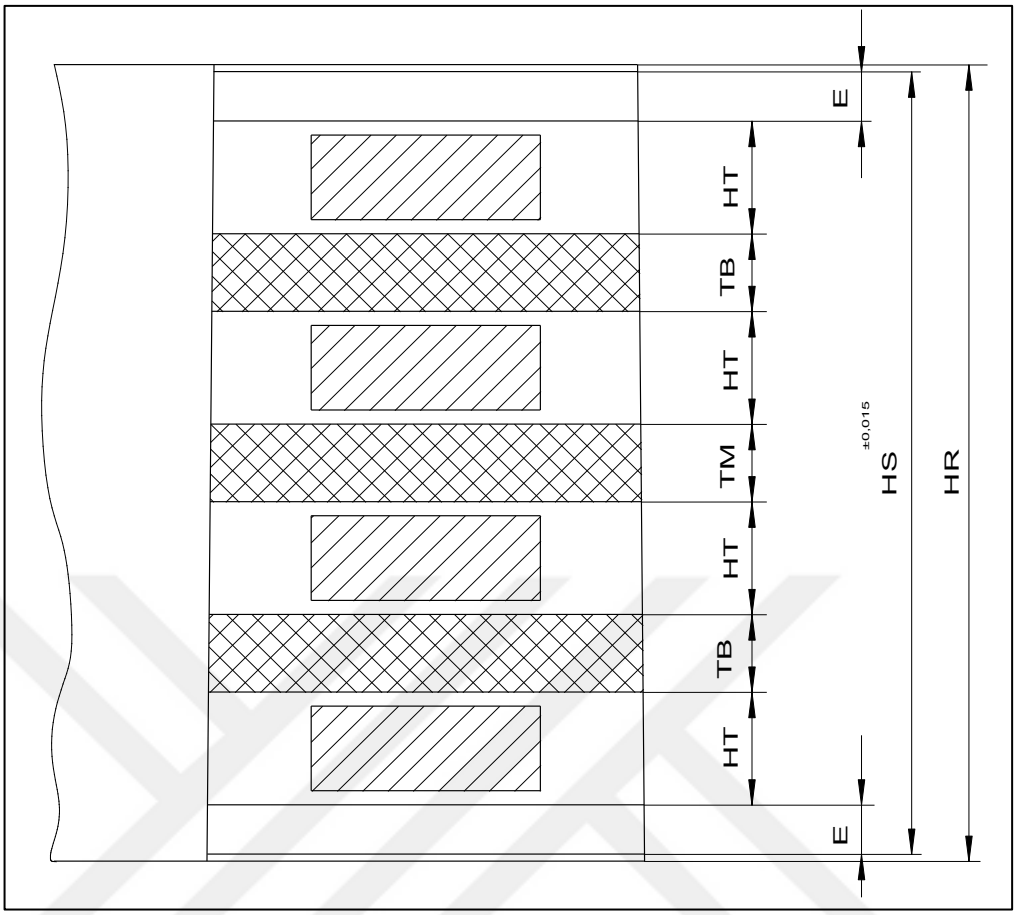
Bu kesici gövde malzemesi üzerinde 275 µm kalınlığında cBN (Cubic Boron Nitride) kaplama mevcuttur. Tablo 3.2.'de kesici gövde malzemesi ile ilgili detay bilgiler verilmiştir.

Tablo 3.2. Sıcak iş çeliği 1,2714

TÜRÜ	Sıcak İş Çeliği
ALAŞIM ELEMANLARI %	C: 0,55 / Si: 0,25 / Mn: 0,75 / Cr: 1,1 / Mo: 0,5 / Ni: 1,7 / V: 0,10 / W: -
DIN Normu	1,2714 56 NiCrMoV 7
BS Normu	~5 (BS224)
AFNOR Normu	~55 NCDV7
UNI Normu	56 NiCrMoV7 KU
UNE Normu	55 NiCrMoV 7 F5307
AISI Normu	~L6
JIS Normu	~SKT4
Yumuşatma tavı derecesi (^oC)	650 - 700
Yumuşatma tavından sonraki sertlik (HB)	Maksimum 248
Gerilim alma derecesi (^oC)	Yaklaşık 650
Sertleştirme derecesi (^oC)	830 - 870 (yağda) 870 - 900 (havada)
Sertleştirmeden sonraki sertlik (HRC)	52 - 58 (yağda) 44 - 50 (havada)
Menevişlemeden sonra elde edilen takribi sertlik (HRC)	400 ^oC: 50 (y.) 48 (H) / 500 ^oC: 46 (y.) 44 (H) / 600 ^oC: 40 (y.) 38 (H) / 700 ^oC: - (y.) - (H)
Oda sıcaklığındaki takribi yoğunluk	7,80 g/cm^3

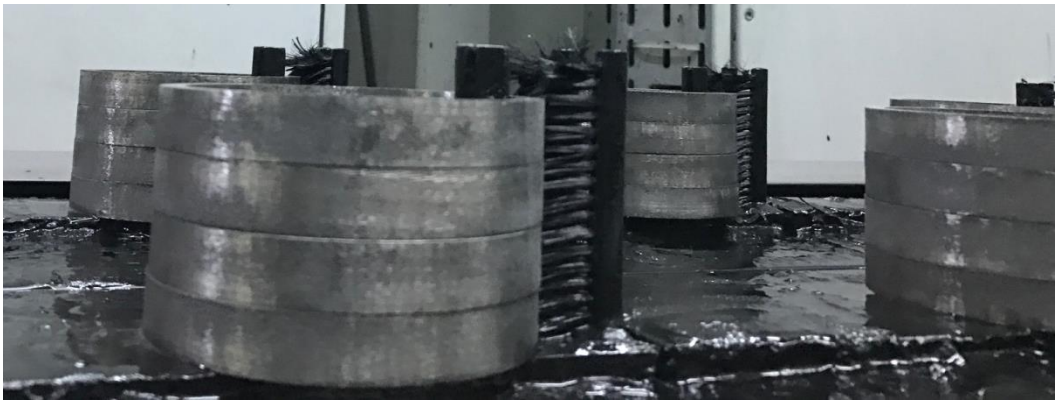
3.2. Segman (İş Parçası) Geometrisi

Bölüm 3.1'de belirtilen gri dökme demir malzemeli segman döküldükten sonra sırasıyla iç/dış taşlama ve kesme önü alın yüzey taşlama proseslerine girer. Daha sonra segmanlar Şekil 3.1.'de belirtilen geometride kesme prosesine gelir.



Şekil 3.1. Segman çoklu kesme geometrisi

Burada HR döküm yüksekliği, HS ise kesme önü taşlama sonrası elde edilen segman yüksekliğidir. E, TB, TM ile belirtilen alanlar da cBN kaplı kesici gövde ile kesilerek atılacak olan bölgelerdir. Geometrinin içerisinde kalmış 4 adet taranmış dikdörtgen alan ise nihai çıkacak segman ölçüsünü göstermektedir. Kesme işlemi Şekil 3.1.'de gösterilen geometriye sahip 4 döküm segmanın üst üste koyularak elde edilen kesme paketi ile gerçekleştirilir. Şekil 3.2.'de tezgah konveyörü üzerinde kesme için hazırlanmış paket görülmektedir. Segman paketleri kesme tezgâhına bu şekilde girerek her bir döküm segman 4'e kesilir. 4 döküm segmandan (1 paket) 16 adet kesilmiş segman elde edilir. Kesme prosesi öncesi ve sonrası segmanların görselleri Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Segman kesme paketi

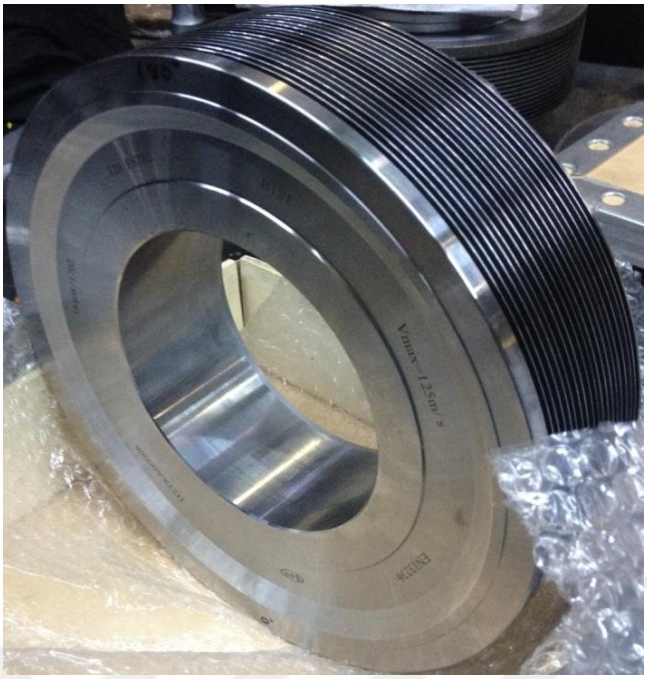


(a) (b)

Şekil 3.3. Segman kesme prosesi girdi ve çıktısı a) Kesme öncesi, b) Kesme sonrası

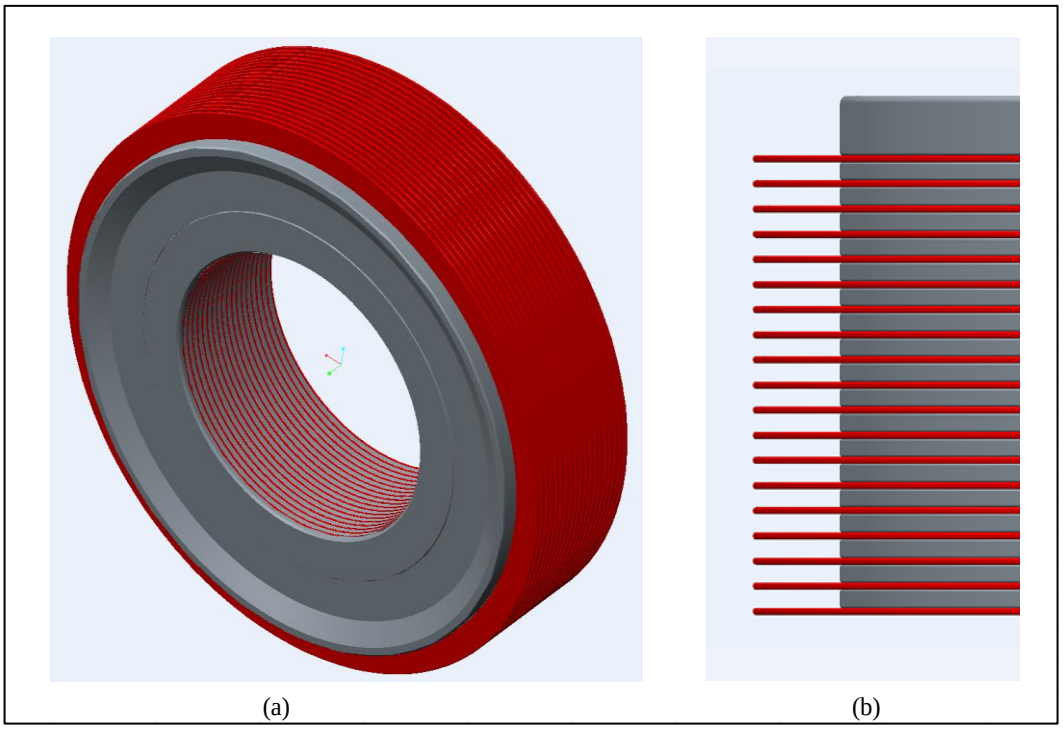
3.3. Kesici Gövde Geometrisi

Sıcak İş Çeliği 1,2714 malzemeli kesici gövde geometrisi mevcut durumda tek parçadan oluşmaktadır. Şekil 3.4.'de tek parça kesici gövde görülmektedir. Tek parça kesici gövde dolu malzemeden işlenmekte ve şekilde de görülen lamel kesiciler özel taşlama prosesleri ile elde edilebilmektedir. Üretimi oldukça zor olan bu gövdenin kesim yapan yüzeyleri 275 µm kalınlığında cBN kaplama ile kaplanmaktadır. Bu sayede yüksek devirde hızlı ilerleme ile kesim yapmak mümkün olabilmektedir. Kesici gövdenin yüksekliği boyunca segman paketi kesilerek çoklu segmanlar birbirinden ayrılmaktadır.



Şekil 3.4. Tek parça cBN kaplı kesici gövde

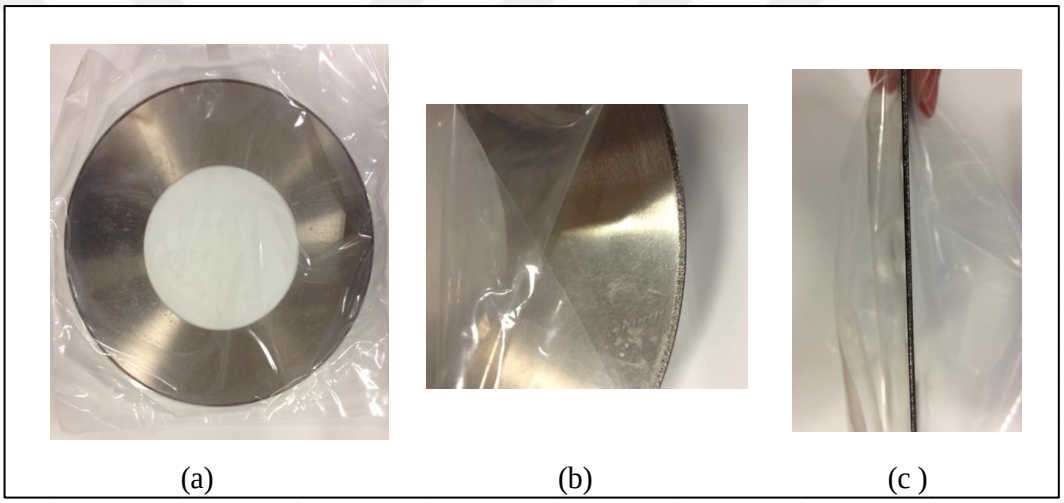
Bu çalışmada tek parçalı kesici gövdeye alternatif olarak modüler tasarıma sahip çok parçalı kesici gövde tasarımı üzerinde çalışılmış ve nihai olarak Şekil 3.5.'de üç boyutlu modeli görülen tasarım ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.5. Çok parçalı cBN kaplı kesici gövde (modüler tasarım) a) Perspektif görünüş, b) Ön görünüş

Bu tasarımda Şekil 3.5.'de görülen kırmızı parçalar cBN kaplı kesici disklerdir. Her bir kesici disk, mevcut tasarımda da olduğu gibi 275 µm kalınlığında cBN kaplama ile kaplanmıştır. Bu kesici disklerin arasında kesme yüksekliğini ayarlamaya yarayan yine Şekil 3.5.'de gri renkte görülen ara lameller kullanılmıştır. Böylelikle istenen lamel yüksekliği kullanılarak kesilecek segman yükseklikleri ayarlanabilmektedir. Çok parçalı kesici gövde tasarımı yapılırken mevcut tek parça gövde malzemesi, ölçüleri ve flanş bağlantı sistemi korunmuştur.

Kesici diskler Yurt Dışı tedarikçiye yaptırılarak cBN kaplı şekilde ithal edilmiş, ara lameller ve flanş bağlantı parçaları ise Türkiye'de yaptırılmıştır. Şekil 3.6.'da cBN kaplı ithal kesici disk görselleri verilmiştir.

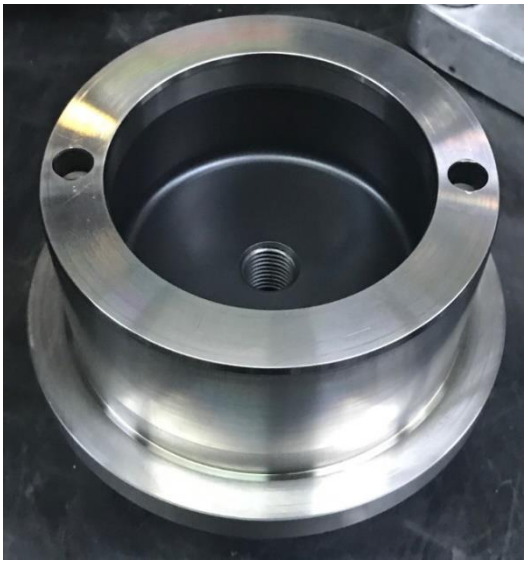


Şekil 3.6. cBN kaplı ithal kesici disk a) Üst görünüş, b) cBN kaplı bölge, c) Ön görünüş

3.4. Çok Parçalı Kesici Gövde Montajı

Çok parçalı bir kesici gövdede 19 adet kesici disk ve 18 adet ara lamel bulunmaktadır. Kesim yapılacak segman ölçüsüne göre disk ve lamel kalınlıkları istendiği gibi temin edilip farklı kesme yükseklikleri elde edilebilir.

Çok parçalı kesici gövde montajı, Şekil 3.7.'de gösterilen flanş üzerine sırasıyla bir kesici disk (ısıtılarak) ve sonra bir ara lamel üst üste koyularak yapılmıştır (toplam 19 kesici disk, 18 ara lamel). En üste de Şekil 3.5. a)'da görülen gri renkli üst kapak yerleştirilmiştir. Daha sonra mevcut flanş bağlantı parçaları ile diskler ve lameller sıkıştırılarak montaj tamamlanmıştır.



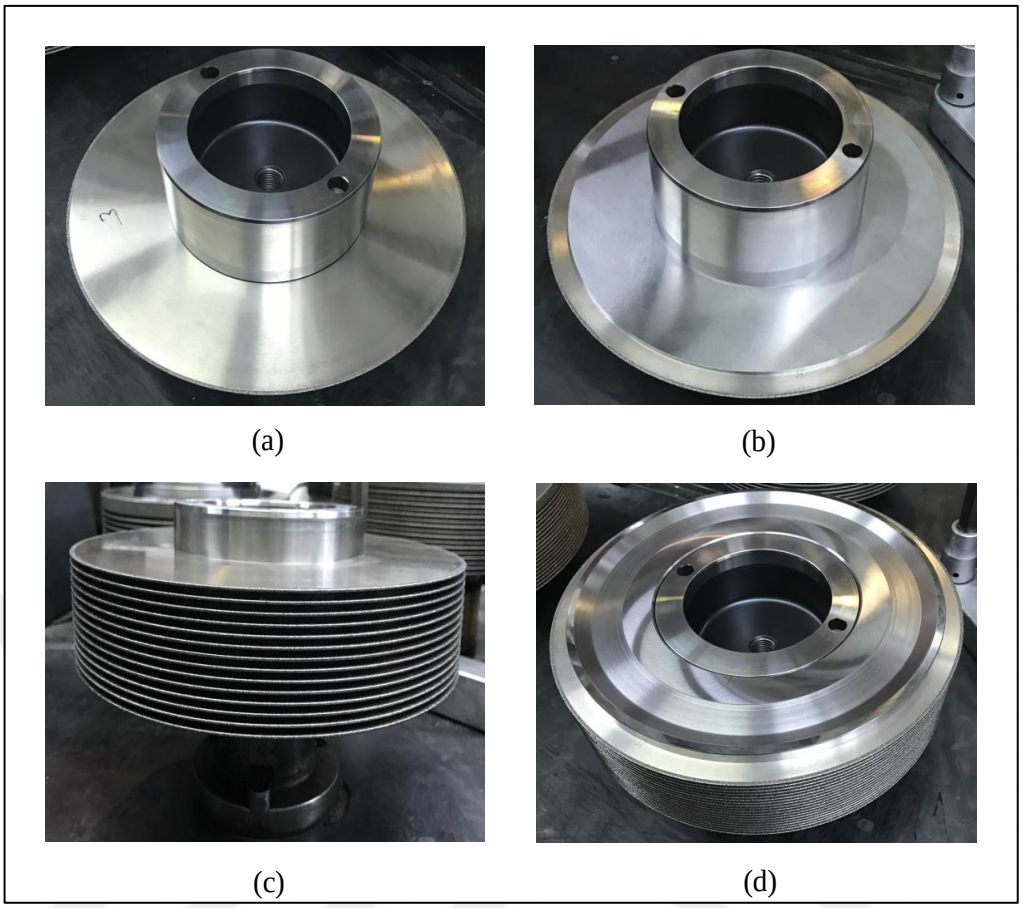
Şekil 3.7. Bağlantı flanşı

Bağlantı flanşı üzerine geçirilmek üzere önce Şekil 3.6.'da gösterilen cBN kaplı kesici diskler Şekil 3.8.'de gösterildiği gibi bir ısıtıcı yardımıyla ısıtılır.



Şekil 3.8. Kesici gövde ısıtıcısı

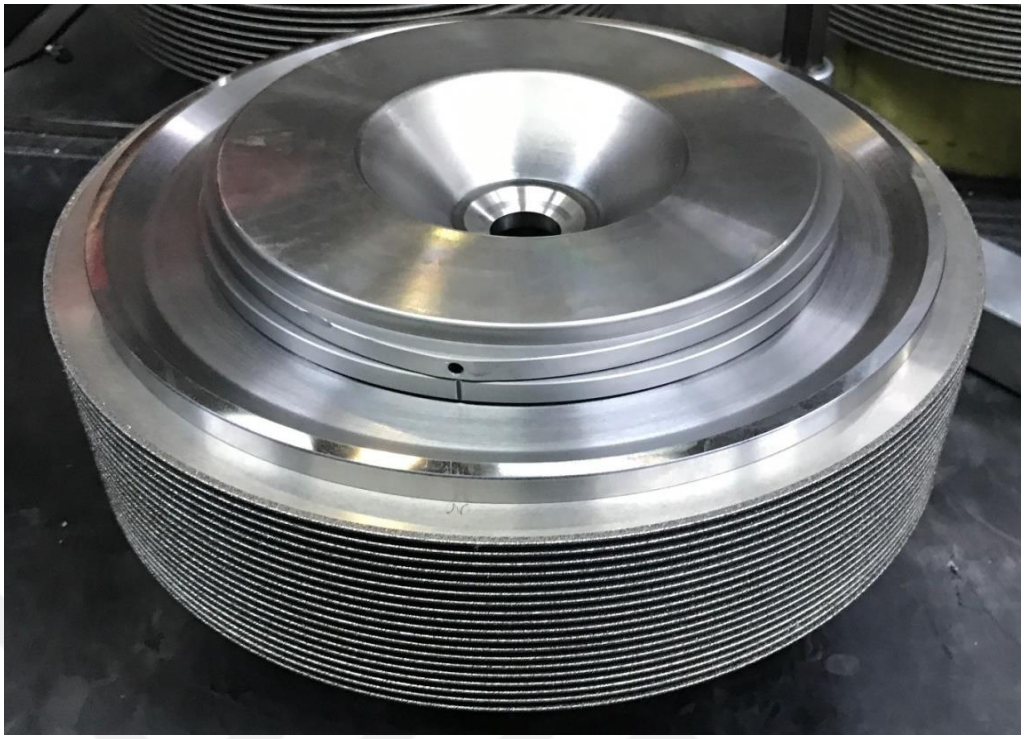
Daha sonra ısıtılan kesici diskler, ara lameller ve üst kapak Şekil 3.9.'da görüldüğü gibi flanşa yerleştirilir.



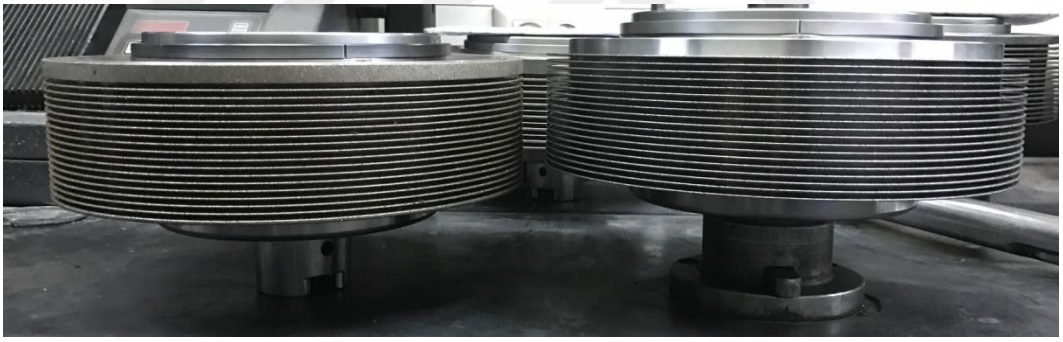
Şekil 3.9. Çok parçalı kesici gövde montaj aşamaları a) İlk kesici disk montajı, b) İlk ara lamel montajı, c) Son kesici disk montajı, d) Üst kapak montajı

Flanşa yerleştirilen kesici diskler, ara lameller ve üst kapaktan sonra flanşın üst kapağı kapatılarak sıkıştırılır ve montaj tamamlanmış olur. Şekil 3.10.'da flanş ile birlikte monte edilmiş kesici gövde görülmektedir. Görüldüğü gibi flanş üst kapağında balans alma işlemi esnasında kullanılacak balans alma halkaları da mevcuttur.

Montaj sonucu ortaya tek parça kesici gövde ile eşit aralıklara sahip bir kesici gövde çıkmıştır. Şekil 3.11.'de tek parçalı ve çok parçalı kesici gövdelerin görselleri paylaşılmıştır. Sol tarafta tek parçalı, sağ tarafta ise çok parçalı kesici gövde görülmektedir.



Şekil 3.10. Flanşlı kesici gövde (montaj tamamlanmış)



Şekil 3.11. Tek parçalı ve çok parçalı kesici gövdeler

3.5. Çok Parçalı Kesici Gövde Balans Alma İşlemi

Montajı tamamlanan çok parçalı kesici gövdenin, kesme işlemini gerçekleştirmeden önce balansının alınması gerekmektedir. Aksi takdirde kesici gövde makineye bağlandıktan sonra salgılı kesme gerçekleşir ve çıkan segmanların paralelliği bozulur. Balans alma işlemi Şekil 3.12.'de gösterilen HAIMER marka Tool Dynamic 2002 Model balans alma cihazı ile gerçekleştirilir. Bu işlem için öncelikle monte edilmiş flanşlı kesici gövde balans alma cihazına yerleştirilir. Balans alma cihazında, kesme makinesindeki flanş bağlantısının aynısı mevcuttur.



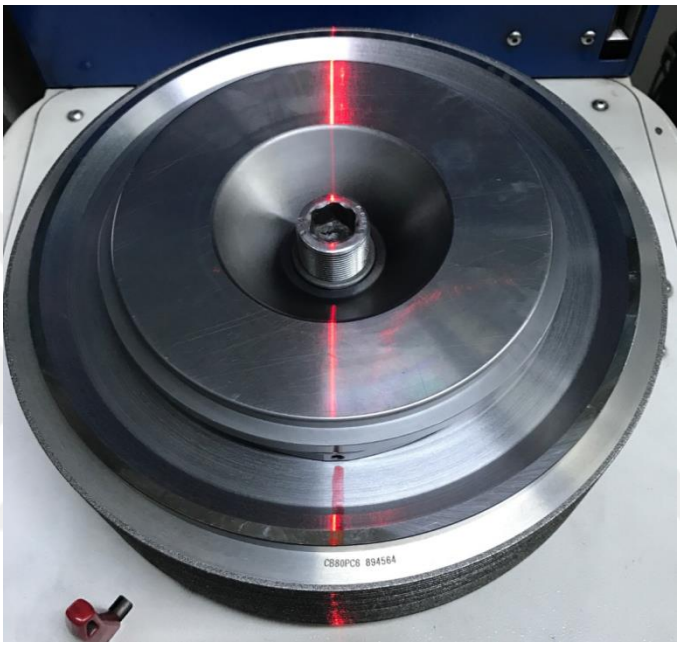
Şekil 3.12. Balans alma cihazı

Balans alma cihazına yerleştirilmiş çok parçalı kesici gövde Şekil 3.13.'de görülmektedir.

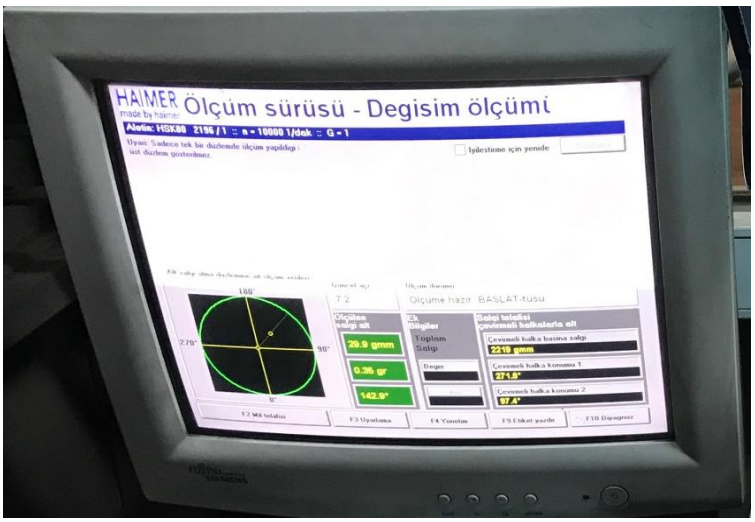


Şekil 3.13. Balans alma cihazına yerleştirilmiş çok parçalı kesici gövde

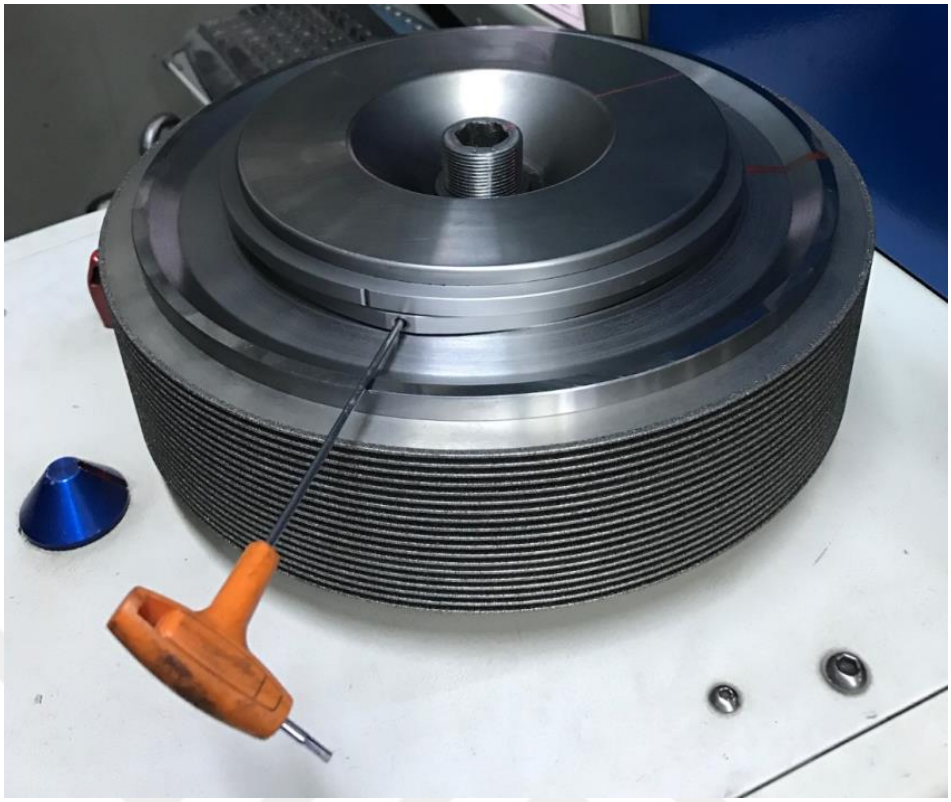
Balans almak için öncelikle cihazın lazer işaretleyicisinin gösterdiği hiza Şekil 3.14.'de gösterildiği gibi bir kalem ile işaretlenir. Sonrasında kesici gövde döndürülür ve Şekil 3.15.'de gösterilen yazılım yardımıyla balans değeri okunur. Okunan değer tolerans dışında ise flanş kapağı ile kesici gövdeye monte edilmiş balans alma halkalarının yeri, yazılımın yönlendirmesi ile Şekil 3.16.'da gösterildiği gibi değiştirilir ve kesici gövde tekrar döndürülerek yeni balans değeri okunur. Bu işlem uygun salgı değeri yakalanana kadar devam eder.



Şekil 3.14. Balans alma cihazı lazer işaretleyici



Şekil 3.15. Balans alma cihazı yazılımı



Şekil 3.16. Balans alma halkası konum ayarlaması

Balans alma halkaları şekilden de görüldüğü gibi dış çapı elips şeklindedir. Buna karşılık iç çapları ise tam daire şeklindedir. Bu sayede konum değişiklikleri tüm kesici gövdenin balansını almada yardımcı olmaktadır.

3.6. Segman Kesme Makinesi

Çoklu veya çift dökülmüş segmanlar Şekil 3.17.'de gösterilen makine ile kesilerek ayrılır. Tezgahta hem kesici disk hem de segman paketi dönerek kesme işlemi gerçekleştirilir. Kesici diskin her bir lameli segman paketi boyunca ilerleyerek segmanlar birbirinden ayrılır. Makinede soğutma sıvısı olarak özel bir kesme yağı kullanılmaktadır. Makine manyetik bir filtrasyon sistemine sahiptir. 3 Eksen CNC kesme makinesi 10.000 devir/dakika ile kesim yapabilmektedir. Yükleme ve boşaltma sistemler manueldir. İç çaptan sıkıştırılarak tutulan segman paketi dış çaptan yaklaşan kesici gövde ile kesilmektedir. Kesme hızı ve ilerleme makineyi ayarlamak için kullanılan ana parametrelerdir.



(a) (b)

Şekil 3.17. Segman kesme makinesi a) Yükleme bölümü, b) Boşaltma bölümü

3.7. Ölçüm Ekipmanları

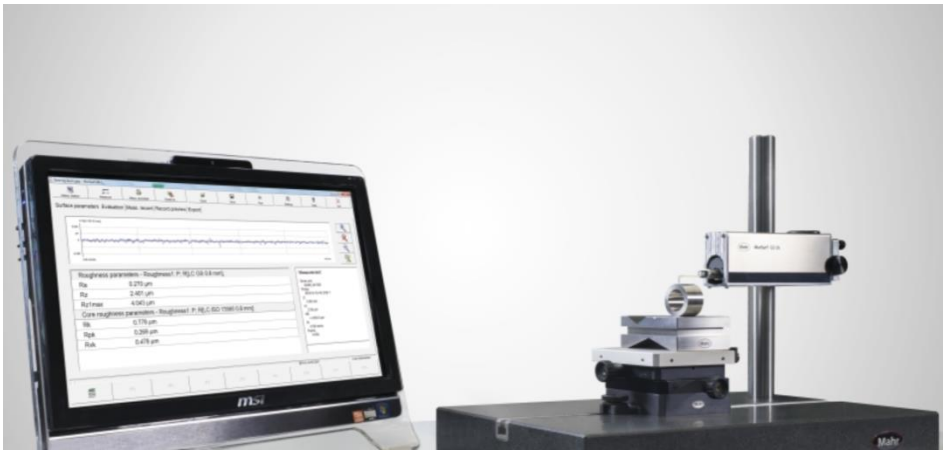
Yapılan denemeler sonrası elde edilen ürün kalitesi üç önemli karakteristik üzerinden takip edilmiştir. Bu karakteristikler, segman yüksekliği, paralelliği ve alın yüzey pürüzlülüğüdür. Segman kesme prosesinin çıktıları bu karakteristiklerin ölçümü ile değerlendirilir.

Segman yüksekliği ve paralelliği Şekil 3.18.'de gösterilen GOETZE marka özel tasarım segman yükseklik ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Segman yüksekliği, segmanın alın yüzeylerine aynı anda temas eden iki adet prob yardımı ile ölçülmektedir. Bu problar arasında kalan mesafe segman yüksekliğini vermektedir. Segman çevresi boyunca, segman ağzını referans alarak 45°, 180° ve 315° açılarında yapılan segman yükseklik ölçümleri arasındaki en büyük fark da segman paralelliğini vermektedir. Segman ölçümü Şekil 3.18.'de görüldüğü gibi iki parmakla segman alın yüzeyini ölçüm düzlemine bastırarak yapılır. Ölçüm sonucu dijital ekrandan okunarak kayıt edilir. Ölçüm cihazı ayarı Johnson mastarları ile ilgili prosesin segman yüksekliğine göre ayarlanarak yapılmaktadır.



Şekil 3.18. Segman yükseklik ölçüm cihazı

Kesme prosesinin bir diğer önemli çıktısı olan alın yüzey pürüzlülüğü, Şekil 3.19.'da gösterilen MAHR marka MARSURF XR1 model cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.19. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

Ölçüm işlemi ilgili prosesten hemen sonra segmanlar temizlenerek yapılmaktadır. Alın yüzey pürüzlülüğü ölçümü için segmanlar serbest halde ölçüm düzlemi üzerine konulur ve prob 5,2 mm boyunca alın yüzeyinde kesme izlerine 90° açı olacak şekilde ilerler ve Rz olarak pürüzlülük sonuçları bilgisayardan okunur.

3.8. Proses Parametreleri

Segman Kesme Makinesinin ana parametreleri Tablo 3.3.'de verilmiştir. Kesilecek ürünün geometrik ölçülerine ve malzemesine bakılarak kesme hızı ve ilerleme parametrelerinin ayarlanmasıyla en iyi çıktı kalitesi elde edilmeye çalışılır.

Tablo 3.3. Kesme prosesi parametreleri

Kesme Hızı	İlerleme	Kesme Yağı	Talaş Hacmi
120 m/s	0,1 mm/devir	Castrol Ilocut 510	200 mm^3/dak.

Tablo 3.3.'de verilen parametreler bu çalışmanın denemelerinde segman kesimi için kullanılan parametrelerdir.

3.9. Uygulama Yöntemi

Bu çalışmada segman kesme makinesinde kullanılan kesici gövde tasarımı, modüler tasarımın esasları kullanılarak geliştirilmiş ve ıskarta maliyetleri düşürülmüş, bir çok ölçüye adapte edilebilen ve stok maliyeti düşük yeni bir tasarım elde edilmiştir. Yeni tasarlanan çok parçalı kesici gövde modüler tasarımının getirdiği avantajlarının yanı sıra kestiği ürün kalitesini de korumuştur.

Çok parçalı kesici gövdenin tek parçalı kesici gövde ile mukayesesi çıkan ürün kalitesi üzerinden yapılmıştır. İki gövde ile aynı şartlar altında işlenen segmanlar ölçülmüş ve sonuçlar mukayese edilmiştir.

Her iki kesici gövdenin segman ile temas eden kesme yapan lamel geometrileri ve gövdelerin flanş bağlantıları aynıdır. Böylelikle segman ölçüleri ve tezgâh bağlantısı sebepli doğabilecek farklılıklar ortadan kaldırılmıştır.

Uygulama için öncelikle üretimi en yoğun olan ürünlerden biri seçilmiştir. Deneme ürün ölçüleri Tablo 3.4.'de verilmiştir. 14,4 mm yüksekliğindeki segman kesilerek her biri 2,15 mm olan 4 segman elde edilir. Yani 1 döküm segmandan 4 segman çıkarılır. Kesme işlemi paketler halinde yapılmaktadır. Bu segmandan oluşan pakette toplam 4 adet 14,4 mm ölçüsünde segman vardır. Dolayısıyla bir seferde 4 döküm segmanı kesilerek toplam 16 adet segman elde edilmektedir.

Tablo 3.4. Deneme segman ölçüleri

Döküm Dış Çap	Döküm İç Çap	Döküm Yüksekliği
82,4 mm	72,3 mm	14,4 mm

Denemeler aynı partiden dökülmüş segmanlardan yapılmıştır. Her bir kesici gövde tasarımı ile toplam 300 adetlik segman partileri kesilmiştir. Her 300 adetlik üretimin başlangıcından 1 paket (16 segman), ortasından 1 paket (16 segman) ve sonundan 1 paket (16 segman) segman olmak üzere toplam 48 adet segman ölçüm için ayrılmıştır. Yani mevcut kesici gövde için 48 adet ve çok parçalı modüler tasarım için 48 adet olmak üzere toplam 96 adet segmanın kesme işlemi sonrası detay ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler aşağıda belirtilmiştir:

- Segman yüksekliği
- Kesme yüzeyi paralelliği
- Üst kesme yüzeyi pürüzlülüğü (Rz)
- Alt kesme yüzeyi pürüzlülüğü (Rz)

Yapılan ölçümler ile her iki kesici gövde ile kesilmiş segmanlar kalite yönünden mukayese edilmiştir. Çıkan sonuçlar yorumlanmış ve yeni geliştirilen çok parçalı modüler kesici gövdenin, mevcut tasarım kesici gövde ile karşılaştırması yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan denemeler sonrası her bir kesici gövdenin kestiği 300 adetlik üretim partilerinden 3'er grup halinde alınan toplam 96 adet segman üzerinden öncelikle segman yüksekliği ve kesme yüzeyi paralelliği ölçümü yapılmıştır. Sonrasında aynı segmanların alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Grafiklerde alınan ölçümlerin ortalamaları kullanılmıştır. Grup 1 üretim partilerinin başlangıcından alınan segmanları, Grup 2 üretim partilerinin ortasından alınan segmanları, Grup 3 ise üretim partilerinin sonundan alınan segmanları temsil etmektedir. Mevcut tasarım kesici gövde ile üretilmiş Grup 1 segmanların segman yüksekliği ve paralellikleri Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Grup 1 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği

GRUP 1 : MEVCUT TASARIM SEGMAN YÜKSEKLİĞİ					
RESİM NO:		**ÇAP**		**RESİM DEĞERİ**	
10566548		**76 mm**		**2,15 $^{-0,05 + 0,15}$ mm**	
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**			**Ortalama**	**Paralellik**
	45°	**180°**	**315°**		
1	2,14	2,13	2,16	2,14	0,03
2	2,13	2,17	2,15	2,15	0,04
3	2,15	2,12	2,16	2,14	0,04
4	2,14	2,16	2,14	2,15	0,02
5	2,12	2,15	2,13	2,13	0,03
6	2,16	2,17	2,14	2,16	0,03
7	2,14	2,13	2,12	2,13	0,02
8	2,13	2,12	2,16	2,14	0,04
9	2,12	2,15	2,13	2,13	0,03
10	2,17	2,14	2,13	2,15	0,04
11	2,15	2,14	2,13	2,14	0,02
12	2,13	2,16	2,12	2,14	0,04
13	2,14	2,13	2,16	2,14	0,03
14	2,15	2,12	2,13	2,13	0,03
15	2,13	2,17	2,15	2,15	0,04
16	2,16	2,12	2,13	2,14	0,04

Mevcut kesici gövde ile kesilen segmanların Tabloda 4.1.'de görüldüğü gibi segman yüksekliği için istenen resim değeri 2,05…2,30 mm arasındadır. Segmanların çevresel olarak 3 noktasından alınan ölçümlere göre 16 adetlik 1.grup segmanlar için segman yüksekliği sonuçları 2,12…2,17 mm arasında gelmiştir. Paralellik sonuçları ise 0,02…0,04 mm arasında değişmektedir. Segman yüksekliği sonuçlarından bir ortalama çıkarılmıştır ve bu ortalama değeri üzerinden mukayeseler yapılacaktır.

Aynı segmanlar üzerinden alınan alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonuçları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Grup 1 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri

GRUP 1 : MEVCUT TASARIM YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ		
RESİM NO:		**ÇAP**
10566548		**76 mm**
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**	
	Üst Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)	**Alt Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)**
1	6,18	5,38
2	7,46	6,59
3	6,42	6,93
4	6,75	5,58
5	5,04	6,47
6	7,34	6,24
7	5,46	6,21
8	5,84	6,76
9	6,97	5,69
10	5,09	6,23
11	5,46	6,02
12	5,76	6,63
13	6,47	5,24
14	6,63	5,84
15	5,76	6,16
16	5,18	5,47

Mevcut kesici gövde ile kesilen, proses değeri Rz max.12 µm olan Grup 1 segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri Rz 5,04…7,46 µm arasında gelmiştir.

Aynı döküm partisinden alınan diğer 300 adetlik üretim partisi, modüler tasarım kesici gövde ile kesilmiş ve üretim partisi başından alınan 16 adet Grup 1 segmanların segman yüksekliği ve paralellik sonuçları Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Grup 1 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği

GRUP 1 : MODÜLER TASARIM SEGMAN YÜKSEKLİĞİ					
RESİM NO:		**ÇAP**		**RESİM DEĞERİ**	
10566548		**76 mm**		**2,15 $^{-0,05 + 0,15}$ mm**	
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**			**Ortalama**	**Paralellik**
	45°	**180°**	**315°**		
1	2,13	2,11	2,12	2,12	0,02
2	2,10	2,12	2,11	2,11	0,02
3	2,10	2,14	2,10	2,11	0,04
4	2,15	2,12	2,14	2,14	0,03
5	2,11	2,15	2,12	2,13	0,04
6	2,12	2,13	2,11	2,12	0,02
7	2,14	2,13	2,12	2,13	0,02
8	2,13	2,10	2,12	2,12	0,03
9	2,11	2,11	2,13	2,12	0,02
10	2,11	2,10	2,14	2,12	0,04
11	2,12	2,11	2,13	2,12	0,02
12	2,13	2,10	2,12	2,12	0,03
13	2,10	2,11	2,13	2,11	0,03
14	2,13	2,10	2,13	2,12	0,03
15	2,13	2,11	2,10	2,11	0,03
16	2,11	2,12	2,13	2,12	0,02

Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların çevresel olarak 3 noktasından alınan ölçümlere göre 16 adetlik 1.grup segmanlar için segman yüksekliği sonuçları Tabloda 4.3.'de görüldüğü gibi 2,10…2,15 mm arasında gelmiştir. Paralellik sonuçları ise 0,02…0,04 mm arasında değişmektedir.

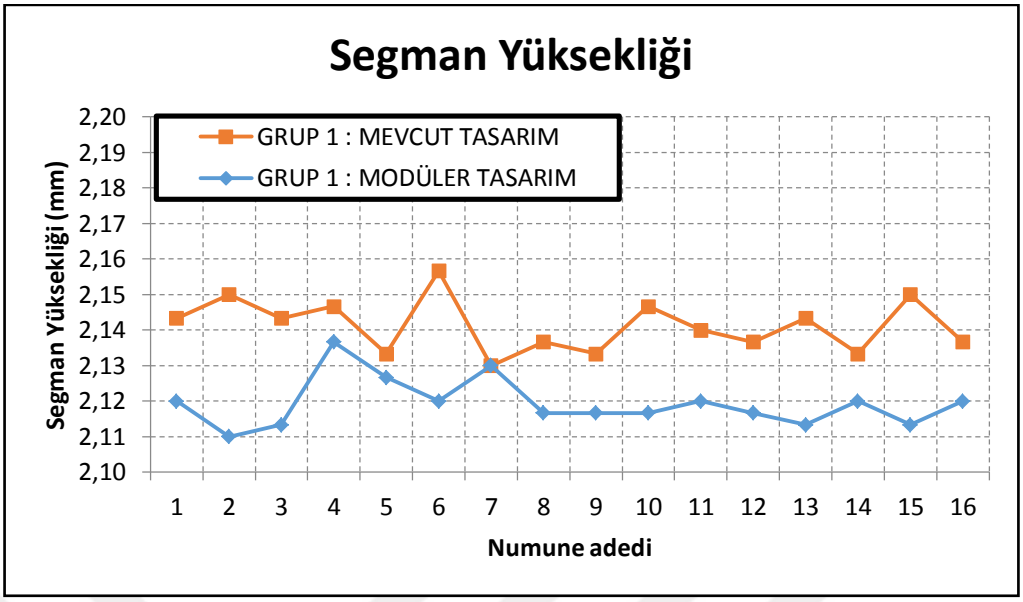
Aynı segmanlar üzerinden alınan alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonuçları Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Grup 1 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri

GRUP 1 : MODÜLER TASARIM YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ		
RESİM NO:		**ÇAP**
10566548		**76 mm**
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**	
	Üst Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)	**Alt Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)**
1	6,03	6,65
2	6,52	5,99
3	5,54	5,78
4	7,77	5,39
5	6,22	4,71
6	6,73	7,06
7	5,31	6,72
8	3,79	6,40
9	5,99	5,97
10	5,85	6,59
11	6,95	7,58
12	6,97	5,68
13	4,45	5,56
14	6,40	5,22
15	4,90	5,38
16	6,61	5,47

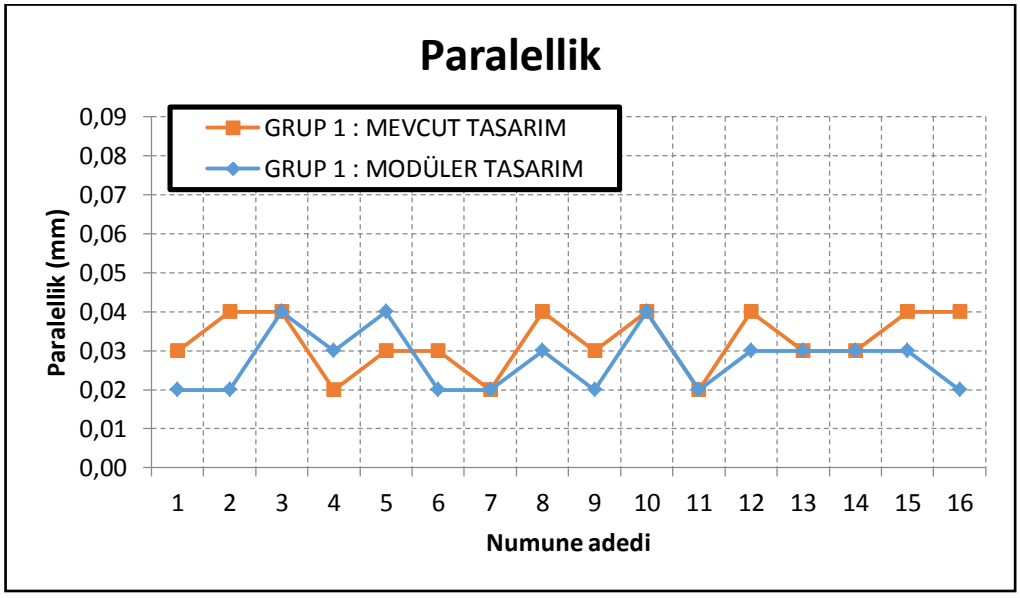
Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen, proses değeri Rz max.12 µm olan Grup 1 segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri Rz 3,79…7,77 µm arasında gelmiştir.

1.grup segmanların segman yüksekliği verileri Şekil 4.1.'de, paralellik verileri Şekil 4.2.'de kesme yüzey pürüzlülüğü verileri Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de gösterildiği gibi grafiklere dökülerek mukayese edilmiştir.



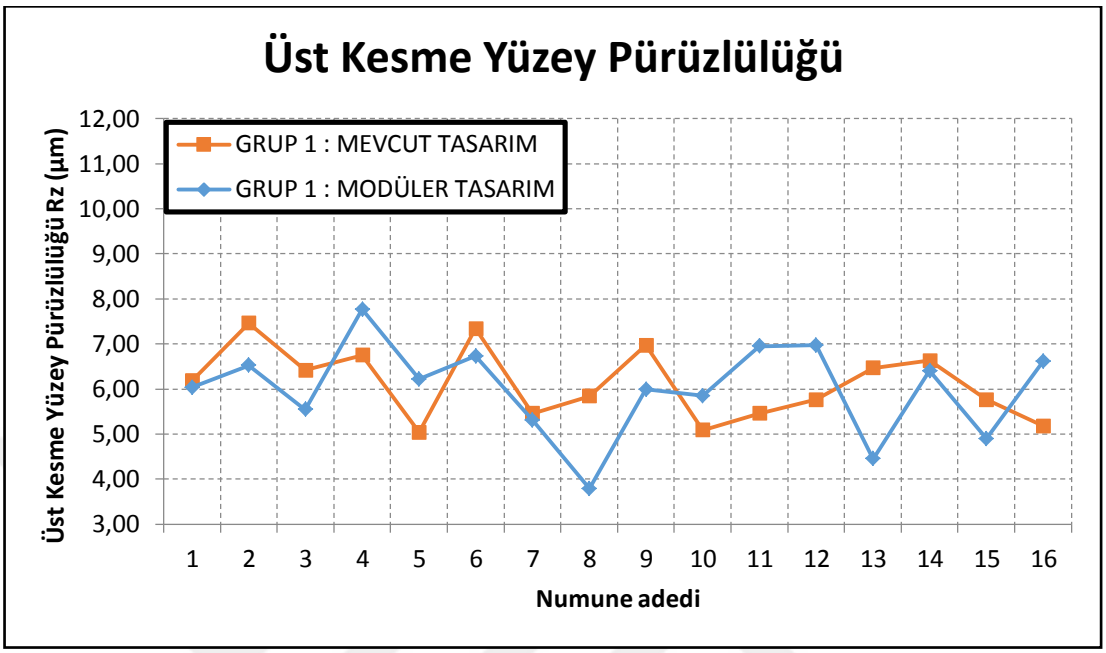
Şekil 4.1. Grup 1 segmanların segman yüksekliği mukayese grafiği

Görüldüğü gibi her iki gövdenin sonuçları proses toleransları içerisinde çıkmıştır. Ancak modüler tasarıma sahip kesici gövdenin işlediği segmanların yükseklikleri alt toleransta gelmiştir. Bu, özellikle tasarlanmış bir durumdur. Elektroliz yöntemi ile cBN kaplanmış bu gövdelerin kaplamaları kullanıldıkça aşınmakta ve dolayısıyla ömrünün sonuna doğru segman yükseklerini toleransın üst bandında çıkartmaktadır. Sıfır kesici gövdenin kestiği segman yükseklikleri ne kadar tolerans bandının altında başlarsa kesici gövdenin ömrü o kadar fazla olacaktır.

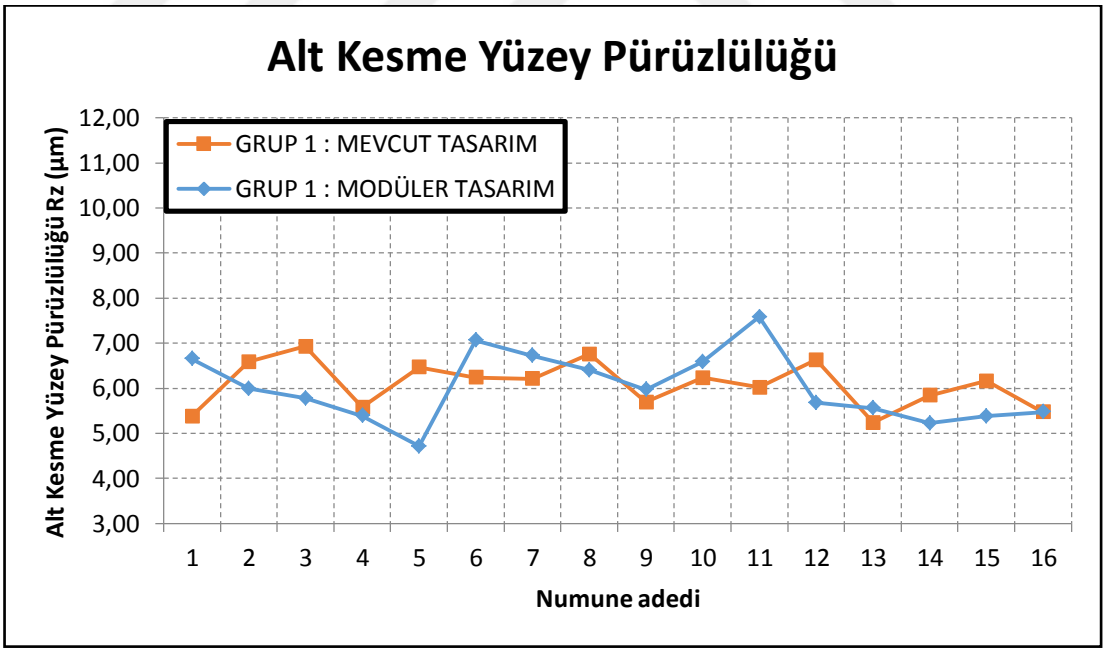


Şekil 4.2. Grup 1 segmanların paralellik ölçüsü mukayese grafiği

Her iki kesici gövdenin birbirine oldukça yakın paralellik ölçülerine sahip segmanlar üretebildiği Şekil 4.2.'de görülmektedir.



Şekil 4.3. Grup 1 segmanların üst kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği



Şekil 4.4. Grup 1 segmanların alt kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği

Yüzey pürüzlülükleri hem alt hem üst yüzeyde de Rz max.12µm değerini geçmeyecek şekilde işlenebilmiştir. Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'de gösterilen yüzey pürüzlülükleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

300 adetlik üretim partilerinin ortasından alınan 16 adetlik 2.grup segmanların yükseklikleri ve paralellikleri Tablo 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Grup 2 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği

GRUP 2 : MEVCUT TASARIM SEGMAN YÜKSEKLİĞİ					
RESİM NO:		**ÇAP**		**RESİM DEĞERİ**	
10566548		**76 mm**		**2,15 $^{-0,05 + 0,15}$ mm**	
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**			**Ortalama**	**Paralellik**
	45°	**180°**	**315°**		
1	2,17	2,15	2,16	2,16	0,02
2	2,12	2,15	2,14	2,14	0,03
3	2,13	2,16	2,15	2,15	0,03
4	2,16	2,13	2,17	2,15	0,04
5	2,14	2,12	2,16	2,14	0,04
6	2,15	2,17	2,16	2,16	0,02
7	2,16	2,13	2,12	2,14	0,04
8	2,14	2,15	2,17	2,15	0,03
9	2,12	2,16	2,14	2,14	0,04
10	2,17	2,14	2,13	2,15	0,04
11	2,13	2,15	2,14	2,14	0,02
12	2,12	2,14	2,12	2,13	0,02
13	2,16	2,14	2,17	2,16	0,03
14	2,17	2,12	2,16	2,15	0,05
15	2,14	2,13	2,16	2,14	0,03
16	2,12	2,14	2,13	2,13	0,02

Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların çevresel olarak 3 noktasından alınan ölçümlere göre 16 adetlik 2.grup segmanlar için segman yüksekliği sonuçları Tabloda 4.5.'de görüldüğü gibi 2,12…2,17 mm arasında gelmiştir. Paralellik sonuçları ise 0,02…0,05 mm arasında değişmektedir.

Aynı segmanlar üzerinden alınan alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonuçları Tablo 4.6.'de verilmiştir.

Tablo 4.6. Grup 2 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri

GRUP 2 : MEVCUT TASARIM YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ		
RESİM NO:		**ÇAP**
10566548		**76 mm**
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**	
	Üst Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)	**Alt Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)**
1	6,12	7,33
2	5,47	6,51
3	6,78	5,94
4	5,04	4,83
5	6,79	6,16
6	5,63	4,41
7	6,24	5,03
8	5,38	5,87
9	6,49	6,63
10	5,97	5,46
11	5,33	5,91
12	4,29	4,92
13	5,07	5,54
14	5,83	6,05
15	6,74	6,98
16	5,12	4,84

Mevcut kesici gövde ile kesilen, proses değeri Rz max.12 µm olan Grup 2 segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri Rz 4,29…7,33 µm arasında gelmiştir.

Aynı döküm partisinden alınan diğer 300 adetlik üretim partisi, modüler tasarım kesici gövde ile kesilmiş ve üretim partisi başından alınan 16 adet Grup 2 segmanların segman yüksekliği ve paralellik sonuçları Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Grup 2 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği

GRUP 2 : MODÜLER TASARIM SEGMAN YÜKSEKLİĞİ					
RESİM NO:		**ÇAP**		**RESİM DEĞERİ**	
10566548		**76 mm**		**2,15 $^{-0,05 + 0,15}$ mm**	
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**			**Ortalama**	**Paralellik**
	45°	**180°**	**315°**		
1	2,12	2,13	2,13	2,13	0,01
2	2,11	2,10	2,11	2,11	0,01
3	2,12	2,10	2,11	2,11	0,02
4	2,13	2,12	2,14	2,13	0,02
5	2,12	2,10	2,11	2,11	0,02
6	2,14	2,13	2,14	2,14	0,01
7	2,13	2,11	2,14	2,13	0,03
8	2,12	2,11	2,13	2,12	0,02
9	2,10	2,12	2,13	2,12	0,03
10	2,11	2,12	2,11	2,11	0,01
11	2,10	2,12	2,12	2,11	0,02
12	2,11	2,10	2,13	2,11	0,03
13	2,10	2,12	2,10	2,11	0,02
14	2,13	2,13	2,12	2,13	0,01
15	2,12	2,11	2,11	2,11	0,01
16	2,11	2,13	2,12	2,12	0,02

Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların çevresel olarak 3 noktasından alınan ölçümlere göre 16 adetlik 2.grup segmanlar için segman yüksekliği sonuçları Tabloda 4.7.'de görüldüğü gibi 2,10…2,14 mm arasında gelmiştir. Paralellik sonuçları ise 0,01…0,03 mm arasında değişmektedir.

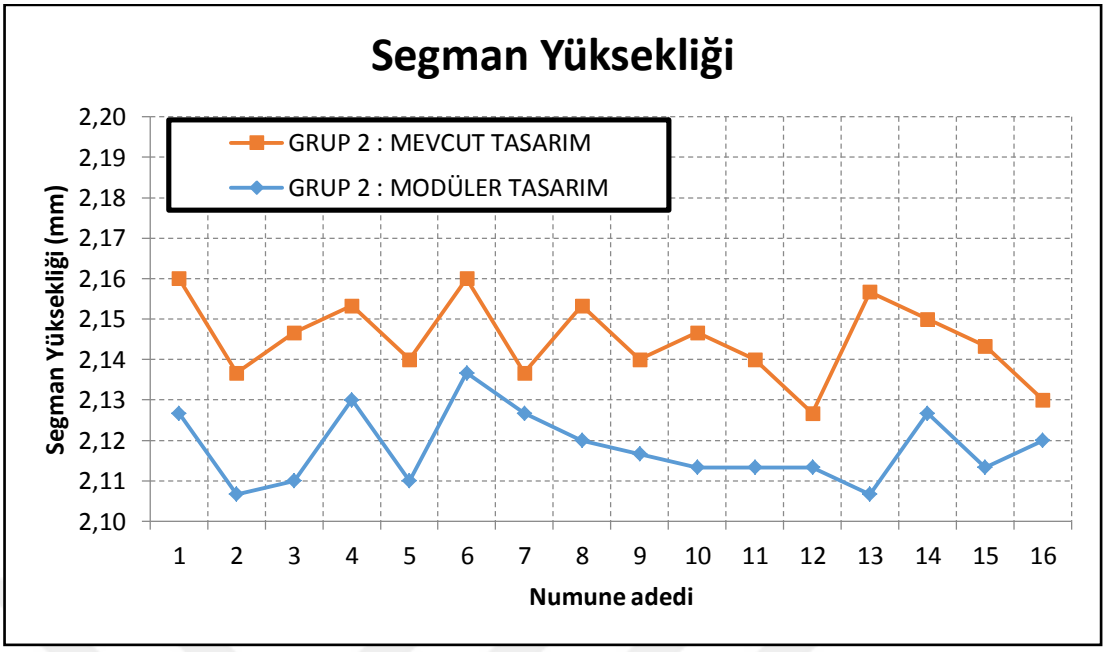
Aynı segmanlar üzerinden alınan alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonuçları Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Grup 2 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri

GRUP 2 : MODÜLER TASARIM YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ		
RESİM NO:		**ÇAP**
10566548		**76 mm**
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**	
	Üst Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)	**Alt Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)**
1	7,08	7,49
2	6,59	7,69
3	5,37	6,08
4	6,01	4,30
5	6,59	6,75
6	6,11	5,68
7	7,72	5,54
8	6,19	6,42
9	6,48	4,26
10	6,87	6,77
11	5,88	6,02
12	4,44	4,60
13	5,79	5,42
14	5,15	6,58
15	6,55	5,01
16	5,46	4,34

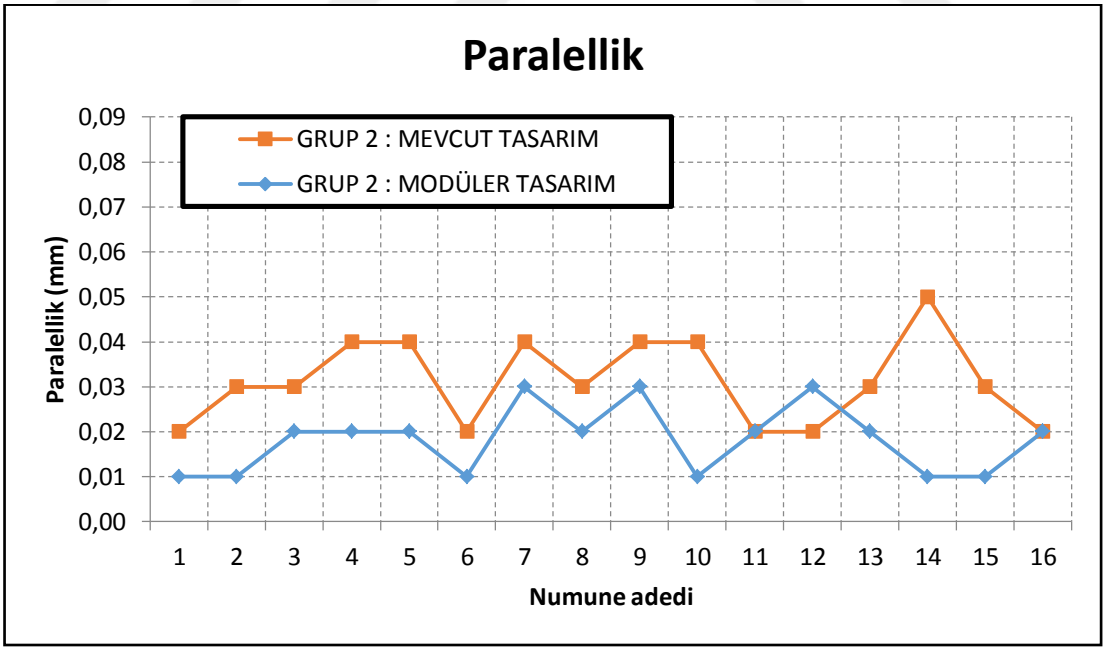
Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen, proses değeri Rz max.12 µm olan Grup 2 segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri Rz 4,26…7,72 µm arasında gelmiştir.

2.grup segmanların segman yüksekliği verileri Şekil 4.5.'de, paralellik verileri Şekil 4.6.'de kesme yüzey pürüzlülüğü verileri Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de gösterildiği gibi grafiklere dökülerek mukayese edilmiştir.



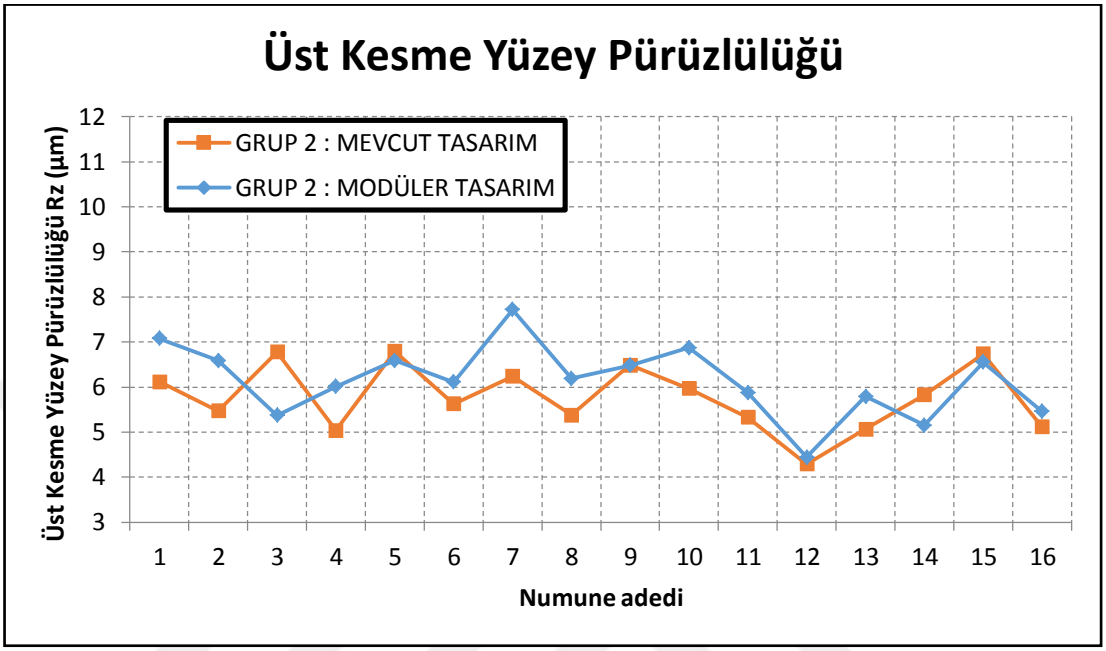
Şekil 4.5. Grup 2 segmanların segman yüksekliği mukayese grafiği

1.grup segmanların sonucuna benzer bir sonuç çıkmıştır. 2.grup segmanların yükseklikleri arasında da kesici gövdenin daha uzun ömürlü olmasını sağlayacak benzer bir fark vardır.

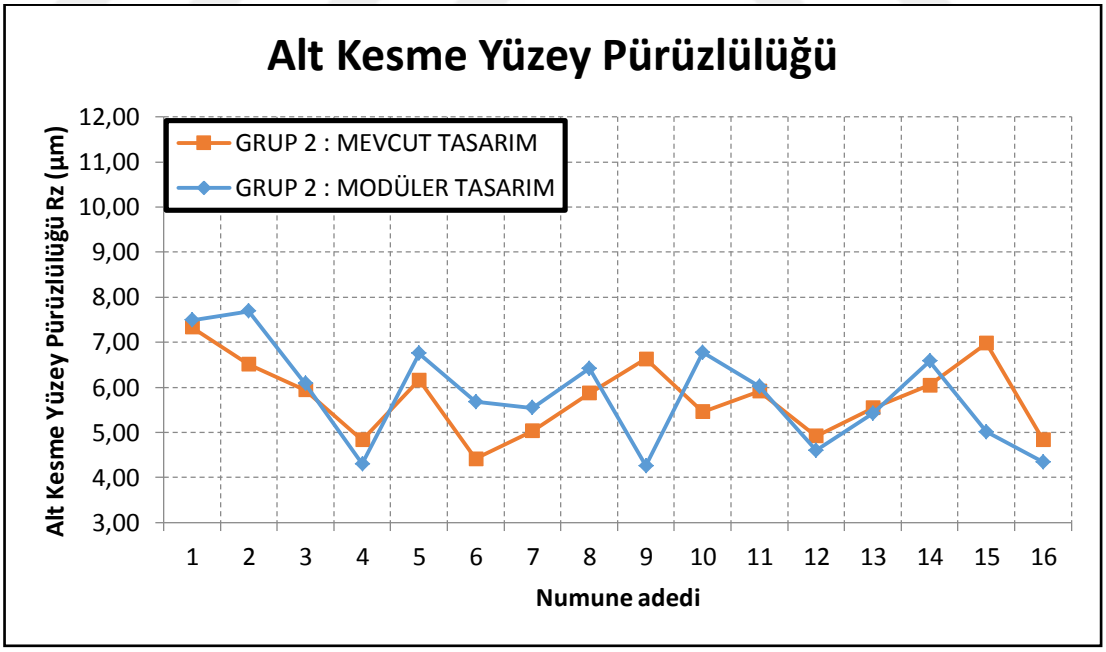


Şekil 4.6. Grup 2 segmanların paralellik ölçüsü mukayese grafiği

1.grup segmanlarda olduğu gibi 2.grup segmanlarda da her iki kesici gövdenin birbirine oldukça yakın paralellik ölçülerine sahip segmanlar üretebildiği Şekil 4.6.'da görülmektedir.



Şekil 4.7. Grup 2 segmanların üst kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği



Şekil 4.8. Grup 2 segmanların alt kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği

1.grup segmanlarda olduğu gibi yüzey pürüzlülükleri hem alt hem üst yüzeyde Rz max.12µm değerini geçmeyecek şekilde işlenebilmiştir. Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de gösterilen yüzey pürüzlülükleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

300 adetlik üretim partilerinin sonundan alınan 16 adetlik 3.grup segmanların yükseklikleri ve paralellikleri Tablo 4.9.'de verilmiştir.

Tablo 4.9. Grup 3 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği

GRUP 3 : MEVCUT TASARIM SEGMAN YÜKSEKLİĞİ					
RESİM NO:		**ÇAP**		**RESİM DEĞERİ**	
10566548		**76 mm**		**2,15 $^{-0,05 + 0,15}$ mm**	
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**			**Ortalama**	**Paralellik**
	45°	**180°**	**315°**		
1	2,12	2,14	2,15	2,14	0,03
2	2,16	2,13	2,15	2,15	0,03
3	2,15	2,17	2,16	2,16	0,02
4	2,13	2,16	2,12	2,14	0,04
5	2,14	2,12	2,13	2,13	0,02
6	2,12	2,13	2,15	2,13	0,03
7	2,15	2,14	2,16	2,15	0,02
8	2,13	2,12	2,15	2,13	0,03
9	2,15	2,17	2,17	2,16	0,02
10	2,12	2,13	2,12	2,12	0,01
11	2,14	2,12	2,15	2,14	0,03
12	2,16	2,17	2,13	2,15	0,04
13	2,12	2,15	2,13	2,13	0,03
14	2,13	2,17	2,14	2,15	0,04
15	2,14	2,12	2,13	2,13	0,02
16	2,15	2,13	2,17	2,15	0,04

Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların çevresel olarak 3 noktasından alınan ölçümlere göre 16 adetlik 3.grup segmanlar için segman yüksekliği sonuçları Tabloda 4.9.'de görüldüğü gibi 2,12…2,17 mm arasında gelmiştir. Paralellik sonuçları ise 0,01…0,04 mm arasında değişmektedir.

Aynı segmanlar üzerinden alınan alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonuçları Tablo 4.10.'de verilmiştir.

Tablo 4.10. Grup 3 : Mevcut tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri

GRUP 3 : MEVCUT TASARIM YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ		
RESİM NO:		**ÇAP**
10566548		**76 mm**
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**	
	Üst Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)	**Alt Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)**
1	4,45	5,21
2	6,52	6,87
3	5,43	5,61
4	5,78	6,95
5	7,21	7,02
6	6,04	5,33
7	6,58	5,97
8	5,28	5,49
9	7,21	6,83
10	5,44	4,94
11	4,09	4,48
12	5,39	6,28
13	4,99	5,23
14	6,73	6,49
15	5,93	5,40
16	6,29	6,82

Mevcut kesici gövde ile kesilen, proses değeri Rz max.12 µm olan Grup 3 segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri Rz 4,09…7,21 µm arasında gelmiştir.

Aynı döküm partisinden alınan diğer 300 adetlik üretim partisi, modüler tasarım kesici gövde ile kesilmiş ve üretim partisi başından alınan 16 adet Grup 3 segmanların segman yüksekliği ve paralellik sonuçları Tablo 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Grup 3 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların yüksekliği ve paralelliği

GRUP 3 : MODÜLER TASARIM SEGMAN YÜKSEKLİĞİ					
RESİM NO:		**ÇAP**		**RESİM DEĞERİ**	
10566548		**76 mm**		**2,15 $^{-0,05 + 0,15}$ mm**	
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**			**Ortalama**	**Paralellik**
	45°	**180°**	**315°**		
1	2,14	2,12	2,10	2,12	0,04
2	2,12	2,10	2,11	2,11	0,02
3	2,11	2,12	2,11	2,11	0,01
4	2,14	2,11	2,11	2,12	0,03
5	2,10	2,12	2,10	2,11	0,02
6	2,12	2,13	2,12	2,12	0,01
7	2,11	2,14	2,14	2,13	0,03
8	2,10	2,13	2,14	2,12	0,04
9	2,10	2,11	2,10	2,10	0,01
10	2,11	2,12	2,11	2,11	0,01
11	2,10	2,12	2,11	2,11	0,02
12	2,11	2,12	2,13	2,12	0,02
13	2,10	2,11	2,10	2,10	0,01
14	2,13	2,13	2,14	2,13	0,01
15	2,11	2,13	2,11	2,12	0,02
16	2,12	2,13	2,12	2,12	0,01

Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların çevresel olarak 3 noktasından alınan ölçümlere göre 16 adetlik 3.grup segmanlar için segman yüksekliği sonuçları Tabloda 4.11.'de görüldüğü gibi 2,10…2,14 mm arasında gelmiştir. Paralellik sonuçları ise 0,01…0,04 mm arasında değişmektedir.

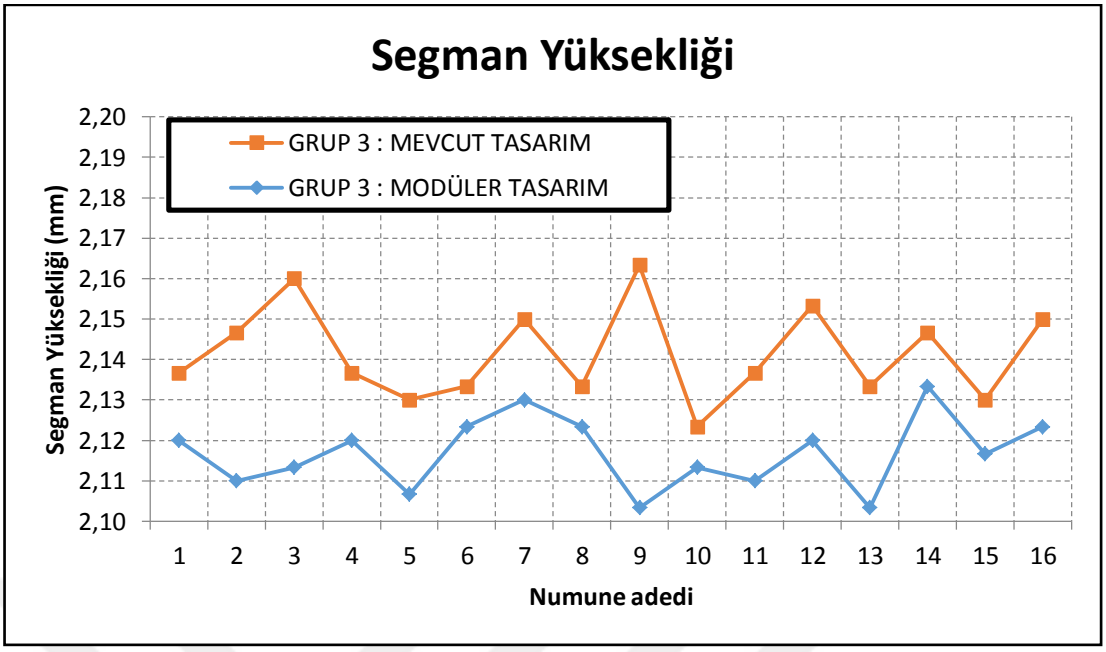
Aynı segmanlar üzerinden alınan alt ve üst kesme yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonuçları Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Grup 3 : Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri

GRUP 3 : MODÜLER TASARIM YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ		
RESİM NO:		**ÇAP**
10566548		**76 mm**
Sıra No:	**Ölçüm Noktası**	
	Üst Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)	**Alt Kesme Yüzeyi (Rz max. 12µm)**
1	7,33	7,12
2	5,60	6,69
3	3,93	7,82
4	5,16	5,90
5	6,57	6,35
6	6,73	4,18
7	7,60	5,08
8	7,99	5,69
9	7,16	6,91
10	6,89	4,21
11	6,83	5,82
12	6,19	5,66
13	5,41	5,55
14	3,86	4,53
15	6,86	5,13
16	5,34	4,36

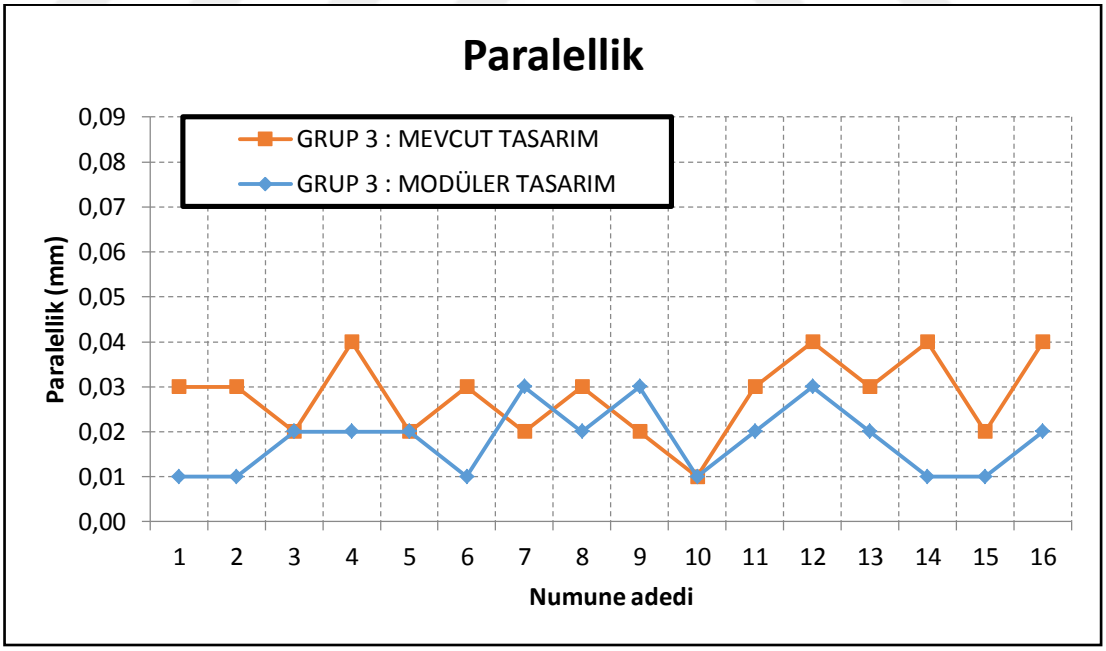
Modüler tasarım kesici gövde ile kesilen, proses değeri Rz max.12 µm olan Grup 3 segmanların kesme yüzey pürüzlülükleri Rz 3,86…7,99 µm arasında gelmiştir.

3.grup segmanların segman yüksekliği verileri Şekil 4.9.'de, paralellik verileri Şekil 4.10.'de kesme yüzey pürüzlülüğü verileri Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de gösterildiği gibi grafiklere dökülerek mukayese edilmiştir.



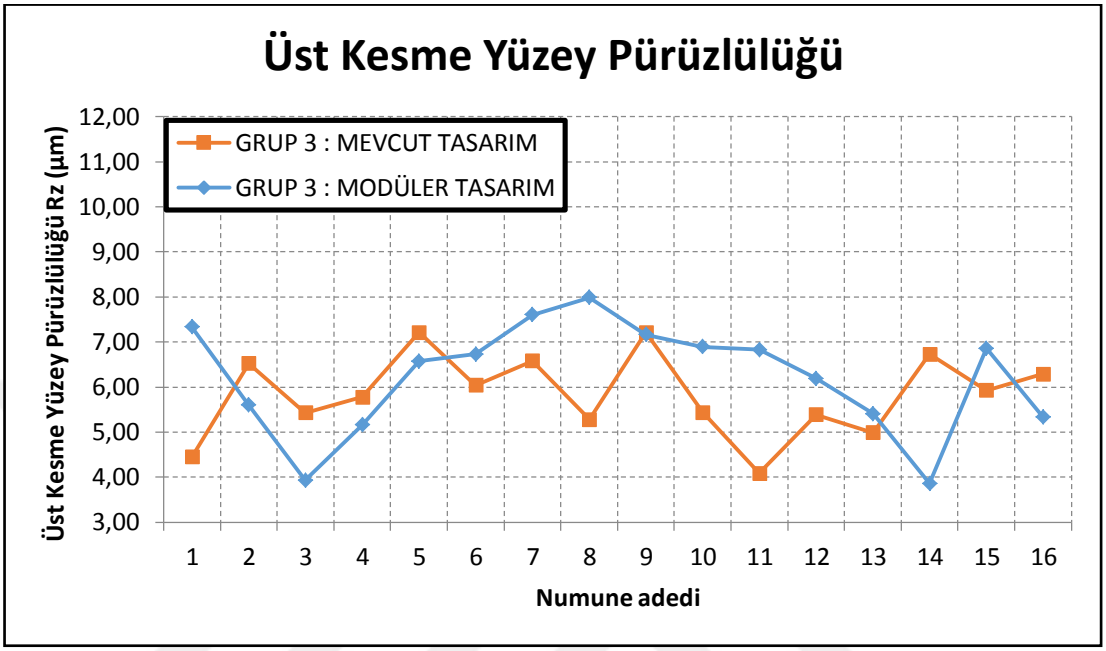
Şekil 4.9. Grup 3 segmanların segman yüksekliği mukayese grafiği

Diğer gruplardaki segmanların sonucuna benzer bir sonuç çıkmıştır. 3.grup segmanların yükseklikleri arasında da kesici gövdenin daha uzun ömürlü olmasını sağlayacak benzer bir fark vardır.

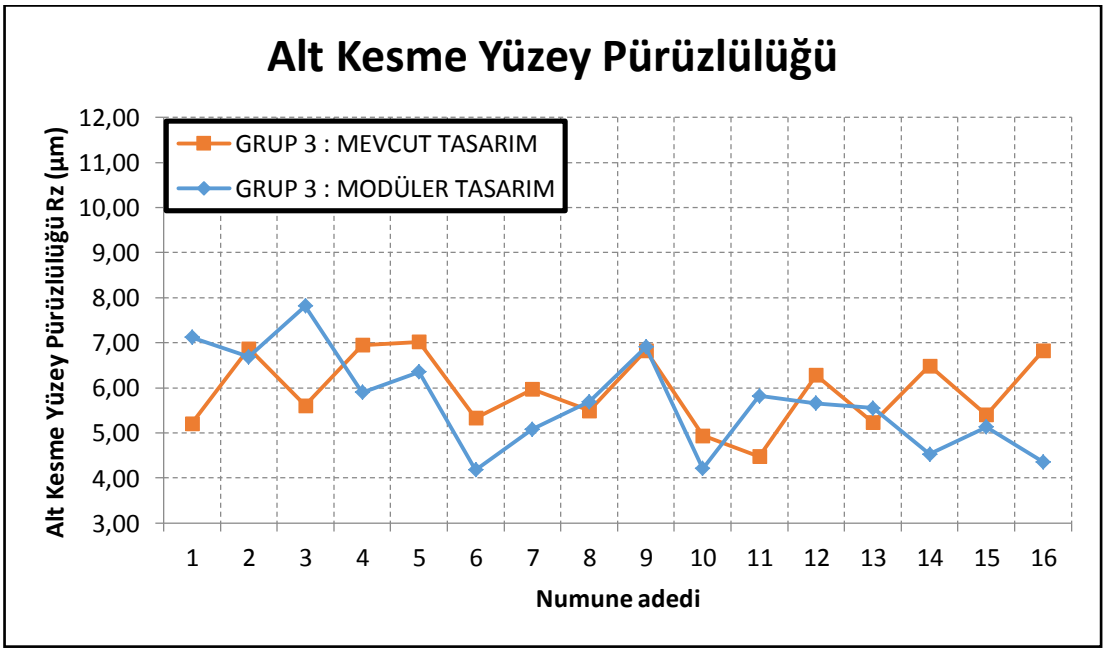


Şekil 4.10. Grup 3 segmanların paralellik ölçüsü mukayese grafiği

Diğer gruplardaki segmanlarda olduğu gibi 3.grup segmanlarda da her iki kesici gövdenin birbirine oldukça yakın paralellik ölçülerine sahip segmanlar üretebildiği Şekil 4.10.'da görülmektedir.



Şekil 4.11. Grup 3 segmanların üst kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği



Şekil 4.12. Grup 3 segmanların alt kesme yüzey pürüzlülüğü ölçüsü mukayese grafiği

Diğer gruplardaki segmanlarda olduğu gibi yüzey pürüzlülükleri hem alt hem üst yüzeyde Rz max.12µm değerini geçmeyecek şekilde işlenebilmiştir. Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de gösterilen yüzey pürüzlülükleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Tüm tablolardan ve grafiklerden de görüldüğü üzere her iki tasarımda da benzer yükseklik, paralellik ve pürüzlülük sonuçları elde edilmiştir. Ürün kalitesi üzerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiş ve her iki kesici gövde ile de resim toleransları dâhilinde sonuçlar elde edilmiştir.

İki kesici gövde tasarımının da kaplama yöntemi, bağlantı noktaları ve malzemesi değiştirilmemiş, sadece yeni tasarımda kesici gövde ayarlanabilir parçalara ayrılmıştır. Mevcut tek parka kesici gövde tasarımındaki ölçüler korunarak elde edilen yeni tasarımın, kesilen ürünün kalitesi üzerinde proses spesifikasyonları dışına çıkacak herhangi bir farklılık yaratmadığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada alaşımsız, ısıl işlemsiz lamel grafitli gri dökme demir iş parçasının, iki farklı tasarıma sahip 1,2714 (55NiCrMoV7) sıcak iş takım çeliği üzerine cBN (cubic boron nitride) kaplı kesici gövde ile kesilmesi sonucu çıkan ürünlerin kalitesi mukayese edilmiştir. Yeni yapılan modüler tasarım kesici gövde, tezgâh bağlantılarını hiçbir şekilde değiştirmeden mevcut tasarımın bağlantılarını koruduğu için kesici gövdenin kesme tezgahı üzerindeki etkisi incelenmemiştir.

Yapılan denemeler ile modüler tasarıma sahip çok parçalı modüler yeni kesici gövdenin ürün kalitesini en az mevcut kesici gövde kadar sağlayabildiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre bu proseste modüler tasarıma sahip yeni kesici gövdenin herhangi bir kalite problemi olmadan kullanılabilirliği tespit edilmiştir.
Bu sayede mevcut tasarımın tek parça olmasından kaynaklanan problemler, modüler tasarıma geçilerek giderilebilir.

Tek parça kesici gövdenin en temel problemi, herhangi bir kesici lamelin deforme olması durumunda tüm kesici gövdenin ıskarta edilmek zorunda kalınmasıdır. Ancak yeni tasarımda sadece deforme olan kesici lamelin değiştirilebilmesi mümkün olabilecektir.

Ayrıca yeni tasarımın modüler olması kesici gövdenin tüm kesme yüksekliklerine kolayca ayarlanabilmesine ve farklı yükseklik kombinasyonlarının elde edilebilmesine de olanak sağlamıştır.

Bir diğer avantaj ise stok maliyetidir. Kesici disklerin yüksekliği kendi içerisinde %90 oranında aynıdır. Mevcut tasarımda her farklı segman yüksekliği için ayrı bir kesici gövdeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak modüler tasarım gövdede aynı ölçülere sahip kesiciler farklı gövdelere de bağlanabileceğinden stoklanacak kesici sayısı azalacaktır. Bu sebeple tüm parçaları değiştirilebilir yeni tasarım ile stok maliyeti ortaklaştırılmış parçalar sayesinde minimum seviyede tutulabilecektir.

Modüler tasarıma sahip yeni kesici gövde ile mevcut tek parça kesici gövdenin avantajları ve dezavantajlarının görüldüğü mukayesesi Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Mukayesesi tablosu

	Mevcut Tasarım (Tek Parça)	**Modüler Tasarım (Çok Parçalı)**
Iskarta	Tek parça gövdeden oluştuğu için tek bir kesici diskin deformasyonu tüm kesici gövdenin ıskarta olmasına sebep olmaktadır.	Parçalı olarak tasarlandığı için deforme olan kesici diskler çıkarılarak yerine yenisi takılıp gövde kullanılmaya devam eder.
Kesme Yüksekliği	Her segman yüksekliği için ayrı bir gövde ihtiyacı vardır.	Modüler tasarım sayesinde ara lamel yükseklikleri segman yüksekliğine veya atılmak istenen talaş miktarına göre özel olarak ayarlanabilir.
Stok	Her farklı segman yüksekliği için farklı gövdeler stok edildiğinden stok maliyeti yüksektir.	Ortaklaştırılmış parçalar olduğundan stok maliyeti düşüktür.
Ayar	Herhangi bir montaj söz konusu olmadığı için ayar süresi kısadır.	Tüm parçalar tek tek monte edildiği için ayar süresi uzundur.

Yapılan çalışmaların neticesinde modüler tasarıma sahip çok parçalı kesici gövde ile elde edilen avantajların kullanımı ile daha üretken ve daha verimli bir proses gerçekleştirmek mümkündür. Modüler tasarım sayesinde değiştirilebilir kesici lameller tüm bir gövdenin ıskarta olmasının önüne geçmiştir. Proses gereği ıskarta

edilen kesici gövdelerin sadece bir veya en fazla iki kesici diskinin aynı anda deforme olması söz konusudur. Diğer kesici lameller sağlam ve kullanılabilir olmasına rağmen kesici gövde tek parça olduğu için tüm gövde ıskarta edilmek zorunda kalınır.

Kesilen segmanların yükseklikleri değişse de kesici disklerin yüksekliği aynı ölçüdedir. Modüler tasarım çok parçalı kesici gövdede segman yükseklikleri kesici lameller arasında yerleştirilmiş ara parçalar sayesinde ayarlanabilmektedir. Bu da aynı kesiciler ile farklı kesme yüksekliği elde edebileceğimiz anlamına gelmektedir. Böylelikle stokta tutulması gereken farklı ölçülerde kesici disk ihtiyacı olmayacağı için stok miktarları azalacaktır.

Modüler tasarımın tek önemli dezavantajı ayar süresinin uzamasıdır. Sistem çok parçadan oluştuğu ve bu parçaların teker teker monte edilmesi gerektiği için tek parçalı gövdeye nazaran ayar süresi uzundur. Ancak prosesin hazırlık aşamaları gereği tüm kesici gövde hazırlıkları makinenin çalıştığı zamanlarda yapılmaktadır. Kesim yapacak gövdeler proses başlamadan önce hazır hale getirilir ve ayar süresi tezgahın çalışma süresini etkilememektedir.

Modüler tasarım kesici gövde için ömür takibi çalışmaları devam etmektedir. Şu ana kadar mevcut kesici gövdenin yaklaşık iki katı kadar bir kesme ömrüne gelinmiş ve henüz tüm kesici gövdenin ömrü bitmemiştir ve dolayısıyla maliyet hesabı deneme diskin ömrü tamamlandığında yapılabilecektir. Ancak bu hali ile bile iki kat ömür artışı sağlanmış ve bu da hedeflenen tasarruf miktarını yakalamış ve geçmiştir. Elde edilen yeni tasarım ile her bir kesici disk ömrünün sonuna kadar kullanılabilecektir. Hedeflenen ıskarta oranları şimdiden tutturulmuş ve stok maliyetlerinin istenen oranlara çekilmesi mümkün olmuştur.

KAYNAKLAR

[1] Holmberg K., Andersson P., Erdemir A., Global Energy Consumption Due to Friction in Passenger Cars, *Tribology International*, 2012, **47**, 221-234.

[2] Tung, S., McMillan, M.L., Automotive Tribology Overview of Current Advances and Challenges For The Future, *Tribology International*, 2004, **37**, 517-536.

[3] Smith E.H., Optimising the Design of a Piston-Ring Pack Using DoE Methods, *Tribology International*, 2011, **44**, 29–41.

[4] Silman G.I., Makarenko K.V., Graphitized Cast Irons, *Metal Science and Heat Treatment*, 2014, **56**, 63-69.

[5] Severino G., Paiva E.J., Ferreira J.R., Balestrassi P.P., Paiva A.P., Development of a Special Geometry Carbide Tool for The Optimization of Vertical Turning of Martensitic Gray Cast Iron Piston Rings, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2012, **63**, 523-534.

[6] Monka P., Monkova K., Balara M., Hloch S., Rehor J., Andrej A., Somsak M., Design and Experimental Study of Turning Tools With Linear Cutting Edges and Comparison to Commercial Tools, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2016, **85**, 2325-2343.

[7] Ghosh A., Chattopadhyay A.K., Performance Enhancement of Single-Layer Miniature cBN Wheels Using CFUBMS-Deposited TiN Coating, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2007, **47**, 1799–1806.

[8] Ghosh A., Chattopadhyay A.K., Experimental Investigation on Performance of Touch-Dressed Single-Layer Brazed cBN Wheels, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2007, **47**, 1206-1213.

[9] http://www.oica.net/category/sales-statistics/, (Ziyaret tarihi: 25 Şubat 2018).

[10] Hao H., Wang H., Yi R., Hybrid modeling of China's vehicle ownership and projection through 2050, *Energy*, 2011, **36**, 1351-1361.

[11] http://www.anl.gov/energy-systems/project/vision-model, (Ziyaret tarihi: 25 Şubat 2018).

[12] Carr J., Canadian Vehicle Survey Summary Report 2009, *Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency*, Cat. No. M141-18/2009, 23-29, 2009.

[13] Bodek K., Heywood J., Europe's Evolving Passenger Vehicle Fleet: Fuel Use and GHG Emissions Scenarios through 2035, *Laboratory for Energy and Environment, Massachusetts Institute of Technology*, LFEE 2008-03 RP, 9-17, 2008.

[14] Nishimura E., Assessing the Fuel Use and Greenhouse Gas Emissions of Future Light-Duty Vehicles in Japan, Master of Science, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2011.

[15] Ko A., Myung C.-L., Park S., Kwon S., Scenario-Based CO2 Emissions Reduction Potential and Energy Use in Republic of Korea's Passenger Vehicle Fleet, *Transportation Research Part A*, 2014, **59**, 346-356.

[16] Hao H., Liu Z., Zhao F., Li W, Hang W., Scenario Analysis of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions From China's Passenger Vehicles, *Energy*, 2015, **91**, 151-159.

[17] Can S.R., Letschert V., McNeil M., Zhou N., Sathaye J., Residential and Transport Energy Use in India: Past Trend and Future Outlook, *Berkley National Laboratory*, Cat.No. DE-AC02-05CH11231, 22-23, 2009.

[18] Wills W., La Rovere E.L., Light Vehicle Energy Efficiency Programs and Their Impact on Brazilian CO2 Emissions, *Energy Policy*, 2010, **38**, 6453-6462.

[19] Atabani A.E., Silitonga A.S., Mahlia T.M.I., Cost Benefit Analysis and Environmental Impact of Fuel Economy Standards for Passenger Cars in Indonesia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, **16**, 3547-3558.

[20] Arnold H. , Florin F., *Piston Rings Hand Book*, 2nd ed., Federal Mogul, Burscheid, 2003.

[21] ISO 6621-1/5, ISO 6622-1/2, ISO 6623, ISO 6624-1/2, ISO 6625, ISO 6626-1/2, Piston Rings Normes, *International Organization of Standardization*, İsviçre, 1986-2017.

[22] Lameche K., Najid M.N., Castagna P., Kouiss K., Modularity in the Design of Reconfigurable Manufacturing Systems, *International Federation of Automatic Control Papers Online*, 2017, **50**, 3511-3516.

[23] Baldwin C.Y., Clark K.B., Modularity in the Design of Complex Engineering Systems, *Science Meets Technology*, 2006, **18**,175-205.

[24] Holtta-Otto K., Weck O., Degree of Modularity in Engineering Systems and Products with Technical and Business Constraints, *Concurrent Engineering*, 2007, **15**(2), 113.

[25] Piran F.A.S., Lacerda D.P., Camargo L.F.R., Viero C.F., Dresch A., Cauchik-Miguel P.A., Product Modularization and Effects on Efficiency: An Analysis of a Bus Manufacturer Using Data Envelopment Analysis (DEA), *Int. J. Production Economics*, 2016, **182**, 1-13.

[26] Sanchez R., Collins R.P., Competing and Learning in Modular Markets, *Long Range Planning,* 2001, **34**, 645-667.

[27] Chen K.M., Liu R.J., Interface strategies in modular product innovation, *Technovation,* 2005, **25**, 771-782.

[28] Persson M., Ahlström P., Managerial issues in modularising complex products, *Technovation*, 2006, **26**, 1201-1209.

[29] Cabigiosu A., Zirpoli F., Camuffo A., Modularity, interfaces definition and the integration of external sources of innovation in the automotive industry, *Research Policy,* 2013, **42**, 662-675.

[30] Barbosa L.M., Lacerda P.D., Piran F.A.S., Dresch A., Exploratory Analysis of the Variables Prevailing on the Effects of Product Modularization on Production Volume and Efficiency, *International Journal of Production Economics,* 2017, **193**, 677-690.

[31] Johnsen T.E., Supplier Involvement in New Product Development and Innovation: Taking Stock and Looking to the Future, *Journal of Purchasing & Supply Management,* 2009, **15**, 187-197.

[32] Patel P.C., Jayaram J., The Antecedents and Consequences of Product Variety in New Ventures: An Empirical Study, *Journal of Operations Management,* 2014, **32**, 34-50.

[33] Antonio K.W.L., Richard C.M.Y., Tang E., The Complementarity of Internal Integration and Product Modularity: An Empirical Study of Their Interaction Effect on Competitive Capabilities, *Journal of Engineering and Technology Management,* 2009, **26**, 305-326.

[34] Schmid A., Löwer M., Katzwinkel T., Schmidt W., Siebrecht J., Feldhusen J., Brecher C., du Bois-Reymond F., Rey J., Life Cycle of Multi Technology Machine Tools Modularization and Integral Design, *Procedia CIRP,* 2016, **50**, 719-726.

[35] Pahl G, Beitz W, Feldhusen J, Grote K H., *Engineering Design:1; A Systematic Approach,* 3rd ed., Springer, London, 2007.

[36] Schuh G., *Innovationsmanagement,* 2nd ed. Springer, Berlin, 2012.

[37] Ponn J., Lindemann U., *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte,* 3rd ed., Springer, Berlin, 2008.

[38] Göpfert J., *Modulare Produktentwicklung,* 2nd ed., DUV, Weisbaden, 1998.

[39] Güneş V., Sarı N.Y., Design Improvement Study For cBN Coated Cutting Body Used in Piston Ring Cutting Process, *American Journal of Engineering Research,* 2018, **7**(2), 171-176.

[40] Ulrich K.T., The role of Product Architecture in Manufacturing Firm, *Research Policy,* 1995, **24**, 419-440.

[41] Erens, F., Verhulst, K., Architectures for product families, *Computers in Industry*, 1997, **33**, 165-178.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Güneş V., Sarı N.Y., Design Improvement Study For cBN Coated Cutting Body Used in Piston Ring Cutting Process, *American Journal of Engineering Research*, 2018, **7**(2), 171-176.

ÖZGEÇMİŞ

Varan Güneş 1983'de Kars'da doğmuştur. Lise öğrenimini İzmit Süper Lisesi'nde tamamlamıştır. 2002 yılında girdiği Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2006 yılında mezun olmuştur. 2007 yılının Eylül ayında TEKİMSA Teknik Malzemeler A.Ş.'de profesyonel iş hayatına Bakım Mühendisliği ile başlamıştır. 2008 yılının Ocak ayında Federal Mogul şirketinde Ürün/Proses Mühendisi olarak çalışma hayatına devam etmiş ve halen aynı şirkette Mühendislik Müdürlüğü görevini yürütmektedir.