



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ti6Al4V ALAŞIMININ FARKLI TALAŞLI İMALAT YÖNTEMLERİ ile
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Mustafa ERSOY

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Nuray BEKÖZ ÜLLEN

II. DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Şakir ALTINSOY

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Programı

Haziran, 2022

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı tezimi yöneten danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Nuray BEKÖZ ÜLLEN'e ve ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Şakir ALTINSOY'a ve bölümümüz öğretim elemanlarından Araş. Gör. Gizem KARABULUT'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmalarının yapılabilmesi için her türlü yardımı, desteği ve çalışma ortamını sağlayan Bor Kesici Takım ve Mak. San. Tic. Ltd. Şti. Müdürü Sayın Tarkan YAZICI'ya ve şirket çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Bugün aramızda olmayan ancak her daim varlığını hissettiğim sevgili anneme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yardımlarını esirgemeyerek iyi ve kötü günde her zaman yanımda olan değerli arkadaşım Seda BAŞIBÜYÜK'e ve onun nezdinde tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Haziran 2022

Mustafa ERSOY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI.....	ii
BEYAN	iii
BÜTÇE DESTEKLERİ	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	1
1. GİRİŞ.....	3
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	5
2.1. TİTANYUM VE ALAŞIMLARI	5
2.1.1. Saf Titanyum	8
2.1.2. Alfa Alaşımları	8
2.1.3. Beta Alaşımları.....	9
2.1.4. Alfa-Beta Alaşımları	9
2.2. Ti6Al4V ALAŞIMLARININ İŞLENEBİLİRLİĞİ	10
2.2.1. Ti6Al4V Alaşımlarının İşlenebilirliğini Etkileyen Faktörler.....	13
2.2.2. Talaş Oluşumu Mekaniği	17
2.2.3. Takım Aşınması	20
2.2.4. Yüzey Pürüzlülüğü	26
2.2.5. Ti6Al4V İşlenmesinde Karşılaşılan Zorluklar	29
2.2.6. Ti6Al4V Alaşımının Delinmesi	32
2.2.7. Ti6Al4V Alaşımının Frezelenmesi	34
2.2.8. Ti6Al4V Alaşımının Tornalanması.....	35
2.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	37
3. YÖNTEM	47

3.1. KULLANILAN İŞ PARÇASININ ÖZELLİKLERİ	47
3.2. İŞ PARÇASININ İŞLENMESİNDE KULLANILAN KESİCİ UÇLAR	48
3.3. İŞ PARÇASININ TALAŞLI İMALAT YÖNTEMLERİ İLE İŞLENMESİ.....	50
3.3.1. İş Parçasının Delinmesi	50
3.3.2. İş Parçasının Frezelenmesi	52
3.3.3. İş Parçasının Tornalanması	53
3.4. KARAKTERİZASYON ÇALIŞMALARI.....	56
3.4.1. Talaş Morfolojilerinin İncelenmesi	56
3.4.2. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü	56
3.4.3. SEM Analizleri.....	57
3.4.4. Takım Ömrünün Belirlenmesi.....	58
4. BULGULAR	59
4.1. TALAŞ MORFOLOJİLERİ	59
4.1.1. Delme İşlemi Sonucu Oluşan Talaşlar	59
4.1.2. Frezeleme İşlemi Sonucu Oluşan Talaşlar	61
4.1.3. Tornalama İşlemi Sonucu Oluşan Talaşlar	62
4.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	68
4.2.1. Delme İşlemi Sonrası Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri	69
4.2.2. Frezeleme İşlemi Sonrası Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri	70
4.2.3. Tornalama İşlemi Sonrası Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	72
4.3. SEM ANALİZLERİ	80
4.3.1. Kesici Uçların SEM Görüntüleri.....	80
4.3.2. İşlenen Yüzeylerin SEM Görüntüleri.....	87
4.4. TAKIM ÖMRÜ	92
5. TARTIŞMA.....	97
5.1. TALAŞ MORFOLOJİLERİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	97
5.2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	100
5.3. KESİCİ UÇ AŞINMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	102
5.4. İŞLENEN YÜZEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	105
5.5. TAKIM ÖMRÜ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	106
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	108
6.1. GENEL SONUÇLAR.....	108
6.2. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR.....	112

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	120
ETİK KURUL İZİN YAZISI	121
KURUM İZNİ YAZILARI	122
ÖZGEÇMİŞ	123

ÖZET

[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

[Ti6Al4V ALAŞIMININ FARKLI TALAŞLI İMALAT YÖNTEMLERİ İLE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ]

[Mustafa ERSOY]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Programı

[Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Nuray BEKÖZ ÜLLEN

II. Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Şakir ALTINSOY]

[Titanyum ve alaşımları, yüksek korozyon ve ısı direnci, iyi tokluk ve mukavemet dayanımı, yüksek çalışma sıcaklığı ve düşük ağırlık oranı, uzun servis ömrü ve kompozit malzemelerle rekabet edebilir nitelikte olmasından dolayı havacılık, uzay, otomotiv, denizcilik, kimya-petrokimya ve biyomedikal gibi farklı endüstrilerde yüksek mühendislik alaşımları olarak kullanılmaktadırlar. Titanyum alaşımları içerisinde ise en yüksek kullanım oranı Ti6Al4V alaşımına aittir. Ti6Al4V alaşım ürünlerinin yüzey kalitesi ve ölçü hassasiyetinin iyi olmasının gerekliliği talaşlı imalat işlemlerini ön plana çıkartmaktadır. Talaşlı imalatın en önemli konularının başında işlenebilirlik gelmektedir. İyi işlenebilirlik, istenilen kalitede yüzey elde edebilmektir. Bunun için bir çok kesme parametresinin optimum şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Titanyum ve alaşımları, ısı iletkenliklerinin düşük olması nedeniyle kesme bölgesinde oluşan yüksek ısı, kimyasal reaktivitelerinin yüksek olması nedeniyle talaşın takıma yapışma eğilimi, yüksek sıcaklıklarda mukavemet özelliklerini koruması ve düşük elastisite modülleri nedeniyle plastik deformasyonun zorluğu, işlenebilirlikleri düşük olan

malzemelerdir. Bu nedenlerden dolayı titanyum alaşımların işlenmesinde üretim maliyetlerinin ve işleme zamanının azaltılması için kesici takım performansının ve yüzey kalitesinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, Ti6Al4V alaşımının delme, freze ve torna ile işlenmesinde farklı kesici uçlar, kesme parametreleri ve soğutma ortamları kullanılarak, işlenebilirlik davranışları incelenmiştir. Delme işlemi üzerine yapılan incelemelerde Ø7,5 mm ve 8,4 mm matkap uçları çaplı kuru ve kesme sıvısı ortamlarında kullanılmıştır. Frezeleme işleminde, 50 ve 100 m/dak kesme hızlarında kuru ve kesme sıvısı ile soğutma ortamlarında işlem yapılmıştır. Tornalama işleminde DNMG ve CBN kesici uçlar ile farklı kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinde talaşlı işlem yapılmıştır. İşlenen parçalardan elde edilen talaşların morfolojileri, işlenen parçaların yüzey pürüzlülükleri ve kesici uçların aşınma analizleri yapılarak takım ömrü tespit edilmiştir. Delinebilirlik testlerinde, Ø7,5 mm çapında matkap ucu kullanımı ve kesme sıvısı ile delmede daha iyi yüzey kalitesi ve kesici takım ömrü elde edilmiştir. Artan matkap çapı ile her iki kesme ortamında da aşınma artmıştır. Tüm şartlarda oluşan aşınmaların matkabın kesici ağzının merkeze yakın olan bölgesinde yan yüzey aşınması şeklinde olduğu ancak kuru kesme şartlarında matkabın dış kısmına yakın bölgede kırılma ağzı şeklinde gerçekleşmiştir. Kesme sıvısı kullanımının talaş formu üzerine matkap çapından daha belirleyici etkisinin olduğu belirlenmiştir. Frezeleme testlerinde; kesme hızının artmasıyla, yüzey pürüzlülük değeri azalmış ve kesme ortamının kurudan sıvıya geçmesiyle yüzey özelliğinin iyileştiği tespit edilmiştir. Kesme sıvısı ile sürtünmeden kaynaklı olumsuz etkiler ortadan kaldırılmış ve artan kesme hızı ile kesici takım aşınması azalmıştır. Bu durumun kesici takım ömrü üzerine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Frezelemede; talaş formu üzerine kesme hızının, kesme ortamından daha belirleyici etkisi olduğu belirlenmiştir. Tornalama testlerinde; kaplamalı ve kaplamasız kesici uçların her ikisinin kullanımında ilerleme hızının yüzey pürüzlülük değeri üzerine en etkili parametre olduğu tespit edilmiştir. Artan ilerleme hızı ile ortalama yüzey pürüzlülüğü artarken; artan kesme hızı ile azalmış; artan kesme derinliği ile fazla değişmemiştir. Kesme hızı arttıkça kesici uçlarda aşınma artmıştır. Kesici takımın kesme kenarı ve yan yüzeyinde sürtünme aşınması ile serbest yüzey aşınması oluşmuştur.]

Haziran 2022 , [138] sayfa.

Anahtar kelimeler: | Ti6Al4V, İşlenebilirlik, Talaş morfolojisi, Yüzey Pürüzlülüğü, Takım ömrü

ABSTRACT**[M.Sc. THESIS]****[INVESTIGATION OF MACHINABILITY OF Ti6Al4V ALLOY USING DIFFERENT
MACHINING METHODS]****[Mustafa ERSOY]****İstanbul University-Cerrahpaşa****Institute of Graduate Studies****Department of Metallurgy and Materials Engineering****Programme of Metallurgy and Materials Engineering****[Supervisor : Assist. Prof. Dr. Nuray BEKÖZ ÜLLEN****Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şakir ALTINSOY]**

Titanium and titanium alloys have high corrosion, heat resistance, good toughness, strength, ability to work at high temperatures, low specific weight, long service life and can compete with composite materials. Thanks to these properties, they are used as high engineering alloys in different industries such as aerospace, automotive, marine, chemical/petrochemical, and biomedical. Among the titanium alloys, the highest usage rate belongs to the Ti6Al4V alloy. Considering the points where titanium alloys are used, the necessity of good surface quality and measurement accuracy of the products highlights the machining processes. Machinability is one of the most important issues in machining. Good workability is to obtain the desired quality surface. For this, many cutting parameters need to be optimally regulated. Titanium and its alloys have low machinability because high heat occurs in the cutting zone due to their low thermal conductivity, the chip has a tendency to adhesion to the tool due to its high chemical reactivity, plastic deformation becomes difficult due to the protection of their strength properties at high temperatures and low elasticity modules. For these reasons, it is necessary to

improve the cutting tool performance and surface quality in order to reduce the production costs and machining time in the machining of titanium alloys.

In this thesis, the machinability behavior of Ti6Al4V alloy was investigated by using different cutting inserts, cutting parameters, and cooling conditions in drilling, milling, and turning techniques. In the investigations on the drilling process, Ø7.5 mm and 8.4 mm diameter drill bits were used in dry and use of coolant conditions. In the milling, the cutting speeds of 50 and 100 m/min were processed in dry and use of coolant machining conditions. In the turning, machining was performed at different cutting speeds, feed rates, and cutting depths with DNMG and CBN cutting inserts. The tool life was determined by analyzing the morphology of the chips, the surface roughness of the machined parts, and the wear of the cutting inserts. As a result of the examinations made in the drilling process, better surface quality and tool life were obtained in the use of drill bits with a diameter of Ø7.5 mm and in drilling with cutting fluid. It was determined that increasing drill diameter increased wear in both cutting environments. In all conditions, wear occurred in the form of flank wear in the region of the cutting edge of the drill close to the center, but in the dry cutting conditions, in the region close to the outer part of the drill, it was in the form of a fracture edge. It has been determined that the use of coolant has a more decisive effect on the chip form than the drill diameter. In milling tests, as the cutting speed increased, the surface roughness value decreased and it was determined that the surface properties improved with the transition of the cutting medium from dry to liquid. The negative effects caused by friction were eliminated with the use of cutting fluid, and the wear of the cutting tool decreased with increasing cutting speed. It has been determined that this situation has a positive effect on the tool life. In the milling, it has been determined that the cutting speed has a more decisive effect on the chip form than the cutting environment. In the turning tests, it has been determined that the feed rate is the most effective parameter on the average surface roughness in the use of both coated and uncoated inserts. Average surface roughness values increased with increasing feed rate, decreased with increasing cutting speed, and did not show a significant change with increasing depth of cut. As the cutting speed increased, the wear on the inserts increased. Frictional and flank wear occurred on the cutting edge and side surface of the cutting tool. |

June 2022, |138| pages.

Keywords: |Ti6Al4V, Machinability, Chip morphology, Surface roughness, Tool life|