

İMLANT MALZEMESİ OLARAK KULLANILAN AISI 316 L OSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİĞİN KURU TORNALANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Bekir YALÇIN^a, Durmuş TEMİZ^{a,*}
^{a,*} Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,
İmalat Mühendisliği Bölümü, bekiryalcin@sdu.edu.tr Çünür
Kampüsü, Isparta/TÜRKİYE

Özet

Endüstride, AISI 316 L ostenitik paslanmaz çelik, diğer paslanmaz çeliklere nazaran düşük karbon içeriği ve mükemmel korozyona dayanım özelliklerinden dolayı implant imalatında tercih edilen malzemedir. İmplant imalatında, talaşlı imalat metotları kullanım alanı bulmuştur. Bu çalışmada, AISI 316 L ostenitik paslanmaz çeliğin kuru şartlarda tornalanabilirliği, farklı kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği parametrelerine göre, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü, talaş yapışma eğilimleri ve talaş tipleri değerlendirilerek araştırılmıştır. Deneysel bulgularda, kesme hızının esas kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin oldukça düşük olduğu ve ilerleme hızının etkisinin talaş derinliğine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, kesme hızını artmasıyla yığıntı talaş eğiliminde ve elde edilen helisel talaş uzunluğunda azalma gözlemlenmiştir.

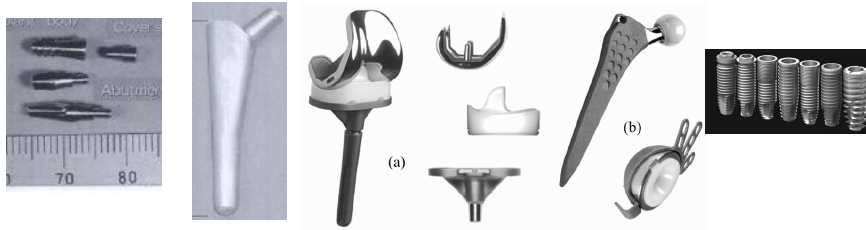
Anahtar kelimeler: Ostenitik paslanmaz çelik, İmplant, Kuru tornalama, Talaş tipi.

1. Giriş

Ostenitik paslanmaz çeliklerin implant imalatında kullanılmasını sağlayan temel özellik, bileşimlerinde % 12 ve bu orandan yüksek krom içeriği sayesinde yüzeylerde oluşan kararlı bir oksit tabakasıyla yüksek korozyon dayanımıdır. Ayrıca, osteniti kararlı duruma getiren nikel içeriğinin % 8' in üzerinde olması, paslanmaz çelikleri ostenitik paslanmaz çelikler olarak sınıflandırmakta ve bu çeliklerinin implant üretiminde kullanımını sağlayan önemli diğer bir özellik de, karbon içeriğinin % 0.03 altında olmasıyla vücut içerisinde korozyon riskini en aza indirmesidir. Günümüz biyomalzeme biliminde, mekanik dayanım bakımından da vücut içerisinde 10-15 yıl ömür biçilen [1] ve yaygın olarak tercih edilen AISI 316 L ostenitik paslanmaz çeliğin vücut içerisinde oyuklanmaya karşı direncini de, bileşimindeki % 2 molibden içeriği sağlamaktadır.

Klocke [2], Şekil 1' de gösterilen vida ve femur gövdesi implantları, ortopedik medikal cihazlar gibi karmaşık şekilli implantların imalatı için, tornalama, frezeleme ve taşlama gibi talaşlı imalat metotlarının kullanıldığını rapor etmiştir. Ancak, AISI 316 L paslanmaz çelik malzemenin implant geometrilerinin talaşlı imalatla elde edilmesi sırasında, bu malzemenin % 50 mertebesinde % uzama (ϵ) değerine sahip olmasıyla aşırı sünek yapıya ve yüksek korozyon direnci ile düşük ısı iletkenliğe sahip olmakla birlikte yüksek miktarda Cr-Ni ve bir miktarda molibden ihtivasiyla da karmaşık işleme zorlukları doğabilir. İşleme zorlukları, imalatçılara işleme maliyeti ve kalitesi bakımından sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden, bu tip malzemelerin talaşlı imalatının iyileştirilmesi adına birçok endüstriyel ve bilimsel çalışma yapılmıştır [3-6]. Bu bağlamda, Tekaslan ve diğerleri [7], AISI 304 paslanmaz çeliğin silindirik tornalanmasında, pekleşme karakteristiğinin önemini vurgulamışlar ve işlenmiş yüzeyde 1876, 69 MPa – 136,71 MPa aralığında kalıcı basma gerilmesi oluştuğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, işlenmiş yüzeyden 0.0465 mm derinlikten sonra kalıcı basma gerilmesinin kalıcı çekme gerilmesine

dönüştüğünü ve bu durumun makine elemanının yorulma dayanımına olumsuz etki edeceğini ifade etmişlerdir. Korkut ve diğerleri [8], kesme hızının azalmasıyla talaşla işparçası malzemesi arasında temasın daha fazla olduğunu ve bu temasın kesme bölgesinde sıcaklık artışına neden olabileceğini ileri sürmektedirler. Chin ve Tsai ise [9], paslanmaz çeliklerin işleme zorluğunu, karbon çeliğine göre % 50 daha düşük ısıl iletim katsayısına sahip olmasına bağlamakta ve bu özelliğin yığıntı talaş oluşumuna neden olduğunu ifade etmektedirler. Yeyen vd. [10], AISI 303 ve AISI 304 paslanmaz çeliklerini aynı koşullarda tornalama testlerine tabi tutarak, iki malzemenin işlenebilirliğini karşılaştırmışlardır. AISI 303 çeliğin diğerine nazaran % 19 daha fazla kesme kuvveti artışına neden olduğunu yaptıkları deneylerle belirlemişlerdir. Bir diğer çalışmada [11], AISI 304 paslanmaz çeliğin yüksek hızlı frezelenmesinde, kesme ve ilerleme hızının artmasıyla takım aşınmasında belirgin bir şekilde azalma gözlemlenmiştir. Deneysel bir çalışma ise [12], AISI 304 ve AISI 316 paslanmaz çeliklerin, CVD çok katmanlı kaplanmış sementit karbür takımla tornalama işlemlerinde, AISI 316 çeliğinin % 2 Mo içeriğinin AISI 304 çeliğine göre daha yüksek kesme kuvvetine neden olduğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada, düşük kesme hızlarında yüksek miktarlarda oluşan talaş sıvanmasının işlenmiş yüzeylerde yüzey pürüzlüğünü belirgin bir şekilde arttırdığı ifade edilmektedir [12].



Şekil 1. Muhtemel talaşlı imalatla elde edilen implant şekilleri (Possible implant shapes obtained by machining strategies)

Bu çalışmada, malzeme seçiminde implant malzemesi olarak kullanılan AISI 316 L ostenitik paslanmaz çeliğin, kuru kesme koşullarında modern WNMG sementit karbür kesici takımlar kullanılarak tornalanabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde, farklı kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme hızı değerleri kullanılarak ve asıl kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, talaş yapışma eğilimiyle birlikte talaş tipleri incelenerek test malzemesinin kuru tornalanabilirliği değerlendirilmiştir.

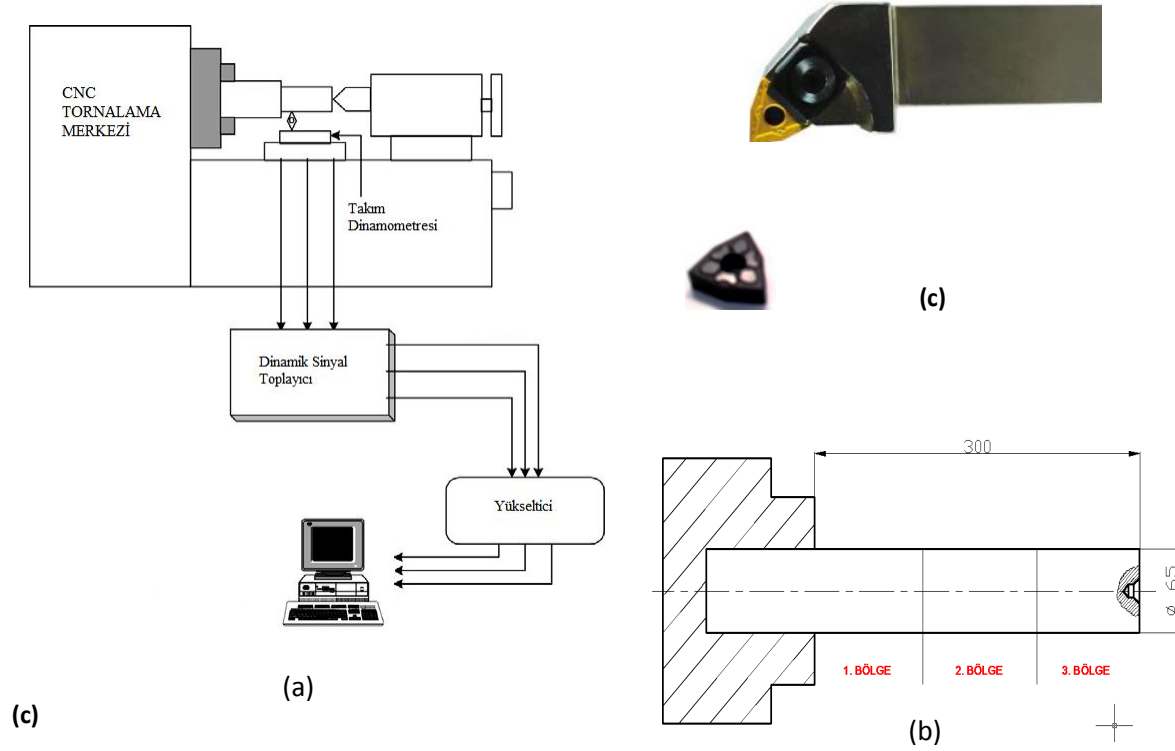
1.1. Materyal ve Yöntem

Tornalama ve mekanik testler, Anıl Paslanmaz Çelik firmasından temin edilen AISI 316 L ostenitik paslanmaz çelik malzeme ile gerçekleştirilmiştir. Çekme deneyleri, aynı malzemedeki TS EN ISO 6892-1 standardına [13] göre hazırlanan çekme numunesi ve 5 mm/dak çekme hızıyla 250 kN kapasiteli Zwick Z250 marka universal çekme testi cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekme testi ile, test malzemesinin sırasıyla ortalama elastisite modülü, akma dayanımı, çekme dayanımı ve % uzama (%ε) değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca, Metkon marka cihazla işparçasının mikro sertliği ölçülmüştür. Tablo 1’ de verilen test malzemesinin kimyasal içeriği, tedarikçi firma tarafından sertifikalandırılmıştır. İşleme testleri yapılmadan önce, çapı 65 mm ve boyu 400 mm olan başlangıç test malzemesinin yüzeyleri, 5 mm talaş kaldırılarak yüzeyindeki oksidiyondan arındırılmıştır.

Tablo 1. Test malzemesinin kimyasal içeriği ve bazı kimyasal özellikleri

AISI 316L Ostenitik Paslanmaz Çeliğin Kimyasal İçeriği								
C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu
0.02	0.001	0.025	0.30	1.8	17	13	2.7	0.3
Test Malzemesinin Bazı Özellikleri								
Yoğunluk (g/cm ³)-(20 ° C sıcaklıkta)					8.0			
Termal İletkenlik (W/mK)-(20 ° C sıcaklıkta)					14.6 (% 1 C' lu çelik için yaklaşık 43; Saf Titanyum için yaklaşık, 15.6)			
Termal Genleşme Katsayısı ((20-600° C sıcaklıkta)					19			
Özgül Isısı (J/g.K)- (20 ° C sıcaklıkta)					500			

AISI 316 L paslanmaz çeliğin kuru tornalama testleri, ANL-75T marka C eksen CNC torna tezgâhıyla, Seco marka WNMG sementit karbür takımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 2' de sistematize edilen tornalama testinde, Tablo 2' de verilen işleme parametreleri kullanılarak, kuru silindirik tornalama yapılmıştır. Herbir işleme koşulunda, kesme kuvvetleri anlık olarak Kistler marka 9257 A modeli dinamometre ve DAQ 6062E marka veri toplama ünitesi kullanılarak kaydedilmiştir. Ayrıca, diğer işleme koşuluna geçmeden işlenmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü, Şekil 2-a' da görülen I., II., III. bölgelerden Hommel Werke marka T 500 model cihazı kullanılarak hassas bir ölçüm yapılmıştır. Herbir işleme koşulunda, 1200 mm kesme yapıldıktan sonra kesici takımın oluştuğu aşınma tipleri, talaş yapışma eğilimi Tescan Vega LSU marka SEM cihazında incelenmiştir. Talaş tipleri literatürde bahsedilen [14] kategoriye ve ISO 3685-1977 (E) standardına göre değerlendirilmiştir. Yapılan test ve analizlerle, AISI 316 L malzemesinin kuru tornalanabilirliği, en düşük yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti, düşük talaş sıvanması ve en iyi talaş tipi belirlenerek temel kesme parametreleri olan kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme hızının optimizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır.

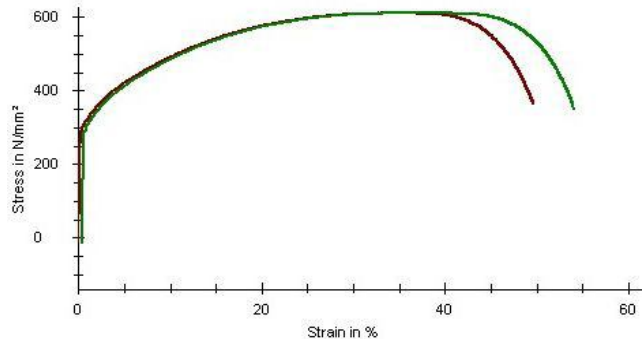


Şekil 2. Deney düzeneği (a), yüzey pürüzlülük ölçüm bölgeleri (b), kullanılan takım tutucu ve kesici soket (c)

1.2.Sonuçlar ve Değerlendirme

1.2.1.Test Malzemesinin Mekanik Özellikleri

Tornalama deneylerinden önce, test malzemenin karakteristiğini belirlemek için yapılan, iki adet çekme deneyinden Şekil 3' de verilen σ - ϵ eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen σ - ϵ eğrilerine göre, test malzemesinin ortalama olarak sırasıyla elastisite modülü, akma ve çekme dayanımı değerleri 140.179 GPa, 294.138 MPa ve 612.350 MPa olduğu görülmektedir. Ayrıca, test malzemesinin yüksek dayanıma sahip olmasıyla birlikte oldukça sünek yapıda olduğu % 51.373 uzama değeri ile de anlaşılmaktadır



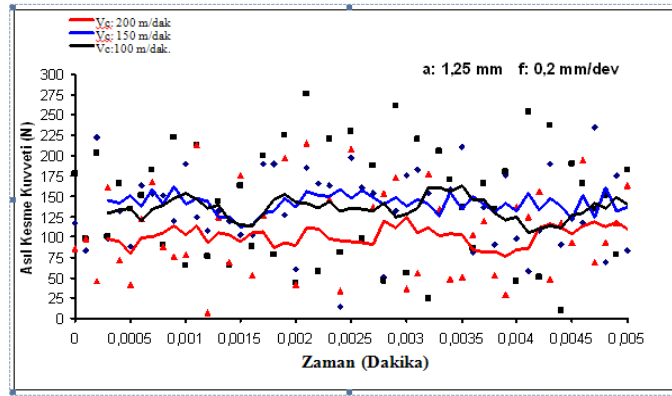
Şekil 3. AISI 316 L ostenitik paslanmaz çelik için σ - ϵ eğrileri

Yapılan mikrosertlik testlerinde de, ortalama 145 HV sertlik değeri elde edilmiştir. Bu sonuçlar ile test malzemesinin tornalanmasında, yığıntı talaş oluşumu veya talaş yapışma eğilimi gibi sorun ile

karşılaşılabileceği tahmin edilebilir. Dolayısıyla, kesici takım üretici firma tarafından tavsiye edilen [15] kesme parametrelerinden değerler seçilerek test malzemesinin kuru tornalanması için en uygun kesme parametresi belirlenmeye çalışılmıştır.

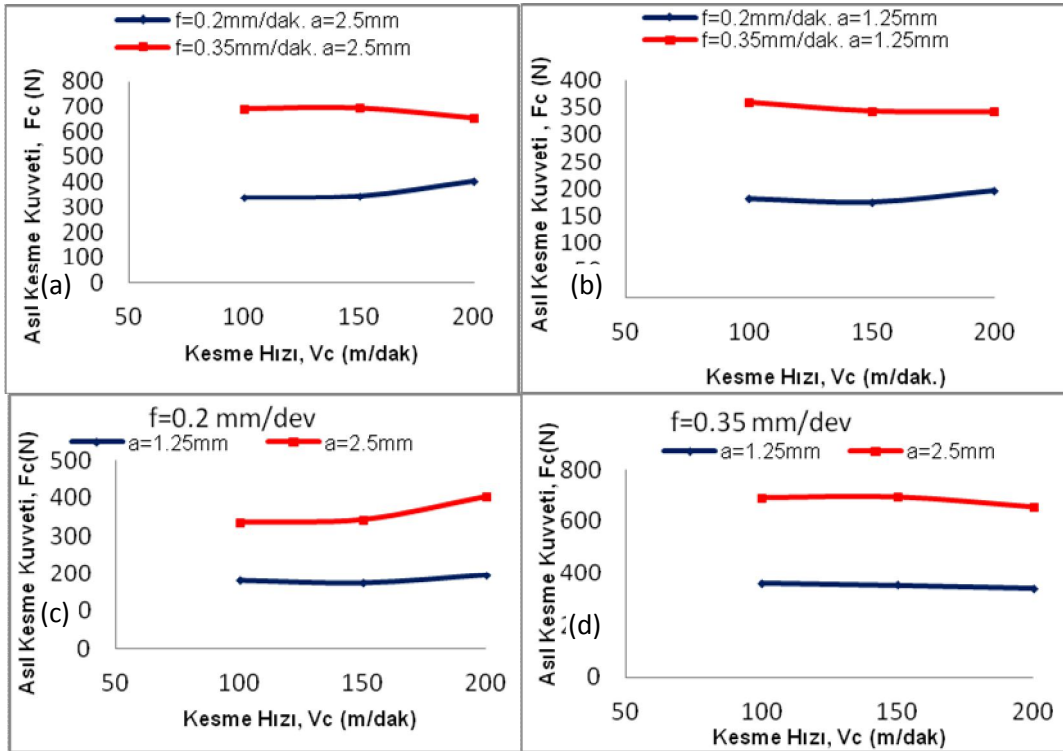
1.2.2. Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü

Kesme uzunluğu 1200 olan 316L paslanmaz çeliğin kuru tornalama işlemi ile yapılan her bir test de, işleme süresince anlık olarak asıl kesme kuvveti değerleri kaydedilmiştir. 100-200 m/dak. aralığındaki kesme hızlarının, ortalama asıl kesme kuvveti üzerine etkisinin hemen hemen hiç olmadığı Şekil 5' de görülmektedir. Ancak, Şekil 4' de görüleceği üzere anlık olarak 0.3 sn' lik süreçte, kesme hızının asıl kesme kuvveti üzerine etkisi belirlenmiştir. Deneylerde en iyi kesme şartı olarak belirlenen 1.25 mm talaş derinliği ve 0.2 mm/dev ilerleme hızıyla yapılan tornalama işleminde kesme hızının kesme kuvvetine etkisi Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Anlık olarak 0.3 sn' lik süreçte elde edilen kesme hızı-asıl kesme kuvveti ilişkisi

Şekil 4' de, kesme hızının anlık asıl kesme kuvveti üzerine etkisi çok fazla değildir. Bu bağlamda, aslında seçilen kesme hızlarının AISI 316 L paslanmaz çeliğinin işlenmesinde meydana gelen ortalama asıl kesme kuvveti üzerine etkisi kayda değer değildir. Ancak, anlık tornalama süreci göz önüne alınırsa, en düşük kesme kuvveti 200 m/dak kesme hızıyla işlemede elde edilirken, 100 m/dak ile 150 m/dak kesme hızlarında meydana gelen asıl kesme kuvveti değerleri birbirine çok yakındır. Anlık asıl kesme kuvveti, 200 m/dak kesme hızında yaklaşık 100 N, 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında ise asıl kesme kuvvetinin yaklaşık 125 N-150 N mertebesinde olduğu ifade edilebilir. Benzer olarak Çiftçi [12], 150 m/dak. kesme hızından düşük değerlerde yüksek kesme kuvveti, 150 m/dak kesme hızından sonra daha düşük kesme kuvveti ölçülmüştür.

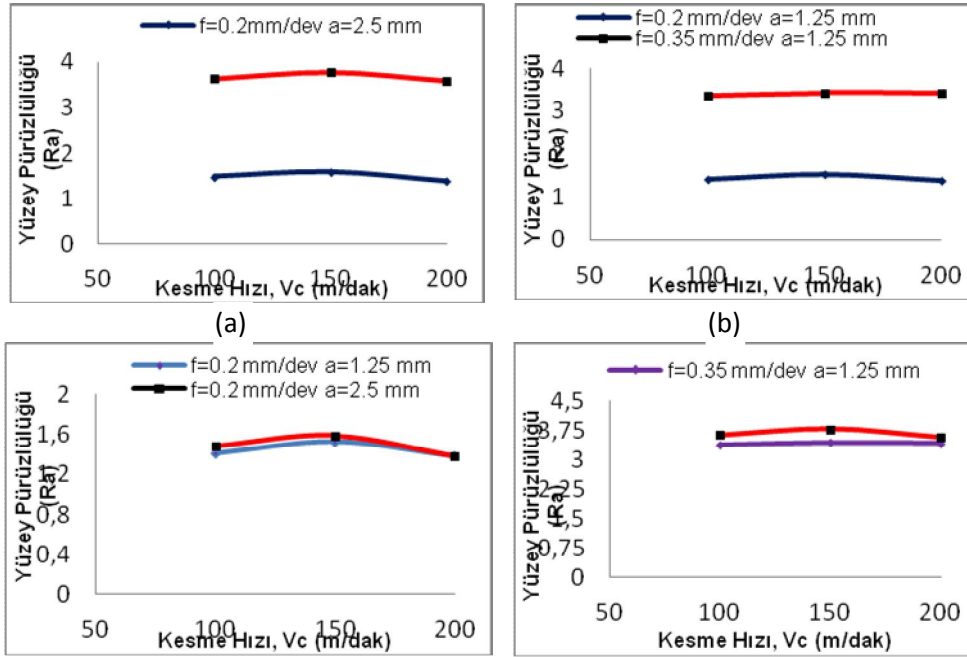


Şekil 5. Değişen kesme parametrelerine göre asıl kesme kuvveti değerleri

Şekil 5' de değişen kesme parametrelerine göre elde edilen ortalama asıl kesme kuvveti grafikleri verilmiştir. 0.35 mm/dev ilerleme hızı, 2.5 mm talaş derinliği ile tormalama işlemi yapıldığında ortalama asıl kesme kuvveti ortalama 700 N değerine ulaşmakta (Şekil 5-a) ve ilerleme hızı 0.2 mm' ye azaltıldığında ortalama asıl kesme kuvveti 300 N değerine düşmektedir. Şekil 5-a' da görüldüğü üzere, asıl kesme kuvveti üzerine kesme hızının etkisi, 150 m/dak değerden sonra çok az etkilidir. Şekil 5-b' de ise, talaş derinliği 1.25 mm ve 0.2 mm/dev ilerleme hızıyla tormalama işleminde en düşük kesme kuvveti meydana gelmiştir. Kesme hızının asıl kesme kuvvetine etkisi, bu grafikte bahsedilen parametrelerle tormalama işleminde hemen hemen hiç gözlemlenmemiştir. Şekil 5-c' de talaş derinliğinin esas kesme kuvvetine etkisi görülmekte olup, talaş derinliği 1.25 mm den 2.5 mm değerine arttırıldığında asıl kesme kuvveti de, ortalama olarak 200 N' dan 350 N değerine artmıştır. Kesme hızının asıl kesme kuvvetine etkisi ihmal edilebilecek durumdadır. Bir başka deneysel çalışmada [12], bu çalışmada işlenen malzemeden (AISI 316 L) farklı olan AISI 316 paslanmaz çeliğin TiN kaplı sementit karbür kesici takımla, ilerleme hızı 0.16 mm/dev, talaş derinliği 1 mm değerlerinde sabit tutarak ve kesme hızını 120 m/dak., 150 m/dak, 180 m/dak., 210 m/dak. olmak üzere dört farklı değer ile tormalama testleri yapılmıştır. Çitçi [12] çalışmasında, bu çalışmaya yakın asıl kesme kuvvet ölçmekle birlikte kesme hızının 150 m/dak değerden sonra asıl kesme kuvvetine etkisinin oldukça az olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada da, ilerleme hızının talaş derinliğine göre asıl kesme kuvvetine etkisi daha büyüktür. Yani, ilerleme hızının 1.75 kat arttırılırsa asıl kesme kuvveti 2.3 kat artarken, talaş derinliğinin iki kat arttırılırsa asıl kesme kuvveti 1.7 kat arttığı deney sonuçlarıyla söylenebilir. Benzer olarak Tekiner ve Yeşilyurt [16], AISI 304 paslanmaz çeliklerin farklı kesme parametrelerle yaptıkları tormalama testlerinde, kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin kayda değer olmadığını, fakat ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda, test malzemesi için kuru tormalama sırasında en iyi işleme şartının, asıl kesme kuvveti oluşumu bakımından sırasıyla kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliği değerleri 150-

200 m/dak., aralığında 0.2 mm/dev ve 1.25 mm olduğu ifade edilebilir. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi Şekil 6' da verilmiştir.

Şekil 6-a' da görüleceği üzere, kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi gözlemlenmemiştir. Ancak, ilerleme hızı talaş derinliğine göre yüzey pürüzlülüğünü çok daha fazla etkilemiştir. Bu bağlamda, 0.2 mm/dev ilerleme hızından 0.35 mm/dev ilerleme hızına çıkıldığında, yüzey pürüzlülüğü de 1.5 mikrondan ortalama 3.5 mikrona artmıştır. İlerleme hızı 0.2 mm/dev ile sabit, talaş derinliği 1.25 mm değerinden 2.25 mm' ye artırıldığında yüzey pürüzlülük değerinin ortalama 1.3 mikrondan 1.5 mikrona arttığı Şekil 6-c,d görülmektedir. Ancak ilerleme 0.35 mm/dev ile sabit, talaş derinliği 1.25 mm değerinden 2.5 mm değerine artırıldığında yüzey pürüzlülüğü ortalama 3.3 mikrondan 3.75 mikrona artmaktadır. Dolayısıyla, talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi % 14 iken, ilerleme hızının etkisi % 57 mertebesinde olduğu sonucuna varılmıştır.



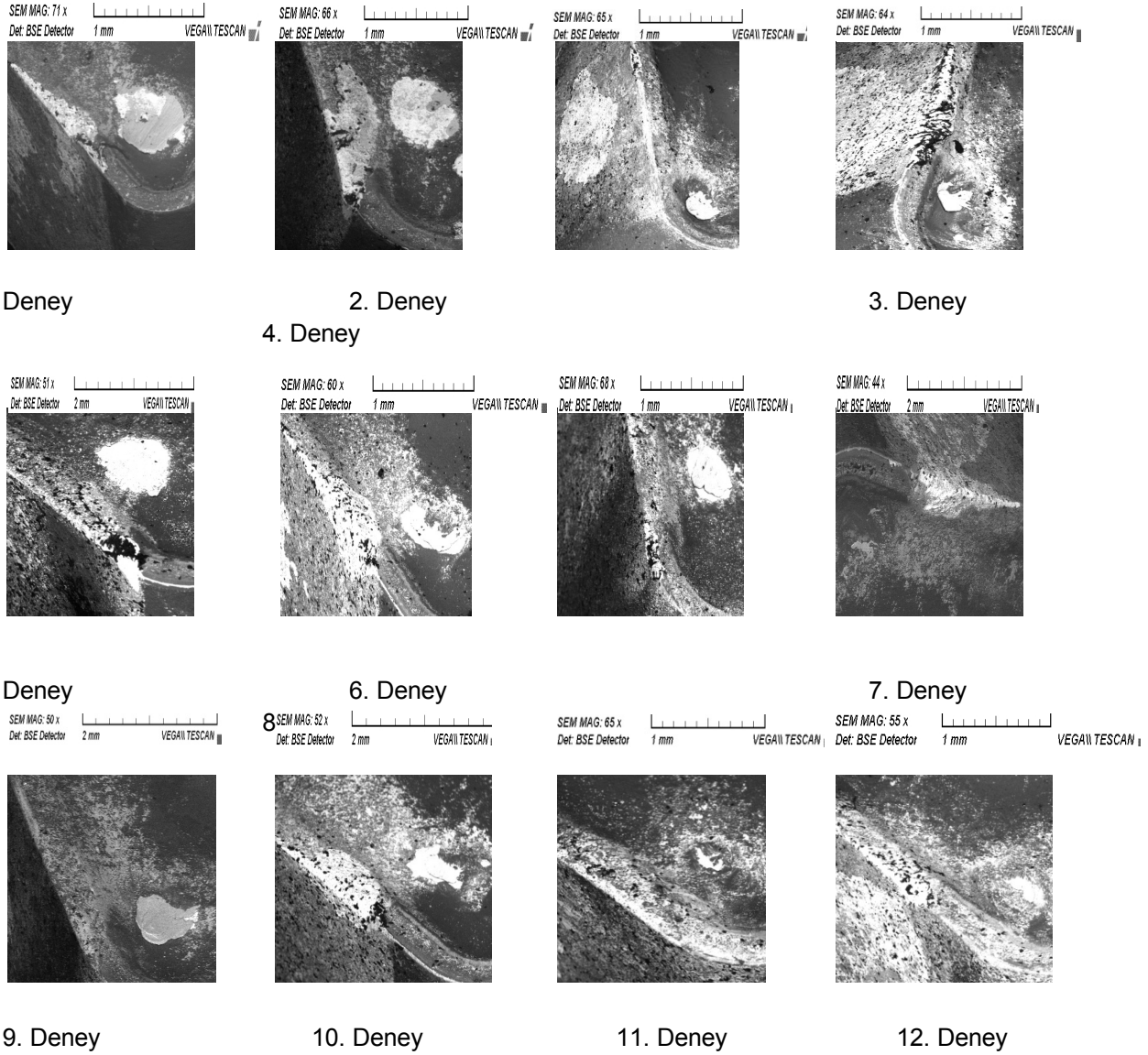
Şekil 6. Değişen kesme parametrelerine göre yüzey pürüzlülük değerleri

Kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin asıl kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi birlikte analiz edilirse, 200 m/dak. kesme hızı, 0.2 mm/dev ilerleme miktarı ve 1.25 mm talaş derinliği şartlarında daha az yüzey pürüzlülüğü elde edilirken diğer parametrelere göre nispeten daha düşük asıl kesme kuvvetinin meydana geldiği görülebilir. Diğer kesme parametreleriyle asıl kesme kuvveti aşırlaşırken daha kaba yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Xavier ve Adithan, [17], 90 m/dak kesme hızı, 1 mm talaş derinliği sabit tutularak ve ilerleme hızını 0.1 mm/dev ile 0.35 m/dev aralığında AISI 304 paslanmaz çeliğin tornalama testlerini gerçekleştirmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, 0.1 mm/dev ilerleme hızında 1 mikron yüzey pürüzlülüğü, 0.35 mm/dev ilerleme hızında ise 5 mikron yüzey pürüzlülüğü elde etmişlerdir. Tekiner ve Yeşilyurt [16], kesme hızının artmasıyla kesici kenarda meydana gelen talaş yığıntısında (build up edge) azalma, ilerleme hızının artmasıyla da, yığıntı talaş eğiliminde artış olduğunu belirlemişlerdir.

1.2.3. Talaş Yapışma Eğilimi ve Talaş Tipi

Talaşlı imalatta kesme sırasında kesici kenarda mekanik, kimyasal, termal ve aşındırıcı yük faktörleriyle kesici takımın aşınma meydana gelir. Kesici kenar deformasyonları, talaş tipini de etkileyen kesme parametreleri, kesici takım ve iş parçası malzemesi özellikleriyle de direkt ilgilidir.

Talaşlı imalatçılar için, çok büyük sorun teşkil eden ve yüzey-boyut hassasiyetini de olumsuz etkileyen talaş yapışma eğilimi, talaşın kesme kenarına sıvanmasıyla meydana gelir. Şekil 7' de, belirlenen kesme şartlarıyla (Tablo 2) kesici takımında oluşan talaş yapışma eğilimleri verilmiştir.



Şekil 7. Talaş yapışma eğilimi ve takım aşınması SEM görüntüleri

Tablo 2' de verilen deney numarasına göre sıralanmış kesici takım SEM görüntülerine göre, en az talaş yığılması 9. deney koşulunda meydana gelmiştir. Bu koşulu, düşük yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlere neden olan en iyi tornalama deney parametresidir. 1, 2 ve 10 kesme koşullarında, talaş yüzeyinde aşırı talaş yığılması, 1,2,4,6 ve 10. kesme koşullarında kesme kenarında aşırı yığıntı talaş oluşumu meydana gelmiştir. Özellikle, 4,6 ve 10. kesme koşullarında, kesme kenarında meydana gelen aşırı talaş yığıntısının kesme kenarın geometrisini değiştirdiği Şekil 7' de görülebilir. Takım yüzeyine yapışan iş parçası malzemeleri, sabit (durağan) değildir ve kesme esnasında meydana gelen yüksek kesme kuvvetleri ile takım yüzeyinden kopup uzaklaşır. Talaş kaldırma işlemi devam ettikçe tekrar takım üst yüzeyinde talaş birikmeye başlayabilir veya kesici kenardan küçük parçaların kırılıp uzaklaşmasına sebep olabilir. Dolayısıyla, 8. kesme koşulunda ise yığıntı talaşın kenardan ayrılarak kenarda mikro kırıklara neden olabildiği söylenebilir. Tablo 2' de tüm kesme koşullarına göre, yapışma eğilimi açıklanmıştır. Bütün deneylerde kullanılan kesici takım görüntüleri değerlendirildiğinde, nispeten en düşük kesme kuvveti ve en az yüzey pürüzlülüğü, talaş yapışma eğilimi bakımından

kesme kenar hattının en belirgin olmasıyla en iyi kesme koşulunun 9. deney şartı olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Kesme koşulları ve İşleme sonrası kesici takım durumu

Tornala testlerinde kullanılan işleme parametreleri ve işleme takım durumu				
Deney No	Talaş Derinliği, mm	İlerleme hızı, mm/dev	Kesme hızı, Vc, m/dak	İşleme Sonrası Takım Durumu
1	1,25	0,2	100	Kesme kenarında daha büyük alanda yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde yığıntı katmanı oluşumu.
2	2,5	0,2	100	Kesme kenarında yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde aşırı yığıntı katmanı oluşumu.
3	1,25	0,35	100	Kesme kenarından parça kopması ve düşük miktarda talaş yüzeyinde yığıntı katmanı oluşumu
4	2,5	0,35	100	Kesme kenarında aşırı yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde düşük miktarda yığıntı katmanı oluşumu. (en kötü durum)
5	1,25	0,2	150	Kesme kenarında yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde düşük miktarda yığıntı katmanı oluşumu.
6	2,5	0,2	150	Kesme kenarında aşırı yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde yüksek miktarda yığıntı katmanı oluşumu.
7	1,25	0,35	150	Talaş yüzeyinde yığıntı katmanı oluşumu.
8	2,5	0,35	150	Kesme kenarından parça kopması ve lokal alanda talaş sıvanması.
9	1,25	0,2	200	Talaş yüzeyinde yığıntı katmanı oluşumu ancak kesme kenar hattı düzgün. (en iyi durum)
10	2,5	0,2	200	Kesme kenarında aşırı yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde yüksek miktarda yığıntı katmanı oluşumu.
11	1,25	0,35	200	Kesme kenarında yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde yığıntı katmanı oluşumu.
12	2,5	0,35	200	Kesme kenarında düşük miktarda yığıntı talaş ve talaş yüzeyinde geniş alanda yığıntı katmanı oluşumu.

Kesme sıcaklıklarının en geniş aralığında oluşan aşınma mekanizmasının yapışma olduğu daha önce yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir [18, 19]. Şeker [20], talaş yapışmasını, sünek parçaların işlenmesinde yanlış kesici takım ve kesme parametrelerinin seçimiyle meydana geldiğini ifade etmektedir. Tekiner ve Yeşilyurt [16], paslanmaz çeliğe benzer sünek yapıya sahip malzemelerin tornalanmasında, ilerleme hızının artmasıyla yığıntı talaş oluşumunun arttığını ve kesme hızının

azalmasıyla da talaş yapışma eğiliminin azaldığını tespit etmişlerdir. Tablo 2 incelendiğinde, 4. işleme koşulunda kesme kenarında belirgin bir şekilde görülen yığıntı talaş, düşük kesme hızı, yüksek ilerleme hızı ve talaş derinliği değerlerinde meydana geldiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, ilerleme ve talaş derinliğinin artmasıyla ve kesme hızının azalması ile talaş sıvanma eğilimi artmaktadır.

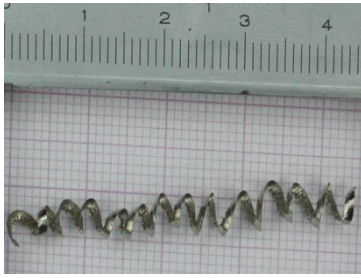
Özellikle tornalama gibi aralıksız talaş kaldırma işleminde talaş oluşumu, iş parçası kalitesi ve kesici takım ömrü bakımından oldukça önemlidir. Çoğu durumda, süreksiz talaş tipi, veya kısa helisel boru şeklinde talaş tipleri arzu edilen talaş tipidir. Klocke [14], Şekil 8’ de görüleceği üzere talaş tiplerini ISO 3685-1977 (E) standardına göre sınıflandırmaktadır.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ribbon chips	tangled chips	corkscrew chips	helical chips	long tubular chips	short tubular chips	spiral tubular chips	spiral chips	long comma chips	short comma chips
unfavourable			acceptable						
					good				

Şekil 8. Talaş tipleri [14]

Klocke' ye [14] göre, en iyi talaş tipi kısa tüp, spiral tüp ve spiral şeklinde oluşan talaş tipleridir. Ayrıca, helisel talaş, uzun tüp, uzun ve kısa virgül şeklinde oluşan talaş tiplerini de kabul edilebilir olarak sınıflandırmaktadır. Fakat şerit ve karışık talaş, sarmal şeklinde talaş oluşumları, verimli bir talaşlı imalat için tavsiye edilmeyen talaş tipi olarak sınıflandırılmıştır [14]. Bu çalışmada değişen kesme parametrelerine göre, oluşan talaş tipleri Şekil 9’ da verilmektedir.

Şekil 9’ da görüleceği üzere, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve talaş yapışma eğilimi bakımından en kötü kesme koşulu olarak dikkati çeken 4 nolu deneyde, karmaşık şekilli bir talaş tipi elde edilmiştir. En iyi kesme koşulu olan 9. deneyde, yaklaşık 20 mm uzunluğunda düzgün yüzeye sahip kısa boru tip (short tubular chip) iyi talaş tipi elde edilmiştir. 7 ve 11 nolu deneylerde spiral tip talaş (spiral chip), 1, 2 ve 5 nolu deneyde yaklaşık 45 mm uzunluğunda boru tipi talaş (long tubular chip), 8 ve 12 nolu deneylerde de virgül tipi talaş şekli (comma chip) elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızında, ilerleme ve talaş derinliği arttıkça tavsiye edilmeyen talaş oluşurken, kesme hızının 200 m/dak.’ ya artmasıyla talaş şekli tavsiye edilir sınırlarda olan virgül tipi talaşa dönüşmüştür. Bununla birlikte, 100 m/dak kesme hızında, düşük ilerleme ve talaş derinliği değerleriyle uzun helisel ve boru tipi talaş oluşurken, 200 m/dak kesme hızında, düşük ilerleme ve talaş derinliği değerleriyle kısa boru tipi helisel talaş elde edilmiştir. Yani, kesme hızının artmasıyla talaş uzunluğu azalmıştır. Tekiner ve Yeşilyurt [16] yaptığı çalışmada, talaş kıvrılma yarıçapının, ilerleme hızının artmasıyla azaldığını ve helisel tipte talaş oluşumu meydana geldiğini deneyleri ile belirlemiştir.. Sutter vd. [21], orta karbonlu çelikte kesme hızının talaş morfolojisi üzerine etkisini araştırmış ve kayma bandı kalınlığının kesme hızının artmasıyla azaldığını tespit etmiştir.



D deney talaş örneği



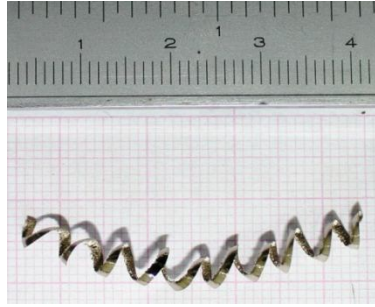
2. Deney talaş örneği



3. Deney talaş örneği



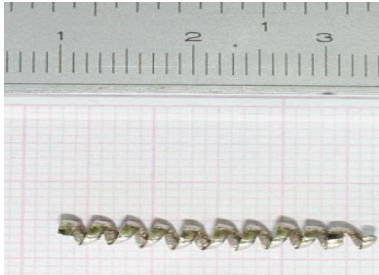
D deney talaş örneği



5. Deney talaş örneği



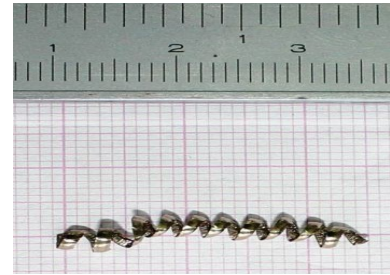
6. Deney talaş örneği



7. Deney talaş örneği



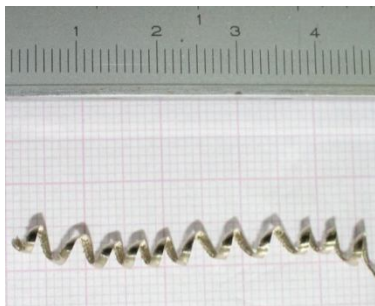
8. Deney talaş örneği



9. Deney talaş örneği



10. Deney talaş örneği



11. Deney talaş örneği



12. Deney talaş örneği

Şekil 9. Tornalama testlerinden elde edilen talaş tipleri (Chip forms obtained from turning tests)

3. Sonuç

İmplant malzemesi olarak tercih edilen AISI 316 L ostenitik paslanmaz çeliğin WNMG sementit karbür kesici takım ile kuru tornalanabilirliği için yapılan bu deneysel çalışmada elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır.

100–200 m/ dak kesme hızı aralıklarının kesme kuvvetine etkisi oldukça düşük, ancak 200 m/dak kesme hızı değer ile nispeten düşük asıl kesme kuvveti elde edilmiştir.

İlerleme hızı, yüzey pürüzlülüğü ve asıl kesme kuvvetini en çok etkileyen parametre olmuştur. İlerleme hızı, 0.2 mm/dev' den 0.35 mm/dev değerine artırıldığında ortalama asıl kesme kuvveti % 57, talaş derinliği 1.25 mm' den 2.5 mm' ye artırıldığında ortalama asıl kesme kuvveti % 14 artmıştır.

Yüksek ilerleme ve talaş derinliği (0.35 mm/dev ve 2.5 mm) ile düşük kesme hızıyla (100 m/dak) yapılan kuru tornalamada kesici kenarda belirgin bir şekilde yığıntı talaş meydana gelmiştir. Fakat düşük ilerleme ve talaş derinliği (0.2 mm/dev ve 1.25 mm) ile yüksek kesme hızıyla (200 m/dak) yapılan kuru tornalamada, kesme kenarında en düşük yığıntı talaş oluşumu gözlemlenmiştir (Şekil 7).

Düşük ilerleme ve talaş derinliği ile düşük kesme hızıyla yapılan tornalamada uzun boru tipi helis talaş meydana gelmiş ve bu durum kesme kenarı ile talaş yüzeyinde talaş yapışma eğilimini artırmıştır. Bununla birlikte, düşük ilerleme ve talaş derinliği sabit tutularak kesme hızı artırıldığında, talaş uzunluğu % 50 mertebesinde kısalarak kısa boru tipi helis talaş oluşmuştur.

Bütün deneyler karşılaştırıldığında, kesici takım firmasının belirttiği aralıklarda WNMG sementit karbür takım ile kuru tornalama için en ideal kesme koşulu sırasıyla talaş derinliği, ilerleme hızı ve kesme hızı değerleri 1.25 mm, 0.2 mm/dev ve 200 m/dak. olarak tayin edilmiştir.

Teşekkür

Çalışmamızı SDÜBAP 2009-YL-09 nolu proje ile destekleyen SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] Çelik, Ö., Kayalı, E.S., ve Çimenoglu, H., "Nitriding of Austenitic Stainless Steels for Orthopedic Applications". 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.

[2] Klocke, F., "Manufacturing Technology I". WZL-RWTH, Aachen, 2001.

[3] Kose, E., Kurt, A., Şeker, U., "The Effects of The Feed Rate on The Cutting Tool Stresses in Machining of Inconel 718". Journal of Materials Processing Technology, 196 (1-3), 165-173, 2008.

[4] Kurt, A., Şeker, U., "Kesici Takım Gerilmelerinin Sonlu Elemanlar Metodu Kullanılarak İncelenmesi". Gazi Üniversitesi, Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (4), 491–497, 2005.

[5] Avuncan, G., "Kesici Takımların Bilenmesi", Makine Takım A.Ş., Mavi Tanıtım ve Pazarlama Ltd. Sti. Yayınları, Gebze, 62-80, 1998.

[6] Altınkaya, E., Güllü, A., "AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Takım Aşınmasına ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi". Politeknik Dergisi, 11, 1, 13-17, 2008.

- [7] Tekaslan,Ö., Gerger, N., Şeker, U.,“AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Farklı Kesme Parametreleri ile Tornalama İşleminde Sonra Oluşan Kalıcı Gerilmelerin Araştırılması”. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. , Cilt 24, No 3, 443-452, 2009.
- [8] Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. and Şeker, U.,“Determination of Optimum Cutting Parameters During Machining of AISI 304 Austenitic Stainless Steel”.Materials and Desing, 25 (4), 303-305, 2004.
- [9] Chin, W.T. and Tsai, C. S.,“The Investigation on The Prediction of Tool Wear and the Determination of Optimum Cutting Conditions in Machining 17-4PH Stainless Stell”.Journal of Materials Prosesing Technology, 140 (1-3), 340-345, 2003
- [10] Yeyen, H.E., Korkut, İ., Turgut, Y., Çiftçi, İ., “AISI 303 Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesme Hızı ve İlerlemenin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkileri”. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
- [11] Abou-El-Hossein, K.A., Yahya, Z., “High-SpeedEnd-Milling of AISI 304 Stainless Steels Using New Geometrically Developed Carbide Inserts”.Journal of Materials Processing Technology,162–163, 596–602, 2005.
- [12] Çiftçi, İ.,“Machining of Austenitic Stainless Steels Using CV Multi-Layer Coated Cemented Carbide Tools”. Tribology International, 39, 565–569, 2006.
- [13] TS EN ISO 6892-1: Standard test for Metallic materials - Tensile testing - Part 1: Method of test at room temperature; 2004.
- [14] Klocke, F., “Simülasyon in Manufacturing Technology: Lecture 8, Principles of Cutting”.Fraunhofer Institute for Production Technology, Aachen, 2010.
- [15] Seco Tools Catalog.,
- [16] Tekiner, Z., Yeşilyurt, S., “Investigation of The Cutting Parameters Depending on Process Sound During Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel”. Materials and Design, 25, 507–513, 2004.
- [17] Anthony Xavier, M, Adithan, M., “Determining The Influence of Cutting Fluids on Tool Wear And Surface Roughness During Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel”. Journal of Materials Processing Technology. 209, 900-909, 2009.
- [18] Carrilero, M.S., Bienvenido, R., Sanchez, J.M., Alvarez, M., Gonzalez, A., Marcos, M., “A SEM and EDS Insight into the BUL and BUE Difference in the Turning Processes of AA2024 Al-Cu Alloy”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 42, pp. 215-220, 2002.
- [19] Sanchez, M., Marcos, M., “Relaciones Parametricas en el Mecanizado”, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cadiz, Cadiz, Spain, 1994.
- [20] Şeker, U., “Takım Tasarımı ders Notları”, Gazi Üniv, Tek. Eğt. Fak., Ankara, 2006.
- [21] Sutter, G., Faure, L., Molinari, A., Deiime, A., and Dudzinski, D.,“Experimental Analysis of the Cutting Process and Chip Formation at High Speed Machining”. Journal of Phsic, C3, 33, 1997.