



**Hasan Basri Ulaş**

Gazi University, bulas@gazi.edu.tr, Ankara-Turkey

**Halil Demir**

Karabük University, hdemir@karabuk.edu.tr, Karabük-Turkey

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0127">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0127</a>	
ORCID ID	0000-0002-9754-6055	0000-0002-9802-083X

## DÜZLEM TAŞLAMA İŞLEMİNDE TEĞETSEL VE NORMAL KUVVETLERİN İLİŞKİSİ

### ÖZ

Bu çalışma, düzlem taşlama tezgahında taşlama esnasında oluşan teğetsel ve normal kuvvetlerinin ilişkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Taşlama işlemi esnasında oluşan taşlama kuvvetlerinin ölçülmesi ve bilgisayara kaydedilmesi için, daha önce tasarımı ve imalatı yapılan bir dinamometre kullanılmıştır. Dinamometre tasarımında iki adet gerinim ölçer esaslı 3000 N kapasiteli analog yük hücresi kullanılmıştır. Taşlama deneyleri 46, 60 ve 80 taneli Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> taşlarla altı farklı kesme derinliklerinde yapılmıştır. İş parçası olarak sertleştirilmiş AISI 1050 (50 HRC) ve AISI 4140 (55 HRC) çeliği kullanılmıştır. Taşlama işlemi esnasında oluşan normal kuvvetler, teğetsel kuvvetlerin iki katından fazla gerçekleşmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Düzlem Taşlama, Normal Kuvvet,  
Teğetsel Kuvvet, Kaba Taneli, İnce Taneli

## THE RELATION BETWEEN NORMAL AND TANGENTIAL FORCES IN GRINDING

### ABSTRACT

This study was carried out in order to determine the relation between normal and tangential forces in surface grinding operations. A previously designed and constructed dynamometer was used to measure and record the grinding force components during grinding. Two strain-gauge based analogue load cells of 3000 N capacity were used for the dynamometer. Grinding tests were carried out at six different depth of cuts using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grinding wheels of various grain sizes (46, 60 and 80 meshes). The grinding tests were carried out on hardened AISI 1050 (50 HRC) and AISI 4140 (55 HRC) steel workpieces. The normal forces were found to be twice larger than the tangential forces.

**Keywords:** Surface Grinding, Normal Force, Tangential Force,  
Coarse-grained, Fine-grained

### How to Cite:

Ulaş, H.B. ve Demir, H., 017). Düzlem Taşlama İşleminde Teğetsel ve Normal Kuvvetlerin İlişkisi, **Technological Applied Sciences (NWSATAS)**, 12(4):193-202,  
DOI:10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0127.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Taşlama işlemi, iş parçalarının istenilen şekil, ölçü ve ölçü toleranslarında elde edilmesini sağlayan önemli bir imalat yöntemidir. Bu yöntem iş parçalarının özellikle diğer işleme yöntemleriyle (tornalama, frezeleme vb.) yeterli tamlıkta ve yüzey kalitesinde üretilemediği durumlarda kullanılmaktadır [1 ve 2]. Yüzey bütünlüğünün önemi; kırılma dayanımı, korozyon hızı, gerilme korozyon çatlaması, aşınma, manyetik özellikler ve boyutsal kararlılık gibi ürün performansı üzerindeki etkilere bağlıdır. Yüzey bütünlüğü; bitirme yüzeyi, metalürjik hasar ve kalıcı gerilmeler gibi yüzeylerin kalitesiyle ilgili bütün yönleri kapsamaktadır. Bitirme yüzeyi işlenen yüzeyin kalitesiyle ilgilidir [3 ve 4]. Ölçme aletleri, kızak ve kayıtlar, miller, dişli çarklar, merdane ve yatak bilezikleri gibi birçok makine parçasının yüzey özelliklerinin iyi olması zorunludur. Bu yüzeylerin korozyona karşı dayanıklı olabilmesi için taşlama işlemi gerekli şartlardan biridir [5].

Taşlamayı etkileyen önemli bir faktör de aşındırıcı taneciklerin aşınması ve taş yüzeyinden koparak ayrılmasıdır. Talaşlı üretimin temel elamanı olan makine, kesici takım ve işlenecek malzeme üzerinde, yıllardır devam eden araştırmalar, talaş kaldırma esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin ve etkilerinin analizi ve doğru olarak ölçülmesini de gerekli hale getirmiştir. Taşlamacılıkta bu amaçla birçok çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, problemler tamamıyla çözülememiştir [6 ve 9]. Yapılan araştırmalara göre, dişlilerin taşlanması sonrası yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için geliştirdikleri modelin verdiği sonuçlar ve bu sonuçları destekleyen deneysel çalışmalar göstermektedir ki, artan taşlama hızı yüzey pürüzlülük değerinin düşmesine neden olmaktadır. Bununla talaş derinliğinin artması, ilerleme hızı ve taş özellikleri yüzey pürüzlülük değerlerini etkilediğini vurgulamışlardır. Liu ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada taşlama esnasında oluşan kuvvetleri incelediklerinde, taş tane boyutu küçüldükçe ve taşlama derinliği arttıkça taşlama kuvvetlerinin arttığını vurgulamıştır [11 ve 12].

Taşlama işleminde oluşan kuvvetleri teorik olarak hesaplamak için geliştirilen metotların hiçbiri taşlama diskinin kimyasal yapısını ve fiziksel özelliklerini dikkate almadığından dolayı, tamamen doğru sonuçlar vermemekte, sadece belli bir yakınlıkta taşlama kuvvetlerinin tahmin edilebilmesine imkan sağlamaktadır. Yapılan taşlama kuvvetleri hesaplamaları taşın özelliklerini dikkate almayıp, işlenen malzeme özellikleri ve işleme şartları kullanılarak, hesaplamalar teğetsel kuvvetin bulunmasına yönelik yapılmıştır [13 ve 14]. Taşlama işleminde ise talaş kesiti net bir şekilde belirlenmemektedir. Çünkü diğer takım tezgahlarındaki gibi, verilen talaş miktarı taşlama tezgahında bir defada kaldırılamamaktadır. Bu nedenle yapılan hesaplamalar, taşın iş parçası yüzeyinde bir defa geçtiğinde verilen bütün talaşın kaldırıldığı kabul edilerek yapılmaktadır. Takım tezgahlarında kesicilerle malzemelerden talaş kaldırma işlemi esnasında malzemelerin maruz kaldıkları kuvvetler nedeniyle konumlarını değiştirmeleri oldukça önemlidir. Taşlama işleminde iş parçasının tezgah tablasına doğrudan manyetik tabla vasıtasıyla veya bağlama kalıpları ile emniyetli bir şekilde bağlanabilmesi için, talaş kaldırma anında oluşan kesme kuvvetlerinin büyüklüğünün ve yönlerinin bilinmesi gerekmektedir.



## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

İş parçasının tezgâha bağlanması taşlama işleminde önemli safhalardan biri olup taşlama hatalarının çoğu, uygun ve yeterince rijit olmayan bağlama işleminden kaynaklanmaktadır. Taşlama kuvvetlerinin doğru olarak tespit edilmesi ve iş parçasının bağlanmasında buna göre önlem alınması, doğabilecek hataları ortadan kaldıracaktır. Bağlama kuvvetlerinin önceden belirlenmesi, bağlama tasarımı kalıbının otomasyonunda önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle standart bağlama elamanlarının seçiminde, kesme kuvvetlerine bağlı olarak, bağlama kuvvetlerinin doğru tayin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla talaş kaldırma esnasında oluşan taşlama kuvvetlerinin ölçülmesi ve bilgisayara kaydedilmesi için yapılan dinamometre ile farklı taş taş tane büyüklüklerindeki taşlarla yapılması, taşlama işlemi yapılarak taşlama kuvvetleri arasındaki ilişkiyi etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD PROCESS)

Bu çalışmada; numune olarak ıslah işlemi sonunda kazandıkları üstün mekanik özelliklerden dolayı, çeşitli makina ve motor parçalar, dövme parçalar; çeşitli civata somun ve saplamalar, krank milleri, akslar, kumanda ve tahrik parçaları, piston kolları, çeşitli miller, dişliler gibi parçaların imalatı gibi geniş bir kullanım alanına sahip AISI 4140 malzemesi ve AISI 1050 malzemesi seçilmiştir. Bu malzemelerin spektral analizleri yaptırılmış ve malzemelerin kompozisyonu belirlenmiştir (Tablo 1 ve 2). Numuneler ısıtılardan sonra, gerginlik giderme tavına tabi tutulmuş ve sertlikleri üç ayrı bölgede sertlik ölçümü yapılmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması AISI 4140 (55HRC), AISI 1050 (50HRC) alınmıştır. Numunelerin yüzeylerinde oluşan oksit tabakaları taşlama işlemi ile giderilerek dinamometreye sağlıklı bağlanması gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. AISI 4140 malzemesinin kimyasal bileşimi  
(Table 1. Chemical composition of AISI 4140 material)

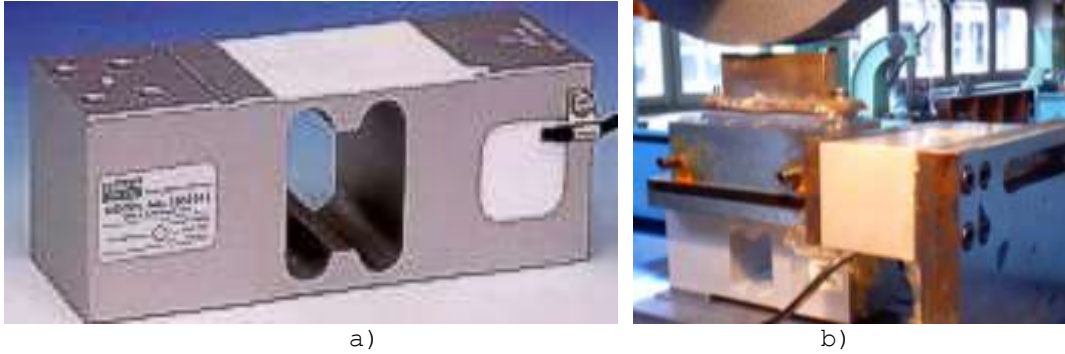
Element	%	Element	%	Element	%
Alüminyum (Al)	0.420	Mangan (Mn)	0.932	Molibden (Mo)	0.188
Silisyum (Si)	0.241	Kobalt (Co)	0.0158	Kalay (Sn)	0.0117
Fosfor (P)	0.018	Nikel (Ni)	0.121	Kurşun (Pb)	0.001
Titanyum (Ti)	0.003	Bakır (Cu)	0.200	Wolfram (W)	0.0073
Vanadyum (V)	0.019	Arsenik (As)	0.0085	Karbon (C)	0.420
Krom (Cr)	0.960	Niobyum (Nb)	0.0027	Kükürt (S)	0.0243

Tablo 2. AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimi  
(Table 2. Chemical composition of AISI 1050 material)

Element	%	Element	%	Element	%
Alüminyum (Al)	0.000	Mangan (Mn)	0.757	Molibden (Mo)	0.042
Silisyum (Si)	0.113	Kobalt (Co)	0.020	Kalay (Sn)	0.032
Fosfor (P)	0.033	Nikel (Ni)	0.011	Kurşun (Pb)	0.064
Titanyum (Ti)	0.000	Bakır (Cu)	0.227	Wolfram (W)	0.003
Vanadyum (V)	0.020	Arsenik (As)	0.021	Karbon (C)	0.510
Krom (Cr)	0.271	Niobyum (Nb)	0.000	Kükürt (S)	0.044

Bu çalışmada; düzlem taşlama işlemi esnasında oluşan taşlama kuvvetlerini belirlemek için bir dinamometre kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada; kullanılan dinamometrenin tasarımı iki ayrı aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada; düzlem taşlama tezgâhında taşlanacak iş parçasının rijit bir şekilde bağlanabilmesi, ikinci aşamada ise; deney düzeneği düzlem taşlama tezgâhının tablasına paralel ve rijit olarak bağlanmasıdır. Tasarım yapılırken taşlama

kuvvetlerinin yönleri ( $F_t$  ve  $F_n$ ) yük hücrelerinin bağlantı konumlarını belirlenmiştir. Taşlama kuvvetlerini ayrı ayrı ölçebilmek amacıyla seçilen yük hücreleri BAYKON firmasına ait iki adet kiriş tipi 300 kg LOAD CELL olup yük hücrelerinin teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Deneylerde kullanılan yük hücreleri Şekil 1.a'da verilmiştir. Düzlem taşlama tezgahında, taşlama esnasında oluşan taşlama kuvvetlerini yatay ve dikey yönlerde ölçebilmek amacıyla geliştirilen gerinim ölçer esaslı dinamometrenin düzlem taşlama tezgahının tablası üzerindeki yerleşim konumu Şekil 1.b'de gösterilmiştir.

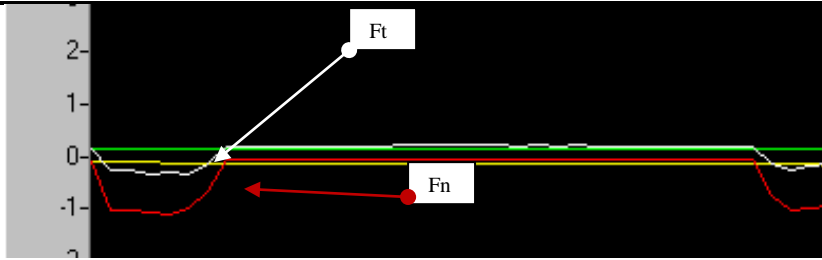


Şekil 1. Deneylerde kullanılan yük hücresi ve deney düzeneği  
(Figure 1. Load cell and experimental setup used in experiments)

Tablo 3. Yük hücresinin teknik özellikleri  
(Table 3. Technical specifications of the load cell)

BAYKON		Model (1263) TEDEA-HUNTLEIGH			
Parametreler	Değer	Birimler	Parametreler	Değer	Birim
Nominal Yük	300	Kg	Termal Denge	0.00140	%FS/°C
Uyarım Gerilimi	10	V	Termal Duyarlık	0.0060	%FS/°C
Tam Ölçü Çıkışı (FS)	2±%10	mV/V	Girdi Direnci	415±15	Ohm
Doğrusal Olmama	0,02	% FS	Çıktı Direnci	350±3	Ohm
Histerize & Tekrar Edileme	0,01	% FS	Güvenli Yük	150	%FS
Toplam Hata	0,020	% FS	Kopma Yüğü	250	%FS
Sürünme (30 Dakika)	0,025	% FS	Yalıtım Direnci	MegaOhms	>5000
Çalışma Sıcaklık Sınırı	-30+80	°C	Kablo Uzunluğu	1.5	m
Dengelenmiş Sıcaklık Sınırı	-10+40	°C	Ağırlık	1.6	Kg

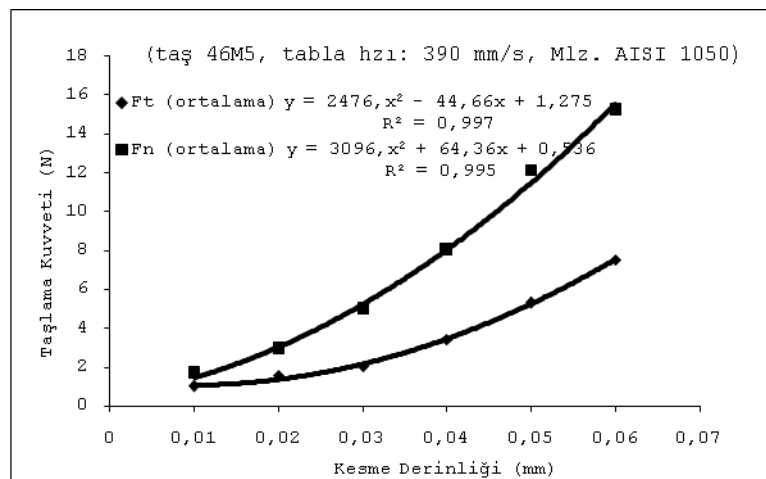
Deneyler TAKSAN TYT-400 düzlem taşlama tezgahında yapılmıştır. 250x50x127 ölçülerinde taş kullanılmıştır. Zımpara taşlarının yapıları gereği homojen şekilde imal edilmeleri mümkün olmadığından; kullanılan bütün taşlar statik dengeleme yöntemi ile dengelenmiştir. Bütün deneylerde taş devri takometrede ölçülen 1596 dev/dakika alınmıştır. Taşlama işleminde oluşan teğetsel kuvvet ve normal kuvvetlerin gerilim cinsinden değişimleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Taşlama işleminde ölçülen gerilim değişiminin bilgisayar ekranında görüntüsü  
(Figure 2. Display of the measured voltage change during grinding on the computer screen)

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Zımpara taşları ile talaş kaldırma sırasında taşlama kuvvetlerini ve taşlanan iş parçasının yüzey kalitesini etkileyen pek çok faktör söz konusudur. Bu çalışmada taş tane büyüklüğü (46, 60 ve 80) ve taşlama parametrelerinin, kesme derinliğinin (0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 ve 0.06mm) taşlama kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Taş devri, taş bileme oranı ve soğutma sıvısının debisi sabit tutulup, taşlama işleminin yukarıda belirtilen parametreleri değiştirilerek, AISI 4140 ve AISI 1050 çelik malzemeler taşlanmıştır. Bu sebeple düzlem taşlama tezgahında, AISI 1050 çelik malzeme 46 taneli taşla taşlanmış ve taşlama anında yatay yönde oluşan kuvvetleri (Ft) ve dikey yönde oluşan kuvvetleri (Fn) ölçülmüştür (Şekil 3). 0.01mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemlerinde Ft ve Fn kuvvetleri birbirine yakın değerlerde ölçülmüştür. Kesme derinlikleri artırılarak yapılan deneylerde taşlama kuvvetleri kesme derinliklerine oranla daha yüksek değerlerde oluşmuştur. Kesme derinlikleri doğrusal artırılmış ancak kesme kuvvetleri üstel olarak artmıştır. Yapılan matematik modelde,  $F_t=2476.8x^2-44.661x+1.275$  ve  $F_n=3096.4x^2+64.36x+0.53$  denklemleri elde edilmiştir. Eğrilerin regresyon katsayıları 1'e yakın ( $R^2=0.9976$ ) değerlerde çıkmıştır. Fn değerleri Ft değerine oranla yaklaşık % 30 daha yüksek değerlerde oluşmuştur. Diğer işleme yöntemlerinin aksine, taşlama kuvvetinin (Fn) esas kesme kuvvetinden (Ft) daha büyük olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir [15].



Şekil 3. Kaba taneli taşta (46M5) Ft ve Fn arasındaki ilişki  
(Figure 3. Relation between Ft and Fn in coarse grained stone (46M5))



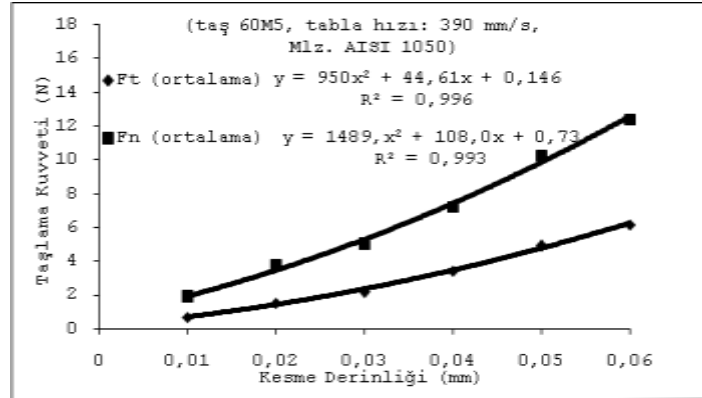
Yapılan bu çalışmada düzlem taşlama işlemi diğer takım tezgahlarında talaş kaldırılma işlemine göre farklılık arz etmektedir. Talaşlı imalat işlemlerinde kesme kuvvetlerini belirlemek için genelde tornalama metodu kullanılmaktadır. Tornalama metodunda ise yanaşma açısı  $90^{\circ}$  seçilerek kesme kuvveti bileşenleri aza indirgenmektedir. Tornalama metodunda veya frezeleme metodunda tezgaha verilen kesme derinliği talaş oluşumunda yaklaşık %100 kaldırılmaktadır. Tornalama veya frezeleme işleminde talaş kaldırıldıktan sonra kesici takımın konumu değiştirilmeden parça yeniden işlenirse kesme kuvvetleri sıfıra yakın değerler alacaktır. İkinci işlemde küçük değerlerde kesme kuvvetleri görülürse bunun nedeni, kesicinin iş parçasına sürtünmesi, kesicinin talaş kaldırma esnasında esnemesinden kaynaklanabilir. Taşlama işlemi, tornalama metodunda farklı bir işleme metodudur. İşleme yönü olarak frezeleme metoduna benzetilebilir. Ancak frezeleme işleminde kesicinin aynı yönlü veya zıt yönlü olarak işlenmesini, operatör tercih edebilir. Düzlem taşlama işleminde kesici devamlı aynı yönlü veya zıt yönlü olarak işleme yapmaktadır.

Taşlama işleminde tezgahın keserek kaldırması için verilen kesme derinliği bir geçişte talaş olarak kaldırılmamaktadır. Taşlama tezgahında taşlamak için verilen kesme derinliği birçok geçişte kaldırılabilir. Taşlama işleminde, taşlama diski ile iş parçası aynı yönde talaş kaldırırken  $F_n$  kuvveti maksimum değerlerde oluşmaktadır. Taşlama işleminin diğer işleme metodlarındaki diğer bir farkı ise kesici olarak kullanılan taş tanelerinin düzenli bir kesme geometrisinin ve düzenli bir sıralanmasının olmamasıdır. Bu düzensiz taş taneleri talaş kaldırırken taş tanelerinin aralarındaki boşluk veya taş tanelerinin yükseklik farkından dolayı talaş bir geçişte kaldırılmamaktadır. Dolaysıyla taşlama işleminde taşlama kuvvetleri teorik olarak hesaplanınca kaldırılacak talaşın kesit tam olarak belirlenememektedir. Ayrıca taşlama kuvvetlerinin yönünün ve değerinin bilinmesi iş parçasının emniyetli şekilde bağlanmasını sağlayacaktır.

Ayrıca taşlama işlemi yüksek kesme hızlarında yapılan bir işlemdir. Taşlama diskleri genelde darbelere ve farklı yönde gelen kuvvetlere karşı dayanımı düşüktür. Bu ise taşlama işlemi açısından önem arz etmektedir. Düzlem taşlama işleminde iş parçaları genelde manyetik tablalarla bağlanmaktadır. Bağlama hatalarında veya taşlama esnasında iş parçasının tabla ve taşlama diski arasına sıkışması yüksek devirde dönen taşlama diskinin kırılması veya patlamasına neden olacaktır. Parçalanan taşlar silahtan çıkan mermi hızında olduğunda büyük tehlikeler arz etmektedir. Yüksek değerlerde oluşan kesme kuvvetleri, taş tanelerinin aşınmasına, taş tanelerinin taşlama diskinde koparak işlenen iş parçasının yüzeyine nüfuz ettikleri bilinmektedir. Yüksek hızlarda talaş kaldıran taşlama işlemi, taşlama parametreleri tam belirlenmemesi durumunda işlenen parçanın yüzeyinde yanmalar, kılcal çatlaklar ve kalıntı gerilmeleri oluşturduğu çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir [1].

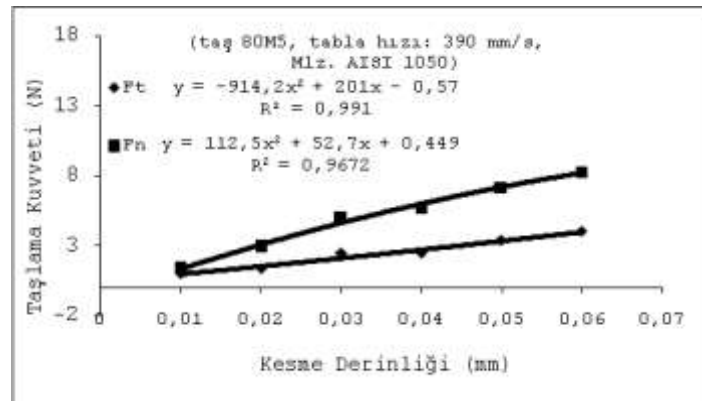
60M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığında yatay ve dikey kuvvetler arasındaki oranın daha tutarlı olduğu taşlaş derinlikleri ile fazla değişmediği görülmüştür (Şekil 4). Bu oranın daha kararlı olması, 60M5 taşı ile yapılan taşlamada oluşan taşlama kuvvetlerinin, 46M5 taşı ile yapılanlarda oluşan taşlama kuvvetlerine göre daha az olmasından ve kesmenin daha rahat olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 60M5 taşı ve 46M5 taşı ile eşit kesme derinliklerinde, eşit tabla hızında ve ilerleme miktarlarında deneyler yapılmıştır. Taşlama işleminde 46M5 taşına göre 60M5 taşında kesme işlemini yapacak aktif tanecik sayısı fazladır. Aktif tanecik sayısının fazla olması tane başına düşen talaş miktarını azalmasına ve taşlama kuvvetlerin daha düşük çıkmasına neden

olmaktadır. Fn kuvvetinin yüksek değerlerde çıkmasının nedeni, kaldırılamayan talaş miktarı ne kadar çok olursa, kaldırılamayan talaş taşlama diskine ve iş parçasına o kadar basınç yapmasıyla açıklanmaktadır.



Şekil 4. Orta taneli taşta (60M5) Ft ve Fn arasındaki ilişkisi  
(Figure 4. Relation between Ft and Fn in medium grained stone (60M5))

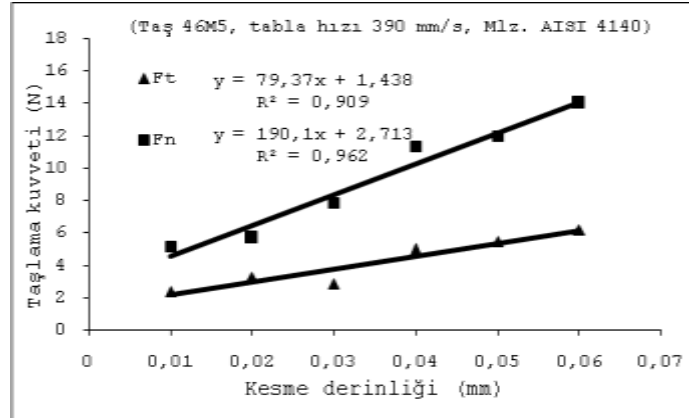
80M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığından yatay ve dikey yönde oluşan kuvvetler arasındaki oranın 60M5 taşı ile yapılanlarda oluşan taşlama kuvvetlerine benzer olduğu, Şekil 5’de görülmektedir. 80M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri diğer taşlama işlemlerine göre (60M5 taşı ve 46M5 taşı ile yapılan deneyler) daha düşük değerlerde oluşmuştur. Ancak 80M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin küçük değerlerde olmasına rağmen yüksek kesme derinliklerinde taşlama zorlanmış ve taşlama diskine taş tanelerinin kopmasına neden olmuştur. Taş tanelerinin küçük boyutlarda olması tanelerin taşlama diskine bağlanma kuvvetlerini azaltmaktadır.



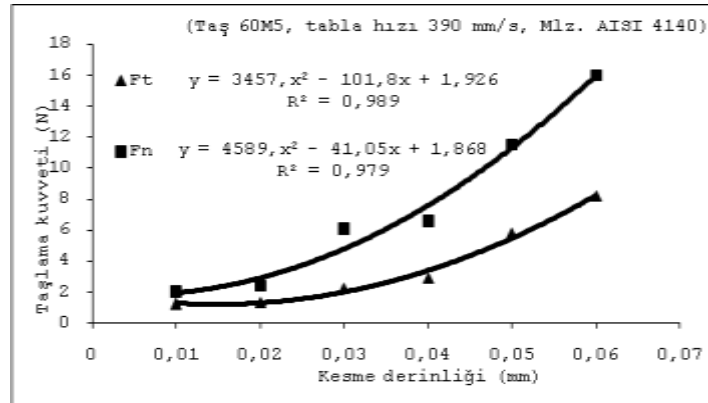
Şekil 5. İnce taneli taşta (80M5) Ft ve Fn arasındaki ilişkisi  
(Figure 5. Relation between Ft and Fn in fine grained stone (80M5))

46M5, 60M5 ve 80M5 taşları ile AISI 4140 malzemesinin taşlama işlemlerinde oluşan yatay ve dikey taşlama kuvvetleri Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8 verilmiştir. AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri ile AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığında, Ft ve Fn kuvvetleri AISI 4140 malzemesinde taşlanmasında daha yüksek değerlerde oluşmuştur. Bunun nedeni AISI 4140 malzemesinin içerisinde bulunan alaşım elementleri ve buna bağlı olarak AISI 4140 malzemesinin sertliğinin AISI 1050 malzemesine göre

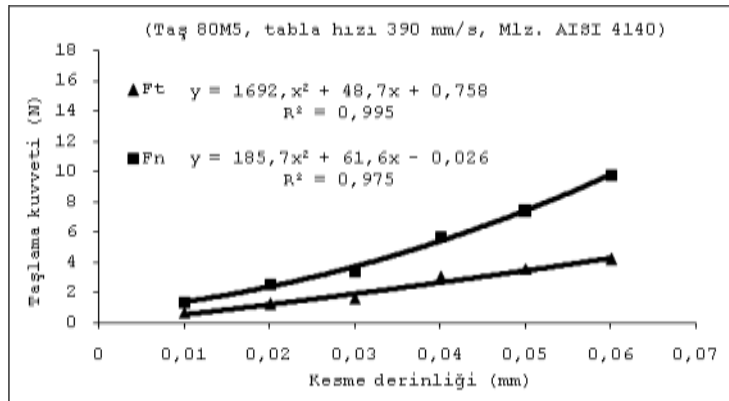
yüksek değerlerde olması ile açıklanabilir. AISI 4140 malzemesinin taşlanması oluşan yatay ve dikey kuvvetler arasındaki oran ( $F_n/F_t$ ) AISI 1050 malzemesinin taşlanması oluşan  $F_n/F_t$  oranıyla yaklaşık aynı olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre taşlanan malzemelerin cinsine göre taşlama kuvvetleri değişse de, taşlama sırasında oluşan yatay ve dikey kuvvetleri arasındaki oranın fazla değişmediği söylenebilir.



Şekil 6. Kaba taneli taşa (46M5)  $F_t$  ve  $F_n$  arasındaki ilişkisi  
(Figure 6. Relation between  $F_t$  and  $F_n$  in coarse-grained stone (46M5))



Şekil 7. Orta taneli taşa (60M5)  $F_t$  ve  $F_n$  arasındaki ilişkisi  
(Figure 7. Relation between  $F_t$  and  $F_n$  in medium-grained stone (60M5))



Şekil 8. İnce taneli taşa (80M5)  $F_t$  ve  $F_n$  arasındaki ilişkisi  
(Figure 8. Relation between  $F_t$  and  $F_n$  in fine-grained stone (80M5))





Yapılan bütün taşlama işlemlerinde elde edilen taşlama kuvvetleri  $F_n/F_t=2F_t\sim 2.3F_t$  oranında bulunmuştur. Bu sonuçlar, literatürdeki yapılan çalışmalarla paralellik arz etmektedir. Ancak taşlama parametreleri ve işleme parametrelerine göre değişmektedir.

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Zımpara taşları ile talaş kaldırma sırasında taşlama kuvvetlerini ve taşlanan iş parçasının yüzey kalitesini etkileyen pek çok faktör söz konusudur. Bu çalışmada taş tane büyüklüğü (46, 60 ve 80) ve taşlama parametrelerinin, kesme derinliğinin (0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 ve 0.06mm) taşlama kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Taş devri, taş bileme oranı, soğutma sıvısının debisi sabit tutulup, taşlama işleminin yukarıda belirtilen parametreleri değiştirilerek, AISI 4140 ve AISI 1050 çelik malzemeler taşlanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 0.01mm kesme derinliklerinde yapılan taşlama işlemlerinde  $F_t$  ve  $F_n$  kuvvetleri birbirine yakın değerlerde ölçülmüştür. Kesme derinlikleri artırılarak yapılan deneylerde taşlama kuvvetleri kesme derinliklerine oranla daha yüksek değerlerde oluşmuştur.
- Kesme derinlikleri doğrusal artırılmış ancak kesme kuvvetleri üstel olarak artmıştır.
- Eğrilerin regresyon katsayıları 1'e yakın ( $R^2=0.99$ ) değerlerde çıkmıştır.  $F_n$  değerleri  $F_t$  değerine oranla yaklaşık %130 daha yüksek değerlerde oluşmuştur.
- Taşlama işleminde, taşlama diski ile iş parçası aynı yönde talaş kaldırırken  $F_n$  kuvveti maksimum değerlerde oluşmaktadır.
- 80M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetleri diğer taşlama işlemlerine göre (60M5 taşı ve 46M5 taşı ile yapılan deneyler) daha düşük değerlerde oluşmuştur.
- 80M5 taşı ile yapılan taşlama işlemlerinde oluşan taşlama kuvvetlerinin küçük değerlerde olmasına rağmen yüksek kesme derinliklerinde taşlama zorlanmış ve taşlama diskinde taş tanelerinin kopmasına neden olmuştur. Taş tanelerinin küçük boyutlarda olması tanelerin taşlama diskine bağlanma kuvvetlerini azaltmaktadır.
- AISI 4140 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri ile AISI 1050 malzemesinde oluşan taşlama kuvvetleri karşılaştırıldığında,  $F_t$  ve  $F_n$  kuvvetleri AISI 4140 malzemesinde taşlanmasında daha yüksek değerlerde oluşmuştur.
- AISI 4140 malzemesinin taşlanmasında oluşan yatay ve dikey kuvvetler arasındaki oran ( $F_n/F_t$ ) AISI 1050 malzemesinin taşlanmasında oluşan  $F_n/F_t$  oranıyla yaklaşık aynı olduğu görülmüştür.
- Yapılan bütün taşlama işlemlerinde elde edilen taşlama kuvvetleri  $F_n/F_t=2F_t\sim 2.3F_t$  oranında bulunmuştur.

##### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası:KBÜBAP-17-YD-281.

##### NOT (NOTE)

Bu çalışma 5-8 Eylül 2017 tarihinde Gürcistan-Tiflis'te düzenlenen "2<sup>nd</sup> International Science Symposium (ISS2017)" sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.



#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Demir, H., Güllü, A., Çiftçi, İ., and Şeker, U., (2010). An Investigation into The Influences of Grain Size and Grinding Parameters on Surface Roughness and Grinding Forces When Grinding, *Strojniski Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 56, 447-454.
2. Kalpakjian, S., (1991). *Manufacturing Process for Engineering Materials*, Addison-Wesley, New York, USA, 120-121.
3. Gondi, P., Mattogno, G., Sili, A., and Foderaro, G., (1993). Structural Characteristics at Surface and Barkhausen Noise in Aisi 4340 Steel After Grinding, *Nondestructive Testing and Evaluation*, 10, 255-267.
4. Shaw, M.C., (1994). A Production Engineering Approach to Grinding Temperatures, *Journal of Materials Processing Technology*, 44, 59-69.
5. Demir, H. ve Güllü, A., (1999). Silindirik Taşlamada Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Oranı İlişkisinin Araştırılması, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji*, 1-2, 151-167.
6. Demir, H., (2003). Düzlem Taşlamada Taşlama Parametrelerinin Taşlama Kuvvetlerine ve Yüzey Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-5.
7. Demir, H. ve Güllü, A., (2001). Taşlama Parametrelerinin Taşlama Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7, 189-198.
8. Şeker, U., Kurt, A., and Çiftçi, İ., (2002). Design and Construction of a Dynamometer for Measurement of Cutting Forces during Machining with Linear Motion, *Materials and Design*, 23, 355-360.
9. Günay, M., (2003). Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 40-49.
10. Yanzhong, W., YanYan, C., Guang, M.Z., QingJun, L.V., Zuzhi, Z., Wen, T., and Yang, L., (2016). Roughness Model for Tooth Surfaces of Spiral Bevel Gears Under Grinding, *15th CIRP Conference on Modelling of Machining Operations*.
11. Wei, L., Zhaohui, D., Yuanyuan, S., and Linlin, W., (2017). Effects of Grinding Parameters on Surface Quality in Silicon Nitride Grinding, *Ceramics International* 43, 1571-1577.
12. Sanchit, K.K. and Sanjay, A., (2016). Predictive Modeling of Surface Roughness in Grinding, *Mechanism and Machine Theory* 104, 17-30.
13. Demir, H. ve Güllü, A., (2008). Taş Dokusunun Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Kuvvetlerine Etkilerinin İncelenmesi, *Gazi Üniv. Mim. Fakültesi Dergisi*, 23, 77-83.
14. Demir, H. ve Güllü, A., (2008). Taş Sertliği ve İşleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Taşlama Kuvvetlerine Etkilerinin İncelenmesi, *Gazi Üniv.Mim. Fakültesi Dergisi*, 23, 577-584.
15. Srihari, G. and Lal, G.K., (1996). Mechanics of Vertical Surface Grinding, *Journal of Materials Processing Technology*, 62, 393-396.