

KILAVUZ KESİCİ TAKIMLARI İLE AA5083 MALZEMESİNE VİDA AÇILMASINDA MATKAP DELİK ÇAPININ KESME KUVVETLERİNE ETKİSİ

Yunus KAYIR

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 06500 Teknikokullar / ANKARA
vkayir@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 04.05.2009; Kabul/Accepted: 04.10.2010)

ÖZET

Bu çalışmada, AA5083 malzemesine açılan deliklere TiN kaplamalı ve kaplamasız HSS makine kılavuzları ile vidalar açılmıştır. Matkap deliklerinin açılmasında dört farklı çaptaki HSS helisel matkapları kullanılmıştır. Vidaların açılması işleminde ise, farklı formlardaki kılavuz kesiciler kullanılmıştır. Vidaların açılması sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri bir dinamometre kullanılarak ölçülmüştür. Matkap delik çaplarının kılavuz kesme kuvvetlerine etkisi araştırılmıştır. Deneyler, CNC freze tezgahında kesme sıvısı kullanılarak yapılmıştır. Deneysel sonuçlar; matkap delik çapının kılavuzla vida açma işleminde oluşan tork ve kesme kuvvetlerini doğrudan etkilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kılavuz, Kılavuz çekme, Vida açma, Kesme kuvvetleri, AA5083.

THE EFFECT OF HOLE DIAMETER ON CUTTING FORCES FOR TAPPING ON AN AA5083 ALLOY

ABSTRACT

In this study; threads are tapped in drilled holes on an AA5083 alloy with HSS machine taps TiN coated and uncoated. Holes are drilled by using HSS twist drills of which four different diameters are used. Threads are tapped in these holes by using different taps forms. Cutting forces are measured during thread tapping by a dynamometer. The effect of the hole diameters on cutting forces are investigated. Experiments performed on a CNC Milling machine with cutting oil. The experimental results have shown that the hole diameters affect torques and cutting forces occurred during the tapping process.

Keywords: Tap, Tapping, Thread cutting, Cutting force, Aluminium alloy 5083.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Makine imalat sanayisinde kılavuzlar, deliklere vidaların açılmasında yaygın olarak kullanılan kesicilerdir. Temelde kılavuzların el ve makine olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Seri imalatta en yaygın kullanılan makine kılavuzların farklı form ve tipleri bulunmaktadır [1].

Kılavuz ile vida açmadaki talaş kaldırma operasyonu diğer kesici takımlara kıyasla daha karmaşıktır. Deliklere kılavuzla vida açılmasında, vida tipi (metrik ve whitworth) ve vida ölçüleri seçilecek matkap çapını, vida açılacak malzeme tipi de seçilecek

kılavuz tipini (kaplamalı veya kaplamasız) ve formunu doğrudan etkilemektedir. Matkap ile açılacak delik çapı, kılavuz kesicisinin zorlanmasına hatta kırılmasına sebep olmakta ve elde edilecek vida kalitesini değiştirebilmektedir. Seçilen kılavuz tipi ve formu, kullanılacak en uygun kesme parametrelerinin (kesme hızı) belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Belirlenen kesme parametreleri, çıkan talaşların dışarı atılmasında kesicinin sıkışması, takım ömrü, vb. sorunları ortaya çıkarabilmektedir. Yapılan bir imalatta delik içersinde kırılan bir kılavuz, imalatın kalitesini ve maliyetini doğrudan etkileyen olumsuzlukları ortaya çıkarabilmektedir. Dolayısı ile bütün bu işlemler, kılavuzla vida açmayı zor

işlemlerden biri haline getirmektedir.

Talaşlı imalatta yanlış kılavuz seçimi her zaman problem olmuştur. Kılavuz seçiminde birçok parametre vardır. Kesici takım imalatçıları, ürettikleri kılavuzların özelliklerini tablolar halinde kullanıcıya sunmaktadır. Üretilen kesicilerin özellikleri, genel olarak benzer olmasına karşın bazı farklılıklar gösterebilmektedir. Sonuçta her üretici kendi tecrübelerine ve teknolojik imkânlarına dayanarak kılavuz imalatı yapabilmektedir [2].

Bunların yanında, dünyada kılavuzlarla vida açılmasına yönelik yapılan akademik çalışmalara bakıldığında:

Kuo [3] yaptığı deneysel çalışmasında; titanyum malzemesine küçük çaplı (M3 ve M3.5, vb.) kılavuzlarla vidalar açmıştır. Yapılan bu çalışmada, küçük çaplı kılavuzlarla derin deliklere vida açılması sırasında oldukça sık meydana gelen kesici kırılmalarının sebepleri ve çözümleri üzerinde durmuştur. Kesici kırılmalarına sebep olarak, titanyum malzemesine vidaların açılmasında ortaya çıkan yüksek tork'u (moment) göstermiştir. Yüksek tork'un meydana gelmesini de titanyum malzemesinin elastikiyet özelliğinin kesici ile malzeme ara yüzünde daha fazla sürtünme direnci oluşturmaya bağlamıştır. Vida açılması sırasında tork'un düşürülmesi ile kesici kırılmalarının önüne geçileceğini savunmuştur. Bu amaçla da Kılavuz ile titanyum malzemesi arasındaki sürtünme direncinin azaltılmasında titreşimin etkisini araştırmıştır. Deneysinde M3 ve M3,5 mm kılavuzları, farklı kesme parametreleri, ultrasonic titreşim oluşturma cihazı ve sulu ve kuru işleme şartları kullanarak 10-25 mm boydaki deliklere vidalar açmıştır. Belirli frekanslarda kullandığı titreşimlerin, kesicinin delik içerisinde vida açarak ilerlemesi ve delikten dışarı çıkması sırasında ortaya çıkardığı ani tork dalgalanmalarını azalttığını tespit etmiştir. Bunun yanında kullanılan belirli frekanslardaki titreşimlerin vida profilini bozmadığını belirlemiştir.

Veldhuis ve arkadaşları [4]; diş açma operasyonları sırasında flor katkılı kesme sıvısının takım/iş parçası arasındaki aşınmaya etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada numune parçaların birine kuru kesme şartları uygulamışlar ve diğer numune parçada ise flor katkılı kesme sıvısı kullanarak deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Deneyleri 20-550°C aralığında yaparak kullanılan kesme sıvısının 400 ile 455°C gibi yüksek sıcaklıklarda sürtünme katsayısının %18 azaldığını gözlemlemiştir. Araştırmalarında HSS çeliğinden yapılmış ve kuru kesme şartlarında helis kanallı, özel tasarlanmış kılavuzlar kullanmışlardır. Kesici takımların yüzeylerini SEM'de incelemişler ve yüzeylerde mikro kırılmalar olduğunu görmüşlerdir. Tüm bu araştırmalar sonunda kullanılan flor katkılı kesme sıvısının takım/iş parçası arasında film tabakası

oluşturduğunu ve bu film tabakasının takım ömrünü arttırarak kesme kuvvetlerini %8 oranında azatlığı sonucuna varmışlardır.

Reiter ve arkadaşları [5]; östenit paslanmaz çeliklerde PVD kaplamalı kılavuzların kör delikteki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada deney sürecince farklı kaplanmış M8 kılavuzlar kullanmışlardır. Maksimum kesme momenti uygulanarak farklı nitelikteki diş diplerini analiz etmişlerdir. SEM mikroskobu ile incelenerek takım aşınmaları incelemiştir. Bunlara ek olarak sertlik gibi mekanik özellikler, abrasive aşınma direnci ve sürtünme katsayısı gibi verileri belirlemiştir. Sonuç olarak yapılan çalışmada TiCN kaplamanın mükemmel aşınma ve yapışma direncinin olduğu belirtilmiştir.

Zhang ve diğ. [6] yaptıkları çalışmada; kılavuzla vida açılmasında titreşimin etkisini araştırmışlardır. Vida açılması sırasında tork'un, (moment) oluşumunda iki önemli faktörün bulunduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu faktörleri; kesici ile malzeme ara yüzünde oluşan sürtünme ve vida açılması sırasında malzeme özelliklerinin değişime uğraması olarak ifade etmişlerdir. Vida açılması sırasında tork'un düşürülmesinde titreşimin yardımcı olacağını düşünmüşlerdir. Bu amaçla da titreşimin etkilerini belirleyebilmek için hem teorik ve hem de deneysel çalışmalar yapmışlardır. Kılavuzla vida açılması işlemini, titreşim var ve titreşim yok şeklinde iki farklı yöntem kullanarak teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Teorik ve deneysel sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuçların birbirine yakın olduğunu grafiklerle ortaya koymuşlardır. Deneysel çalışmalarında, malzeme olarak pirinç, 1/4, 3/8 ve 1/2 parmak standart kılavuzlar, titreşim cihazı, tork ölçümü için dinamometre kullanmışlardır. Deneyleri, farklı devirlerde, farklı titreşim frekanslarında ve sulu ve kuru işleme şartlarında yapmışlardır. Yaptıkları deneylerde, titreşimin kullanılması ile elde edilen tork'un titreşim kullanılmadan elde edilenden daha küçük olduğunu, diğer bir deyişle titreşimin tork'u azalttığını tespit etmişlerdir. Fakat titreşimin çok düşük ve çok yüksek tutulmasında ise tork'u olumsuz yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Coa ve diğ. [7] yaptıkları çalışmada, kılavuzla vida açılması sırasında oluşan yükleri (tork ve eksenel kuvveti) teorik olarak tahmin edebilen bir mekanik model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelin değişik kesme şartları altında (kuru kesme, farklı kesme yağları kullanılarak kesme, vb.) oluşan kılavuzlama yüklerini, takım/talaş ara yüzündeki sürtünmeyi ve talaş şekillenmesini dikkate alarak tahmin edebildiği ifade edilmiştir. Makalede, mekanik modelin geliştirilmesine ek olarak vida açma deneylerinin de yapıldığı ve tork ve eksenel kuvvetlerin ölçüldüğü, ölçülen değerlerle mekanik modelin tahmin ettiği değerlerin karşılaştırıldığı belirtilmektedir. Yapılan bu çalışmada, kılavuzlarla vida açılması sırasında ortaya

çıkın yüklerin karakteristikleri üzerinde durulmuş, ölçülen toplam yükün, temel yük ve talaş yükü şeklinde ikiye ayrıldığı öne sürülmüştür. Temel yükün, talaş şekillenmesi ve kesici/takım ara yüzündeki sürtünmenin sonucu olduğunu belirtilmiştir. Mekanik model tarafından tahmin edilen kılavuzlama yükün ölçülebilir temel yük olduğunu ifade edilmiştir. Talaş yükünün ise, çıkan talaşların kılavuzun talaş tahliye kanallarına sıkışmasından ve talaşların düzensizliğinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Talaş yükünün, işleme şartlarına ve kesici geometrisine bağlı olarak çoğu kez temel yük olarak algılanabildiği, kılavuz kırılmalarının meydana gelmesinde birçok faktörün (talaş sıkışması, yüksek tork, vb.) sebep olduğu rapor edilmiştir.

Jin ve diğ. [8] yaptıkları çalışmada, talaşlı imalatı zor olarak bilinen beta tipi titanyum alaşımına c-BN kaplanmış HSS bir kılavuz ile vidalar açarak işlenebilirlik özelliklerini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada beta tipi titanyum malzemesinin işlenmesinde c-BN kaplamasının takım malzeme ara yüzeyinde film tabakası gibi kaydırıcı bir görevi üstleneceğini düşünmüşlerdir. Kılavuzların c-BN ile kaplanmasında, fabrikasyon ortamında manyetik olarak iyon çöktürme yöntemini kullanmışlardır. Bununla birlikte, kılavuzun vida açma performansı içinde deneyler yapmışlardır. Yaptıkları deneylerin sonucunda, ticari olarak piyasada bulunan diğer kılavuzlara oranla, c-BN kaplamalı kılavuzların, beta titanyum malzemesine vidaların açılmasında; hassasiyet, kılavuzun kırılmaya karşı direnci ve takım ömrü olarak daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir.

Doyle ve arkadaşları [9]; makine kılavuzu ile vida açma sırasında, kesici takımlarda oluşan kesme kuvvetlerinin oluşumunu araştırmışlardır. Vida açmak için kullanılan makine ve bu makineyi kullanılan operatörün, elde edilen vidanın ölçümsel doğruluğuna etki ettiğine dikkat çekmişlerdir. Kılavuz ile vida açılması sırasında oluşan kesme kuvvetlerine, vida hatvesinin (adımının) büyük ve küçük olmasının etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Elde edilen vida profilindeki hataları en aza indirmek için kesme kuvvetlerinin fazla olmaması gerektiğinin sonucuna varmışlardır.

Yapılan araştırmalarda kılavuzlara yönelik çalışmaların az ve son yıllara ait olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, delik içerisine kılavuzlarla vida açılmasında, matkap delik çapının ve kullanılacak olan kılavuz formlarının kesme kuvvetleri ve tork oluşumuna etkisine yönelik bir çalışmaya da rastlanmamıştır. Dolayısı ile böyle bir çalışmanın yapılması ile vida açma operasyonlarında yaygın olarak kullanılan makine kılavuzlarının doğru ve ekonomik seçimine katkı sağlanacağı, kılavuzlara yönelik az olan çalışmalara da iyi bir kaynak oluşturulacağı düşünülmüştür. Bu amaçla, matkap delik çapı ve kılavuz formu değişiminin kesme kuvveti (Fz) ve tork (Mz) olan etkisinin

belirlenmesine yönelik çok sayıda deney yapılmıştır. Deneylerde, AA5083 malzemesi üzerinde farklı çaplardaki matkaplarla boydan boya delikler delinmiş ve bu deliklere farklı tipteki kılavuzlar (açılı ve düz ağız bilemeli, helis ve düz kanallı, değişik ağızlama boylarında v.b) ile vidalar açılmıştır. Kurulan bir deney seti ile de kuvvet ve tork ölçülmüştür. Deneyler farklı kesme parametreleri için tekrarlanmıştır. Yapılan tüm deneylerde soğutma sıvısı kullanılmıştır. Elde edilen veriler grafik haline getirilerek yorumlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHOD)

Çalışmada, deneyler için imalat alanında özel bir yeri olan AA5083 malzemesi kullanılmıştır. AA5083, mekanik özellikleri yanında, hafiflik, kaynak edilebilirlik kabiliyeti, korozyon direnci, vb. yetenekleri açısından büyük önem taşımaktadır. AA5083 alaşımı, bu özelliklerinden dolayı, askeri araçlar için zırh malzemesi olarak ta tercih edilmektedir. Bunun yanında alüminyum ve alaşımları, genellikle ağırlığın önemli bir faktör olduğu uçak ve otomobil sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Tablo 1'de AA5083 alaşımının kimyasal bileşimi verilmiştir.

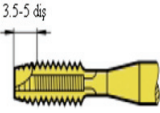
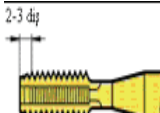
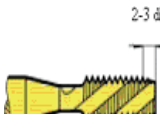
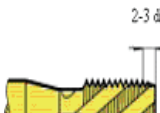
Tablo 1. AA5083 deney malzemesinin kimyasal bileşimi (Chemical composition of AA5083 alloy)

| Kimyasal kompozisyon, % | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
| 0,40 | 0,40 | 0,10 | 0,40 | 4,00 | 0,05 | 0,25 | 0,15 |

Temin edilen AA5083 malzemesi 65x50x30 boyutlarına işlenerek deney parçalarına dönüştürülmüştür. Deneylerde; imalat sanayisinde yaygın olarak kullanılan standart metrik vidaların açılmasına karar verilmiş ve M10x1,5 anma ölçüsü esas alınmıştır. Bu vida tipinde yaygın kullanıma sahip HSS makine kılavuzlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Yapılan piyasa incelemelerinde AA5083 malzemesi için kullanılabilen HSS kılavuz kesicilerinin farklı formlarda piyasada bulunduğu görülmüştür. İncelemeler neticesinde kılavuzların var olan değişik formları içinden yaygın kullanıma sahip 4 farklı forma karar verilmiştir. Tablo 2'de makine kılavuzlarının formları ve bazı özellikleri verilmiştir. Deneylerde 4 adet kaplamasız ve 4 adet de TiN kaplamalı kılavuz kullanılmıştır.

Kılavuzla açılacak vidaların boyutsal ölçüleri için matkap delik çaplarının belli bir değerlerde olması gerekmektedir. Delik çaplarının oluşturulması için değişik çaplardaki iki ağızlı helisel HSS matkapları kullanılmıştır. Vida ölçülerine göre tavsiye edilen delik çapları Tablo 3'te verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi M10x1,5 vida için matkap delik çapı, 8,678 – 8,376 arasında olması tavsiye edilmektedir [10]. Aynı tabloda imalat sanayisinde pratikte alınan 8,5 mm matkap çapı da verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan kılavuzların tipi ve formları (Types and forms of taps used for the experiments)

| Vida Ölçüsü | Kılavuz Şekli (Formu DIN 371) | Ağız tipi | Kanal Tipi |
|-------------|---|-----------|------------|
| M10 x 1,5 | Form B  | 15° | Düz |
| | Form C  | Düz | Düz |
| | Form C  | Düz | 15° helis |
| | Form C  | Düz | 30° helis |

Tablo 3. Kılavuz için önerilen matkap çapları [10] (Suggestions drill diameters for the tap)

| Vida Ölçüsü | Matkap Çapı | | |
|-------------|-----------------|----------------------------|-------|
| | Pratikte alınan | Tavsiye edilen aralık Max. | Min. |
| M10 | 8,5 | 8,678 | 8,376 |

İmalat sanayisinde standart metrik vidalar için pratik olarak matkap çapının bulunmasında 1 nolu eşitlik kullanılmaktadır.

$$\text{Matkap çapı} = \text{Vida diş üstü çapı} - \text{Vida adımı} \dots (1)$$

M10x1,5 olarak verilen vidanın diş üstü çapı 10 mm ve adımı 1,5 mm'dir. Eşitlik sonucu ise matkap delik çapı 8,5 mm olmaktadır. Yapılan deneylerde delik çapları, tavsiye edilen minimum ve maksimum

değerleri arasında alınmış, bunun için 8,3-8,6 arasında 0,1 mm artışlı 4 adet matkap kullanılmıştır. Deney malzemelerinin bağlanmasında kullanılmak üzere bir adet bağlama kalıbı (Şekil 1) tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır.

Vida açma sırasında kılavuzun verimli bir şekilde kullanılabilmesi için ön şart, ekonomik kesme hızının tespiti. Kılavuz ile kesme işleminde ilerleme vida adımına bağlıdır. Kılavuzlarda kullanılan kesme hızları, diğer kesicilerde kullanılan kesme hızlarına göre daha düşük tutulmaktadır. Bunun da nedenleri, kılavuzun oluşan vida boyunca sürtünmeye maruz kalmasından dolayı sıkışabilmesi, kırılmaya karşı hassasiyeti, açılan vidanın kalitesi, vb. şekilde sıralanabilir.

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilim dalı bünyesinde bulunan sanayi tipi CNC tezgahları laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde, kaplamalı ve kaplamasız 4 farklı kılavuz tipi, 4 farklı matkap delik çapı, tek kesme hızı (10 m/dak) kullanılmıştır. Böylece bir set deney için 32 adet diş açma işlemi gerektiğinden, iki kez tekrarlama kabul edilmiş ve 64 ayrı deney yapılmıştır.

Deneylerde, AA5083 malzemesi 4 farklı çaptaki matkaplarla boydan boya delinmiş ve sonrasında elde edilen bu deliklere kılavuzlarla 20 mm boyda vidalar açılmıştır.

Deneylerin yapıldığı CNC Freze tezgahında "rijit tapping" özelliği bulunmadığından, kılavuz çekme adaptörü kullanılmıştır. CNC Freze tezgah üzerinde deneylerin yürütülmesinde, bir adet CNC parça programı yazılmıştır. Böylelikle de tüm deneyler için kesici hareketlerinin birebir aynı olması sağlanmıştır (yapılan CNC programında kılavuz, malzemeye, Z=10 mm'den dalmaya başlamaktadır).

**Şekil 1.** Bağlama kalıbı (Fixturing of work parts)

Kılavuzla vida açma işlemi için gerçekleştirilen deneylerde, kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde bir dinamometre (Kistler, 9272) seti kullanılmıştır. Dinamometre, 4 bileşenli (F_x , F_y , F_z ve M_z) olup kuvvet ölçme aralığı aşağıda verilmiştir.

| | |
|------------|----------------|
| F_x için | -5kN... 5 kN |
| F_y için | -5kN... 5 kN |
| F_z için | -5 kN... 20 kN |
| M_z için | -200 Nm 200 Nm |

Deneyler yapılmadan önce dinamometrenin kalibre edilmesi gerekmiştir. Bunun içinde firma tarafından gönderilen dinamometre kalibre değerleri kullanılmıştır. Kılavuzlarla vidaların açılması sırasında sırası ile F_x , F_y , F_z ve M_z kuvvetleri ölçülmüştür. Kuvvetlerin ölçülmesinde, dinamometre setinin kendine özel bir yazılımı olan DynoWare bilgisayar programı kullanılmıştır. Bununla birlikte, ölçülen kesme kuvvetlerinin değerlendirilmesinde, DynoWare programının grafik bilgilendirme ekranından yararlanılmıştır.

Kılavuzla vida çekilmesi sırasında kesme kuvvetlerine yönelik elde edilen grafiklerden biri Şekil 2'deki gibidir. Grafikte elde edilen eğrilerin hangi kesme kuvvetine ait olduğu oklarla işaret edilmiştir.

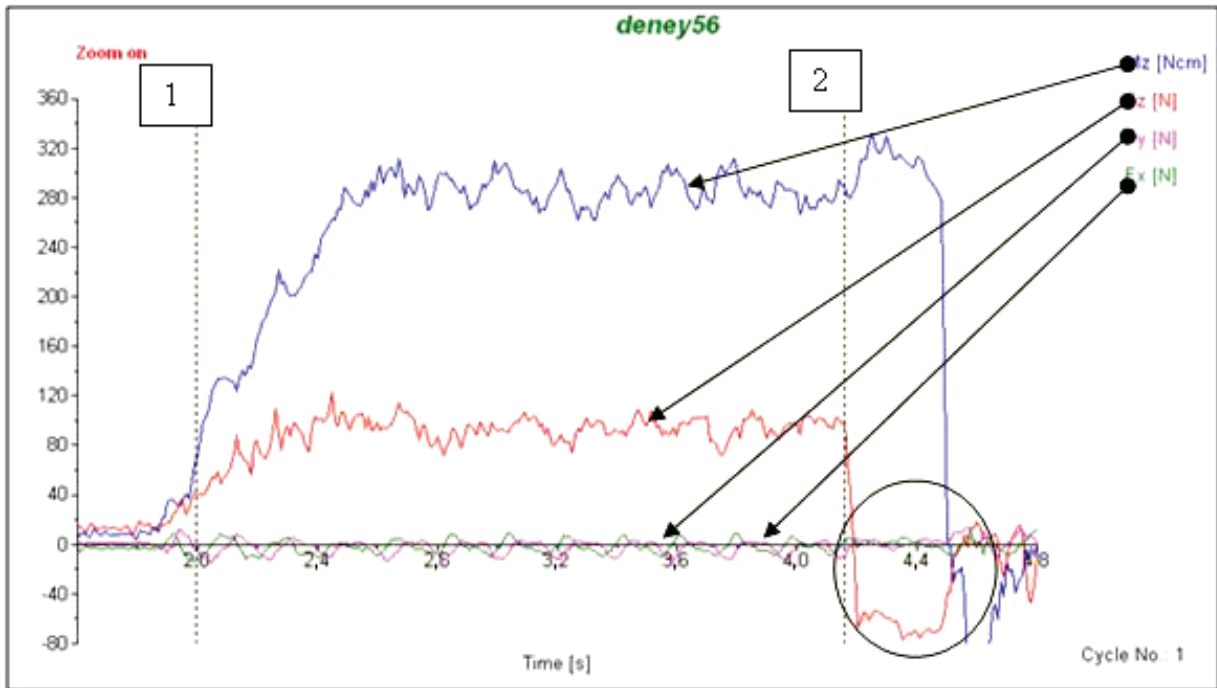
Grafığe bakıldığında, vidanın açılması sürecindeki 4. saniyeden sonra (yaklaşık 4,2 s) F_z kuvvetinin birden dikey olarak düştüğü görülmektedir (şekilde daire içine alınmıştır). F_z kuvvetinin birden bire düştüğü nokta, kılavuzun vida açma işlemi bitirip geriye çıkmaya başladığı nokta olmaktadır. Bu durumda ise,

kılavuz geriye çıkarken parçaya ters yönde bir kuvvet uygulamaktadır. Bunun yanında, kılavuzun geri çıkma sırasında oluşan tork (M_z) bu bölgede daha da artmıştır. Fakat yapılan deneylerde, kılavuzun vidayı açması sırasında meydana getirdiği kesme kuvvetleri (F_x , F_y , F_z ve M_z) ele alınmış olup kılavuzun geri çıkması anında oluşturduğu kesme kuvvetleri dikkate alınmamıştır.

Kılavuzlarla vidaların açılması sırasında DynoWare programının grafik ekranı, ölçülen kuvvetlerin genel seyri hakkında kullanıcıyı bilgilendirebilmektedir (Şekil 2). Kullanıcı, zamana (s) bağlı olarak kuvvet değişimlerini grafik üzerinden kolaylıkla öğrenilebilmekte ve grafik üzerinden analizler yapabilmektedir.

Yürütülen deneylerde veri alma sayısı 100 Hz olarak ayarlanmıştır. Yapılan deneylerde ölçülen kuvvetlere bakıldığında (Şekil 2), F_x ve F_y kuvvetlerinin, değerlendirme dışında tutulmasının daha doğru olacağı düşünülmüştür. Çünkü F_x ve F_y kuvvetleri, vida açılması süresince çok düşük değerlerde ve dar alanda değişim göstermiştir. Tablo verilerinden, kılavuzla vida açılırken en önemli etkenin M_z ve sonrasında da F_z kuvveti olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, kılavuz'un kendi eksenini etrafında dönerek vida açması sırasında F_x ve F_y çok düşük kuvvetler oluşturduğu rahatlıkla söylenebilir. Bununla birlikte, yapılan literatür taramalarında da, M_z ve F_z kuvvetlerinin dikkate alındığı görülmüştür.

Deneyler kapsamında ölçülen kesme kuvvetlerine yönelik değerlendirmeler, DynoWare programının



Şekil 2. DynoWare programının kesme kuvvetlerine yönelik oluşturduğu bir grafik (A Graph obtained by DynoWare software with respect to cutting forces)

Mean Value (aritmetik ortalama) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Grafik üzerinde zaman aralığı için konulacak noktaların (Şekil 2'deki 1 ve 2 noktalar) daha hassas olarak tespiti mümkündür. Grafik üzerinde zaman sınırları hassas olarak belirlenerek kuvvetlerin (Fz ve Mz) aritmetik ortalaması (Mean Value) alınmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI (EXPERIMENTAL RESULTS)

Şekil 3 ve 4'de AA5083 için HSS ve HSS TiN kılavuz kesicilerinin uygulanmasına yönelik elde edilen Mz, grafikleri, Şekil 5 ve Şekil 6'da ise Fz grafikleri verilmiştir.

Şekil 3'de elde edilen Mz grafiği incelendiğinde genel olarak, artan delik çapına karşılık Mz değerlerinin beklendiği gibi azaldığı görülmektedir. En yüksek tork, düz uçlu düz kanallı kesici ile (Form C); en düşük tork ise, 15° uçlu düz kanallı kesici (Form B) ile elde edilmiştir. Şekil 3'te delik çapı 8,3 mm için düz uçlu ve düz kanallı kılavuz ile elde edilen tork ani olarak yükselmiş ve 1000 Ncm'nin üzerine çıkmıştır. 8,4 mm delikte ise 600 Ncm altına inmiştir. Bu durum, düz uçlu ve düz kanallı kılavuzunun delik çapı küçüldüğünde sıkıştığını göstermektedir.

Şekil 4'de HSS TiN kesicileri için elde edilen Mz grafiği incelendiğinde; HSS kesicilerine benzer sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Grafikte, en kötü sonuçları düz uçlu ve düz kanallı kılavuz (Form C) verirken, en iyi sonuçları da 15° uçlu ve düz kanallı kılavuz (Form B) ortaya koymuştur. 15° uçlu düz kanallı kesici her bir delik çapı için birbirine en yakın Mz değerlerini vermiştir.

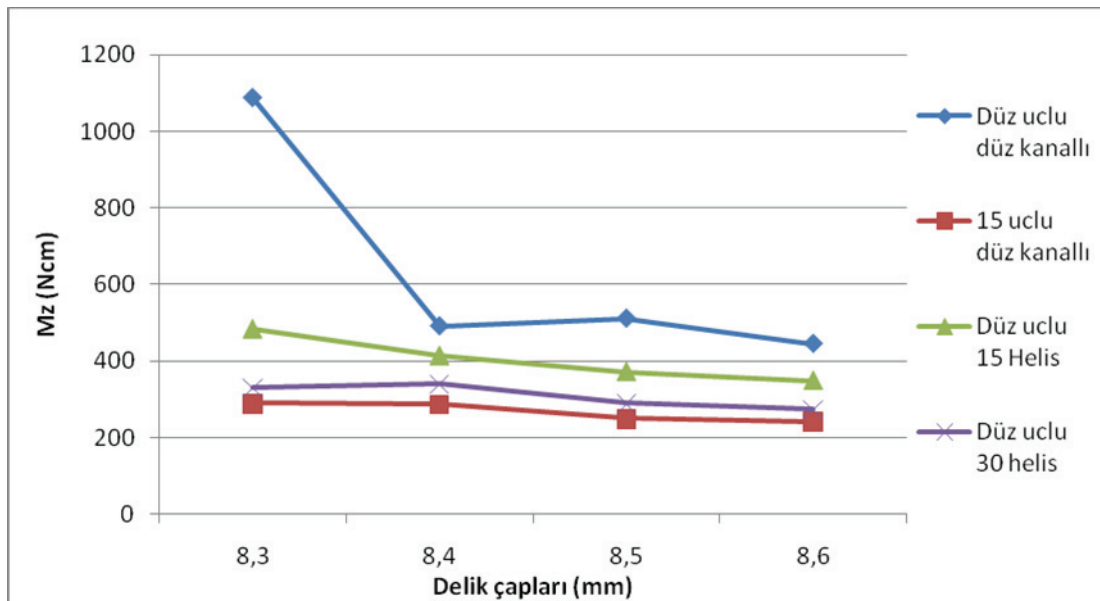
Kullanılan kılavuzlar için elde edilen Fz kuvvetlerine yönelik verilen grafiklerden (Şekil 5 ve Şekil 6) Şekil

5'te, kaplamasız HSS kılavuzları için, her matkap çapı için düz kanallı kılavuzların (Form C) helisel kanallı kılavuzlara (Form C) göre daha büyük Fz (ilerleme) kuvveti oluşturduğu görülmektedir. Şekil 5'teki grafikte, düz kanallı kılavuzlar (düz uçlu ve 15° uçlu), 90 N üzerinde ilerleme kuvveti oluştururken 15° helisel kanallı kılavuz (Form C) 70 N ve 30° helisel kılavuz (Form C) ise 30 N altında Fz kuvvetleri oluşturmuştur. Kullanılan kılavuzlar içinde her delik çapı için de en düşük Fz değerlerini 30° helisel kanallı kılavuz vermiştir.

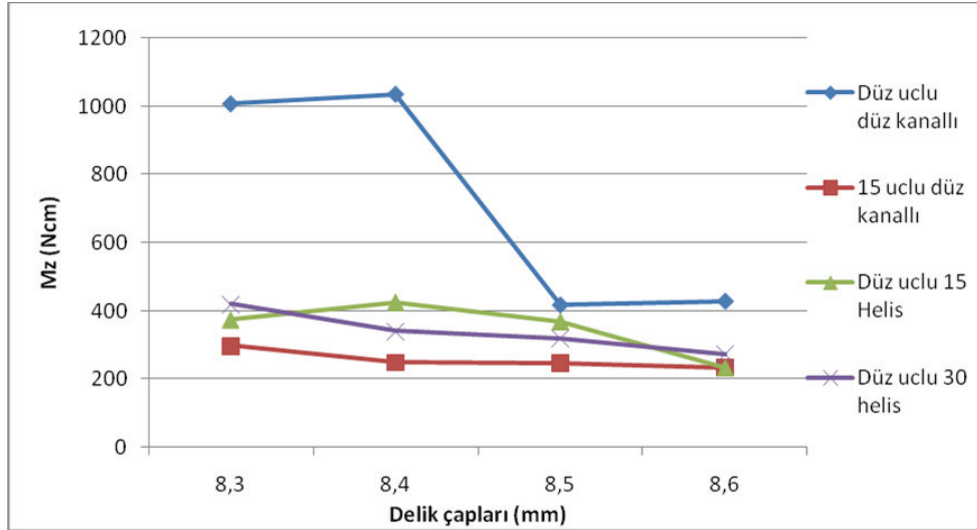
Şekil 6'da verilen TiN Kaplamalı HSS kılavuzların oluşturduğu Fz kuvvetleri grafiğine bakıldığında ise, kaplamasız HSS kesicilerine benzer durum söz konusudur. Düz kanallı kılavuzlar, helisel kanallı kılavuzlardan daha büyük Fz kuvvetleri oluşturmuştur. 30° helisel kanallı TiN kaplamalı HSS kılavuz, 8,3 mm delik çapından büyük delikler için 40 N altında Fz kuvvetleri oluşturmuştur

Sonuç olarak, TiN kaplamalı ve kaplamasız HSS kılavuzları ile AA5083 malzemesine vida açılmasında, 30° helisel kanallı kılavuzlarının (Form C) en düşük ilerleme kuvvetine (Fz) maruz kalacağı ortaya çıkmaktadır. Fakat, kılavuzların Mz grafiklerine bakıldığında (Şekil 3 ve 4) ise, en düşük tork değerlerini 15° uçlu düz kanallı kılavuzlarının (Form B) verdiği görülmektedir

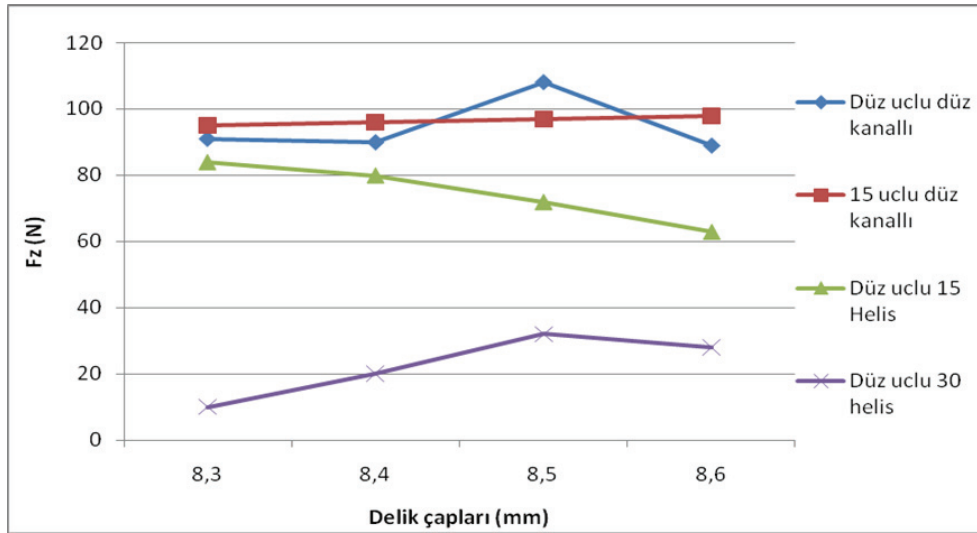
Kılavuz kesicilerin kırılmalarında en etkili kuvvetin Mz olduğu dikkate alındığında, AA5083 malzemesine vida açılmasında 15° uçlu düz kanallı kılavuzlarının daha fazla dayanacağı ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, vidaların açılmasında ilerleme kuvvetinin kaliteli (uygun form ve ölçüsünde) vida dişinin oluşturulmasında etkili olduğu dikkate alındığında ise 30° helisel kanallı kılavuzlarının daha uygun olacağı ortaya çıkmaktadır



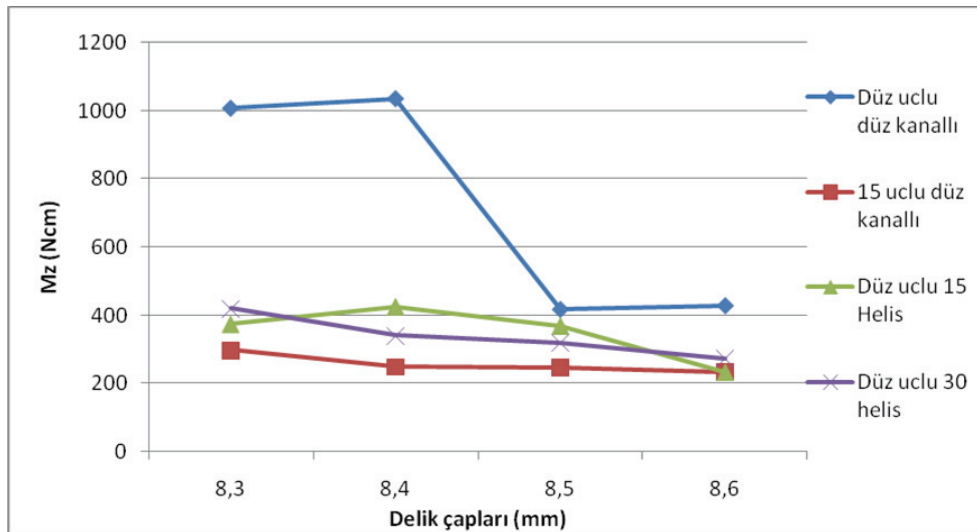
Şekil 3. Kaplamasız kılavuzla elde edilen tork değerlerinin matkap çapına ve kılavuz formuna göre değişimi (Variation of torque values, obtained by uncoated tap, with respect to drill diameters and tap forms)



Şekil 4. Kaplamalı kılavuzla elde edilen tork değerlerinin matkap çapına ve kılavuz formuna göre değişimi
(Variation of torque values, obtained by TiN coated tap, with respect to drill diameters and tap forms)



Şekil 5. Kaplamasız kılavuzla elde edilen ilerleme kuvvetinin matkap çapına ve kılavuz formuna göre değişimi
(Variation of feed force values, obtained by uncoated tap, with respect to drill diameters and tap forms)



Şekil 6. Kaplamalı kılavuzla elde edilen ilerleme kuvvetinin matkap çapına ve kılavuz formuna göre değişimi
(Variation of feed force values, obtained by TiN coated tap, with respect to drill diameters and tap forms)

Şekil 7 ve 8'de vidaların açılmasında ortaya çıkan talaş örnekleri verilmiştir. 15° uçlu ve düz kanallı kılavuzlarla talaşlar biri birine dolanarak (Şekil 7) çıkmıştır. 15° ve 30° helis kanallı kılavuzlarla ise talaşlar biri birinden ayrılmış olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 8).

15° uçlu ve düz kanallı kılavuzlarla vidaların açılmasında çıkan talaşın atılması delik dibine doğru olmaktadır. Dolayısı ile kılavuzun önünde hareket eden talaşlar birbirine sarılmakta ve hareketlerine toplu olarak devam etmektedir. Talaşların kılavuzun önünden hareket etmesi talaşların kılavuz ile delik duvarı arasında sıkışmasını engeller.

15° ve 30° helis kanallı kılavuzlarla vidaların açılmasında ise çıkan talaşlar helisel oluklarla dışarıya atılmaya çalışılır. Helisel oluklarla talaşlar, delik dibinden delik başına doğru hareket etmeye çalışır. Diğer bir ifade ile çıkan talaşlar kılavuzun arkasına doğru hareket eder. Dolayısı ile her helis oluktan çıkan talaşlar bir araya gelme fırsatını bulamaz. Bu tür talaş hareketi ile zaman zaman talaşlar delik duvarı ile kılavuz arasında kalarak sıkışabilmektedir.

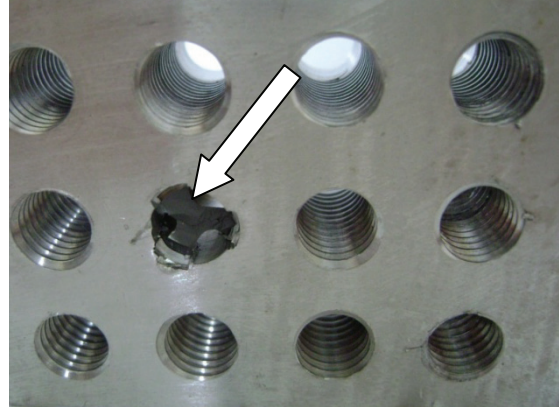


Şekil 7. 15° uçlu düz kanallı kılavuz ile AA5083 malzemesine vida açılmasında çıkan talaşlar (Removed chips from tapping on AA5083 alloy with tap 15° of form B).



Şekil 8. 15° ve 30° Helisel kanallı kılavuz ile AA5083 malzemesine vida açılmasında çıkan talaşlar (Removed chips from tapping on AA5083 alloy with taps 15° and 30° of form C).

AA5083 malzemesine kılavuzlarla çok sayıda vida açılmıştır. Deneylede çok sık olmasa da bazı kesicilerin kırıldığı görülmüştür. Özellikle de düz uçlu ve düz kanallı kılavuzlarda, talaş sıkışması ve malzemenin sıvanması olaylarından dolayı ile kesici kırılmalarının meydana gelmiştir. Şekil 9'da vida açarken kırılan düz uçlu ve düz kanallı HSS kılavuzu görülmektedir (okla işaret edilmiştir).



Şekil 9. AA5083 malzemesine vida açılması sırasında kırılan bir kılavuz (A broken tap during the tapping on AA5083 alloy)

Vida açılmış deney malzemeleri, delikler boyunca kesilerek dilimlenmiştir. Böylelikle de vidaların daha rahat görüntülenebilmesi sağlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. AA5083 malzemesine açılan vidalar (Tapped Threads on AA5083 alloy)

8. SONUÇ ve ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTION)

Yapılan çalışmanın sonucu olarak; AA5083 malzemesine kılavuzlarla vida açılmasında, matkap delik çapının küçük olması durumunda tork değerinin arttığı tersi durumda ise azaldığı ortaya çıkmıştır. Kılavuzların kırılmasında en etkili kuvvetin tork (M_z) olduğu düşünüldüğünde, küçük delik çaplarında artan M_z 'nin kılavuzu kırmaya karşı daha fazla zorlayacağı anlaşılmaktadır. Vida açma deneylerinde kullanılan kaplamalı ve kaplamasız kılavuzlardan elde edilen sonuçlara göre de, 15° uçlu düz kanallı kılavuzların kırılmalarına karşı daha fazla dayanacağı sonucunu çıkarmak mümkündür. Çünkü, her delik çapı için 15° uçlu düz kanallı kılavuzlar ile en düşük tork değerleri elde edilmiştir. Bunun dışında; TiN kaplamalı ve kaplamasız HSS kılavuzlarından helisel kanallı (30° ve 15° helisel) olanların en düşük ilerleme (F_z) kuvvetleri meydana getirdiği görülmüştür. Aynı şekilde (M_z 'de olduğu gibi), delik çapının büyümesi,

TiN kaplamalı ve kaplamasız bütün kılavuzlar için Fz kuvvetlerinin azalmasına sebep olmuştur.

Yapılan bu çalışmaya ek olarak şu çalışmalar da yapılabilir:

Kılavuzun açılan vida sonunda geriye çıkma sürecinde, tork (Mz) ve ilerleme kuvvetindeki (Fz) değişimlere bakılabilir. Kör ve açık deliklerde meydana gelen olaylar kılavuz ve çıkan talaşlar açısından değerlendirilebilir. Açılan vidaların yüzeyleri SEM ile incelenebilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen 41/2007-04 proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden dolayı Gazi Üniversitesi rektörlüğüne ve Bilimsel araştırma projeleri birimine teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. G.Avuncan, **Talaş kaldırma ekonomisi ve kesici takımlar**, Ankara, 2005.
2. BLAU **Kesici takım katalogu**, Almanya, 2007.
3. K. Kuo, "Experimental investigation of ultrasonic vibration-assisted tapping", **Journal of material processing technology**, 306-311, Vol. 192-193, 2007.
4. S.C. Veldhuis, G.K. Dosbaeva and G. Benga, "Application of ultra-thin fluorine-content lubricating films to reduce tool/workpiece adhesive interaction during thread-cutting operations", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 245, 58-65, 2006.
5. A.E. Reiter, B. Brunner, M. Ante, J. Rechberger, "Investigation of several PVD coatings for blind hole tapping in austenitic stainless steel", **Surface and coating technology**, 5532-5541, Vol. 200, 2006.
6. B. Zhang, F. Yang and J. Wang, "Fundamental aspects in vibration-assisted tapping", **Journal of material processing technology**, 345-352, Vol. 132, 2003.
7. T. Cao, John W. Sutherland, "Investigation of thread tapping load characteristics through mechanistics modeling and experimentation", **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 1527-1538, Vol. 42, 2002.
8. M. Jin, S. Watanabe, S. Miyake, M. Murakawa, "Trial fabrication and cutting performance of c-BN coated taps", **Surface and coating technology**, 443-447, Vol. 133, 2000.
9. E. D. Doyle, S. K. Dean, "Effect of axial forces on dimensional accuracy during tapping", **International Journal of Machine Tool Design and Research**, 325-333, Vol. 14, 1974.
10. Richard R. Kibbe, John E. Neely, Roland O. Meyer, Warren T. White, **Machine Tool Practices**, New Jersey, 2002.

