

KILAVUZ KESİCİ TAKIMLARI İLE AISI 1050 ÇELİĞİNE VİDA AÇILMASINDA MATKAP DELİK ÇAPININ KESME KUVVETLERİ VE MOMENTE ETKİSİ

*Yunus KAYIR**

Özet: Bu çalışmada, AISI 1050 malzemesine açılan deliklere TIN kaplamalı ve kaplamasız HSS makine kılavuzları ile vidalar açılmıştır. Vidaların açılması işlemi, değişik çaplardaki matkaplarla delinen deliklere farklı formdaki kılavuzların uygulanması ile yapılmıştır. Deliklerin açılmasında, aralarında 0,1 mm çap farkı bulunan iki ağızlı HSS matkapları kullanılmıştır. Vidaların açılması sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri ve moment bir dinamometre yardımı ile ölçülmüştür. Delik çaplarının kesme kuvvetlerine, momente etkisi araştırılmıştır. Deneyler, CNC freze tezgahında kesme sıvısı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda; matkap delik çapının kılavuz ile vida açma işlemi sırasında oluşan tork ve kesme kuvvetlerini etkilediği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kılavuz, Kılavuz çekme, Vida açma, Kesme kuvvetleri, AISI 1050.

Effect of Drilled Hole Diameter on Cutting Forces and Torques for Thread Tapping on AISI 1050 Steel with Taps

Abstract: In this study; threads were tapped in drilled holes on AISI 1050 material with HSS machine taps coated and uncoated TIN. Holes were drilled by using HSS twist drills of which diameters are different from each other. Four different diameters were used for HSS twist drills. Threads were tapped in these holes by using taps of which forms are different from each other. Cutting forces and torques were measured in during thread tapping by using a dynamometer. An effect of hole diameter on cutting forces and torques was investigated. All of experimental was made on CNC Milling machines with cutting oil. The experimental results have shown that the hole diameters affect torques and cutting forces occurred during the tapping process.

Key Words: Tap, Thread tapping, Thread cutting, Cutting force, AISI 1050.

1. GİRİŞ

Makine imalat sanayisinde sökülebilir birleştirmelerde vidalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Vidalar farklı şekillerde imal edilebilmektedir. Vidalar temelde, iç vidalar ve dış vidalar olmak üzere iki şekilde imal edilmektedir. Dış vidalar, vidanın silindirik parçaların çevresine (dışına) açılmasıdır. Bu tür vidalara cıvatalar örnek verilebilir. İç vidalar ise vidaların delik içersine açılmasıdır. Somunlar, bu tür vidalar için uygun bir örnektir. Cıvatalar ve somunlar, sanayinin her alanında en çok tercih edilen sökülebilir makine parçalarıdır.

Makine imalat sanayisinde kılavuzlar, deliklere vidaların açılmasında yaygın olarak kullanılan kesici takımlardır. Kılavuzların temelde el ve makine olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Makine kılavuzları seri imalatta tercih edilen takımlar olup farklı form ve tipleri bulunmaktadır (Avuncan, 2005).

Kılavuz ile vida açılmasındaki talaş kaldırma operasyonu, diğer kesici takımlarla yapıldığına göre daha karmaşıktır. Kılavuzla vida açılmasında, talaşın dışarı atılması, kesici kenarların yağlanması, devir ve ilerleme arasındaki bağıntının kılavuz adımına göre tespiti, vb. gibi sorunlar kılavuz çekmeyi zor işlemlerinden biri haline getirmektedir. Çünkü kılavuzun delik içersinde kırılma ve kırılan kılavuzların da delik içersinden çıkarılmama gibi bir olasılık bulunmaktadır. Böylelikle de, delik içersinde kırılan kılavuzlar imalatın maliyetini ve kalitesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir.

* Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 06500, Teknikokullar, ANKARA.

Fakat buna rağmen, talaşlı imalat sanayisinde kılavuz seçimi ve kesme parametrelerinin belirlenmesine yönelik yapıla gelen ve önemsenmeyen yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, kılavuzun uygun bir şekilde kullanılabilmesi için, ön şartların (kılavuz seçimi, kesme şartları, vb.) en iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Kılavuz seçiminde birçok parametre vardır. Kesici takım imalatçıları ürettikleri kılavuzların özelliklerini tablolar halinde kullanıcıya sunmaktadır. Çünkü üretilen kesicilerin özellikleri, genel olarak benzer olmasına karşın bazı farklılıklar gösterebilmektedir. Sonuçta her üretici kendi tecrübelerine dayanarak kılavuz imalatı yapmaktadır (Blau, 2005). Bunların yanında, dünyada kılavuzlarla vida açılmasına yönelik yapılan akademik çalışmalara bakıldığında:

Kuo (2007) yaptığı deneysel çalışmada; 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. Deneylerinde 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 içersinde 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 diğ. (2006); vida açma operasyonları sırasında flor katkıli kesme sıvısının takım/iş parçası arasındaki aşınmaya etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada numune parçaların birine kuru kesme şartları, diğer numune parçaya ise flor katkıli kesme sıvısı kullanmışlardır. Deneylerini 20-550°C aralığında yapmışlardır. Kullanılan kesme sıvısının 400 ile 455°C gibi yüksek sıcaklıklarda sürtünmeyi %18 azalttığını gözlemlemişlerdir. Araştırmalarında, standart helis kanallı ve özel tasarlanmış helis kanallı HSS kılavuzları kullanmışlardır. Kesici takımların yüzeylerini SEM mikroskopunda incelemişler ve yüzeylerde mikro yapıda kırılmalar olduğunu görmüşlerdir. Tüm bu araştırmaların sonunda kullanılan flor katkıli kesme sıvısının takım/iş parçası arasında film tabakası oluşturduğunu ve bu film tabakasının takım ömrünü arttırarak kesme kuvvetlerini %8 oranında azalttığı sonucuna varmışlardır.

Reiter ve diğ. (2005); 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 mikroskopu ile incelenerek takım aşınmaları incelemişlerdir. Bunlara ek olarak sertlik gibi mekanik özellikler, abrazyon aşınma direnci ve sürtünme katsayısı gibi verileri belirlemişlerdir. Sonuç olarak yapılan çalışmada TiCN kaplamanın mükemmel abrazyon ve adeziv aşınma direncinin olduğunu görmüşlerdir.

Çakır ve diğ. (2005) deneysel çalışmalarında; AISI 1050 silindirik parçalarının üniversal torna tezgahında işlenmesinde, kullanılan kesicinin körelmesi ve kırılması olasılıklarının anlık olarak tahmin edebilen bir kesici takım gözleme sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri sistem, donanım ve yazılım olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. AISI 1050 malzemesinin belirlenen kesme şartlarında (değişik ilerleme ve kesme hızı), kaplamalı ve kaplamasız karbür kesicileri ile işlenmesi sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetlerini (F_c , F_f , F_p), ölçen dinamometre ve ekipmanı, sistemin donanım kısmını oluşturmaktadır. Ölçülen kesme kuvveti (F_c) değerlerini anlık olarak alıp değerlendirerek kesicinin körelmesi veya kırılmasına yönelik tahminlerde bulunan takım ömrünü gözlemleyen bilgisayar programı ise geliştirilen sistemin yazılım kısmını oluşturmaktadır. Kaplamalı ve kaplamasız karbür kesicileri ile yapılan deneylerde, geliştirilen sistemin işleme zamanına bağlı olarak verdiği uyarılar toplanarak değerlendirme yapmışlardır. Sistemden elde edilen uyarılar ile kullanılan kesicinin aşınması ölçülmüş ve kabul edilen takım ömrü değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen sistemin genel olarak %80-90 oranında doğru uyarılar verdiği belirlenmiştir.

Zhang ve diğ. (2002) 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 titreşiminin 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 incelemişlerdir. 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. Yatıkları deneylerde, titreşimin kullanılması ile elde edilen tork'un titreşim kullanılmadan elde edilenden daha küçük olduğunu, diğer bir deyişle titreşimin tork'u azatlığını tespit etmişlerdir. Fakat titreşimin çok düşük ve çok yüksek tutulmasında ise tork'u olumsuz yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Coa ve diğ. (2002) 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 tahmin etmesinde, takım/talaş ara yüzündeki sürtünmeyi ve talaş şekillenmesini dikkate aldığı 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 çıkan 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 ölçülebilen 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. (2000) 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 çökeltme 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 diğ. (1974); makine kılavuzu ile vida açma sırasında matkap gibi kesici takımlarda oluşan eksenel kesme kuvvetlerini araştırmışlardır. Vida açmak için kullanılan takım tezgahının ve bu tezgahı kullanılan operatörün, elde edilen vidanın geometrik doğruluğuna etki ettiğine dikkat çekmişlerdir. Vida açmada oluşan eksenel kuvvetlere, vida hatvesinin (adım) aşırı büyük veya küçük olmasının etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Kılavuz ve vidadaki hataları en aza indirmek için eksenel kuvvetlerin (Fz) yüksek olmaması gerektiğinin sonucuna varmışlardır.

Yapılan araştırmalarda kılavuzlara yönelik çalışmaların az ve son yıllara ait olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, delik içersine kılavuzlarla vida açılmasında, matkap delik çapının ve kullanılacak olan kılavuz formlarının kesme kuvvetleri ve tork (momentin) 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 momente (Mz) olan etkisinin belirlenmesine yönelik çok sayıda deney yapılmıştır. Deneylerde, AISI 1050 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 belirli boyda (20 mm) vidalar açılmıştır. Kurulan bir deney seti ile de kuvvet ve momentler ölçülmüştür. Deneyler farklı

kesme parametreleri için tekrarlanmıştır. Yapılan tüm deneylerde soğutma sıvısı kullanılmıştır. Elde edilen veriler grafik haline getirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

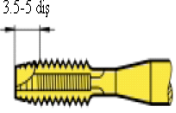
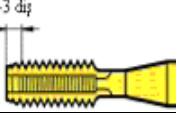
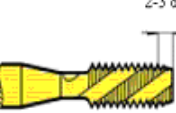

Bu çalışmada deneylerde kullanılan AISI 1050 malzemesi, ucuz olması, sertleştirilebilme kabiliyeti, mekanik özellikleri, kolay işlenebilirliği, vb. özelliklerinden dolayı tüm makine imalat sanayisinde yaygın kullanıma sahip bir malzemedir. AISI 1050 malzemesi TSE standartları enstitüsü tarafından Ç1050 olarak standartlaştırılmıştır. Dolayısı ile Türkiye’de imalat sanayisinde AISI 1050 malzemesi, Ç1050 olarak bilinmektedir. Tablo I’de AISI 1050 malzemenin kimyasal içeriği verilmiştir. Piyasadan kare çubuk olarak temin edilen AISI 1050 malzemesi belli boyutlarda kesilmiş ve CNC Freze tezgahında 65x50x30 boyutlarına işlenerek deney parçalarına dönüştürülmüştür. Deney parçalarının boyutları, kullanılacak olan dinamometrenin fiziksel şartları ve kuvvet ölçüm aralık hassasiyeti, delinen deliklerin ölçü kontrollerinin yapılmasında kolaylık, vb. faktörler göz önünde tutularak seçilmiştir.

Tablo I. AISI 1050 deney malzemesinin kimyasal bileşimi (%)

Kimyasal Bileşimi (%)							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
0,533	0,293	0,883	0,033	0,012	0,255	0,183	0,098

Deneyler; farklı bileme formlarındaki metrik (M10x1,5) vida açan HSS makine kılavuzları kullanılarak yapılmıştır. Bunun için piyasadan en yaygın kullanıma sahip 4 farklı formdaki makine kılavuzu temin edilmiştir (Tablo II’de makine kılavuzlarının bileme formları ve bazı özellikleri verilmiştir). Deneyler, bu kılavuzların, kaplamasız ve TIN kaplamalı olarak kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo II. Kılavuzların tipleri ve formları (Blau, 2005)

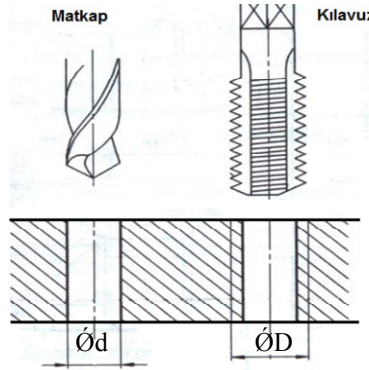
Vida Ölçüsü	Kılavuz Şekli (Formu DIN 371)	Ağız tipi	Kanal Tipi	Malzemesi
M 10 x 1,5	Form B 	15°	Düz	HSS
	Form C 	Düz	Düz	HSS
	Form C 	Düz	15°	HSS
	Form C 	Düz	30°	HSS

Delik içersine kılavuzlarla vidaların açılmasında vida tipine bağlı olarak deliklerin uygun çaplarda delinmiş olması gerekmektedir. Elde edilen delik çapları, kılavuzla açılacak vidanın dış dibi çapını oluşturmaktadır (Şekil 1). Delik çapının küçük veya büyük olması, kullanılan kılavuzun kırılma olasılığını ve elde edilecek vida kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenlerden ötürü kılavuz üreticileri, delik çapları için tavsiyelerde bulunmaktadır. Vida ölçülerine göre kılavuz için tavsiye edilen delik çapları Tablo III’de verilmiştir. Tablo III’de görüldüğü gibi M10x1,5 vida için matkap delik çapı, 8,678 – 8,376 arasında olması tavsiye edilmektedir. Fakat, imalat sanayisinde standart metrik vidalar için pratikte:

$$\text{Matkap çapı} = \text{Vida Diş üstü çapı} - \text{Vida adımı} \quad (1)$$

eşitliği kullanılmaktadır. 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 vida açılacak delikler için tek çap değeri kullanılmamıştır. Kılavuz ile vida açılmasında delik çapının etkisini görebilmek için farklı delik çaplarının kullanılmasına gidilmiştir. Bunun içinde deliklerin açılmasında farklı çaplarda iki ağızlı helisel HSS matkaplar kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan M10x1,5 metrik kılavuz için matkap delik çapları, Tablo III.'de tavsiye edilen minimum ve maksimum değerleri arasında alınmıştır. Bunun içinde 0,1 mm aralıklarda değişen çaplardaki matkaplar kullanılmıştır. Delik çapı için: 8,3 mm, 8,4 mm, 8,5 mm ve 8,6 mm olmak üzere 4 farklı çapta matkaplar kullanılmıştır. Böylelikle de matkap delik çaplarının kılavuzla vida açılması sırasında oluşan kesme kuvvetlerine etkisi araştırılmaya çalışılmıştır.



Şekil 1:
Matkap delik çapı (Ød) ve açılan vidanın diş üstü çapı (ØD)

Tablo III. Kılavuzlar için matkap ucu çapları (Kibbe, 2002)

Vida Ölçüsü	Tolerans	Pratikte alınan Matkap Çapı	Tavsiye edilen Matkap çapı aralığı	
			Max.	Min.
M10	6H	8,5	8,678	8,376

Deneyler sırasında deney malzemelerin bağlanmasında kullanılmak üzere bir bağlama aparatı (Şekil 2) tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır. Bağlama aparatının tasarımında, dünyada kabul görmüş olan rijit bağlama yöntemi (3-2-1 konumlama ve sıkma yöntemi) kullanılmıştır. İmalatı yapılan bağlama aparatının boyutları: 120x100x70 mm, ağırlığı: 4,719 kg'dır.



Şekil 2:
Üzerine deney parçasının bağlandığı bağlama aparatının dinamometreye bağlanmış durumu

Deneylerde; matkap delikleri belli bir sıra ile açılmıştır. Deney parçaları üzerine deliklerin (Şekil 3) açılmasında; doğrudan matkapla delik delme yoluna gidilmemiştir. Öncelikle; matkapların merkezlenmesi işleminde kullanılmak üzere ön delikler açılmıştır. Ön delikler, punta matkabı kullanılarak 2 mm derinliğinde açılmıştır.

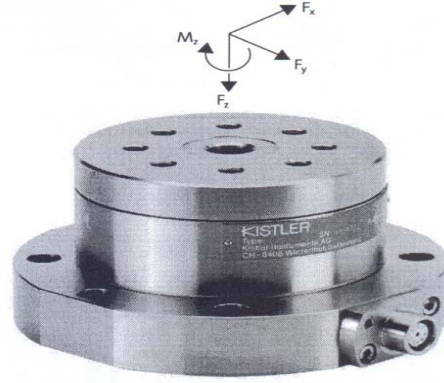


Şekil 3:
Kılavuzlar için matkaplarla açılan ön delikler

Kılavuzla vida açma deneylerinde kesme kuvvetlerinin ve momentin ölçülmesinde Kistlerin 4 Bileşenli dinamometresi (Kistler, 9272) ve ekipmanları kullanılmıştır. Kuvvet ölçmek için kurulan deney seti kendi içinde üç ana parçadan oluşmaktadır (Şekil 4).



a) Bilgisayar ve Amplifikatör



b) Dinamometre

Şekil 4:
Deneylerde kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde kullanılan deney seti

Dinamometre, 4 bileşenli (F_x , F_y , F_z ve M_z) olup hassas ölçüm yapabilecek kapasitededir. Aşağıda dinamometrenin kuvvet ve moment ölçme aralığı 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. Dinamometre kalibre edildikten sonra deneylere yönelik kesme kuvvetleri ve moment ölçümlerini, Tablo IV'de verilen ölçme birimlerine göre gerçekleştirmiştir.

Tablo IV. Dinamometre kuvvet ölçü birimleri

Ölçülen Kuvvet	Ölçü Birimi
F _x	N
F _y	N
F _z	N
M _z	Ncm

Deney seti, F_x, F_y, F_z kuvvetleri ve M_z momentinin ölçülmesinde kendisine özel bir yazılım kullanılmaktadır. DynoWare yazılımı, Kistler firmasının kuvvet ölçümü için kendi lisansı ile çıkardığı bir bilgisayar programdır.

Vida açılması sırasında kılavuzun ekonomik kullanılabilmesi için, ön şart kesme hızının doğru tespittir. Kılavuz ile talaş kaldırma işleminde ilerleme, vida adımına bağlıdır. Kılavuzlarla kullanılan kesme hızları diğer talaş kaldırma usullerine göre daha küçük tutulmaktadır. Bunun da nedeni kılavuzun kırılmaya karşı gösterdiği hassasiyettir. Tablo V’te HSS kılavuzlar için tavsiye edilen kesme şartları verilmiştir.

Tablo V. M10x1,5 kılavuz için önerilen kesme hızına (V) bağlı devir (S) değerleri (Blau,2005)

S: dev/dak	127	159	191	255	318	382	478	636	700	795	892	955
V: m/dak	4	5	6	8	10	12	15	20	22	25	28	30

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilim dalı bünyesinde bulunan sanayi tipi CNC tezgahları laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde, AISI 1050 malzeme, 4 farklı kılavuz tipi, 4 farklı matkap çapı, tek ilerleme, kullanılmıştır. Tablo VI’da deneylerde kullanılacak talaş kaldırma şartları verilmektedir.

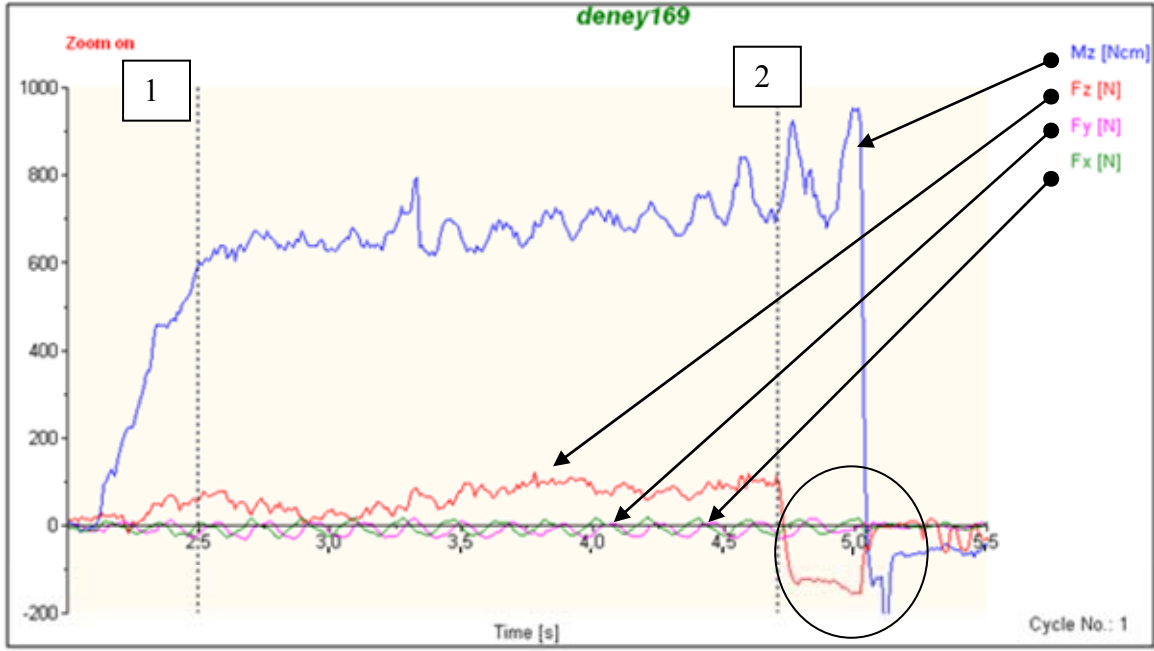
Tablo VI. Deneylerde kullanılan kesme şartları

Malz.	Kesici		Deney Malzemesi	Kesme Hızı (V: m/dak)	İlerleme (f: mm/dev)	Soğutma Sıvısı	Matkap Çapı (Ø: mm)
	Kanal tipi	Ağız tipi					
HSS	Düz	Düz	AISI 1050	10	1,5	Bor yağı	8,3
		15°					8,4
	15°	Düz					8,5
		Düz					8,6
HSS TIN	Düz	Düz	AISI 1050	10	1,5		8,3
		15°					8,4
	15°	Düz					8,5
		Düz					8,6

Tablo VI’den de anlaşılacağı gibi AISI 1050 malzemesi için yapılan deneylerde; bir delik çapı için kılavuzlarla vidaların açılmasında 4*4 = 8 adet deney yapılması gerekmiştir. Bu deneyler; 4 farklı delik çapı için tekrarlanması ile 4*8 = 32’ye çıkmıştır. Sonuçların güvenilirliği için deneylerin iki tekrarlı yapılması ile toplamda 32*2=64 adet deney yapılmıştır.

CNC tezgahlarında vidaların açılması sırasında tezgahın anlık durabilmesi önemlidir. CNC freze tezgahlarının vida çekerken kullandığı bu özelliğe “rijit tapping” denilmektedir. Fakat imalat sanayisinde bu özelliğin bulunmadığı CNC tezgahları da bulunmaktadır. Bu tür tezgahlarda kılavuz ile vida açılırken özel bir adaptörün kullanılması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan CNC freze tezgahında “rijit tapping” özelliği bulunmadığından özel bir kılavuz çekme adaptörü kullanılmıştır.

Yapılan deneylerde ölçülen kesme kuvvetlerinin değerlendirilmesinde, DynoWare programının grafik bilgilendirme ekranı kullanılmıştır. Kılavuzla vida çekilmesi sırasında kesme kuvvetlerine yönelik elde edilen grafikler, Şekil 5'teki gibidir (Verilen grafik üzerinde elde edilen eğrilerin hangi kesme kuvvetine ve momente ait olduğu oklarla belirtilmiştir). DynoWare programının grafik ekranı, ölçülen kuvvetlerin genel seyri hakkında kullanıcıyı bilgilendirebilmektedir. Kullanıcı, zamana bağlı olarak kuvvet ve moment değişimlerini, grafik ekranı üzerinden herhangi iki nokta belirleyerek (Şekil 5'te örnek olarak 1 ve 2 noktaları verilmiştir) kolaylıkla öğrenilebilmektedir. Deneyler kapsamında ölçülen kesme kuvvetleri ve momente yönelik değerlendirmeler, DynoWare programının Mean Value (aritmetik ortalama) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Grafik üzerinde zaman aralığı için konulacak noktaların daha hassas olarak tespiti mümkündür (programın “zoom on” özelliği kullanılarak).



Şekil 5:

DynoWare programının kesme kuvvetlerine ve momente yönelik oluşturduğu grafik

Şekil 5'te verilen grafiğe bakıldığında, vida açılması sürecinde yaklaşık 4,7 Saniyeden sonra Fz (ilerleme) kuvvetinin birden bire düştüğü görülmektedir (daire içine alınmıştır). Fz kuvvetinin ani olarak düşmesi, işini bitiren kılavuzun geriye çıkmaya başladığını, bu işlem sırasında da parçaya ters yönde bir kuvvet uyguladığını göstermektedir. Bununla birlikte, Kılavuzun geriye çıkmaya başladığı noktada, Mz'nin (tork) artmaya devam etmesi ilginç bir durumdur. Yapılan deneylerde, kılavuzun vidayı açması sırasında meydana getirdiği kesme kuvvetleri ve moment ele alınmıştır. Bu nedenle de kılavuzun geri çıkması anında oluşturduğu kesme kuvvetleri ve moment dikkate alınmamıştır.

Kuvvetlerin ve momentin ölçümünde, DynoWare program üzerinde bazı ayarların yapılması gerekmiştir. Yürütülen deneylerde veri alma sayısı 100 Hz olarak ayarlanmıştır. Diğer bir deyişle, dinamometrenin her bir kanalından (Fx, Fy, Fz ve Mz) 1 saniyede 100 adet veri alınmıştır. Program, kuvvetlere (Fx, Fy, Fz) ve momente (Mz) ait ölçülen değerleri an ve an (mili saniye) verilen dosya içersine yazmaktadır.

Deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri ve moment değerlerinin nasıl kullanılacağı yönelik olarak bazı araştırmalar yapılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, kılavuzla vida açılırken en önemli etkenin Mz (moment) ve Fz olduğu görülmüştür. Bu nedenle, yapılan deneylerde ölçülen Fx ve Fy kuvvetlerinin, değerlendirme dışında tutulmasının daha doğru olacağı düşünülmüştür. Dolayısı ile bu çalışmada deney sonuçlarının yorumlanmasında sadece Mz ve Fz kuvvetlerinin dikkate alınmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Yapılan bu deneysel çalışmada ölçülen moment (M_z) ve ilerleme kuvvet (F_z) değerlerinin yorumlanmasında, Microsoft Excel programı ile oluşturulan grafikler kullanılmıştır. Grafikler, her kesici grubu (HSS ve HSS TIN) için ayrı ayrı elde edilmiş ve sırası ile ele alınmıştır (Tablo VII’de, grafikler için kullanılan M_z ve F_z ait deney sonuç değerleri verilmiştir).

Tablo VII. Yapılan deneylerde kılavuz tipi ve delik çapına bağlı elde edilen M_z ve F_z değerleri

HSS KILAVUZLAR				HSS TIN KILAVUZLAR			
Kesici Tipi	Delik Çapı	M_z (Ncm)	F_z (N)	Kesici Tipi	Delik Çapı	M_z (Ncm)	F_z (N)
Düz uçlu Düz kanallı	8,3	1415	143	Düz uçlu Düz kanallı	8,3	2024	153
	8,4	912	109		8,4	1393	134
	8,5	818	95		8,5	1972	132
	8,6	730	93		8,6	1614	119
15° uçlu Düz kanallı	8,3	658	154	15° uçlu Düz kanallı	8,3	696	135
	8,4	633	113		8,4	573	105
	8,5	601	108		8,5	595	107
	8,6	551	121		8,6	504	110
Düz uçlu 15° helis	8,3	1141	70	Düz uçlu 15° helis	8,3	784	93
	8,4	820	33		8,4	687	87
	8,5	714	12		8,5	959	60
	8,6	638	26		8,6	651	59
Düz uçlu 30° helis	8,3	1394	144	Düz uçlu 30° helis	8,3	663	56
	8,4	665	69		8,4	659	67
	8,5	563	57		8,5	615	89
	8,6	580	74		8,6	764	61

Şekil 6. ve 7.’de HSS ve HSS TIN kılavuzların uygulanmasına yönelik elde edilen moment (M_z) grafikleri verilmiştir.

Şekil 6.’da HSS kesicileri ile elde edilen M_z grafiği incelendiğinde genel olarak; artan delik çapına karşılık M_z değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu azalma, 8,4 mm delik çapına kadar hızlı olurken, sonrasında ise yavaştır.

Momentin değişimi, kılavuzun vida açarken delik çapından etkilendiğini göstermektedir. Deliklere vida açılmasında kullanılan kılavuzlar, kendi ekseninde dönme hareketi yaparken delik duvarından talaş kaldırmakta ve vida adımına göre de delik boyunca ilerlemektedir. Teorik olarak; kılavuzun dış üstü çapı açılan vidanın dış üstü çapı, kılavuzun dış dibi çapı da matkap delik çapı kabul edilmektedir. Matkapla delinerek elde edilecek delik çapı, kılavuz dış dibinden daha küçük olursa, vida açılırken kılavuzun dış dibinde daha fazla basınç oluşturacaktır. Çünkü kılavuz, delik duvarında vida profilini keserken delik çapını da büyültmeye çalışacaktır. Böylelikle de, sürtünme ve talaş yığılması artacaktır. Bu da daha fazla moment artışına sebep olacaktır. Tam tersi durumda ise, matkap delik çapı kılavuz dış dibi çapından büyük delinirse kılavuzun dış dibinde fazla baskı oluşmayacak sürtünme azalacağından moment de azalacaktır.

Şekil 6.’daki grafikte, tüm delik çapları için en yüksek M_z düz uçlu düz kanallı kılavuz ile en düşük M_z ise 15° uçlu düz kanallı kesici ile elde edildiği görülmektedir. Genel olarak, en küçük delik çapında (8,3 mm), tüm kılavuzlar için moment yüksektir. Kaplamasız düz uçlu düz kanallı kılavuz ile elde edilen M_z 1400 Ncm’nin üzerine çıkmıştır. 8,4 mm delikte ise ani olarak 600 Ncm altına inmiştir.

Bu durum, düz uçlu düz kanallı kılavuzunun matkap delik çapı küçüldüğünde sıkıştığını göstermektedir.

Şekil 7.'de HSS TIN kesicileri için elde edilen Mz grafiği incelendiğinde ise; 4 delik çapı için en kötü sonuçları düz uçlu düz kanallı kılavuz vermiştir. Bu kılavuz; 1400 Ncm – 2050 Ncm arasında seyreden en büyük Mz değerleri elde edilmiştir. Diğer HSS TIN kılavuzlarla elde edilen Mz sonuçlar nispeten daha iyi görülmektedir. Bu kesicilerle tüm delik çapları için elde edilen Mz değerleri; 500 Ncm – 800 Ncm arasında kalmıştır.

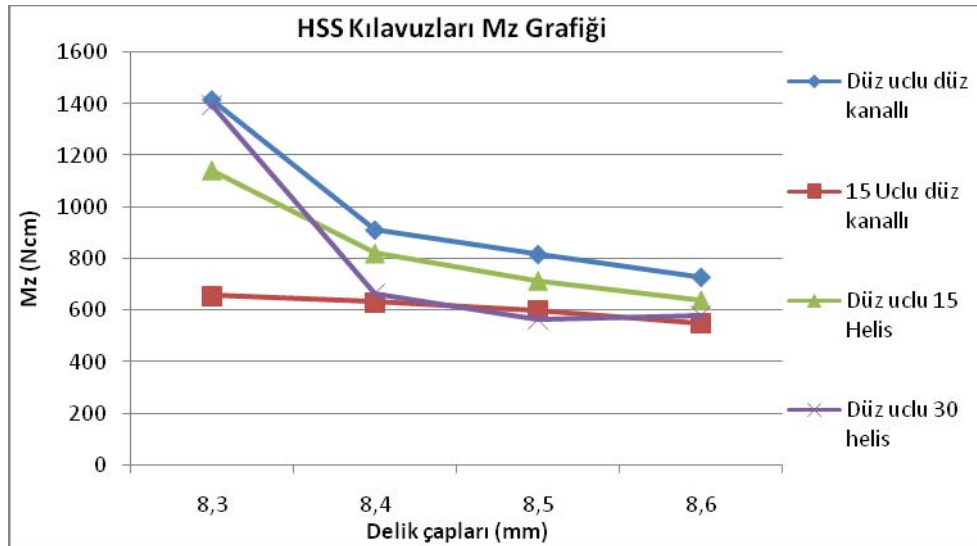
Şekil 8. ve 9.'da ise HSS ve HSS TIN kılavuzları için elde edilen kesme kuvvetlerine (Fz) yönelik grafikler verilmiştir.

Şekil 8.'de verilen kaplamasız HSS kılavuzları için oluşturulan grafik incelendiğinde, matkap çapının büyümesi ile tüm kılavuzlar için Fz kuvvetinin azalma eğilimine girdiği görülmektedir. Bununla birlikte 8,3 mm delik çapı için en yüksek Fz değerleri elde edilmiştir. Delik çapının 8,4 mm olması ile de Fz kuvvetleri hızla düşüşe geçmiştir.

Delik çapının 8,4 mm olması ile 8,3 mm olan delik içersinde sıkışan kılavuzun rahatladığı görülmektedir. 8,3 mm delik çapı, kılavuzu dış dibinden (dış dibi çapı) sıkıttığı düşünülmektedir. Çünkü, elde edilen grafiklere bakıldığında; yüksek Mz (Şekil 6 ve 7 Mz grafikleri)'nin delik içersine sıkışan kılavuzun vida profilini rahat bir şekilde kesmediğini ve yüksek Fz (Şekil 8 ve 9 Fz grafikleri)'nin de sıkışan kılavuzun delik boyunca rahat bir şekilde ilerleyemediği göstermektedir.

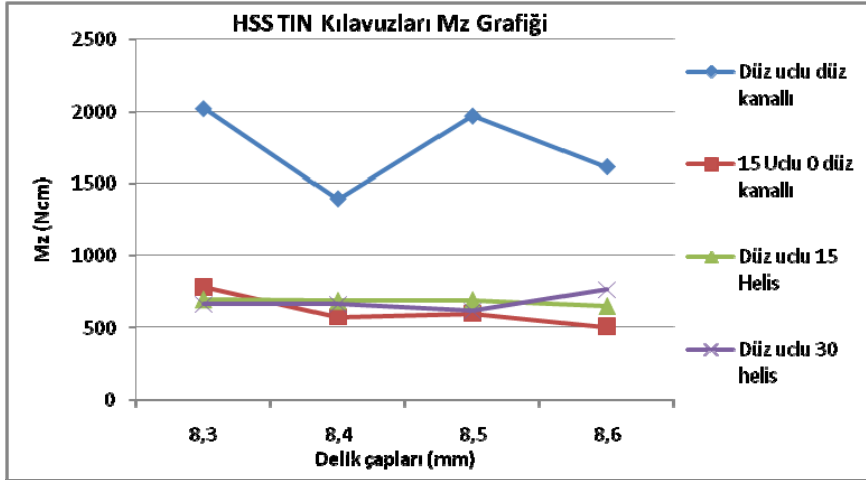
Şekil 8.'deki grafikteki kılavuzlar kendi arasında karşılaştırıldığında ise, her delik çapı için helis kanallı kılavuzların (15° helis ve 30° helis), düz kanallı kılavuzlardan (düz uçlu ve 15° uçlu), daha düşük Fz kuvvetleri oluşturduğu görülmektedir. Düz kanallı kılavuzlarla en düşük 90 N üzerinde Fz kuvveti oluştururken helisel kanallı kılavuzlarla ise 20 N altında Fz kuvvetleri oluşmuştur. Kullanılan kılavuzlar içinde her delik çapı için en düşük Fz değerlerini 15° helis kanallı kılavuz ortaya koymuştur.

TIN kaplamalı HSS kılavuzların oluşturduğu Fz kuvvetleri için elde edilen grafiğe (Şekil 9.) bakıldığında ise, kaplamasız HSS kesicilerine benzer durum söz konusudur. Artan delik çapına bağlı olarak Fz kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir. Fakat bu azalma eğilimi, kaplamasız kesicilerde olduğu gibi hızlı olmayıp daha yavaş seyretmiştir. TIN kaplamalı kılavuzlarla yapılan deneylerde de, düz kanallı kılavuzlar helisel kanallı kılavuzlardan daha büyük Fz kuvvetleri oluşturmuştur.



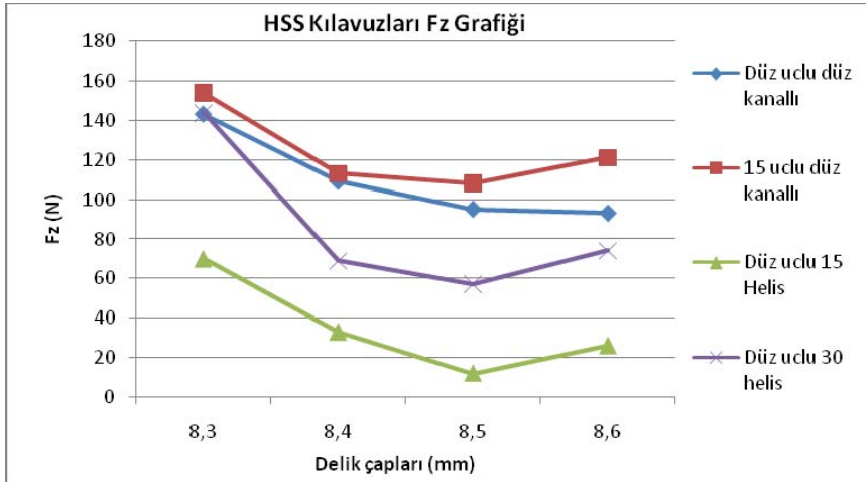
Şekil 6:

Kaplamasız HSS M10 kılavuzlar ile AISI 1050 çeliğinin farklı delik çaplarında vida açılmasında ölçülen moment (Mz) değerleri ($V = 10$ m/dak, adım = 1,5 ve soğutma sıvısı kullanıldı)



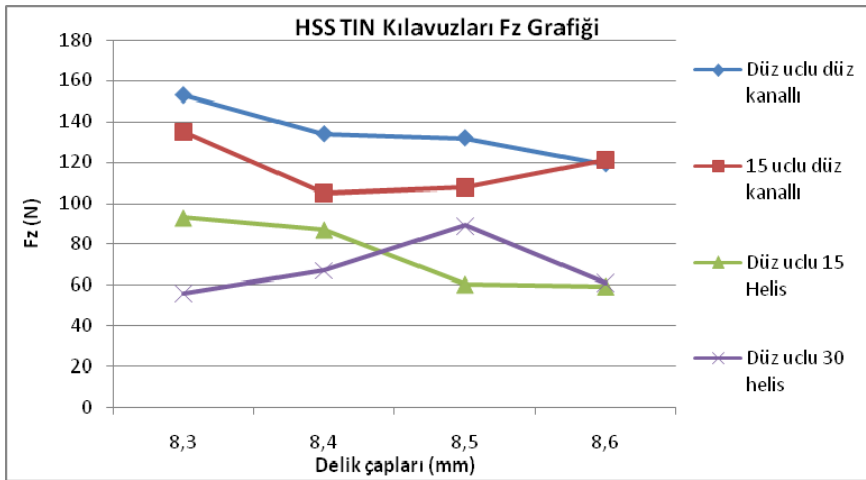
Şekil 7:

Kaplamalı HSS TIN M10 kılavuzlar ile AISI 1050 çeliğinin farklı delik çaplarında vida açılmasında ölçülen moment (M_z) değerleri ($V = 10$ m/dak, adım = 1,5 ve soğutma sıvısı kullanıldı)



Şekil 8:

Kaplamasız HSS M10 kılavuzlar ile AISI 1050 çeliğinin farklı delik çaplarında vida açılmasında ölçülen Kuvvet (F_z) değerleri ($V = 10$ m/dak, adım = 1,5 ve soğutma sıvısı kullanıldı)



Şekil 9:

Kaplamalı HSS TIN M10 kılavuzlar ile AISI 1050 çeliğinin farklı delik çaplarında vida açılmasında ölçülen Kuvvet (F_z) değerleri ($V = 10$ m/dak, adım = 1,5 ve soğutma sıvısı kullanıldı)

Şekil 10 vidaların açılmasında ortaya çıkan talaş örnekleri verilmiştir. 15° uç açılı ve düz kanallı kılavuzlarla vida açılmasında talaşlar biri birine dolanarak (Şekil 10.a) çıkmıştır. 15° ve 30° helis kanallı kılavuzlarla ise talaşlar, biri birinden ayrılmıştır (Şekil 10.b).

15° uç açılı 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. Fakat kör deliklerde bu tip kılavuzların kullanılması problem teşkil edecektir.

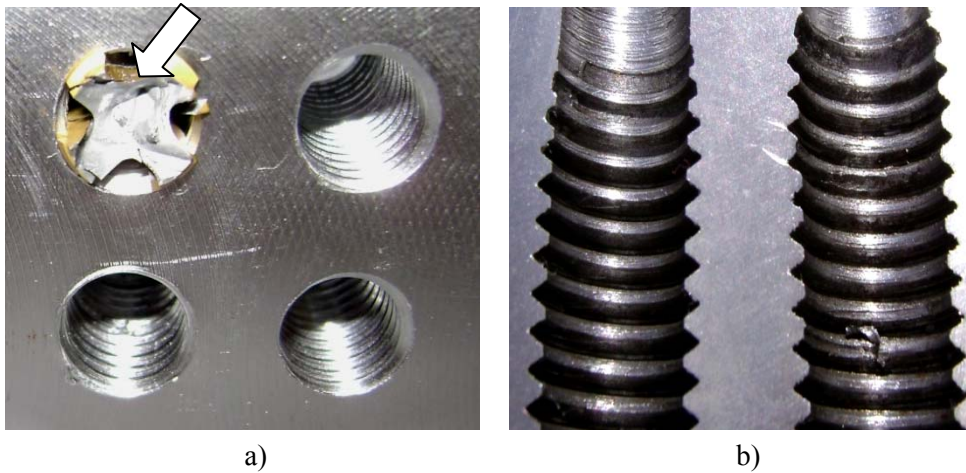


Şekil 10:
AISI 1050 malzemesine vida açılmasında kullanılan kılavuz tipine bağlı çıkan talaşlar
a) 15° uç açılı düz kanallı kılavuzlar, b) 15° ve 30° Helisel kanallı kılavuzlar

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 kılavuzun helis oluklarından çıkan talaşlar bir araya gelme fırsatını bulamaz. Bu tür talaş hareketi ile zaman zaman talaşlar delik duvarı ile kılavuz arasında kalarak sıkışabilmektedir.

AISI 1050 malzemesine kılavuzlarla çok sayıda vida açılmıştır. Deneylerde çok sık olmasa da bazı kesicilerin kırıldığı görülmüştür. Özellikle düz uçlu ve düz kanallı kılavuzlarda, talaş sıkışması ve malzemenin sıvanması olaylarından kesici takımlarda kırılmalar meydana gelmiştir. Şekil 11.a'da vida açarken kırılan düz uçlu düz kanallı HSS kılavuzu görülmektedir (okla işaret edilmiştir).

Kılavuzlarla vida açılmış deney parçaları, kesilerek dilimlenmiştir. Böylece açılan her delik boyunca vidaların daha rahat görüntülenebilmesi sağlanmıştır (Şekil 11.b).



Şekil 11:
a) AISI 1050 malzemesine vida açılması sırasında kırılan bir kılavuz b) Ortasından kesilen vidalar

8. SONUÇ

Yapılan çalışmanın sonucu olarak; AISI 1050 malzemesine kılavuzlarla vida açılmasında, matkap delik çapının vida diş dibi çapından küçük delinmesi durumunda Mz'nin arttığı tersi durumda ise azaldığı ortaya çıkmıştır. Kılavuzların kırılmasında en etkili kuvvetin tork (Mz) olduğu düşünüldüğünde, küçük delik çaplarında artan Mz'nin kılavuzu kırmaya karşı daha fazla zorlayacağı anlaşılmaktadır. Vida açma deneylerinde kullanılan kaplamalı ve kaplamasız kılavuzlardan elde edilen sonuçlara göre de, 15⁰ uçlu düz kanallı kılavuzların kırılmalarına karşı daha fazla dayanacağı sonucunu çıkarmak mümkündür. Çünkü, her delik çapı için 15⁰ uçlu düz kanal ı kılavuzlar ile en düşük momentler (tork) elde edilmiştir. Bunun dışında; TIN kaplamalı ve kaplamasız HSS kılavuzlarından helisel kanallı (30⁰ ve 15⁰ helisel) olanların en düşük Fz (ilerleme) kuvvetleri meydana getirdiği görülmüştür. Aynı şekilde (Mz'de olduğu gibi), delik çapının büyümesi, TIN kaplamalı ve kaplamasız bütün kılavuzlar için Fz kuvvetlerinin azalmasına sebep olmuştur.

TEŞEKKÜR

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

1. Avuncan, G. (2005) *Talaş kaldırma ekonomisi ve kesici takımlar*, Ankara.
2. Blau (2005) *Kesici takım katalogu*, Almanya.
3. Cao, T. and Sutherland, J.W. (2002) Investigation of thread tapping load characteristics through mechanistics modeling and experimentation, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42 (14), 1527-1538.
4. Çakır, M. ve Işık, Y. (2005) Detecting tool breakage in turning AISI 1050 steel using coated and un coated cutting tools, *Journal of material processing technology*, 191-198.
5. Doyle, E.D. and Dean, S.K. (1974) Effect of axial forces on dimensional accuracy during tapping, *International Journal of Machine Tool Design and Research*, 14(4), 325-333.
6. Jin, M., Watanabe, S., Miyake, S. and Murakawa M. (2000) *Surface and coating technology*, 133, 443-447.
7. Kibbe, R.R., Neely J.E., Meyer, R.O. and White, W.T. (2002) *Machine Tool Practices*, New Jersey.
8. Kuo, K. (2007) Experimental investigation of ultrasonic vibration-assisted tapping, *Journal of material processing technology*, 345-352.
9. Reiter, A.E., Brunner, B., Ante M. and J. Rechberger (2006) Investigation of several PVD coatings for blind hole tapping in austenitic stainless steel, *Surface and coating technology*, 200, 5532-5541.
10. Veldhuis, S.C., Dosbaeva, G.K. and Benga, G. (2006) 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.
11. Zhang, B., Yang Y. and Wang, J. (2002) Fundamental aspects in vibration-assisted tapping, *Journal of material processing technology*, 345-352.