

Kesici Takım Talaş Açısının İlerleme Kuvveti Üzerindeki Etkisinin Araştırılması

Mustafa GÜNAY, Ulvi ŞEKER
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

ÖZET

Takım talaş açısının, talaş kaldırma sürecinde oluşan kesme kuvvetleri açısından ikinci derecede öneme sahip olan ilerleme kuvveti üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, kesme kuvvetlerinin (F_c ve F_f) deneysel olarak belirlenebilmesi için Bilgisayarlı Sayısal Denetimli (BSD) torna tezgahına bağlanabilen bir dinamometre tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Dinamometre üzerinde bulunan 2 adet kiriş tipi yük hücresi yardımıyla kesici takımın kesme kuvvetleriyle oluşan yer değiştirmelerin sezilebilmesi mümkün olmuştur. Deneysel çalışmalarda, AISI 1040 çelik malzeme kullanılarak, 5 farklı kesme hızında, ilerleme ve talaş derinliği sabit tutularak, negatiften pozitif doğru 8 farklı talaş açısı için kesme kuvvetleri belirlenmiştir. Ayrıca, teorik olarak hesaplanan ilerleme kuvvetleri ile deneysel olarak elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, ilerleme kuvvetinin (F_f) 0° 'lik talaş açısında en küçük değerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Deneysel ve teorik olarak elde edilen ilerleme kuvvetleri arasında ortalama 0.69 gibi bir oran tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Talaş Açısı, İlerleme Kuvveti, Dinamometre, İlerleme Kuvveti, Kesme Kuvveti

Investigation of the Effect of Cutting Tool Rake Angle on Feed Force

ABSTRACT

This paper presents a study of investigation into cutting tool rake angle effect on feed force to have secondary important during machining. For this purpose, a dynamometer was designed and manufactured for experimental determination of the cutting forces and mounted to a CNC turning centre. With the help of two beam type load cells suitably located on the dynamometer, it became possible to sense the cutting tool deflections due to the cutting forces. AISI 1040 was used as the workpiece material. Cutting forces (F_c and F_f) were measured with eight different rake angles changing from negative to positive values at five different cutting speeds. For all the tests, dept of cut and feed rate were kept constant. In addition, theoretically calculated feed force results were compared with the experimentally obtained ones. The lowest feed force (F_f) was observed when the rake angle was zero degree. Theoretically calculated and experimentally obtained F_f ratio was found to be mean 0.69.

Key Words: Rake Angle, Feed Force, Dynamometer, Feed Force, Cutting Force

1. GİRİŞ

Talaşlı üretimdeki takım tezgahlarının, kendilerinden beklenen fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için, tasarımının ve imalatının amaca uygun olarak yapılması gerekir. Tezgahın mekanik yapısı, üzerinde bulunan takım ve aparatları, tezgahın rijitliğini bozmadan taşıyabilmelidir. Daha da önemlisi, tezgah çalışırken kesici takıma gelen kesme kuvvetlerinin etkisiyle tezgah parçaları istenilmeyen şekilde deforme olmamalıdır. Tezgahın uzun ömürlü olabilmesi için özellikle hareketli parçaların çalışma yüzeylerinin aşınması önlenmelidir. Talaş kaldırmadan dolayı meydana gelen kesme kuvvetlerinin güvenle karşılanabilmesi için kesici takımın dayanım özellikleri çok iyi araştırılmalıdır (1).

Aynı zamanda metaller ve metal alaşımlarının işlenmesinde kullanılan takımların kesici kenarları yeterince keskin olmasına rağmen, talaş kaldırma sırasında oluşan gerilmeler karşısında oldukça zorlanmaktadır. Bu sebeple takımın dayanabileceği optimum kesit ve

kesmeyi kolaylaştıracak ideal açıları (ideal takım geometrisi) bulmak için de pek çok araştırma yapılmıştır (2).

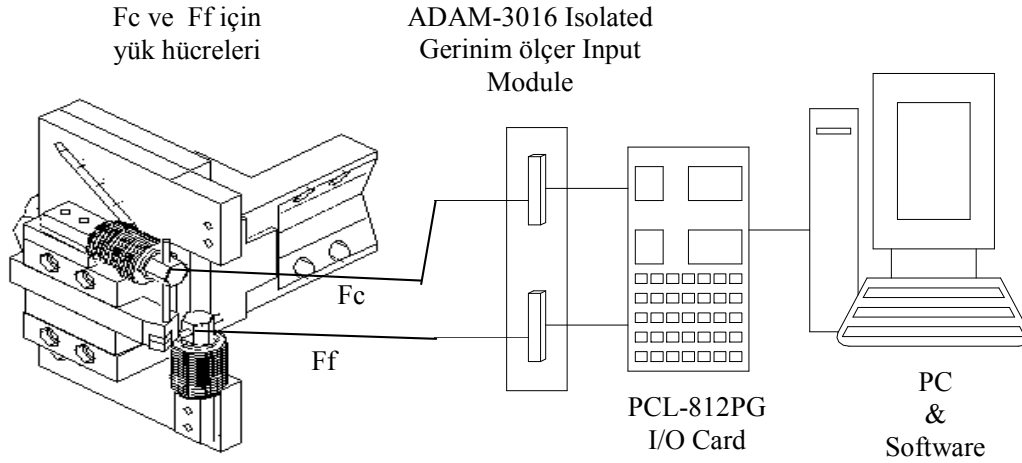
Talaş kaldırma anında oluşan kuvvetlerden biri olan kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede de faydalı olup, kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir. Son yıllarda kesici takıma etki eden kuvvetlerin yeterli hassasiyette ölçülmesi için pek çok dinamometre geliştirilmiştir. Kullanılan metodların çoğunluğu yük altında takımın elastik yer değiştirmesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır (3).

Bu çalışmada, BSD torna tezgahında talaş kaldırma sırasında oluşan ilerleme kuvvetinin talaş açısına göre değişimi incelenmiştir. Bunun için kesme kuvvetlerini ölçmek ve bu kuvvetlerin talaş açısı ile nasıl değiştiğini belirlemek amacı ile tasarlanan ve imal edilen bir dinamometre kullanılarak, AISI 1040 çeliği üzerinde yapılan deneylerle talaş açısının ilerleme kuvveti üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deneysel Düzenek ve Deneysel Numuneleri

Öncelikle, gerinim ölçer esaslı yük hücreleri kullanılarak bir analog dinamometrenin imal edilmesi ve bunun bilgisayar bağlantısının yapılması gerçekleştirilmiştir(3). Tasarlanan bu sistemde dinamometreden alınan analog verileri sayısal olarak bilgisayar ortamında değerlendirebilmek amacıyla Genie isimli bir paket program kullanılmıştır. Oluşturulan sisteme ait donanım Şekil 1’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneysel düzenek.

Ölçme sisteminin temelini oluşturan asıl kesme kuvveti (F_c) ve ilerleme kuvvetini (F_f) ayrı ayrı ölçebilmek amacıyla iki adet giriş tipi yük hücresi kullanılmıştır. Sistemde kullanılan yük hücrelerinin çalışma prensibi, özel olarak köprü devresi bağlantıları yapılmış olarak yük hücresi içerisine yerleştirilen gerinim ölçerlerin giriş tipi yük hücresi ucunda oluşan yer değiştirmelerin algılanması esasına dayanır. Yük hücrelerinin analog girdisi kuvvet (N) olup çıkışı gerilim (V) cinsindedir. Sistemin kalibrasyonunda, yük hücresi üretici firmanın kalibrasyon verileri kullanılmıştır.

AISI 1040 çeliğinden hazırlanan deney numuneleri $\varnothing 40 \times 200$ mm ölçülerinde olup malzemenin yapısı ve özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Malzemenin dış yüzeyi, olası dış yüzey tabaka sertleşmesi ihtimaline karşılık, 0.5 mm talaş derinliği verilerek geleneksel bir torna tezgahında silindirik tornalama işlemine tabi tutulmuş ve dış yüzeylerdeki olumsuzluklar giderilmiştir.

Çizelge 1. Deneysel numunelerinin yapı ve özellikleri.

Kimyasal kompozisyon(%)		Mekanik ve Fiziksel Özellikleri	
C	0.329	Çekme Gerilmesi (MPa)	640
Si	0.220	Akma Gerilmesi (MPa)	408
Mn	0.693	Sertlik (BHN)	201
P	0.0091	Uzama (%)	18
S	0.071	Elastisite Modülü	200
Al	0.0186	Kayma Modülü	80
Fe	98.07	Yoğunluk (g/cm^3)	1.845

2.2. Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Deneysel düzenek yerleştirildiği ve deneylerin yapıldığı takım tezgahı, TC-35 JOHN FORD CNC torna tezgahıdır. Kesme kuvvetleri ölçümünde kesici takım çifti olarak ISO 5608’e uygun olarak STELLRAM ürünü olan SSBCR 2525 M12 takım tutucu, ISO 1832’ye uygun olarak SCMW 12M508-S2F ve SCMT 12M508-S3X7 sementit karbür kesici takım kullanılmıştır. Sementit karbür kesici takımların kalitesi aynı (P20) olmasına rağmen talaş açıları farklıdır. SCMW 12M508-S2F sementit karbür kesici takım 0°

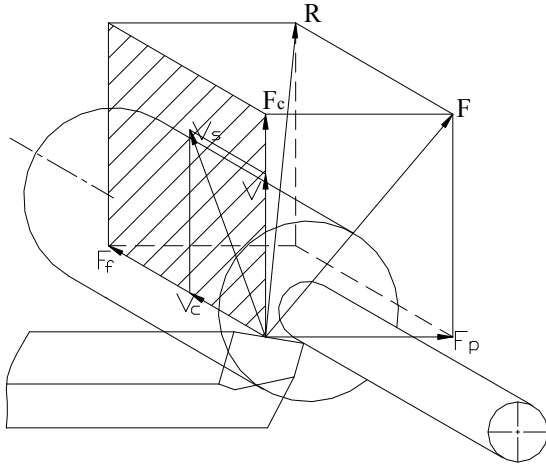
talaş açısına sahip iken SCMT 12M508-S2X7 sementit karbür kesici takımın talaş açısı 7° ’dir. Her iki takımın da boşluk açısı değeri 7° ’dir. Fakat 0° talaş açısına sahip SCMW formdaki sementit karbür kesici takımın talaş açısı dinamometrenin açılı sistemi ile 7° ’nin üzerine çıkartıldığında, boşluk açısı 0° ’nin altına düşmektedir. Bu nedenle 7° ve üzeri talaş açısı değerleri için 7° ’lik talaş açısına sahip SCMT formdaki sementit karbür kesici takım kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılacak kesme parametrelerinin seçiminde, yük hücrelerinin çalışma aralığı esas alınmıştır. Kesme parametreleri için, yük hücrelerinin çalışma aralığını aşmayacak şekilde takım üretici firmanın önerdiği kesme hızı baz alınarak ISO 3685’te önerildiği şekilde beş farklı kesme hızı belirlenirken, 0.8 mm kesici takım uç yarıçapına uygun olarak talaş derinliği ve ilerleme ($a=2.5$ mm, $f=0.25$ mm/dev) için bu standardın önerdiği referans değerler seçilmiştir. Deneylerde, numuneler üzerinden 100 mm uzunluğunda talaş kaldırılarak ölçüm yapılmıştır.

2.3. Kesme Kuvvetleri ve Teorik Hesaplamalar

Şekil 2’de torna tezgahında takım üzerine etki eden kuvvet bileşenleri gösterilmektedir. Bunlar; takım/talaş yüzeyi üzerine etki eden, kesme ucuna dik V yönündeki kuvvetin bileşeni kesme kuvveti (F_c) olarak adlandırılır. F_c , kesme hızı vektörü doğrultusunda etkiyen asıl kesme kuvveti olup genellikle oluşan kuvvetle-

rin en büyüğüdür. İlerleme doğrultusuna paralel yönde takım üzerine etkiyen kuvvet bileşeni ilerleme kuvveti (F_f) olup, bu kuvvet genelde F_c kuvvetinin yaklaşık %55'ne kadar çıkabilmektedir. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan, işlenmiş yüzeye dik etki eden pasif kuvvet (F_p) ise üçüncü kuvvet bileşenidir (4).

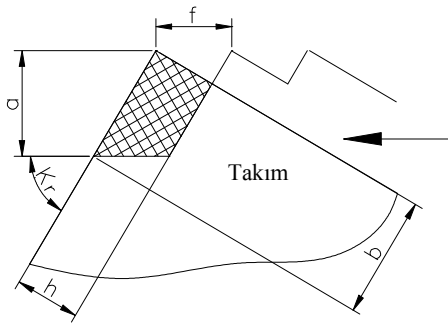


Şekil 2. Tornada oluşan kesme kuvvetleri (2)

Kienzle'ye göre asıl kesme kuvveti, talaş kesiti ile işlenen malzemenin özgül kesme direncinin çarpımı esasına dayanır (5).

$$F_c = A \times k_s \quad (1)$$

Talaşlı imalatta takım tezgahlarının pek çoğu için kesme kuvveti ve buna bağlı kesme gücünü hesaplamak için F_c bu esasa göre belirlenir. Bu hesaplamada, talaş geometrisi de büyük önem taşımaktadır. Talaş kesimini belirleyen en önemli faktör Şekil 3'de gösterilen kesici takımın yanaşma açısı (K_r)'dir.



Şekil 3. Talaş kesitinin yanaşma açısı ile ilişkisi (2).

Şekil 3'deki taralı alan talaş kesitini ifade ettiğine göre;

$$A_0 = h \times b \quad (2)$$

$$h = f \times \sin K_r \quad (3)$$

$$b = \frac{a}{\sin K_r} \quad (4)$$

Asıl kesme kuvveti (F_c)'nin hesaplanmasında kullanılan özgül kesme direnci ise;

$$k_s = \frac{k_{11}}{h^m} \quad (5)$$

ampirik bağıntısı ile bulunur.

Bu bağıntıdaki k_{11} ifadesi $h=1$ mm ve $b=1$ mm olan bir kesitin özgül kesme kuvvetini ifade eder. m ise işlenen malzemenin k_{11} değeri ile h değeri arasındaki logaritmik ilişkiyi gösteren eğrinin karakteristik eğimidir. Malzeme cinsine bağlı olarak sabit bir değerdir. Buna göre talaş kalınlığının (h) artan değerlerine karşılık malzemenin özgül kesme direnci (k_s) azalmaktadır. m değeri ise her malzeme için farklı değer taşımaktadır.

Yapılan pek çok deneysel araştırmanın ortaya koyduğu sonuçlara göre, talaş kaldırma sırasında asıl kesme kuvveti (F_c)'ni etkileyen değişik faktörler söz konusudur. Bunların en önemlileri: Talaş açısı faktörü (k_γ), kesme hızı faktörü (k_v), takım aşınma faktörü (k_a) ve takım malzemesi faktörü (k_t)'dir. Talaş açısı düzeltme faktörü deneysel olarak elde edilmiş aşağıdaki eşitlikte hesaplanabilir (5).

$$k_\gamma = \frac{C - 1.5\gamma}{100} \quad (6)$$

Burada, γ : takımın efektif talaş açısı, C : talaş açısı sabittir. C değerleri, çelik malzemenin işlenmesi için 109, döküm ve benzeri diğer malzemeler için 103 olarak alınmaktadır (5).

Bu faktörler de dikkate alınarak aşağıdaki eşitlikteki asıl kesme kuvveti denklemi elde edilmiştir (5).

$$F_c = A_0 \times k_s \times k_v \times k_\gamma \times k_a \times k_t \quad (7)$$

Talaş kaldırma esnasında oluşan kuvvetlerin tayini için ampirik ifadeler çeşitli araştırmalar sonucu ortaya konulmuş olmakla beraber, bu kuvvetlerin ölçülerek belirlenmesi en etkili yoldur. Bu çalışmada, deneysel olarak ölçülen F_c değerleri Eşitlik 7 ile hesaplanan teorik değerler ile karşılaştırılmıştır. İlerleme kuvveti (F_f) ve pasif kuvvet (F_p) için kesin değerler olmamakla F_c 'ye bağlı olarak yaklaşık;

$$F_f \approx (0.2-0.3)F_c \quad (8)$$

$$F_p \approx (0.1-0.2)F_c \quad (9)$$

bağıntılarıyla hesaplanır (5).

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetlerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de takım/talaş temas uzunluğudur. Takım/talaş temas uzunluğunun kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (4). Temas uzunluğunun azalması ile birlikte kesme kuvvetleri düşerken, temas uzunluğunun artması ile sürtünmenin de artması, kesme kuvvetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Takım geometrisini

oluşturan elemanlardan, özellikle talaş açısı, bu temas bölgesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Talaş açısı için genellikle optimum bir değer mevcut olup bu değer gereğinden büyük seçilmesi kesici ucun dayanımı üzerinde olumsuz etki yapacağından aşınma sürecini hızlandırır. Aşınma ile birlikte boşluk yüzeyindeki temas artarak kesme kuvvetlerinin de artmasına sebep olabilir. Ancak talaş açısının pozitif olarak belirli değerlere kadar artırılması, takımın talaş yüzeyinde takım/talaş temas uzunluğunun kılınmasına neden olacağından kesme kuvvetlerinde bir azalma olması beklenmektedir. Özellikle, negatif talaş açılarında artan temas alanı ve sürüklenen talaş hacminin artması kesme kuvvetleri ve ısı oluşumunu çok fazla etkilemektedir (6-13). Eşitlik 7'de talaş açısının bu tarzdaki etkisi modellenmiştir. Bu yaklaşım kesme kuvvetlerinin teorik olarak hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

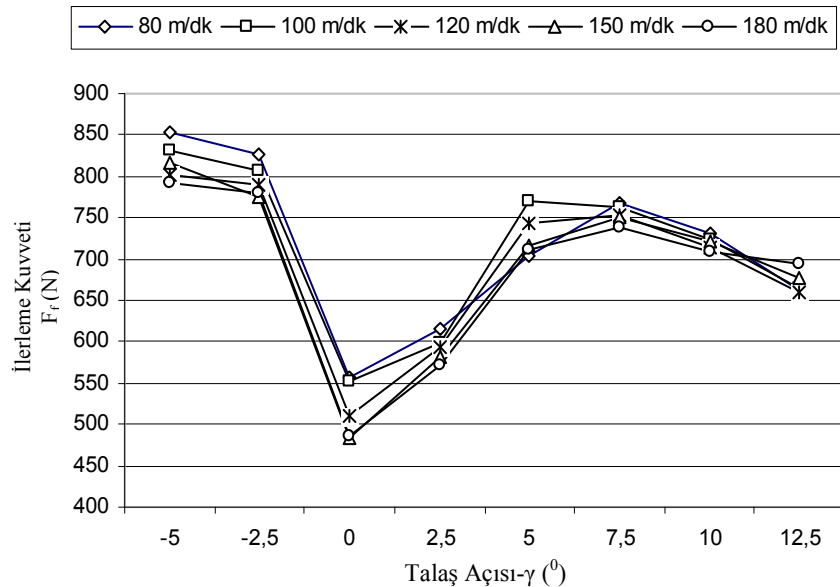
Bu çalışmada bu teorik yaklaşım temel alınarak, talaş açısındaki değişime bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki değişimin deneysel olarak belirlenmesi ve teorik yaklaşımın doğruluğunun araştırılması hedeflenmiştir. Sabit talaş derinliği (2.5 mm) ve sabit ilerleme (0.25mm/dev) kullanılarak, beş farklı kesme hızında (80, 100, 120, 150 ve 180 m/min) talaş açısının -5° 'den $+12.5^\circ$ 'ye kadar sekiz farklı değerinde yapılan talaş kaldırma deneyleri sonucunda elde edilen ilerleme kuvveti değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

3.1. Talaş Açısının İlerleme Kuvveti (F_f) Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Tasarlanan ve imal edilen dinamometre ile asıl kesme kuvveti F_c 'nin yanı sıra, kesme kuvvetleri arasında ikinci derecede bir öneme sahip ilerleme kuvveti F_f 'nin de ölçülebilmesi mümkün olmuştur. Deneysel ölçümlerle elde edilen ve Çizelge 2'de listelenen ilerleme kuvvetinin, farklı kesme hızlarında talaş açısına bağlı olarak değişimi Şekil 4'deki grafikte bir arada gösterilmiştir.

Çizelge 2. Talaş açısı ve kesme parametrelerine göre deneysel ve teorik olarak ilerleme kuvvetlerindeki değişim.

Kesme hızı V (m/min)	Talaş açısı γ ($^\circ$)	Deneysel ölçülen F_f (N)	Teorik hesaplanan F_f (N)	Teo./Den. F_f (%)
80	-5	852.284	549.459	0.65
	-2.5	826.799	531.772	0.64
	0	557.244	514.086	0.92
	2.5	616.545	496.399	0.81
	5	704.273	478.713	0.68
	7.5	768.477	457.489	0.59
	10	729.759	443.340	0.61
	12.5	662.125	424.475	0.64
100	-5	831.209	538.685	0.65
	-2.5	807.684	521.345	0.65
	0	551.853	504.006	0.91
	2.5	598.902	486.666	0.81
	5	770.928	469.326	0.61
	7.5	761.615	448.519	0.59
	10	722.898	434.47	0.60
	12.5	664.085	416.151	0.62
120	-5	801.313	533.298	0.66
	-2.5	789.061	516.132	0.65
	0	510.684	498.965	0.97
	2.5	594.001	481.799	0.81
	5	742.501	464.633	0.63
	7.5	752.303	444.034	0.59
	10	714.076	430.300	0.60
	12.5	660.165	411.990	0.62
150	-5	816.506	522.524	0.64
	-2.5	773.868	505.705	0.65
	0	483.239	488.885	1.01
	2.5	582.239	472.066	0.81
	5	716.526	455.246	0.63
	7.5	749.363	435.063	0.58
	10	720.938	421.608	0.58
	12.5	676.829	403.667	0.60
180	-5	791.021	517.138	0.65
	-2.5	780.239	500.491	0.64
	0	484.709	483.845	0.99
	2.5	572.436	467.199	0.81
	5	711.135	450.553	0.63
	7.5	738.581	430.578	0.58
	10	708.685	471.261	0.66
	12.5	693.491	399.505	0.58



Şekil 4. Farklı kesme hızlarında, ilerleme kuvvetinin talaş açısına bağlı olarak değişimi.

Şekil 4'den görülebileceği gibi, bütün kesme hızları için, ilerleme kuvveti F_f 'nin, talaş açısındaki değişim karşısında benzer özellikler sergilemektedir. Kesme hızındaki artışa bağlı olarak, genel anlamda, ilerleme kuvvetinin çok küçük miktarlarda azaldığı ve ilerleme kuvvetinin kesme hızına karşı duyarlılığının düşük olduğu söylenebilir. Grafik incelendiğinde ilerleme kuvveti (F_f), negatif açılarda en büyük değerlerini alırken, özellikle 0° 'de oldukça küçük değerlere düşmekte ve talaş açısındaki pozitif artışla beraber tekrar yükselme eğilimine girmektedir. Beş farklı kesme hızı için de elde edilen grafiklerin paralel bir davranış sergilemiş olması, deneysel sonuçlarda çok ciddi bir hata olmadığını, F_f 'nin talaş açısındaki değişim karşısında homojen bir davranış sergilediğini göstermektedir.

F_f için gözlenen bu eğilim, öncelikli olarak dinamometre tasarımındaki özelliklere bağlı olarak değerlendirilmiştir. Yapılan tasarımda, öncelikli olarak 0° talaş açısına sahip, kesici takım kullanılmış ve farklı talaş açıları için dinamometreye bağlanan bir açı ölçeği ile, takım bir bütün halinde döndürülerek istenen talaş açısı değerleri ayarlanmıştır. Böyle bir tasarımda yaşanan en önemli durum, takımın ön boşluk açısının, negatif talaş açılarında artması, pozitif talaş açılarında azalması şeklinde kendini göstermiştir. Ancak bu değişimin olumsuz etkisini engellemek için, ön boşluk açısının en küçük değerinin, 2.5 mm talaş derinliği ve 0.25 mm/dev ilerleme şartları için, takımın ön tarafındaki sürtünmeyi engelleyecek tarzda kalması sağlanmıştır. Bu amaçla, özellikle pozitif talaş açılarındaki daha büyük değerlerde, ön boşluk açısının arzu edilen durumda kalmasını temin etmek için, $+7.5^\circ$ ve daha sonraki talaş açıları için, bütün özellikleri aynı (genel geometri, uç yarıçapı, kalite grubu vb) ama $+7^\circ$ talaş açısına sahip kesici takım kullanılmasına geçilmiştir. Böylece ön boşluk açısının kesme kuvvetlerini etkilemesi engellenmiştir. Her deneyde yeni bir takım kullanılması ve her deneyde çok yüksek miktarlarda talaş kaldırılmamış olması da, aşınma ile yaşanabilecek olumsuz etkileri en aza indirmiştir.

Bu tasarım şartlarının olumsuz bir etkiye sahip olmadığı düşünülecek olursa, F_f 'nin 0° 'lik talaş açısında en düşük değerlerde kalması, bu açı durumunda deney şartlarının en kararlı olduğu anlamı taşımaktadır. Bu konu; üzerinde hala çalışılması gereken bir özellik arz ederken, deneyler sırasında "gürültü ve titreşim" ölçümleri yapılarak, 0° 'de en kararlı şartların elde edildiği doğrulanmalıdır.

2, 4 ve 11. kaynaklar incelendiğinde, ilerleme kuvvetinin asıl kesme kuvvetine bağlı, teorik olarak belirlenebileceği görülmektedir. İlerleme kuvvetinin, asıl kesme kuvvetinin %55'ine kadar çıkabileceği vurgulanırken, teorik tahminlerde ve pratik uygulamalarda, tornalama işlemleri için 0.2~0.3 F_c kadar alınması tavsiye edilmektedir (4, 5).

Çizelge 2'den görülebileceği gibi, ilerleme kuvvetinin teorik ve deneysel değerleri arasında ortalama 0.69 gibi bir orana ulaşılmaktadır. Buna göre, teorik yaklaşımlarda yaygın kullanılan 0.2~0.3 katsayısının düşük olduğu ve F_f 'nin $0.3F_c$ 'den daha fazla dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Tüm deneylerin aynı şartlarda yapılmış olması, elde edilen sonuçların kendi arasında tutarlılık sergilemesi, tasarlanan ve imal edilen dinamometrenin söz konusu amaç için kullanılabilir olduğunu göstermiş ve deney sonuçlarının kendi aralarında karşılaştırılabilmesini mümkün kılmıştır.
- Kesme hızlarındaki artışa bağlı olarak, ilerleme kuvvetindeki azalmanın çok küçük olması, ilerleme kuvvetinin kesme hızına duyarlılığının daha az olduğunu göstermektedir.
- İlerleme kuvvetinin en küçük olduğu talaş açıları, 0° ve daha sonra $+2.5^\circ$ 'dir. Bu durum, deney şartlarının özellikle 0° 'de en kararlı olduğunu göstermektedir.
- İlerleme kuvvetinin teorik/deneysel oranı pratik uygulamalarda da F_c 'nin 0.3 katından daha fazla alınması gerektiğini göstermektedir.
- Deneysel çalışmalar, talaş açısına bağlı olarak ilerleme kuvveti F_f 'nin asıl kesme kuvveti F_c 'den farklı eğilimler sergilediğini göstermiştir. Özellikle 0° 'lik talaş açısında elde edilen en düşük F_f değerleri, bu açıdaki kararlı deney şartlarına bağlı olarak açıklanmıştır. Ancak bu durum, yapılacak gürültü ve titreşim ölçümleri ile doğrulanmalıdır.

5. TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yapılmasında desteklerinden dolayı Gazi Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. Dönertaş, M. A., "Freze tezgahında gerinim ölçme esaslı, bilgisayar bağlantılı dinamometrenin tasarımı ve imalatı". Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1999).
2. Şeker, U., "Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı", G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları, Ankara, (2000).
3. Günay, M., "Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2003).
4. Şahin Y., "Kesici takım geometrisi ve seçimi", Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt-I, Nobel Yayınevi, Ankara, (2000).

5. Mendi, F., “Tornalama teorisi ve hesapları”, Takım Tezgahları Teori Ve Hesapları, ISBN 975-06008-0-3, Ankara, (1996).
6. Shaw, M. C., “Mechanics of orthogonal cutting”, Metal Cutting Principles, Oxford University Press, London, (1984).
7. Jaspers, Serge P.F.C., “Metal Cutting Mechanics And Material Behaviour”, PhD Thesis, Technischeuniversiteit Eindhoven, (1999).
8. Huang, L., Chen Joseph C., and Chang, T., “Effect of Tool/Chip Contact Length on Orthogonal Turning Performance”, Journal of Industrial Technology, 15 (2): (1999).
9. Altıntaş, Y., “Mechanics of Metal Cutting”, Manufacturing Automation, Cambridge University Press, USA, (2000).
10. Black, S. C., Chiles, A., Lisseman A. J., Martin, S. J., “Principles of Manufacture, 3rd ed.”, Arnold Book Company, London, (1996).
11. Modern Metal Cutting, A Practical Handbook, Sandvik Coroman, Sweden, (1994).
12. Trent, E. M., “Metal Cutting, 2nd ed.”, Butterwoths, London, (1984).
13. Shih, A. J., “Finite element analysis of the rake angle effects in orthogonal metal cutting”, International Journal Mechanical Science, 38 (1): 1-17 (1996).