

CNC TORNA TEZGAHLARINDA KESME KUVVETLERİ ANALİZİ - DENEYSEL YAKLAŞIM

Erdem KOÇ ve Ertuğrul ÜNVER

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

ÖZET

Bu çalışma, CNC torna tezgahlarında programlama yapmanın kolaylaştırılmasını, hazırlanan parça programının tezgaha ait sınır parametrelerine göre optimizasyonunu sağlamaktadır. Çalışmada deney ve optimizasyon işlemlerinde BOXFORD 250 B CNC torna tezgahı kullanılmıştır. CNC torna tezgahında kaleme gelen kuvvetlerin ölçülmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde yüzey tormalama işleminde kesici uçları için oluşan kesme kuvvetleri; değişik talaş derinlikleri, ilerleme ve kesme hızları ile kesici uçları için tespit edilerek bir veri tabanı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : CNC torna, Kesme kuvvetleri, Deneysel analiz

ANALYSIS OF CUTTING FORCES ON CNC LATHES EXPERIMENTAL APPROACH

ABSTRACT

Objective of this study is to make use easy programming of CNC lathes and to achieve the optimization of part program prepared considering the limiting parameters of the machine. In the present study, a BOXFORD 250 B CNC lathe has been used for experiment and optimization process. The measurement of cutting forces exerted on the cutting tool of CNC lathe has been performed. The cutting forces occurring during the turning operation have been determined for different depth of cut, feed rate and cutting speed as well as different cutting tools and related data base has been obtained.

Key Words : CNC lathe, Cutting forces, Experimental analysis

1. GİRİŞ

Optimal parça programlamada önemli bir adım; kesme derinliği, kesici takımın ilerleme hızları ve kesme hızlarının kesme durumuna göre saptanmasıdır. Bu değerler optimum şartlarda kesmeyi sağlamak için deneysel verilere göre hesaplanmaktadır.

(Kronenberg, 1996) ve (Shaw, 1984) temel kesme teorilerini, değişik malzeme ve kesme şartları altında irdelemiştir. Çalışmalarda kayma açısı, kayma gerilmesi, talaş sıkışması, gerekli enerji

miktarı, kesme hızları ve kuvvetleri kart modeli gibi değişik kuramlarla ifade edilmiştir. Dinamik kesme kuvvetlerinin sağlanması için (Grieve, 1969) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada bir dinometre kullanılmış ve frezeleme işlemi için parçaya etkiyen kuvvetler deneysel olarak saptanmıştır. Seah ve Tay, (1986), (Ueada ve Sugita, 1988) CNC tezgahlarda kesme işlemlerinde oluşan kesme kuvvetlerini deneysel olarak tespit etmişler, kesme işlemlerinde güvenilirliği ve kalem ömrünü arttırmak için değişik metodlar geliştirmişlerdir. (Olgaç ve Guttermuth, 1989), (Wu ve Matsumoto, 1990) tarafından, bilgisayar kontrollü hale getirilmiş

bir torna tezgahında ve CNC tezgahlarda kesme kuvvetlerinin dinamiği incelenmiştir. Çalışmalarda değişik deney düzenekleri hazırlanarak kesme derinliği, ilerleme hızı, ayna hızı gibi parametreler bir çevirici ile bilgisayara kaydedilmiş, sensörlerle kalemin dinamik davranışı da değerlendirilerek elde edilen verilere uygun modelle oluşturulmuştur.

Sertliği yüksek çeliklerde talaş oluşumu, malzeme özellikleri yönünden incelenmiştir (Shaw, 1993). Kesme işleminde kesme sıvısı olarak değişik gazlar kullanılmış ve bunların kesme kuvveti ve yüzey kalitesine etkileri araştırılmıştır. Tornalama işleminde kuvvetlerin ölçümü ve talaşın kırılması için analiz geliştirilmiştir (Andreasen ve Chiffre, 1993). Çalışmada değişik özelliklerdeki malzemeler, iki ayrı CNC torna tezgahında değişik kesici uçlar ile işlenmiş, oluşan talaş tipleri sınıflandırılarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

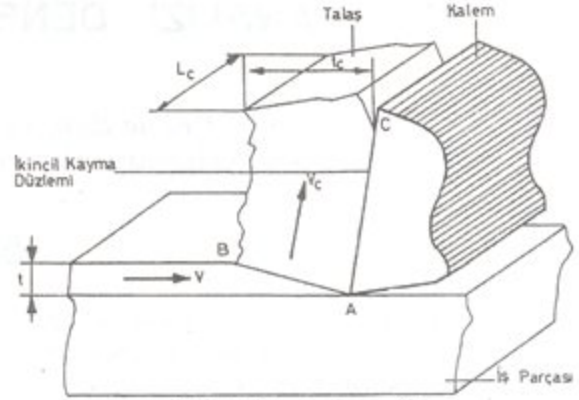
Bu çalışmada, CNC torna tezgahında kaleme gelen kuvvetlerin ölçülmesi için iki adet kuvvet sensörü kullanılmıştır. Yapılan deneylerde, yüzey tornalama işleminde oluşan kesme kuvvetleri, değişik talaş derinlikleri, ilerleme ve kesme hızları ve kesici uçları için tespit edilerek bir veri tabanı elde edilmiştir. Bu verinin optimizasyon işleminde kullanılabilmesi için, kesme kuvvetlerine etki eden parametreler arasındaki matematiksel bağıntı saptanarak verilere uygun denklemler oluşturulmuştur. Geliştirilen bilgisayar programı ile parça programı üzerinde otomatik veya kontrollü olarak optimizasyon sağlayacak şekilde değişiklikler yapılabilmektedir.

2. KESME İŞLEMİNDE KUVVET ANALİZİ

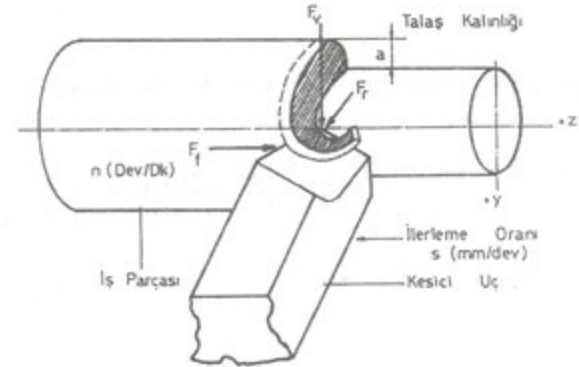
Ortogonal kesme işleminde talaş oluşumu kalem ve diğer bölgeler Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilde A-C temas yüzeyinde kalem ile talaş arasında sürtünme meydana gelmektedir. A-B arasında ise ana kayma bölgesi oluşmuştur. Kalemin sabit olduğu ve iş parçasının kaleme doğru V hızında hareket ettiği varsayılırsa, talaşın V_c hızında ve belirtilen yönde akması gözlenebilir. A-C temas yüzeyi, kalem ile talaş arasındaki ikincil kayma bölgesi olarak adlandırılır. Kalemin temas etmeyen diğer yüzeyi, gerilme homojen olmadığından düzgün olarak oluşmamaktadır. Ortogonal kesme işleminde deforme olmamış talaş kalınlığı t ve gerçek talaş kalınlığı t_c , talaş genişliği de L_c ile gösterilmiştir.

Tornalama işleminde üç ana kuvvetten söz edilebilir. Bunlar F_v teğetsel kuvvet, F_f ilerleme kuvveti, F_r

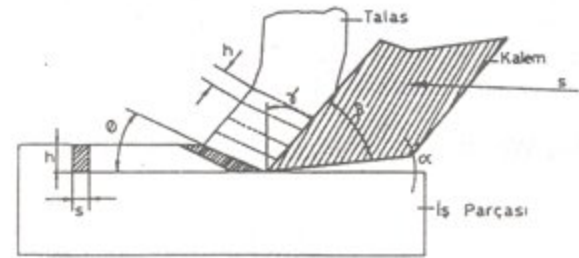
radyal kesme kuvvetidir (Şekil 2). Kesme hızı V , kalemin her turdaki ilerleme miktarı s , kesme derinliği a , kalemin iş parçasına yaklaşma açısı ve kalem ucu yuvarlaklığı kesmeyi etkileyen faktörlerdir.



Şekil 1. Ortogonal kesme işlemi



Şekil 2. Tornalama işleminde kuvvetler



Şekil 3. Talaş geometrisi

Talaş kaldırma anındaki kalem, kesme yönünde hareket ederek işlemi gerçekleştirir. Talaşın parça yüzeyinden ayrıldığı yüzeye kesme yüzeyi denir. Kesme yüzeyi ile kesme yönü arasındaki açı ϕ kesme açısı olarak tarif edilir. Talaşın genişliği b ve kalınlığı h ile gösterilebilir (Şekil 3).

Takım geometresini tayin eden faktörler α , β ve γ açılarıdır. Genellikle α talaşın parçadan

uzaklaşmasını, kama açısı olarak bilinen β takımının parçaya nüfuz etmesini γ açısı da kalem işlenen parçaya sürtünmesini sağlar. Genellikle kalem ile iş parçası arasındaki sürtünmeyi önlemek için $\alpha = 6^\circ$ 'lik bir açı verilir. Bu nedenle talaş kaldırma olayını etkileyen ana açılar β ve α 'dır.

Karbonlu çeliklerde kesme kuvvetlerinin hesabı için

$$F = U (G/5)^x A^y \quad (1)$$

formülü önerilmiştir (Kronenberg, 1966). Burada U kesme kuvveti sabitini, G bir sabiti (talaş kalınlığı/her turdaki ilerleme gibi) ve A talaşın kesit alanını göstermektedir. x ve y üstleri ise malzeme cinsine bağlı katsayılarıdır. Bu ve benzeri formüller uygulama kolaylığı olduğundan hala kullanılmaktadır.

Kesme kuvvetleri bileşenleri için kullanılan genel formüller;

$$F_v = A_v V^{av} s^{bv} a^{cv} \quad (2)$$

$$F_f = A_f V^{af} s^{bf} a^{cf} \quad (3)$$

$$F_r = A_r V^{ar} s^{br} a^{cr} \quad (4)$$

şeklinde verilmektedir (Koç ve Ünver, 1995). Burada A_v , A_f , A_r kuvvet sabitlerini, b_v , b_f , b_r ve c_v , c_f , c_r ise üstel sabitleri, s ilerleme miktarını ve a da kesme derinliğini göstermektedir. Şekil 2'de tormalama işleminde oluşan kuvvetler gösterilmiştir.

3. KESME KUVVETLERİNİN DENEYSEL ÖLÇÜMÜ

3.1 CNC Torna Tezgahı ve Kontrol Ünitesi

Deneysel çalışmada BOXFORD 250 B CNC torna tezgahı kullanılmıştır. Tezgahın fener mili devir sayısı program boyunca 100 ile 3500 dev/dak arasında değiştirilebilmektedir. Ana motor 3 fazlı AC motor olup 2.2 kW gücündedir. Tezgahta tabla x ve z eksenlerinde 200 mm hareket edebilmektedir. Bu eksenler boyunca boşta hareket için 3 m/dak ve talaş kaldırma anında da 10 ile 999 mm/dk arasında ilerleme oranları kullanılabilir. Tezgahın hassasiyeti x ve z eksenlerinde sırasıyla 0.0025 ve 0.0050 mm olarak verilmiştir.

Tezgahın kontrol ünitesi, 136 serisi multiprosesör kartı, bilgisayar ana kartı, CNC program girişi paneli, CNC tezgah operatör kontrol paneli, fener mili AC motor sürücü devresi ve kesici ucun bağlı olduğu tablayı süren adım motorları sürücü devresinden oluşmaktadır. Tezgahta tüm işlemlerin

kontrolü multiprosesör ana kart üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ayrıca tezgaha RS-232 portu üzerinde bir PC yardımıyla parça programının doğru olup olmadığı bu bölümde simüle edilebilmekte, eski programlar tekrar yüklenebilmekte, her parçaya ait kalem offset değerleri bu bölümde girilebilmekte veya değiştirilebilmektedir.

CNC torna tezgahında kaleme gelen kuvvetlerin ölçülmesi için iki adet kuvvet sensörü kullanılmıştır. Çalışmada iki adet analog plotter, anlık olarak ölçülen kuvvet değerlerinin doğrudan grafiğinin alınması için kullanılmıştır. Kesme işleminde F_v ve F_f kuvvetleri deneysel olarak saptanmıştır.

Deneylerde malzeme olarak Ç 1040 çeliği, kesici uç olarak da HSS ve sert maden uçlar kullanılmıştır. Kesme işleminde kesici uç sabit tutulmuş, dolayısıyla uç açılarının değişiminden kaynaklanan kuvvet değişimleri irdelenmemiştir. CNC tezgahı üzerinden verilen talaş derinliğinin, kesici uç üzerine takılan kuvvet ölçüm düzeneği dolayısıyla, istenilen toleransta gerçekleşmediği saptandığından, her bir talaş sonunda tezgah durdurulup ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucu elde edilen kesme derinliği kesme hızı, ilerleme hızına karşı kesme kuvvet değerleri saptanıp CNC torna tezgahının optimum değerlerde çalıştırılması gerçekleştirilmiştir.

3.2 Deneysel Neticeler

Kesme kuvvetlerinin değerlendirilmesi amacıyla bir seri deney yapılmıştır. Burada F_v fener mili dönüş yönündeki ve F_f kalemin ilerleme yönündeki kuvvetlerin HSS ve sert maden uçlar ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlarından seçilmiş örnekler verilmiştir.

Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler ve özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

Kesici Takım Malzemeleri :

- HSS kesici uç : Hız çeliği
S 10 - 2 - 3 - 8
% 10 W, % 2 Mo, % 3 V, % 8 Co
kesme hızı 30-40 m/dak çalışma sıcaklığı
600 °C, sertlik 65 RC
- Sert maden uç : Sinterlenmiş karbür
% 60-90 W, % r.. 60 Tic ve Tac, % 5-17 Co
Çalışma sıcaklığı 900 °C, kesme hızı 80
m/dak, sertliği 80-PO RA
İş parçası malzemesi Ç 1040 çeliğidir.

Tablo 1'de HSS kesici uç ve F_v kesme kuvvetleri ve bu kuvvetlere etki eden parametreler gösterilmiştir.

Tablonun ilk kolonu deney sayılarını göstermektedir. Deneyler yapılırken iş parçası üzerinden doğrudan ölçülen parça çapları diğer iki kolonda gösterilmiştir. Her deneyde ölçülen kuvvet değerleri dördüncü kolonda ve talaş kalınlığı da yan kolonda verilmiştir. Deney anında oluşan çevresel hız işlenen parçanın yarıçapına bağlı olarak hesaplatılmış ve diğer kolona yazdırılmıştır. Deneyin yapılması için geçen süre, kalemin ilerleme hızı da diğer iki sütünde verilmiştir. İşlenen parça boyu ve ayna boyu ve ayna devir sayısı da tablodan görülebilmektedir.

Tablo 2 HSS kesiçi uç ve F_r ilerleme yönü kuvvet değişimini göstermektedir. Tablo 3 sert maden uç ile yapılan deneylerdeki F_v kuvvet değişimini göstermektedir. Şekil 4 sert maden uçla yapılan deneylerden seçilmiş F_f kuvvet değerlerinin değişimini vermektedir.

Yapılan deneyler sonucunda kesme kuvvetlerini belirleyen ana parametrenin kesme derinliği olduğu görülmüştür. Sert maden uçla yapılan tornalama işleminde kesme kuvvetlerinin HSS uçla yapılan işleme oranla büyük oranda düşük olmaktadır. Kalem ömrü kesme işlemini etkileyen önemli bir parametredir. Kalem ucundaki aşınma çok küçük metrebede olduğundan kalem ömrünü saptamak zor bir işlemdir. Belirli bir iş parçası işlendikten sonra kalem kesme kabiliyetini kaybetmekte ve kesme kuvvetleri artmaktadır.

Kalem ucunun aşınmasına hangi miktarda müsaade edileceği ise, tezgah tipine, yüzey kalite ihtiyacına, işlem tipine ve işlem maliyeti gibi bir çok parametrelere bağlıdır.

3.3 Kesme Kuvvetleri İçin Teorik Yaklaşım

Kesme kuvvetlerinin (F_v ve F_f) deneysel olarak tespit

Tablo 1 HSS Uç İçin Deney Neticeleri

DENEY NO	DIŞ ÇAP mm	İÇ ÇAP mm	KUVVET (F_v) N	TAL.KAL. mm	ÇEV.HIZ mm/s	SÜRE s	HIZ mm/s	BOY mm	DEV.SAY. dev/dak
1	20.40	20.00	21	0.20	1057.13	36	1.11	40	1000
2	20.00	19.62	62	0.19	1036.72	36	0.83	30	1000
3	19.62	19.00	51	0.31	1010.56	36	0.83	30	1000
4	19.00	18.40	60	0.30	978.63	36	0.83	30	1000
5	18.40	18.00	55	0.20	952.47	36	0.83	30	1000
6	18.00	17.50	75	0.25	928.92	33	0.91	30	1000
7	17.50	17.00	90	0.25	902.75	24	1.25	30	1000
8	17.00	16.50	95	0.25	876.58	24	1.25	30	1000
9	16.50	16.00	90	0.25	850.42	24	1.25	30	1000
10	16.00	15.95	5	0.03	836.03	24	1.25	30	1000
11	15.95	14.80	125	0.57	804.63	24	1.25	30	1000
12	14.80	14.00	90	0.40	753.60	24	1.25	30	1000
13	14.00	13.95	5	0.03	731.36	24	1.25	30	1000
14	13.95	13.60	120	0.18	720.89	24	1.25	30	1000
15	13.60	13.55	5	0.02	710.43	24	1.25	30	1000
16	13.55	12.00	115	0.78	668.56	24	1.25	30	1000
17	12.00	11.80	35	0.19	622.77	24	1.25	30	1000
18	11.80	10.60	135	0.60	586.13	24	1.25	30	1000
19	10.60	9.80	130	0.40	533.80	24	1.25	40	1000
20	24.00	23.05	160	0.48	1231.14	19	2.11	40	1000
21	23.05	23.00	5	0.03	1204.94	19	2.11	40	1000
22	23.00	22.10	140	0.45	1180.12	19	2.11	40	1000
23	22.10	21.40	125	0.35	1138.25	19	2.11	40	1000
24	21.40	21.38	5	0.01	1119.41	19	2.11	40	1000
25	21.38	20.60	165	0.39	1098.48	19	2.11	40	1000
26	20.60	19.00	170	0.80	1036.20	19	2.11	40	1000
27	19.00	17.70	145	0.65	960.32	19	2.11	40	1000
28	17.70	17.00	130	0.35	907.98	19	2.11	40	1000
29	17.00	16.20	125	0.40	868.73	19	2.11	40	1000
30	16.20	14.50	20	0.05	761.45	15	2.67	40	1000
31	14.50	14.00	85	0.25	745.75	15	2.67	40	1000
32	14.00	12.20	190	0.90	685.57	15	2.67	40	1000
33	12.20	11.10	145	0.55	609.68	15	2.67	40	1000
34	11.10	10.02	170	0.54	552.64	15	2.67	40	1000
35	10.02	9.35	80	0.34	506.85	15	2.67	40	1000

Tablo 2. HSS Uç İçin Deney Neticeleri

DENEY NO	DIŞ ÇAP mm	İÇ ÇAP mm	KUVVET (F _v)N	TAL.KAL. mm	ÇEV.HIZ mm/s	SÜRE s	HIZ mm/s	BOY mm	DEV.SAY. dev/dak
1	17.20	16.90	22	0.15	446.14	17	1.76	30	500
2	16.90	16.60	22	0.15	438.29	17	1.76	30	500
3	16.60	16.20	28	0.20	429.13	17	1.76	30	500
4	16.20	15.80	25	0.20	418.67	17	1.76	30	500
5	15.80	15.60	18	0.10	410.82	17	1.76	30	500
6	14.90	14.40	32	0.25	383.34	18	1.67	30	500
7	14.40	13.90	32	0.25	370.26	18	1.67	30	500
8	13.90	13.55	72	0.18	359.14	18	1.67	30	500
9	12.50	12.10	25	0.20	321.85	18	1.67	30	500
10	16.80	16.20	33	0.30	431.75	18	1.67	30	500
11	16.20	15.00	55	0.60	408.20	18	1.67	30	500
12	15.00	13.50	77	0.75	372.88	18	1.67	30	500
13	13.50	13.30	26	0.19	350.63	18	1.67	30	500
14	13.30	12.60	48	0.35	338.86	18	1.67	30	500
15	12.60	11.90	53	0.35	320.54	18	1.67	30	500
16	11.9	11.5	34	0.20	306.15	18	1.67	30	500
17	11.5	11.2	23	0.15	296.99	18	1.67	30	500

Tablo 3. Sert Maden Uç İçin Deney Neticeleri

DENEY NO	DIŞ ÇAP mm	İÇ ÇAP mm	KUVVET (F _v) N	TAL.KAL. mm	ÇEV.HIZ mm/s	SÜRE s	HIZ mm/s	BOY mm	DEV.SAY. dev/dak
1	24.90	24.00	145	0.45	640.08	30	1.67	50	500
2	24.00	23.40	137	0.30	620.45	30	1.67	50	500
3	23.40	22.50	152	0.45	600.81	30	1.67	50	500
4	21.60	21.00	144	0.30	557.62	30	1.67	50	500
5	20.50	20.00	144	0.25	530.13	30	1.67	50	500
6	20.00	19.70	90	0.15	519.66	30	1.67	50	500
7	19.70	19.20	110	0.25	509.18	30	1.67	50	500
8	19.20	18.60	120	0.30	494.79	30	1.67	50	500
9	18.60	18.26	110	0.17	482.48	30	1.67	50	500
10	18.30	17.90	120	0.20	473.84	30	1.67	50	500
11	17.90	17.40	122	0.25	462.06	30	1.67	50	500
12	17.40	17.35	15	0.02	454.86	30	1.67	50	500
13	17.35	16.90	140	0.23	448.32	30	1.67	50	500
14	21.20	20.30	155	0.45	543.22	30	1.67	50	500
15	19.90	18.60	147	0.65	503.95	30	1.67	50	500
16	18.60	18.50	35	0.05	485.62	30	1.67	50	500
17	18.50	18.05	140	0.23	478.42	30	1.67	50	500

edilen değerleri, regresyon analizi kullanılarak eğri formunda ifade edilmiştir. Deneylerde HSS ve sert maden uçları kullanıldığından dolayı her kalem için ayrı kesme kuvvet formülleri oluşturulmuştur (Koç ve Ünver, 1995), (Ünver, 1994). Burada sadece sert maden uç için kesme hızının kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlar için geliştirilen formüller verilmiştir.

Sert maden malzeme için F_v ve F_f kesme kuvvetleri sırasıyla,

$$F_{v1} = 270.4 a^{0.86} s^{0.63} \quad (5)$$

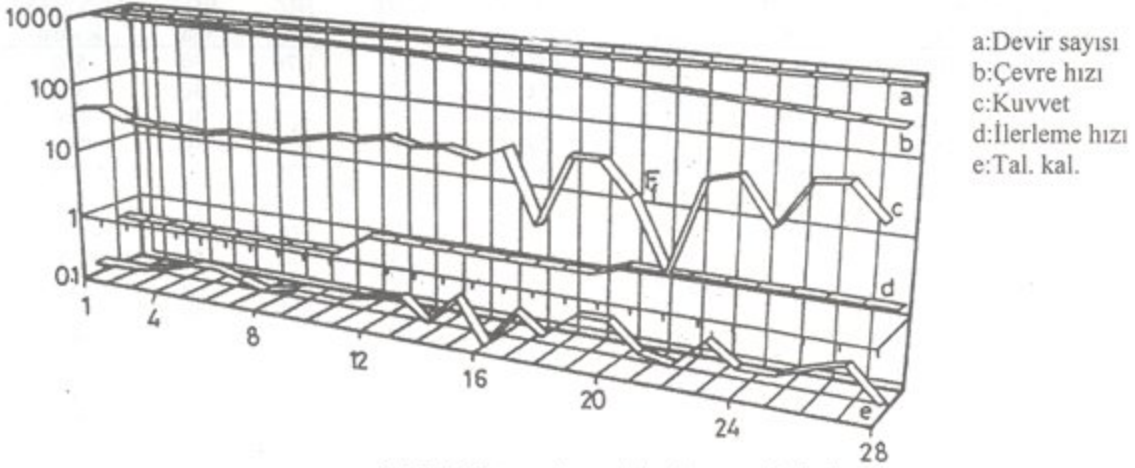
$$F_{v2} = 1429.4 V^{-0.24} a^{0.83} s^{0.46} \quad (6)$$

$$F_{f1} = 200.3 a^{0.801} s^{0.213} \quad (7)$$

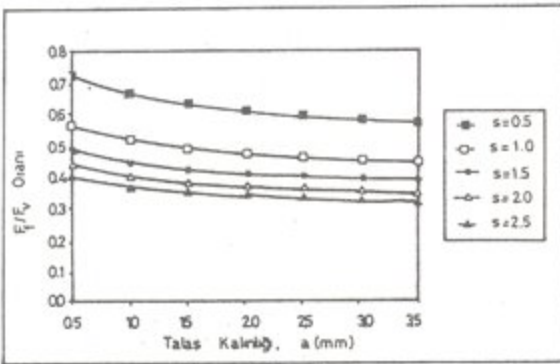
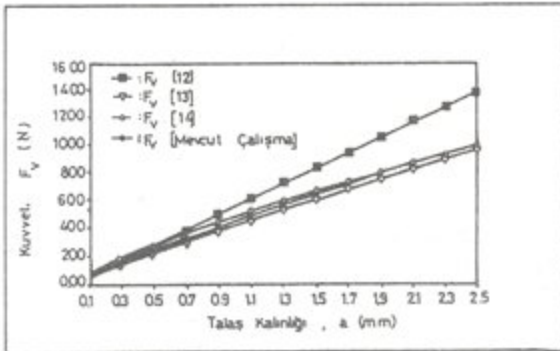
$$F_{f2} = 196.76 V^{0.018} a^{0.807} s^{0.212} \quad (8)$$

olarak elde edilmiştir. Geliştirilen bu kuvvet eşitlikleri tornalamada oluşan kesme kuvvetlerini tahmin etmede kullanılabilir. Ancak, bu eşitlikler belirli işletme şartlarında (kalem açıları, kalem ve malzeme özellikleri) geçerlidir. Bu kuvvet eşitlikleri ayrı ayrı değerlendirilerek F_f / F_v oranı değişik talaş derinliği ve ilerleme oranlarında incelenmiştir.

Şekil 5'de sert maden uç ile yapılan deneylerde F_f/F_v kuvvetler oranının değişik kalem parametreleri ve çalışma şartlarında nasıl değiştiği görülmektedir. a talaş kalınlığı 0.5-3.5 mm arasında değiştirilmiştir. Talaş kalınlığının artması ile kuvvetler oranının



Şekil 4. Sert maden uç için deney neticeleri

Şekil 5. Sert maden kesici uç için F_f/F_v OranıŞekil 6. Sert maden uç için F_v kuvveti

azaldığı, ilerleme oranı s 'nin artması ile de azaldığı görülmektedir. Seçilmiş bir ilerleme oranında küçük talaş kalınlıklarında kuvvetler oranındaki azalış hızlı olurken, belirli bir talaş kalınlığından sonra (yaklaşık 1.5-2 mm) değişim çok yavaş olmakta, hatta büyük ilerleme oranlarında sabitleşmektedir.

4. İRDELEME VE SONUÇ

Kesme kuvvetlerini belirleyen ana parametre kesme derinliğidir. İlerleme oranı kesme kuvvetlerini etkileyen diğer önemli faktördür. Kalem açıları ve kesme hızı da kuvvetlerinin mertebelerini değiştirmektedir. Sert maden uç kuvvet neticelerinin HSS uçtan elde edilen değerlerden küçük olmasının nedeni, yüksek kesme hızlarında fener mili devrinin büyük oranda artırılabilmesine rağmen, kalem ilerleme oranının bu oranda artırılmasının fiziksel olarak mümkün olmamasıdır. İlerleme oranını mm/de yerine mm/dak olarak kullanmak özellikle sanayi tipi tezgahlarda daha fazla tercih edilmektedir. Bu durumda, aynanın bir devrinde malzemeden kaldırılan talaş hacmi, yüksek ayna devirlerinde çok düşmektedir.

Şekil 6'da sert maden uç ile yapılan tornalama işlerinde F_v kesme kuvvetlerinin diğer araştırmacıların elde ettikleri kuvvetlerle karşılaştırılması yapılmıştır (Kaczmarek, 1976; Greaney, 1982; Arsecularatne, 1990). İlerleme oranı 0.2 mm/de olarak sabit tutulurken talaş kalınlığı 0.1 - 2.5 mm arasında değiştirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen F_v kuvvet değişimi diğer iki araştırmacının elde ettiği eğrilerle uyum göstermesine rağmen, (Kaczmarek, 1976) tarafından elde edilen eğrinin, özellikle büyük talaş derinliklerinde daha büyük değerler verdiği görülmüştür. Ancak, 0.1-0.5 mm talaş derinliği aralığında kesme kuvvet değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

Kesme kuvvet analizi şu anda HSS ve sert maden uç için gerçekleştirilmiştir. CNC tezgahlarında bu malzeme ve kesici uç çiftinin yanında

kullanılabilecek diğer kalem malzeme çiftleri için kesme kuvvet formülleri elde edilmeli ve programa eklenmelidir. Bu çalışmada kesme kuvvetlerinin iki bileşeninin belirli bir toleransta ölçülmesi sağlanmıştır. Geliştirilen teorik yaklaşım formüllerinden elde edilen F_v ve F_f kuvvet değerleri diğer araştırmacıların önerdiği değerlerle karşılaştırılmış ve iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

- Andreasen, J. L., Chiffre, L.D. 1993 Automatic Chip-Breaking Deception in Turning in by Frequency Analysis of Cutting Force, Annals of the CIRP, Vol 42, 45-48.
- Arsecularatne, J.A. 1990. A Process Monitoring System to Optimize Cutting Conditions in Turning , PhD Thesis, UMIST.
- Greaney, J. 1982. Cutting Forces in Turning , MSc Thesis, UMIST.
- Grieve, R.J. 1969. Apparatus for the Determination of Dynamic Cutting Forces , MSc Thesis, UMIST.
- Kaczmarek, J.V. 1976. Principles of Machining by Cutting, Abrasion and Erosion , Peregrinus Ltd.
- Koç, E., Ünver, E. 1995. CNC Torna Tezgahlarında Kesme Parametrelerinin Teorik ve Deneysel Analizi, Ç.Ü., Müh.-Mim. Fak. Dergisi.
- Kronenberg, M. 1966. Machining Science and Application, Theory and Practice for Operation and Development of Machine Processes, Pergamon Press, 3-23.
- Olgaç, N., Guttermuth, R.J. 1989. A Simplified Identification Method for Autoregressive Models of Cutting Force Dynamics, Trans. ASME, Vol 110, 288-296.
- Seah, K.H.W., Tay, A.O. 1986. An Experimental Investigation of the Various Reagents on Orthogonal Cutting of Metals, Trans. ASME, Vol 108, 230-232.
- Shaw, M.C. 1993. Chip Formation in the Machining of Hardened Steel, Annals of the CIRP, Vol 42, 29-33.
- Shaw, M.C. 1984. Metal Cutting Principles. Oxford Series on Advanced Manufacturing 3, Clarendon Press, Oxford.
- Ueada, K., Sugita, T. 1988. In the proof Testing of Cutting Tools in Interrupted Turning, Annals of the CIRP, Vol 37, 65-68.
- Ünver, E. 1994. CNC Torna Tezgahlarında Kesme Parametrelerinin Teorik ve Deneysel Analizi-Parça Programı Optimizasyonu, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Haziran, Adana.
- Wu, D.W., Matsumoto, Y. 1990. The Effect of Hardness on Residual Stresses in Orthonogol Machining of AISI 4320 Steel, Journal of Engineering for Industry, Vol 112, 245-251.