



# University of HUDDERSFIELD

## University of Huddersfield Repository

Koc, Erdem and Unver, Ertu

Part Program Optimisation in CNC Turning Operation

### Original Citation

Koc, Erdem and Unver, Ertu (1998) Part Program Optimisation in CNC Turning Operation. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 4 (1-2). pp. 655-661.

This version is available at <http://eprints.hud.ac.uk/8894/>

The University Repository is a digital collection of the research output of the University, available on Open Access. Copyright and Moral Rights for the items on this site are retained by the individual author and/or other copyright owners. Users may access full items free of charge; copies of full text items generally can be reproduced, displayed or performed and given to third parties in any format or medium for personal research or study, educational or not-for-profit purposes without prior permission or charge, provided:

- The authors, title and full bibliographic details is credited in any copy;
- A hyperlink and/or URL is included for the original metadata page; and
- The content is not changed in any way.

For more information, including our policy and submission procedure, please contact the Repository Team at: [E.mailbox@hud.ac.uk](mailto:E.mailbox@hud.ac.uk).

<http://eprints.hud.ac.uk/>

# TORNALAMA İŞLEMİNDE OPTİMİZASYON VE PARÇA PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ

**Erdem KOÇ, Ertuğrul ÜNVER**

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

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, tornalama işleminde bir son işlemci geliştirerek, parça programı optimizasyonu için yeni bir yöntem geliştirmektir. Çalışmada, tornalama işleminde oluşan iki ana kesme kuvveti BOXFORD CNC torna tezgahı ve diğer elemanlar kullanılarak ölçülmüştür. Optimizasyon ve simülasyon için PASCAL dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Programın optimizasyon bölümünde optimum kesme şartları saptanarak parça programının otomatik olarak oluşturulması sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Tornalama, Optimizasyon, Parça programı, Örnek üretim

## OPTIMIZATION AND DEVELOPMENT OF PART PROGRAM IN TURNING OPERATION

### ABSTRACT

The objective of this study is to develop a new model for optimization of part programming by introducing an adaptive post processor in turning. Two main components of the cutting force occurring during the turning operation have been measured by using BOXFORD CNC lathe and other equipments. A computer program written in PASCAL language has been prepared for simulation and optimization. In the optimization part of the program developed, optimum cutting conditions have been determined and consequently the generation of part program has been achieved automatically.

**Key Words :** Turning operation, Optimization, Part programming, Sample production

## 1. GİRİŞ

Optimal parça programlama, bilgisayar otomasyonlu programlama olarak tarif edilebilir. Bu metotta, parçaya ait basit geometrik tanımlama, tolerans ve son talaş ihtiyacı belirtilmektedir. Sistem yazılımı yeterli lojik ve karar verici kapasiteye sahiptir. Böylece parça üzerinde tanımlanmış boşaltılacak kısımlar otomatik olarak saptanabilmektedir. Bu tür parça programlamada önemli bir adım, kesme derinliği, kesici takımın ilerleme hızları ve kesme hızlarının kesme durumuna göre otomatik saptanmasıdır. Bu değerler optimum şartlarda kesmeyi sağlamak için deneysel verilere göre hesaplanmaktadır.

CNC torna tezgahı seçiminde ele alınması

gereken parametreler araştırılmıştır (Littlefield and Rathmill, 1979). CNC tezgahlarda adaptif kontrol uygulaması için bir yöntem Ulusoy ve Koren (1983), tarafından önerilmiştir. Burada CNC torna, freze tezgahlarında yapılan deneysel çalışmalar ve optimum kesme şartlarında parça işleyebilmek için hazırlanan bir program tanıtılmıştır. Masory (1986) tarafından yapılan çalışmada ise, çok eksenli CNC tezgahlarda her bir eksenin kontrolünün ayrı ayrı gerçekleştirilmekte olduğu ve birinde meydana gelen hatanın diğer işlemi etkilediği saptanmıştır. Chen ve Chang (1989) tornalama işleminde bir adaptif kontrol uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Kesme işleminde oluşan kesme parametreleri bir bilgisayara kaydedilmiş ve elde edilen datalar yeni parça programı oluşturmada kullanılmıştır.

Blumfield and Shpitalni, (1992) modern CAD/CAM sistemlerinin klasik yöntemlere göre daha iyi talaş kaldırma şartlarını sağlayan M-G kodlarını oluşturduğunu öne sürmüşlerdir. Çalışmada bir adaptif post prosessor programı hazırlanmış ve özellikle CNC saç levha kesim tezgahlarında yapılan uygulamalara değinilmiştir.

Mevcut çalışma CNC torna tezgahlarında programlama yapmanın kolaylaştırılmasını, hazırlanan parça programının tezgaha ait sınır parametrelere göre optimizasyonunu sağlamaktadır. Çalışmada deney ve optimizasyon işlemlerinde BOXFORD 250 B CNC torna tezgahı kullanılmıştır. Yapılan deneylerde, yüzey tornalama işleminde oluşan kesme kuvvetleri, değişik talaş derinlikleri, ilerleme ve kesme hızları, kesici uçları için tespit edilerek bir veri tabanı elde edilmiştir. Geliştirilen bilgisayar programı ile parça programı üzerinde, otomatik veya kontrollu olarak optimizasyon sağlayacak şekilde değişiklikler yapılabilmektedir.

Hazırlanan bilgisayar programının simülasyon bölümü, CNC torna tezgahı için parça programı hazırlamak amacıyla herhangi bir PC'de kullanılabilir. Simülasyon programının çıktıları, M-G kodları olarak bir text dosyaya yazdırılmaktadır. Geliştirilen ana program bu verileri değerlendirerek kesme türüne göre oluşabilecek kuvvetleri belirlemekte, optimum kesme şartları hesaplanmakta ve bu durumu sağlayan parça programını otomatik olarak oluşturmaktadır.

## 2. TORNALAMA İŞLEMİNDE OPTİMİZASYON

### 2. 1. Tornalamada Kesme Durumunun Saptanması

Kesme işleminde operasyon planlanıp gerekli kalemlerin seçimi yapıldıktan sonra işlemin başarılı olması için kesme durumunun gözden geçirilmesi gereklidir. Tornalama işleminde optimum kesme parametrelerinin saptanmasında;

- İşlem tipi (Kaba talaş, son talaş v.b)
- Tezgah parametreleri (güç, ayna devirleri, besleme hızları, ayna ve tezgah rijitliği v.b)
- İşlem parametreleri (Kalem malzemesi, kalem geometrisi)
- İş parçası karakteristiği (Malzeme özellikleri, geometri, tolerans ve yüzey kalite ihtiyaçları)

önemli olmaktadır.

Uygun kesme parametrelerinin saptanması için

programcının tecrübesine dayanmak, en az sistematik ve en fazla risk taşıyan yöntemdir. Parametrelerin tablolar kullanılarak saptanması, tecrübeye dayanan programlamaya göre çok daha güvenilir olmaktadır. Kesme parametrelerinin bilgisayar ile saptanması, NC sistemlerde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu programların hazırlanabilmesi için gerekli veriler genellikle tezgah üzerinde yapılan deneylerden sağlanmaktadır. Hazırlanan bu veriler genellikle operatör yönlendirmeli ve CAD / CAM sistemleri ile parça programı oluşturmada kullanılmaktadır.

### 2. 2. Kesme İşlemi Optimizasyon Stratejisi

Kesme işlemi sırasında talaş kaldırma olayını etkileyen, büyüklükleri ve kaynakları tam belli olmayan bir takım bozucu faktörler oluşmaktadır. Bu bozucu faktörler;

- Talaş kalınlığının değişmesine neden olan işleme derinliklerinin değişmesi,
- Malzeme işleme kabiliyetini etkileyen sertliğin ve malzeme yapısının değişmesi,
- Kesici uçların talaş kaldırma özelliklerini kaybetmesi,
- Talaş kaldırma sırasında oluşan titreşimler,
- Parça bağlama tertibatında meydana gelen değişiklik ve şekil değiştirmeler,
- Sıkma kuvvetlerinin değişmesi,

şeklinde sıralanabilir (Ünver, 1994). Bir parçanın en ekonomik şekilde işlenebilmesi için adaptif kontrol sistemi ve sürekli işlem optimizasyonu yöntemleri uygulanmaktadır (Masor, 1985; Akkurt, 1986; Arsecularatne, 1990).

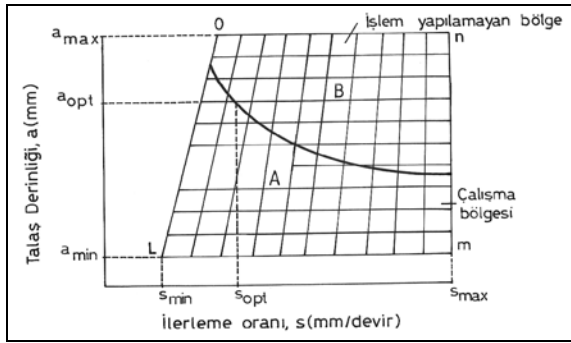
### 2. 3. Tornalamada Kaba ve Son Talaş Optimizasyonu

CNC tornalama işleminde talaş kaldırma yöntemleri, yüzey tornalama, delme, kanal açma, diş açma, parça kesme olarak gruplara ayrılabilir. Ayrıca bu işlemlerin kaba talaş mı yoksa son talaş mı olduğu diğer bir sınıflandırma metodudur. Kaba talaş alma işleminde, parçanın esas boşaltılması yapıldığından optimizasyonda en önemli bölümü oluşturmaktadır. Ayrıca, birden fazla sayıda kesme işlemi yapılması gerektiğinden, ilerleme hızı, kesme hızı ve derinliği, paso sayısı olarak tanımlanan parametreler optimum kesmeyi sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

Kesme işleminde bazı sınırlayıcı etkenler dikkate alınmalıdır. Bunlar tezgah gücü, kalemin mukavemeti, bağlama durumu ve titreşim oluşumudur. Son talaş alma işleminde ise, talaş derinliği ve ilerleme oranı düşük tutulurken, kesme

hızı dolayısıyla ayna devri yüksek tutularak iyi bir yüzey hedeflenmektedir.

Genel olarak optimize edilmesi gereken kesme parametreleri, ilerleme oranı, talaş derinliği ve kesme hızıdır. Bir NC tezgah kullanımında kaba tornalama için talaş derinliği-ilerleme oranının tespit edilmesi gereklidir. Belirli bir kesici uç geometrisi için, uygun talaş derinliği-ilerleme oranı, a - s diyagramında ifade edilir. fiakil 1 optimum kesme noktasının tespit edilmesi için a-s diyagramını göstermektedir (Kals ve Higink, 1978). İşlem yapılan ve yapılamayan bölgeler şekilde A - B olarak gösterilmiştir. Bu bölgeler bir eğri ile birbirinden ayrılmaktadır.



Şekil 1. Kaba talaş alma işleminde optimizasyon bölgesi

Diyagramın a koordinatı talaş kalınlığını göstermektedir. Talaş kalınlığının maksimum ve minimum değerleri sırasıyla  $a_{max}$  ve  $a_{min}$  olarak ifade edilmiştir.  $s_{opt}$  değeri de ilerleme oranının optimum olduğu değeri göstermektedir. Diyagramdan noktası a ve s'nin her ikisinin maksimum olduğu, L noktası ise a ve s'nin her ikisinin minimum olduğu noktayı göstermektedir. fiakilde işlem yapılabilir bölge üzerinde herhangi bir noktadaki maliyet analizi yapılabilmektedir. Bununla birlikte, maliyeti minimum yapan nokta, belirtilen eğri üzerinde bulunmaktadır. Eğri üzerinde optimum a ve s değerlerinin tespiti için kesme kuvvetlerinin, iş parçası bağlama limitleri ve kalem ömrünün dikkate alınması gerekmektedir.

Son talaş alma işleminde optimizasyon, kaba talaş almadan farklılık göstermektedir. Son talaş almada talaş miktarı genellikle 1 mm'ye ayarlanmaktadır. Bu işleminde besleme hızının maksimum değere ayarlanması optimum noktanın saptanmasında temel prensip olarak ele alınmaktadır. Son talaş alma işleminde ilerleme hızı - kalem ucu yuvarlaklığı oranı yüzey kalitesini dolayısıyla maksimum ilerleme hızını belirler. Bu maksimum ilerleme hızı,

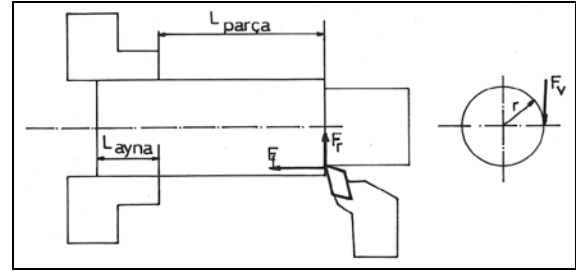
$$s_{max} = C_r (0.0312 r_c R_a)^{0.5} \quad (1)$$

şeklinde hesaplanabilir (Arsecularatne, 1990). Formülde  $C_r$  bir sabiti,  $r_c$  kalem ucu yuvarlaklığı (mm),  $R_a$  yüzey pürüzlülük değerini göstermektedir.

## 2. 4. Optimizasyonda Kısıtlayıcılar

### 2. 4. 1. Kaleme Etkiyen Kuvvetler

Kesme işleminde üç ana kuvvetten bahsedilebilir. Bunlar  $F_v$  teğetsel kuvvet,  $F_f$  ilerleme kuvveti ve  $F_r$  radyal kuvettir. fiakil 2 iş parçasına etkiyen kuvvetleri göstermektedir. Bu kuvvetler;



Şekil 2. Tornalama işleminde iş parçasına etki eden kuvvetler

$$F_v = A_v S^b v a^c v \quad (2)$$

$$F_f = A_f S^b f a^c f \quad (3)$$

$$F_r = A_r S^b r a^c r \quad (4)$$

olarak ifade edilebilir. Bu kuvvetlere kesme derinliği, besleme hızı ve kesme hızı etki etmektedir. Formüllerde  $A_v$ ,  $A_f$ ,  $A_r$ , kuvvet sabitlerini göstermektedir.  $b_v$ ,  $b_f$ ,  $b_r$  ve  $c_v$ ,  $c_f$ ,  $c_r$  ise üstel sabitleri, s ilerleme miktarını ve a da kesme derinliğini göstermektedir. Kesme hızı özellikle yüksek hızlarda ihmal edilebilir. Bileşke kuvvet ise

$$F_R = (F_v^2 + F_f^2 + F_r^2)^{0.5} \quad (5)$$

olarak ifade edilebilir. Kesme kuvvetleri ölçülerek teorik ifadeler elde edilebilmektedir (Greaney, 1982; Koç ve Ünver, 1995).

### 2. 4. 2. Kesme İşleminde Titreşim ve İş Parçası Bağlama Limitleri

Kesmedeki dengesizlikten kaynaklanan titreşimin, dolayısıyla yüzey bozukluğunun önlenmesi için mekanik düzenlemenin yapılmasının yanında Kals ve Higink (1978) tarafından kesme derinliğinin maksimum bir değere ayarlanması önerilmiştir. Titreşimin önlenmesi için iş parçasının esnemesinin belli bir sınıra kadar müsaade edilmesi gereklidir.

Bu değerin saptanması için kesici uç ve malzeme cinsinin önemli olduğu açıktır (Grieve, 1969).

Sıkma kuvvetlerinde oluşan azalma, iş parçasının ayna çeneleri arasında kaymasına veya iş parçasının fırlamasına sebep olmaktadır. İş parçasının ayna çevreleri arasında kayması, parça eksenı boyunca ve parça eksenı etrafında dönel kayma şeklinde iki ana grupta incelenmektedir (Petty, 1983; Arsecularatne, 1990).

### 2. 4. 3. Kaleme Ait Kesme Hızları

Minimum kesme hızının tespit edilmesi, iş parçası ekseninde düşük kesme hızları nedeniyle kaleme oluşabilecek zararın giderilmesi açısından önemlidir. Büyük çaplarda dolayısıyla yüksek kesme hızlarında da kalemin yanmasının önlenmesi açısından kesme hızının tespiti önemlidir. Kesme işleminde hızlar,

$$V_{\min} = \frac{C}{T_{\max}^n s^x a^y} \quad (4)$$

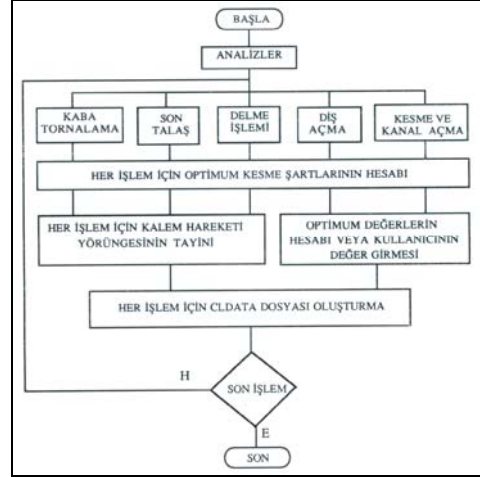
$$V_{\max} = \frac{C}{T_{\min}^n s^x a^y} \quad (5)$$

olmak üzere  $V_{\min} < V < V_{\max}$  olmalıdır. Bu formüller genişletilmiş Taylor bağıntıları olarak adlandırılmaktadır. Burada V kesme hızını T kalem ömrünü göstermektedir. C ve n kalem ve iş parçasının cinsine göre değişen katsayılarıdır. Klasik Taylor bağıntısına ilerleme oranı s ve talaş kalınlığı a ilave edilmiştir. Diğer katsayıların tespitinde değişik malzeme ve kesici uçlar için deneyler yapılmaktadır (Oraby ve Hayhurst, 1990).

## 3. TORNALAMA İŞLEMİ ANALİZİ VE OPTİMİZASYON PROGRAMI

### 3. 1. Geliştirilen Bilgisayar Programı

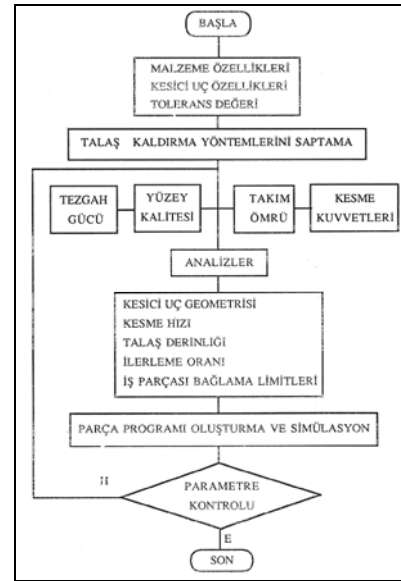
Kesme işleminde kalemin izleyeceği yörüngenin tespiti için uygulanacak işlem türlerinin saptanması gerekmektedir. Şekil 3'te tornalama işleminde uygulanabilecek işlem adımları gösterilmiştir.



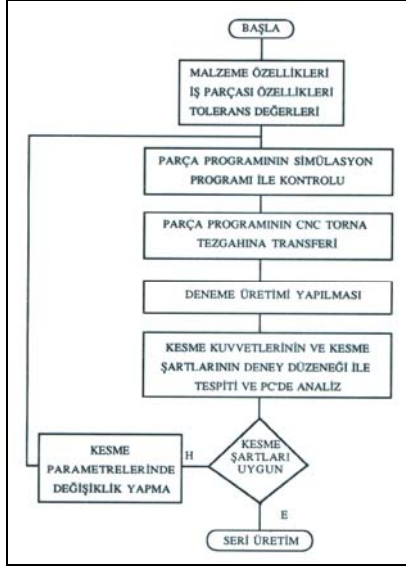
Şekil 3. Tornalama işleminde işlem adımları

Kesme işleminde ait verilerin saklandığı dosya genel olarak CLDATA (Cutter Location Data) olarak adlandırılır. Optimizasyon programı hazırlanırken benzer veri dosyaları, text formatta KESME. DAT, PARÇA.DAT, TEZGAH. DAT olarak sırasıyla kesme parametrelerinin, parça ve tezgah özelliklerinin saklanması için kullanılmıştır.

Optimizasyon amacıyla geliştirilen iki yöntem Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Tornalama işlemi optimizasyon stratejisi-1



Şekil 5. Tornalama işlemi optimizasyon stratejisi-2

Önerilen birinci yöntem, kesme kuvvetlerinin her parça veya belirli periyotlar için ölçülmesini ve değerlendirilmesini içermektedir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için tezgaha ek bir donanım montajına ihtiyaç duyulmaktadır. Kesici uca etkiyen kuvvetlerin ölçülmesi ve değerlerinde değişiklik meydana gelmesi durumunda hazırlanan bilgisayar programı kullanıcıyı uyarmakta, parça toleranslarının kontrolünün yanında tezgaha gelen yüklerin de kontrolü yapıldığından aşırı yüklenmeden meydana gelebilecek zararlar önlenmektedir.

Önerilen ikinci yöntemde ise her parçanın işlenmesinde kuvvet ölçülmesinin yapılması üzerine, kesici uca etki edebilecek kuvvetler geliştirilen formülasyonlarla tahmin edilmekte ve bu duruma uygun tezgahı maksimum verimle işletecek çalışma şartları sağlanmaktadır (Şekil 5). Bu yöntemin uygulanabilmesi için öncelikle kesme kuvveti ve kalem ömrü ifadelerinin kullanılması gerekmektedir. Bu ifadeler, tezgahta işlenebilecek tüm malzemeler için çıkartılmalı ve bilgisayara girilmelidir. Belirlenen yöntemlere göre otomatik olarak oluşturulan KESME. DAT dosyası, hazırlanan optimizasyon programında, kesme kuvveti ve iş parçası ve tezgaha ait verilerin bulunduğu dosyalar da değerlendirilerek post - processing olarak ifade edilen işleme tabi tutulmakta ve parça programı M-G kod tablosu otomatik olarak oluşturulmaktadır. Kullanıcı simülasyon programında kesme durumunu ve istenen parçayı kontrol ettikten sonra manuel olarak veya veri transfer programı ile tezgaha transfer etmekte ve gerçek şartlarda imalatı sağlamaktadır.

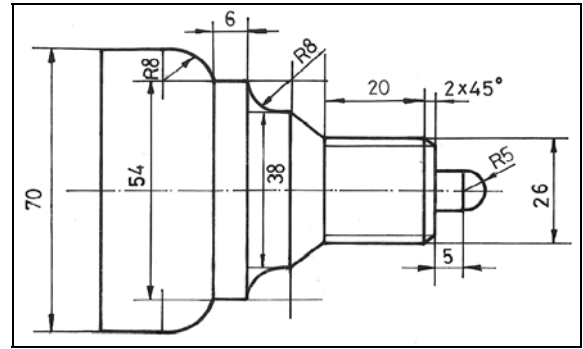
PARÇA. DAT adlı kütükte, parçaya ait özellikler, malzeme türü, kesici uç tipi, tezgaha bağlantı şekli, ayna tipi parametreleri kaydedilmektedir. İş parçası

aynaya ait sürtünme katsayısı, tezgah ölçüleri, tezgah gücü, maksimum ve minimum ayna devri ve ilerleme oranları ise TEZGAH. DAT dosyasından temin edilmektedir.

Kullanıcı optimizasyon programına belirtilen ilk giriş bilgilerini girdikten sonra, parçaya ait boşaltılacak bölgeleri ve işlem türlerini girerek post-processing işlemi yapılabileceği gibi, doğrudan simülasyon bölümüne girip parça programını oluşturabilmekte ve yazılan programın optimum şartları sağlaması için optimizasyon menüsü kullanılabilir. Bu durumda optimizasyon programı imalat bilgileri ve tecrübeyle yazılmış parça programını satır satır değerlendirmekte her satırdaki işleme göre uygun dosyayı açarak kesme şartlarını kontrol etmektedir. Ayrıca kalem ömrünün girilmediği durumda ise, kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş kalınlığı terimleri kullanılarak kalem yaklaşık ömrü tayin edilmekte, programın kaç parçayı işleyebileceği program tarafından belirlenmektedir.

### 3. 2. Örnek Üretim ve Optimizasyon İşlemleri

Aşağıda verilen parçalara ait parça programları geliştirilen simülasyon programında denenmiş ve istenilen kesme işlemlerini sağladığı tespit edilmiştir (Şekil 6, 7). Hazırlanan parça programı daha sonra optimizasyon işlemine tabi tutulmuştur.



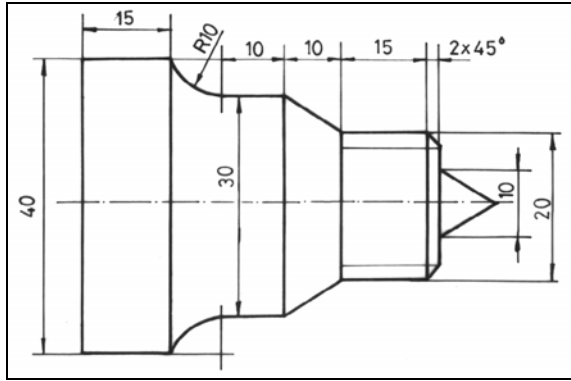
Şekil 6. Örnek tasarım ve imalat-1

Tablo 1. Şekil 6'ya Ait Parça Programı

LN	G	M	X	Z	I	K	F	S
10	90							
20	71							
30			80	10	1			
40		03						1000
50	96							
60	00		72	2				
70	81		16	-50	4		400	
80	00		54	2				
90	81		16	-36	4		400	
100	00		38	2				
110	81		12	-30	3		400	
120	00		26	2				

130	81		16	-10	4		400	
140	00		10	0				
150	00		0	0				
160	03		10	-5	0	5	200	
170	00		38	0				
180	00		38	-30				
190	00		32	-30				
200	01		38	-33			450	
210	00		38	-30				
220	00		26	-30				
230	01		38	-36			350	
240	00		54	-36				
250	00		46	-36				
260	01		54	-40			400	
270	00		54	-36				
280	00		38	-36				
290	01		54	-44			300	
300	00		54	-36				
310	00		38	-36				
320	02		54	-44	8	0	200	
330	00		54	-50				
340	03		70	-58	0	8	200	
350	00		70	0				
360	00		22	-10	400			
370	01		26	-12				
380	00		28	-10				
390					6	2		
400	84		-20	2				
410	00	03	80	10				
420		05						
430		30						

Parça programlarının daha sonra CNC tezgaha transferi ve imalatı gerçekleştirilmiş tezgahın parçayı birinci örnekte (fiekil 6) % 50 oranda, ikinci örnekte (fiekil 7) % 30 oranında daha kısa sürede işlediği saptanmıştır.



Şekil 7. Örnek tasarım ve imalat-2

Parça programlarının hazırlanması esnasında bazı bölümlerin işlenmesinde fazla talaş ve ilerleme hızı verilebilmektedir. Bu durumda optimizasyon programı işlem zamanını uzatırken, kalem ömrünü artırdığından dolayı toplam tezgah verimi artmaktadır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI, TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada bir CNC torna tezgahının optimum şartlarda çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla optimizasyon için iki yöntem geliştirilmiştir. Birinci yöntemde, CNC torna tezgah üzerine kesme kuvvetlerinin tespit edilebileceği bir düzenek eklenmiş ve seri olarak imal edilecek parçaların birincisinin işlenmesi anında oluşan kuvvetlere göre, parça programı geliştirilen bilgisayar programı ile optimize edilmiştir. Diğer yöntem ise, kesme kuvvetlerinin kesme şartlarına göre önceden hesaplanması ve şartlara uygun optimum parça programının otomatik olarak oluşturulmasıdır.

Kesme kuvvetleri ile birlikte, talaş kalınlığı, ilerleme oranı, çevresel hız, işlem yapılan iç ve dış çap, işlem süresi, istenen parça boyu ve devir sayıları da tablolar halinde oluşturulmuştur (Ünver, 1994; Koç ve Ünver, 1995). Elde edilen kuvvet formülleriyle birlikte kalem ömrü için genişletilmiş Taylor formülüne ait katsayılar da belirlenerek simülasyon ve optimizasyon programında kullanılmıştır.

Optimizasyon programında, tezgaha ait motorların gücü ve dolayısıyla motorların sağlayabileceği maksimum kuvvet ile kesme anında oluşan kuvvetler arasında karşılaştırma yapılmaktadır. Gerçek üretim şartlarında tezgah motorlarının sağlayabileceği toplam kuvvetten fazla bir değer hiç bir zaman kullanılmamalıdır. Hazırlanan bilgisayar programı, hangi motora izin verileden daha fazla yük geldiğini otomatik olarak saptamakta ve kesme şartlarını bu duruma göre optimize etmektedir.

İşlenecek parçaya ait program otomatik olarak oluşturulabilmekte veya tezgah kontrol paneli yerine bilgisayarda parça programı yazılıp simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Geliştirilen programın optimizasyon bölümünün kullanılması ile önceden oluşturulmuş parça programının tezgah şartlarına göre optimum kesme şartlarını sağlaması gerçekleştirilmiştir. Parça programlarında M-G kodları kullanmayan tezgahlardan sadece DYNA için geliştirilen simülasyon ve optimizasyon programı genişletilmiştir. Geliştirilen programın freze ve diğer tezgahlara uygulamasının yapılması için bu tezgahlarda kesme parametrelerinin ve kuvvet oluşumunun değişik kalem türleri için belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu deneylerin yapılması durumunda hazırlanan program diğer tezgahlarda da kullanılabilir.

Sonuç olarak, CNC torna tezgah programcısı geliştirilen paket programı ile, daha kompleks parçaları daha kolayca oluşturup kontrolünü yapabildiği gibi, aynı zamanda tezgahı optimum şartlarda çalıştırdığından dolayı üretim verimini yükseltmekte, yatırım maliyeti yüksek olan bu

tezgahların atıl zamanlarını minimuma indirebilmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

Akkurt, M. 1986. Nümerik Kontrollu Tezgahlar ve Sistemler, Asilteknik Yayın (1), İstanbul.

Arsecularatne, J. A. 1990. A Process Monitoring System to Optimize Cutting Conditions in Turning, PhD Thesis, UMIST.

Blumfield, A., Shpitalni, M. 1992. A Generator for Creating Adaptive Post Processors, Annals of the CIRP, (41), 527-530.

Chen, B., Chang, Y. 1989. Constant Turning Force Adaptive Controller Design, Trans. of ASME, (111), 125-132.

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.

Kals H. J. J., Higink J. A. W. 1978. A Computer Aid in the Optimization of Turning Conditions in Multicut Operations, Annals of the CIRP.

Koç, E., Ünver, E. 1995. CNC Torna Tezgahlarında Kesme Parametrelerinin Teorik ve Deneysel Analizi, Ç.Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi, 10 (1-2), 161-175.

Littlefield, T., Rathmill, K. 1979. "Criteria for The Selection and Financial Justification on NC Turning Machines", **20 th. Int. Machine Tool Design and Research Conf.**, 499-505, Birmingham.

Masor, O. 1985. Stability Analysis of a Constant Force Adaptive Control System for Turning, Trans. of ASME, (107), 295-300.

Masory, O. 1986. Improving Contouring Accuracy of NC/CNC System with Additional Velocity Feed Forward Loop, Trans. of ASME, 227-234.

Oraby, S. E., Hayhurst, D. R. 1990. Development of

Models for Tool Wear Force Relationships in Metal Cutting, Int. J. Mech. Sci., 33, (2), 125-138.

Petty, D. J. 1983. The Optimization of Cutting Condition in Multipass Turning, MSc Dissertation, UMIST.

Ulusoy, A. G., Koren, Y. 1983. "Variable Gain Adaptive Control System for Machine Tools", **10 th Conf. on Production Research and Technology.**, 69-79, Michigan.

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, Adana.