

**Abdulkadir Güllü**  
Yardımcı Doçent

**Ahmet Murat Pinar**  
Araştırma Görevlisi

**Ali Rıza Motorcu**  
Araştırma Görevlisi

Makine Eğitimi Bölümü  
Teknik Eğitim Fakültesi  
Gazi Üniversitesi  
06500 ANKARA

# Farklı Cep İşleme Çevrimlerinin İşleme Süresi ve Yüzey Pürüzlülük Kriterlerine Göre İncelenmesi

*Bu çalışmada, DYNA MYTE 2900 Dik İşleme Merkezinde, Ç1040 malzeme üzerinden talaş kaldırılarak, en çok kullanılan 6 cep işleme çevrimi, süre ve yüzey pürüzlülüğü kriterlerine göre incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur. Süre kriteri, cep işleme çevrimlerinin işleme sürelerini hesaplayan bir algoritma ile belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi için her bir numunenin yüzeyinde farklı doğrultularda Mitutoyo Surf-test-211 profilometre ile ölçümler yapılmış ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri sunulmuştur. Ölçüm sonuçları değerlendirilerek iki kritere göre en iyi sonuçları veren cep işleme tipleri tavsiye edilmiştir.*

*Anahtar Kelimeler: Cep frezeleme, yüzey pürüzlülüğü, CAD/CAM, takım yolu, işleme süresi.*

## GİRİŞ

İşleme verimliliği ve ürün kalitesi imalat endüstrisindeki rekabet için önemli kavramlardır. Bu rekabeti sürdürebilmek için imalatın belirlenen toleransta, en kısa zamanda ve en düşük maliyette tutulması gerekmektedir. İmalat sanayisinde yüksek kalite ve işlemeyi etkileyen maliyet talaş kaldırma işlemlerinin optimizasyonu ile gerçekleştirilebilmektedir [1]. Optimizasyon takım yolu optimizasyonu ve ilerleme değerinin optimizasyonu olmak üzere iki kategoride ele alınmaktadır:

Yapılan bu çalışmada, temel işleme operasyonlarından cep frezeleme incelenmiştir. Cep frezeleme malzemenin alınandan başlayarak içte boş bir boş hacim oluşturan, gerek kalıp imalatında gerekse diğer alanlarda çok sık kullanılan bir işlem türüdür[2]. Bazı durumlarda cep, içinde ayrı bir cep ya da ada gibi unsurlar içerebilir. Bu çalışmada, 2 ½ boyutlu, ada içermeyen basit cepler incelenmiştir.

Takım yolu uzunluğunun en kısa hale getirilme çalışmalarının büyük bir kısmı cep için takım çapının bulunmasına yöneliktir. Dereli ve Filiz [3], CAD veri tabanından cebin sınırlarındaki en kısa mesafeleri belirlemişler ve bu mesafelere uygun en büyük çaplı takımı seçmişler ve belirlenen profili paralel kaydırma yöntemi ile oluşturmuşlardır. Oluşturulan takım yolu tek takım ile işlendiğinden ilave takım değiştirme zamanı oluşmamaktadır. Vosniakos [4], cebi 3 takımla işlemiş merdiven ve kaydırma metodlarını kullanmıştır.

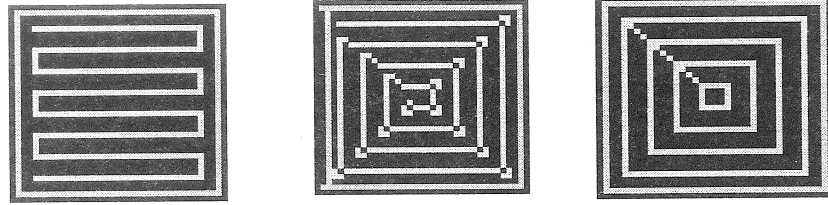
İlk iki takım cep kaydırma metodu ile 3. takım ise, merdiven tipli işleme ile cebi tanımlamaktadır. İlk takım cebin sınır çizgisine bağlı olarak seçilmekte, 2. takım daha büyük çapta aynı takım yolunu kaydırarak oluşturmaktadır. 3. Takım da kaba adayı temizleyerek basit cebi oluşturmaktadır. Gerçekten de sunulan metod talaş kaldırma hareketini en aza indirmeye yöneliktir ancak, takım değiştirme hareketleri boştaki zamanı arttırmaktadır.

Bu çalışmada, CAD/CAM paket programlarının sunduğu standart cep işleme tipleri süre ve yüzey pürüzlülüğü açısından karşılaştırılarak sonuçlar sunulmuştur.

## CEP İŞLEME TIPLERİ

CAD/CAM paket programları ve CNC tezgah kontrol üniteleri birçok cep işleme metodu sunmaktadır. Bu çalışmada en çok kullanılan 6 tip cep işleme çevrimi Mastercam paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan çevrimlerin bazıları profili tekrarlayarak ve belli bir oranda kaydırma kullanarak, bazıları belli bir eğrisel yörüngeyle bazıları da tek yönlü olarak cebi oluşturmaktadır. Şekil 1'de Mastercam'de kullanılan cep işleme yöntemleri görülmektedir.

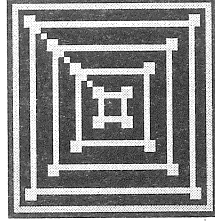
Şekil 2'de cep işleme yöntemlerine ait takım yollarının deney numunesi geometrisi üzerindeki gösterimleri yer almaktadır.



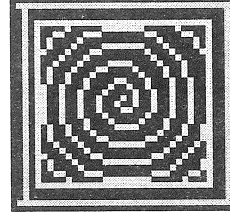
a) Zig-Zag

b) Sabit Kaydırmalı Spiral

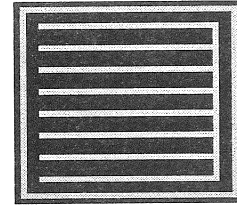
c) Paralel Spiral



d) Temiz Köşeli Paralel Spiral

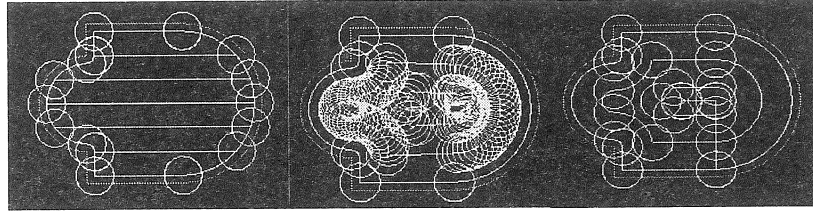


e) Düzgün Spiral



f) Tek yönlü işleme

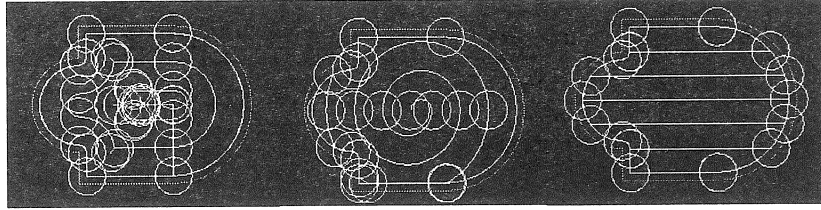
Şekil 1. İncelenen cep işleme tipleri.



a) Zig-zag

b) Sabit kaydırmalı spiral

c) Paralel spiral



d) Temiz köşeli paralel spiral

e) düzgün spiral

f) Tek yönlü işleme

Şekil 2. Cep işleme tiplerine ait takım yolları.

## DENEY PARAMETRELERİ

### a. İş Parçası Malzemesi

Deney numunesi olarak Tablo 1'de kimyasal bileşimi verilen, sertliği 30 HRc olan Ç1040 malzeme

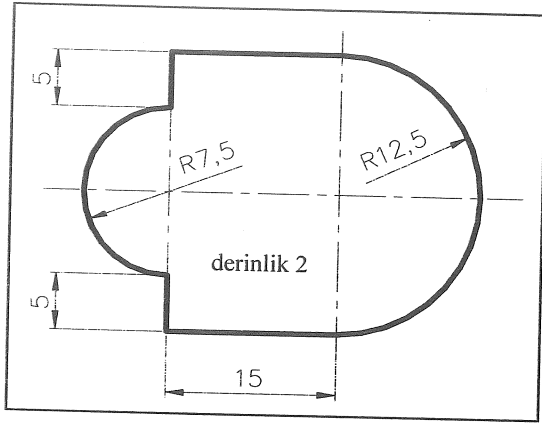
kullanılmıştır. Deney numunelerinin talaş kaldırılacak yüzeyleri işleme öncesi düzlem taşlama tezgahında taşlanarak temizlenmiştir.

Tablo 1. Ç1040 Çelik malzemenin kimyasal bileşimi [KOSGEB].

Element	%	Element	%	Element	%
Karbon (C)	0.4410	Silisyum (Si)	0.182	Mangan (Mn)	0.770
Fosfor (P)	0.0145	Kükürt (S)	0.03756	Krom (Cr)	0.0926
Molibden (Mo)	0.0141	Nikel (Ni)	0.0888	Bakır (Cu)	0.301
Demir (Fe)	Kalan				

## b. İş Parçası Geometrisi

İş parçası geometrisi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. İş parçası geometrisi.

## c. Kesici Takım

Ceplerin işlenmesinde TAKIMSAŞ'a ait  $\phi$  6 mm dört ağızlı kaplamasız sert metal düz parmak freze kullanılmıştır.

## d. Takım Tezgahı

Numuneler DYNA MYTE 2900 dik işleme merkezinde üniversal tezgah mengersine bağlanarak işlenmiştir.

## e. Talaş Kaldırma Parametreleri

Her numunenin işlenmesinde aşağıda belirtilen talaş kaldırma parametreleri kullanılmıştır.

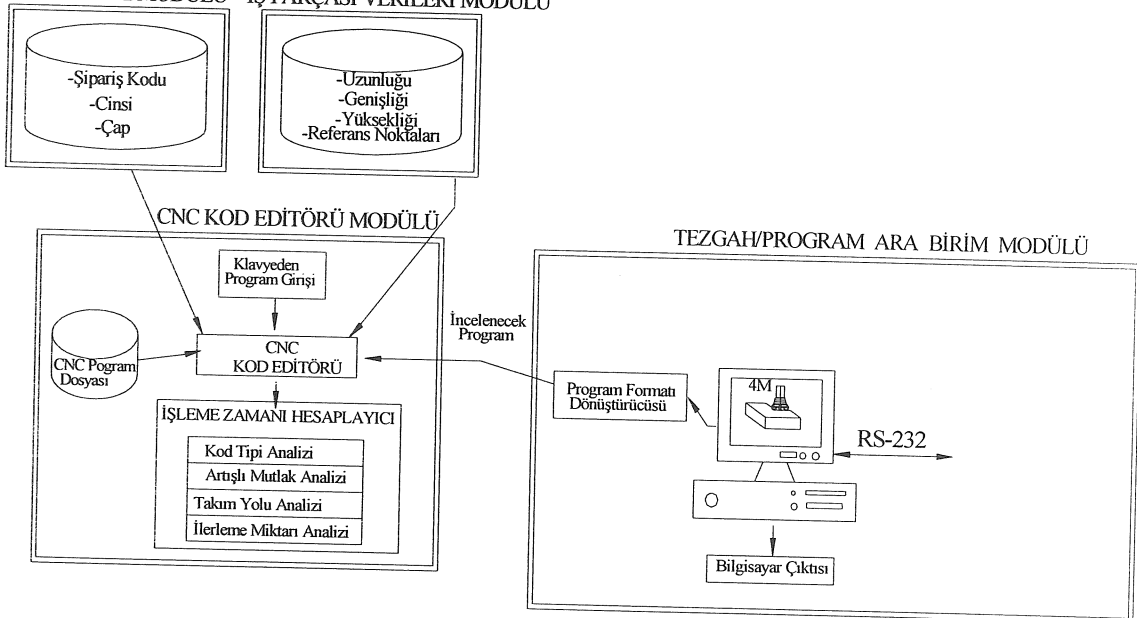
Kesme hızı (v)	: 80 m/dak,
Dönme hızı (n)	: 4200 dev/dak,
Diş başına ilerleme değeri ( $f_z$ )	: 0.02 mm/dev,
Talaş kaldırma ilerlemesi (f)	: 285 mm/dak,
Toplam talaş derinliği (a)	: 2 mm,
Her pasodaki talaş derinliği ( $a_1$ )	: 0.5 mm,
İşleme ortamı	: Kuru İşleme,
Çakının yana kayma mesafesi (overlap)	: %30

## İŞLEME SÜRELERİNİN BELİRLENMESİ

Bir frezeleme işleminde yüksek verimlilik elde edilebilmesi, talaş kaldırmayı en verimli kılan kesme parametrelerinin doğru belirlenmesi ile sağlanabilir. Esas işleme süresi ve toplam üretim süresi arasındaki oran incelendiğinde esas işleme süresinin kesinlikle ihmal edilemeyecek oranda yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır [5].

Operasyonlara ait işleme süreleri Pınar [6] tarafından daha önce geliştirilen algoritmayla hesaplanmıştır. Çevrimine ait CNC parça programı disketten veya tezgahın RS-232 seri kablosu ile programa aktarılır. Şekil 4'te algoritmaya ait modüller görülmektedir. İşleme süresinin hesaplanması için öncelikle tezgah /program arabirim modülü vasıtasıyla tezgahın CNC programının CNC kod editörüne aktarılması gerekmektedir. Bu işlemin ardından taret (takım başlığı) ve iş parçası modüllerindeki iş parçası ve kesici takımlara ait veri tabanları oluşturulur. İşleme zamanı işlemcisi ile de operasyonlara ait işleme süreleri elde edilir [6].

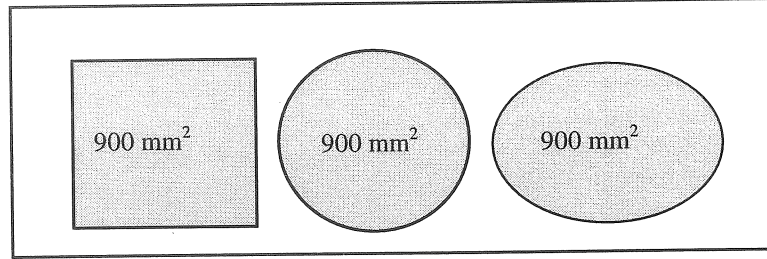
## TARET VERİLERİ MODÜLÜ İŞ PARÇASI VERİLERİ MODÜLÜ



Şekil 4. İşleme süresinin hesaplama algoritması.

Şekil 5'deki kare, daire ve elipsten oluşan 3 geometri de  $900 \text{ mm}^2$  lik alana sahiptir. Geometriler için aynı işleme parametreleri kullanılarak Mastercam paket programında G kodları türetilmiştir. Bu kodlar oluşturulan zaman hesaplama algoritması ile analiz edilmiş ve işleme süreleri hesaplanmıştır (Tablo 2).

Deneysel çalışmada 6 cep işleme tipine ait kodların yer aldığı CNC program dosyaları tezgahtan bilgisayara RS-232 seri kablo ile aktarılarak incelenmiştir. Sadece talaş kaldırma hareketlerinin süresi hesaplanmıştır. Tablo 3' de her operasyona ait süreler ve zaman kazançları sunulmuştur. Bu karşılaştırmada en uzun işleme süresi olan Tek Yollu işleme tipi esas alınmıştır



Şekil 5. İşleme süreleri hesaplanan ilkel elemanlar.

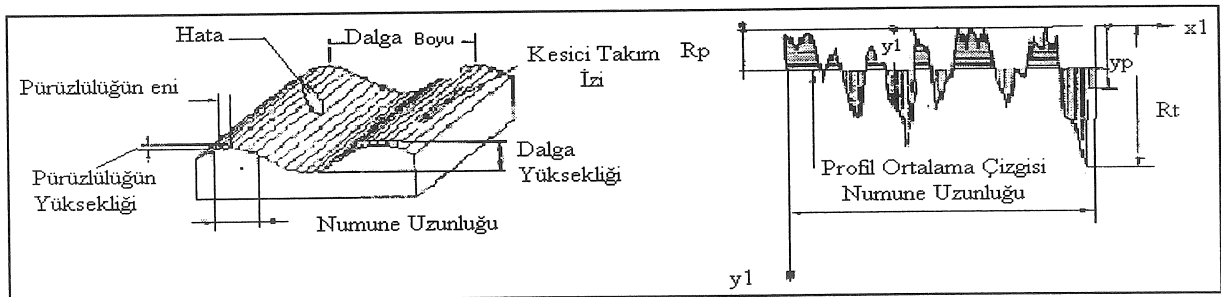
Tablo 3. Cep işleme metodlarına ait işleme süreleri ve zaman kazançları.

İŞLEME TİPİ	İşleme Süresi (dk.)	Yüzdellik Kazanç
Düzgün Spiral	4.16	55.697
S. Kaydırmalı Spiral	4.58	51.224
Zig-Zag	5.03	46.432
Paralel Spiral	5.14	45.260
T. Köşeli Paralel Spiral	5.39	42.598
Tek Yollu	9.39	0

## YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

İşlenmiş yüzeyin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlere göre yapılır (Şekil 6). Yüzey pürüzlülükleri ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_t$ ), yüzeye ve yüzey izlerine dik bir yönde, profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profili olarak genellikle geometrik profil alınır [5].

Talaş kaldırmada yüksek kesme hızının seçilmesi ile elde edilen yüksek talaş kaldırma oranına karşılık işleme süresi azaltılarak işleme ekonomisi sağlanmaktadır. Özellikle bitirme işlemlerinde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve istenen değerde olması, kesme hızının optimum değerde verilmesine bağlıdır [7]. Deney numunelerinin işlenmesinde, işleme süresini ve yüzey pürüzlülük değerini en aza indirecek kesme hızı değeri hesaplanarak kullanılmıştır.



Şekil 6. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi [5].

Talaş kaldırma işlemlerinde, ilerleme hızının belirlenmesi aşamasında maksimum ilerlemenin takım uç yarıçapını aşmaması gerekmektedir. Burada kural ilerleme değerinin takım uç yarıçapı değerinin 1/3 katından daha küçük olmasıdır [8]. Kullanılan kesici takım düz parmak freze çakısı olduğundan ilerleme değeri; kesici takım malzemesi, iş parçası malzemesi ve işlem türüne bağlı olarak standart tablodan seçilmiştir [9].

### Yüzey Pürüzlüğünün Ölçülmesi

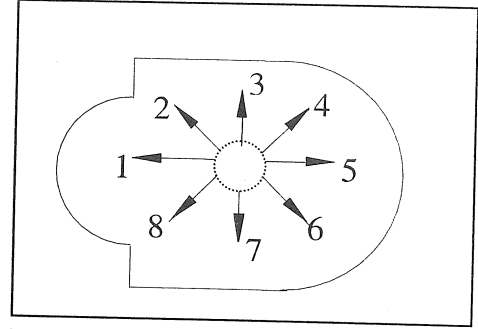
Pürüzlülük oluşumu engellenemez, ama kontrol altına alınabilir. Yüzey pürüzlülüğünü kontrol altına almak veya işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için numunenin özelliklerine göre farklılık gösteren optik mikroskop, profilometreler, kesit alma, dokunma, pnömomatik, ışık yansıması gibi çeşitli metotlar geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde MITUTOYO SURFTEST 211 profilometre cihazı kullanılmıştır.

Örnekleme Uzunluğu ( $\lambda_c$ ) = 0.8 mm,

Değerlendirme Boyu (Ucun gezdiği uzunluk) =  $L_n = 5 \times \lambda_c = 4\text{mm}$  alınmıştır.

Sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği açısından numuneler 8 farklı yönde ölçülmüştür. Kesici izlerinin tam temsil edilebilmesi için genellikle çevrimin başlangıcına karşılık gelen daire içerisine alınmış bölge ölçme dışında tutulmuştur (Şekil 7). Elde edilen Ra, Rz ve Rt değerlerinin ortalamaları Tablo 4’de sunulmuştur.



Şekil 7. Numunelerin yüzey pürüzlülük ölçme yönleri.

Tablo 4. Cep işleme tiplerine ait pürüzlülük ölçüm sonuçları.

Cep İşleme Tipleri	Ortalama Ra ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama Rz ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama Rt ( $\mu\text{m}$ )
Düzgün Spiral	1.1463	4.5625	7.3750
Sabit Kaydırmalı Spiral	1.4225	5.7000	9.1500
Zig Zag	0.8800	3.7000	5.6125
Paralel Spiral	1.7600	7.0125	10.425
Temiz Köşeli Paralel Spiral	1.2350	5.1250	8.0125
Tek Yollu	1.2375	5.0375	7.7875

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 6 cep işleme metodu, yüzey pürüzlülüğü ve işleme süresi kriterine göre incelenmiştir. Bu inceleme, öncelikle cep işleme tipleri daire, kare ve elips gibi üç basit geometri üzerinde denenmiş ve işleme süreleri belirlenmiştir. Bu sonuca göre; üç geometri içinde doğru spiral metodunda en düşük işleme süresi, tek yollu metotta da en uzun işleme süresi elde edilmiştir. Deneysel olarak yapılan Şekil 3’deki geometride de en düşük ve en fazla işleme sürelerinin aynı metotlarla elde edildiği görülmüştür. Bu zaman farklarının oluşmasındaki sebepler; deneyler esnasındaki gözlemlere ve simülasyon görüntülerine dayanarak, takımın talaş kaldırmadan yaptığı hareketlerin fazlalığı ve toplam işleme boylarının metotlara göre

farklılık göstermesidir. Özellikle tek yollu cep işleme tipinde, her bir pasodan önce kesici, başlangıçtaki mesafesine gelip hareketine o noktadan devam ettiğinden takımın boşa hareketleri artmaktadır. Özellikle dairesel yörüngeli cep işleme tiplerinde, toplam işleme uzunluğunun daha da kısaldığı böylelikle zaman tasarrufu sağlandığı görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü kriteri açısından 6 farklı cep işleme yöntemi incelendiğinde, elde edilen Ra, Rz ve Rt yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 4’de sunulmuştur. Buna göre Zig-Zag Cep İşleme Metodu ile aynı kesme şartlarında en düşük ortalama yüzey pürüzlülük değerine ulaşılmıştır.

Elde edilen veriler ışığında, Mastercam paket programında hazırlanan bu cep işleme tiplerinden, süre olarak en iyi değere ulaşılan Düzgün spiral metodu cebin kaba işlenmesinde, Zig-Zag tipli işleme metodu da son pasoda tavsiye edilebilir.

## THE INVESTIGATION OF DIFFERENT POCKET MACHINING CYCLES IN TERMS OF SURFACE ROUGHNESS AND MACHINING TIME CRITERIAS

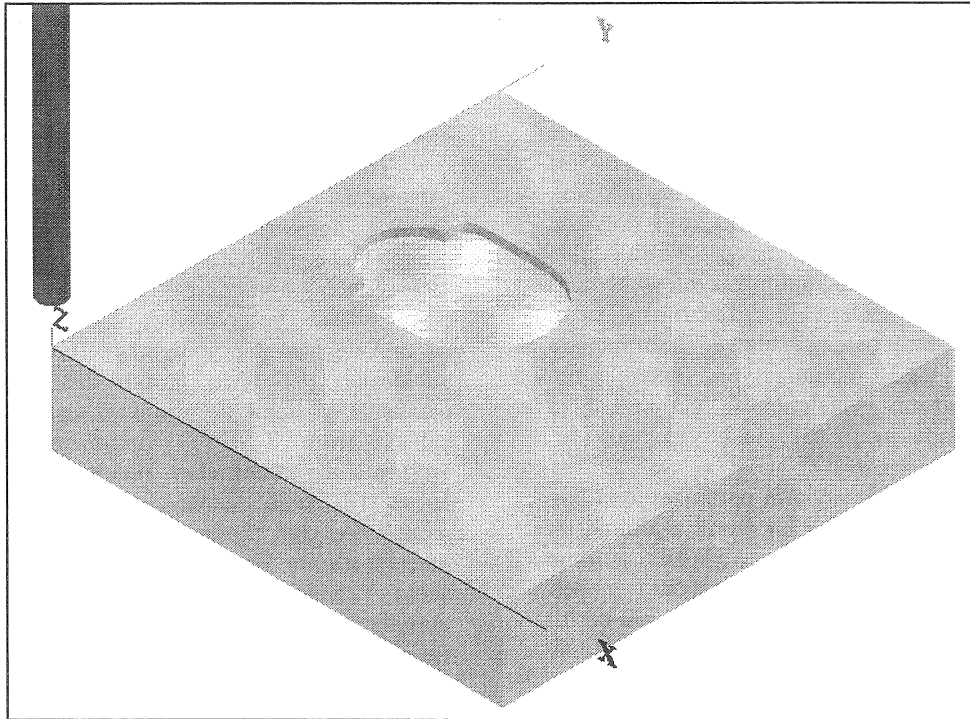
In this article, DYNA MYTE 2900 Vertical Machining center is investigated according to the criteria of the most used six pocket machining cycles, time and surface roughness by removing chips from the C1040 material. This criteria is determined by an algorithm calculating the machining times of the pocket machining cycles. In order to determine surface roughness, on the surface of each example, calculations have been made with Mitutoyo SurfTest-211 Profilometer in different directions. Then average values of surface roughness have been shown by calculating measurement results. The Pocket machining types which give the best results for each criteria have been suggested.

Keywords: Pocket milling, surface roughness, CAD/CAM, tool path, machining time

### KAYNAKÇA

1. Yung, H.Y., Su, N., Integrated Tool Path And Feed Rate Optimization For The Finishing Machining of 3D Plane Surfaces, *International Journal of Machine Tools And Manufacturing*, 40 (2000), 1557-1572.
2. Wong, T.N., Wong, K.W., NC Toll Path Generation For Arbitrary Pockets With Islands, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 12 (1) (1996), 174-183.
3. Dereli, T., Filiz, H., Automatic Code Generation In Process Planning of Rotational And Prismatic Parts, *Journal of Polytechnic*, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, 3 (2) (2000) 1-25.
4. Vosniakos, G., Papapanagiotu, P., Multiple Tool Path Planning of Convex Pockets Without Islands, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 16 (2000), 425-435.
5. Motorcu, A. R., *BSD Freze Tezgahlarında Optimum Zaman, Maliyet ve Kalite Açısından Üretim İçin Bir Bilgisayar Programının Hazırlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001.
6. Pinar, A., *CNC Frezelemede Alternatif Başlama Noktaları Ve İşlem Basamaklarına Göre Zaman Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara, 2000.
7. Akkurt, M., *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1996.
8. Çakır, C., *Talaş Kaldırma Mekaniği Ders Notları*, Uludağ Üniversitesi, Ankara, 1997.
9. Kulaksız, Ö., *Metal Meslek Bilgisi* (Çeviri), Ajans Türk Gazetecilik ve Matbaacılık A.Ş., Ankara, 1995.

EK



Şekil 8. Parçanın simülasyon görüntüsü.