

# TORNALAMA İŞLEMLERİNDE KESİCİ TAKIM AŞINMASININ BULANIK MANTIK ile MODELLENMESİ \*

M. Cengiz KAYACAN ,  
Ş. Abdurrahman ÇELİK,  
Özlem SALMAN \*

\* Süleyman Demirel Üniversitesi CAD/CAM Araştırma ve Uygulama Merkezi

*Bu çalışmada, tornalama işlemlerinde takım aşınması esas alınarak ekonomik takım kullanımı için bulanık mantık programlama yöntemi kullanılarak genel bir fuzzy model kurulmuştur. Kesilecek malzemenin sertliği ve kullanılan kesici takımın cinsine göre ekonomik takım aşınması için en uygun kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliklerini belirleyebilen bulanık mantık çözüm modeli oluşturulmuştur. Bulanık mantık mantığı kullanılarak oluşturulan modelde giriş parametreleri ve çıkış parametrelerinin üyelik fonksiyonları, üyelik fonksiyon ayak genişlikleri ve üyelik fonksiyonlarının aralarındaki ilişkiler kullanılarak oluşturulan kural tabanında bu zamana kadar yapılan deneysel çalışmalardan ve uzman görüşlerden yararlanılmıştır. Kurulan model kullanılarak elde edilen sonuçlar literatür çalışmalarıyla karşılaştırmalı olarak verilmiştir.*

**Anahtar sözcükler :** Takım aşınması, tornalama, bulanık mantık

*In this study, A general fuzzy model has been established using fuzzy logic programming methods for economical tool usage, based on tool wear in turning operations. Due to work piece material hardness and type of cutting tool, a fuzzy logic solution model is established to determine the best suitable cutting speed, feed rate and cutting depth parameters. Expert vision and experimental data are used to form the rule base which is a composition of membership functions for input and output parameters, membership function ranges and membership function relations. The results of the established model are given comparative to studies in literature.*

**Keywords :** Tool wear, turning, fuzzy logic.

- . 26-27 Eylül 2003 tarihinde Konya'da düzenlenen "II. Makina Tasarımı ve İmalat Teknolojileri Kongresi"nde bildiri olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Globalleşen dünya ticaret ve üretim anlayışına bağlı olarak talaşlı üretimde de belli bir standardizasyon, müşteri odaklı kalite ve maliyet önemli hale gelmiştir. Üretim sürecini şekillendiren bu etkenlerin üretimin başlangıç şartlarından itibaren tüm üretim süresince aynı nitelik ve nicelikte olması hedeflenir.

Üretim sürecinde aynı kalitede (standart) ürün üretebilmek için imalatın eş zamanlı denetlenmesi gerekir. Tornalama işlemlerinde etkili olan parametrelerin üretimde beklenen standardı bozmaması iyi denetlenebilmesine bağlıdır. Üretimde standardı bozan en önemli ve etkili faktörlerden birisi takım aşınmasıdır. Takım aşındıkça işleme kalitesi bozulur. Ayrıca, takım aşınması arttıkça parçaların işleme maliyetleri de artar. Etkili bir üretimde kalite, verimlilik ve

ekonomikliği beraber düşünmek gerekmektedir. Üretim stratejileri belirlenirken bunların hepsini kapsayan hedef fonksiyonlar belirlenmelidir.

Kaliteli ve ekonomik üretimde anahtar rol oynayan takım aşınması ise iş parçası-takım malzemesi ilişkisinden ve kesme parametrelerinden etkilenir. Kesici takım seçimi ve kullanılan takımlardan verimli faydalanmada önemli rol oynayan kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği gibi işleme parametrelerinin toplam üretim maliyetinde de büyük etkileri vardır [1,2]. Çünkü, uygun belirlenmeyen kesme parametreleri takımı aşındırarak, takım aşındıkça kalite bozulacak, sistemden çekilen enerji maliyeti artacak ve aşınmadan kaynaklanan takım değişimi birim maliyeti arttıracaktır.

CNC tornalama işlemlerinde kesme parametreleri ekonomik takım kullanımı hedef fonksiyonuna göre seçilirken toplam işleme maliyeti dikkate alınmalıdır. Kesici takım verimli kesme şartları için ne kadar uzun ömürlü olursa o kadar ekonomiktir denemez. Çünkü takım aşınmasının minimum olması amacıyla kesme şartlarının gereğinden daha düşük tutulması işleme maliyetinin artmasına sebep olacaktır. Kesme parametreleri üzerinde bu zamana kadar yapılan çalışmaların büyük bir kısmı bu amacı iyileştirmeye yöneliktir[1,3].

Kesme parametrelerinin deneysel çalışmalarla belirlenmesinde iş parçası ve kesici takım malzemesi türlerinin çok farklı olması yapılacak deneysel çalışmaların sayısını arttırmaktadır. Bu durum, deneysel çalışmalar için maliyet artışı ve teknik zorlukları getirmektedir. Deneysel çalışmalardaki ideal şartların her çalışmada korunması da pek mümkün olmamaktadır. İş parçası ve kesici takım özellikleri ile birlikte kesme parametreleri olan kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği, çalışma sıcaklığı gibi etkenler takım aşınma miktarını belirleyen ideal şartları oluşturmaktadır. Yapılacak deneysel çalışmanın amacına göre parametrelerin çokluğu ve non-lineer olmasından dolayı deney şartlarını koruyarak çok sayıda çalışma yapmak oldukça zorlaşmaktadır. Bulanık mantık kullanılarak oluşturulan çözüm modelinde her parametrenin diğerleri ile aralarındaki ilişkiler ve hedef fonksiyona olan etkileri görülebilmektedir.

Son yıllarda birçok alanda olduğu gibi talaşlı imalatta özellikle kesme parametrelerinin optimizasyon çalışmalarında da yapay zeka yöntemlerinden olan Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma kullanılmaktadır. Bulanık mantık bu yöntemler arasından parametre denetimi için en çok kullanılanıdır[3-8]. Talaşlı imalat işleminde, çeşitli kesme şartları altında kesme parametrelerinin kesici takım ve iş parçası üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Örneğin, Du, Elbestawi ve Li tornalama işleminde takımın kırılması, aşınması ve talaş oluşumunu bulanık mantık kullanarak izlemişlerdir. Bir güç sensörü, bir kuvvet sensörü ve titreşim sensörünü içeren çoklu sensör sistemi kullanılarak yapılan deneyler sonunda uygulanan metot % 90 doğruluk göstermiştir[4].

Diğer çalışmada ise, Ko ve Cho, frezeleme işleminde son talaş kaldırma esnasında geometrik doğruluk ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen, kesici takımın kesme köşesinde oluşan yanal aşınma uzunluğunu incelemişlerdir. Bulanık mantık yöntemiyle kurallar yazılarak çeşitli kesme koşullarında testler uygulanarak frezelemede yanal aşınma uzunluğunu %12 hatayla tahmin etmişlerdir[5].

Bulanık-Sinir ađ modelini kullanarak Chungchoo ve Saini CNC tornalama işleminde takım aşınmasının tahminini yapmışlardır. Bunun için takım aşınması sınıflanması bulanık mantık ile yapılarak girdiler normalize edilmiş, en az karesel hataya göre ađ kurulmuş yanal ve krater aşınma yüksek doğrulukla tahmin edilmiştir[6].

Wong ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada talaşlı imalat kesme parametreleri seçimi için genel bulanık model kurulmuştur. Farklı kesme takımları için birkaç bulanık model oluşturularak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki kabul edilen model %6 ortalama hata ile oluşturulmuştur[7].

Bu çalışmada, CNC tornalama işlemlerinde, ekonomik işleme için en uygun takım aşınmasını oluşturacak kesme şartlarını belirleyebilecek genel amaçlı bulanık mantık modeli kurulmuştur. Bu modelde hedef fonksiyon olan minimum takım aşınmasını etkileyen parametreler olarak iş parçası malzemesi sertliği, kesici takım malzemesi sertliği, kesme hızı, ilerleme oranı, talaş derinliği ve çalışma sıcaklığı alınmıştır.

## TAKIM AŞINMA MEKANİZMASI

Takım aşınması mekanik ve kimyasal nedenlerle, kesici takımın kesici köşesinden küçük parçaların koparak ayrılmasıyla oluşmaktadır[9]. Kesici takım geometrisi bozulmuş, üretilen parçada istenen yüzey kalitesi sağlanamıyor ve yeni takıma göre kullanılan gerekli kesme gücü artıyorsa kesici takım aşınmış olarak nitelendirilir [10].

Takım aşınmasının gerçek nedenini ve her nedenin etkisini % olarak hesaplamak oldukça zordur. Aşınma, kesici takımın malzeme sertliğine bağlı olarak iş parçası malzemesi sertliğine, kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği) ve kesicinin çalışma sıcaklığına bağlıdır. Tahmini olarak aşınmayı, %50 sürtünme (abrazyon) aşınması, %20 yapışma (adhezyon) aşınması, %10 kimyasal aşınma ve %20 diğer aşınmalar (difüzyon, plastik deformasyon) oluşturmaktadır[9]. En büyük aşınma miktarını oluşturan sürtünme aşınması, talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyi ve iş parçası arasında "taşlama" ya neden olarak kesicide oluşturduğu aşınma ya da iki yumuşak yüzey arasına sert parçacıkların girmesiyle oluşan aşınmadır. Sürtünme aşınmasının olduğu kesiciden daha sert kesici takım kullanılarak sürtünme aşınması azaltılabilir.

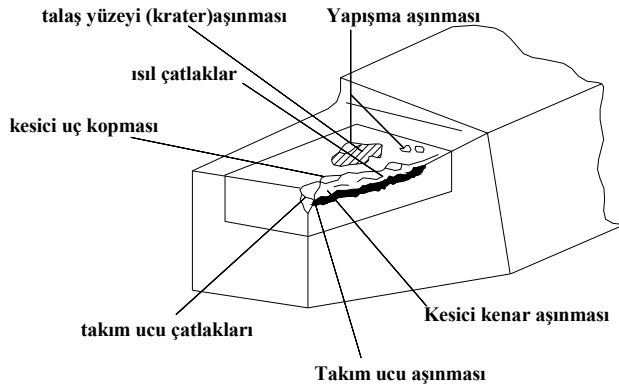
Talaş kaldırma sürecinde yapışma aşınmasını, kesici takım ve iş parçasının temas noktalarında oluşan çok yüksek basınçlar ile metallerin akma sınırına gelmesi ve temas bölgelerinde mikro-kaynaklar yaparak kesicinin hareketi nedeniyle kırılması oluşturur[11].

Yayınma (difüzyon) aşınması, takım malzemesiyle işlenecek malzemenin kimyasal etkileşimi sonucu ortaya çıkan bir aşınma tipidir[12]. Kesici takımların kullanıldığı belirli kesme şartları ve malzeme sertlikleri mevcut olup işlenebilirliği düşük malzemeler işlendiğinde kesici takım basma gerilimi altında kalarak bir diğer aşınma mekanizması olan plastik deformasyonu meydana getirir. Talaş

yüzeyi (krater) aşınması ise takım ucu talaş yüzeyi ile takım üzerine temas eden talaşın arasında kimyasal bir etkileşim ile meydana gelerek takım malzemesinden parçaların kopmasıyla oluşur[11].

Aşınma mekanizmasının oluşumuna etki eden iş parçası, kesici takım malzemesi ve diğer kesme parametrelerinin aşınma mekanizmasını oluşturma davranışları şöyledir; talaşlı imalatta kullanılan kesici takım ile kendinden daha sert malzemenin yüksek kesme hızında işlenmesiyle sürtünme aşınması mekanizması, kesici takım ve iş parçasının sert olup, temas eden yüzeylerin pürüzlülüğü, talaş derinliği ve kesme hızının yüksek olması durumunda iki yüzey arasında oluşacak yüksek basınç ile yapışma aşınması mekanizması, temas eden yüzeylerin kimyasal özelliklerinin oluşan sıcaklıkla birlikte birbirini aşındırması ile de difüzyon aşınma mekanizması oluşmaktadır.

Kesici takımda oluşabilecek olan çeşitli aşınma tipleri olan kesici kenar aşınması, talaş yüzeyi (krater) aşınması, takım ucu aşınması ve kesici uç kopması, takım ucu çatlakları ve ısıl çatlaklar aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir [13].



Şekil 1. Kesici Takımda Oluşabilecek Çeşitli Aşınma Tipleri

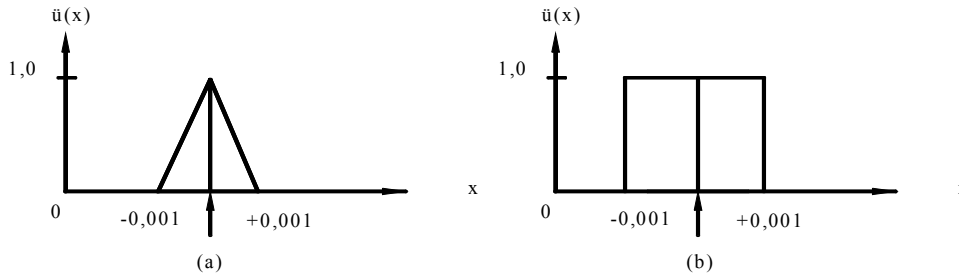
## BULANIK MANTIK

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) teorisinin, California Berkeley Üniversitesinden Dr. Lütü A. Zadeh tarafından ilk kez 1965 yılında yayınladığı klasik makalesiyle tanıtılmasının ardından; sadece iki olasılığı olan Aristo mantığının yerine, bulanık mantık ve buna bağlı uygulamalar yerini almaya başlamıştır[14].

Dünyada insan oğlunun karşılaştığı olayların hemen hemen hepsi karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünce ve karar verilemeyişten kaynaklanmaktadır. Bu durumda gerçek bir olay, insanın sisteminde ve zihninde yaklaşık olarak canlandırılarak yorumlanır. Bilgisayarların kullandığı aristo mantığından farklı olarak; insanın yaklaşık ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Bulanık mantık kavramı, rastgele değişkenlerden ziyade kesin olmayan yaklaşık kriterlerdir. Örneğin; 'hava sıcak' denildiğinde, 'sıcak' kelimesinin ifade ettiği izafi olarak birbirinden farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcak için 1 dereceyi algılamasına karşın, ekvator civarındaki bir kişi için bu 35 dereceyi bulabilir. Bu rastgele değildir;

ancak belirsizdir. Bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanık (fuzzy) denmektedir. Burada hemen dikkat edilmesi gereken nokta, 'sıcak' kelimesinin ne kadar fazla sayısal dereceler topluluğunu temsil ettiği. Bu topluluğa da bulanık küme adı verilmektedir. Bazı insanların sıcaklığı 15 derece; bazılarının ise 35 derece gibi oldukça farklı sayısal biçimde algılamasına rağmen; bu insanlar arasında bir itilaf bulunmaz. Ancak Aristo mantığında sadece 'sıcak' ve 'soğuk' vardır. İşte bulanık mantığın güzelliği de budur. Zadeh, insan düşüncesindeki anahtar elemanların sayılar olmayıp bulanık kelimelerin seviyeleri olduğunu gözlemlemesi ile bulanık mantık üzerindeki çalışmalarını yoğunlaştırmıştır[15]. İlk yıllarda fazla rağbet görmemesine karşın, son yıllarda bulanık tabanlı uygulamalar oldukça yaygınlaşmıştır. Öyle ki; sosyal bilimlerden mühendislik uygulamalarına kadar hemen her alanda bir uygulama örneği bulmak mümkündür. Bulanık mantığın en fazla uygulama alanı bulunduğu alan kontrol sistemleridir. Bir bulanık kontrol mekanizmasının özünü, giriş ve çıkış değerlerinin tespiti, bulanıklaştırma ve durulaştırma metodunun seçilmesi ve kural tabanının oluşturulması içerir.

Pratikte genel olarak klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin bir üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. İşte böyle olunca da, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Ölçülen büyüklüğün  $x$  ile gösterilmesi halinde  $x + 0.01$  ve  $x - 0.01$  arasında değişeceği anlaşılır. Bunun klasik ve bulanık kümelerde gösterilimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. (a) Bulanık üyelik fonksiyonu,

(b) Klasik üyelik fonksiyonu

Bulanık olarak elde edilmiş veya verilmiş bilgilerden yararlanarak gerekli cevapların verilmesi için bulanık olan bilgilerin durulaştırılması gerekmektedir. Bulanık küme, mantık ve sistemler belirli bir öneme sahip olmasına karşın, bunların bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. İşte bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir.

Durulaştırma için 7 değişik çözüm metodu önerilmektedir. En Büyük Üyelik İlkesi, Sentroit Yöntemi, Ağırlıklı Ortalama Yöntemi, Ortalama En Büyük Üyelik, Toplamların Merkezi, En Büyük Alanın Merkezi, En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi. Bunların hangisinin kullanılacağına araştırma veya tasarımı yapan mühendisin elindeki sorunun türüne göre cevap vermesi gereklidir[15].

## KESME PARAMETRELERİNİN BULANIK MANTIK ile MODELLENMESİ

Bulanık mantık yöntemi ile çözümlenecek olan problemin modellenmesinde problemi etkileyen parametrelerin ve hedef fonksiyonun tam olarak belirlenmesi gerekmektedir. Modellenen probleme etki eden faktörler giriş parametreleri, hedef fonksiyonu oluşturan parametreler ise çıkış parametreleri olarak adlandırılır. Giriş ve çıkış parametrelerinin modellenen problem üzerindeki etkinliklerine göre tüm parametrelerinin üyelik fonksiyon sayıları, isimleri, alt ve üst limit ayak genişlikleri belirlenir. Örneğin, giriş parametrelerinden biri olan kesme hızı için alt limit değeri 30 m/dak, üst limit değeri 700 m/dak, üyelik fonksiyonları yavaş, normal, hızlı olarak tanımlanmıştır.

Bulanık mantık ile kesici takım aşınma parametrelerinin çözüm modeli oluşturulurken parametrelerin alt ve üst limitleri daha önce yapılmış olan deneysel çalışmalara, uzman görüşe ve problemin amacına uygun olarak belirlenmiştir. Kesilecek malzeme sertliği, kesici takım sertliği, kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği ve çalışma sıcaklığı giriş parametreleri olarak belirlenerek her bir parametrenin üyelik fonksiyonları, alt ve üst limit değerleri Şekil 3'de, tornalama işlemleri sonucu oluşacak olan takım aşınması miktarı çıkış parametresi üyelik fonksiyonları, alt ve üst limit değerleri Şekil 4'de verilmiştir.

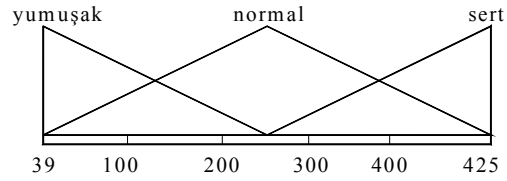
Hedef fonksiyon olan kesici takım aşınma miktarı alt limit değeri 0, üst limit değeri 0.8 ve üyelik fonksiyonları düşük, normal, yüksek olarak belirlenmiştir.

Modeli kurmak için gerekli olan parametrelerin üyelik fonksiyonları ve ayak genişlikleri belirlendikten sonra, probleme etki eden parametreler arasında gerekli ilişkileri kurmak için uzman görüşe ve deneysel verilere göre oluşturulan kuralların bir kısmı aşağıda bir kesit şeklinde belirtilmiştir. Bazı kurallar;

1. Eğer iş parçası yumuşak ve kesici takım sert ve kesme hızı yavaş ve ilerleme oranı düşük ve talaş derinliği az ve çalışma sıcaklığı düşük ise aşınma çok az.
2. Eğer iş parçası yumuşak ve kesici takım sert ve kesme hızı yavaş ve ilerleme oranı düşük ve talaş derinliği az ve çalışma sıcaklığı düşük ise aşınma az.
3. Eğer iş parçası sert ve kesici takım yumuşak ve kesme hızı hızlı ve ilerleme oranı fazla ve talaş derinliği fazla ve çalışma sıcaklığı yüksek ise aşınma çok.
4. Eğer iş parçası sert ve kesici takım yumuşak ve kesme hızı hızlı ve ilerleme oranı fazla ve talaş derinliği fazla ve çalışma sıcaklığı yüksek ise aşınma çok fazla.

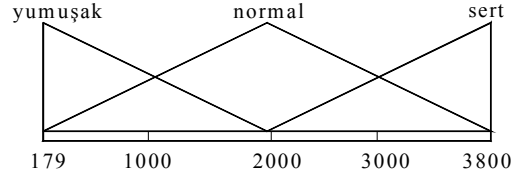
Tornalama işlemlerinde kesme parametrelerinin bulanık mantık ile modellenmesini amaçlayan bu çalışmada, takım aşınmasını, en ekonomik işleme şartlarını sağlayacak şekilde kesme parametrelerine uygulayabilmek için 1605 kural yazılmıştır.

iş parçası sertliği (BHN)	sertlik derecesi
39 - 232	yumuşak
39 - 425	normal
232 - 425	sert



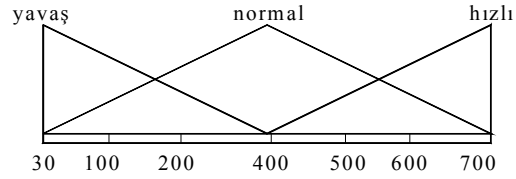
(a)

kesici takım sertliği (BHN)	sertlik derecesi
179 - 1990	yumuşak
179 - 3800	normal
1990 - 3800	sert



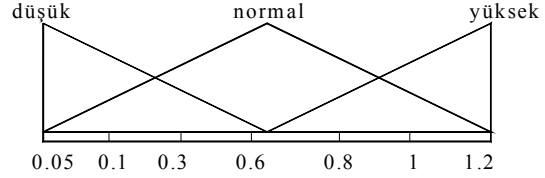
(b)

kesme hızı (m/dak)	hız derecesi
30 - 365	yavaş
30 - 700	normal
365 - 700	hızlı



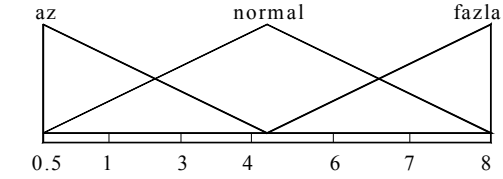
(c)

ilerleme oranı (mm/dak)	ilerleme derecesi
0.05 - 0.625	düşük
0.05 - 1.2	normal
0.625 - 1.2	yüksek



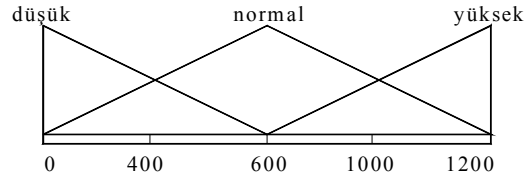
(d)

talaş derinliği (mm)	derinlik derecesi
0.5 - 4.25	az
0.5 - 8	normal
4.25 - 8	fazla



(e)

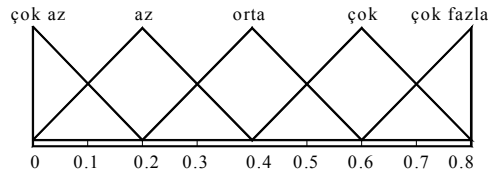
çalışma sıcaklığı (°C)	sıcaklık derecesi
0 - 600	düşük
0 - 1200	normal
600 - 1200	yüksek



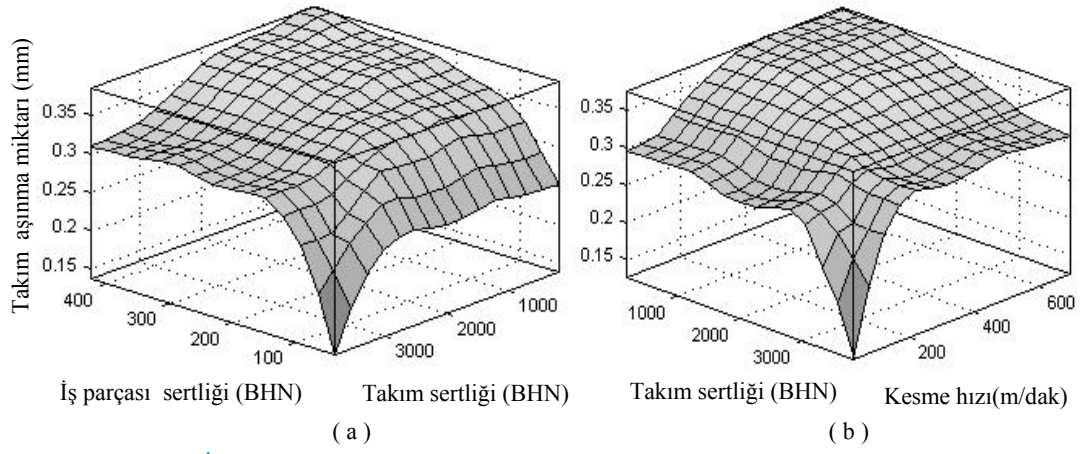
(f)

**Şekil 3. Bulanık Model Giriş Parametreleri Üyelik Fonksiyonları ve Ayak Genişlikleri**

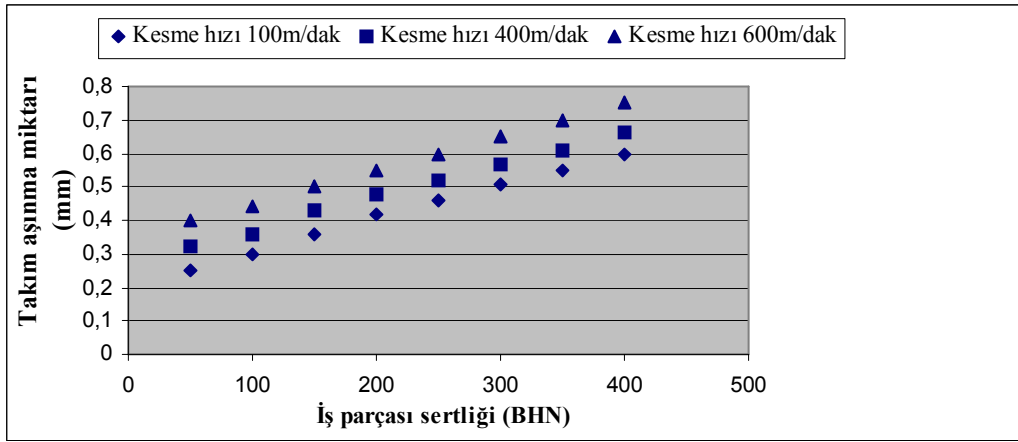
kesici takım aşınma miktarı (mm)	aşınma derecesi
0 - 0.2	çok az
0 - 0.4	az
0.2 - 0.6	orta
0.4 - 0.8	çok
0.6 - 0.8	çok fazla



**Şekil 4. Aşınma Mekanizmasında Etkili Olan Parametrelerin Üyelik Fonksiyonları Ve Ayak Genişlikleri**



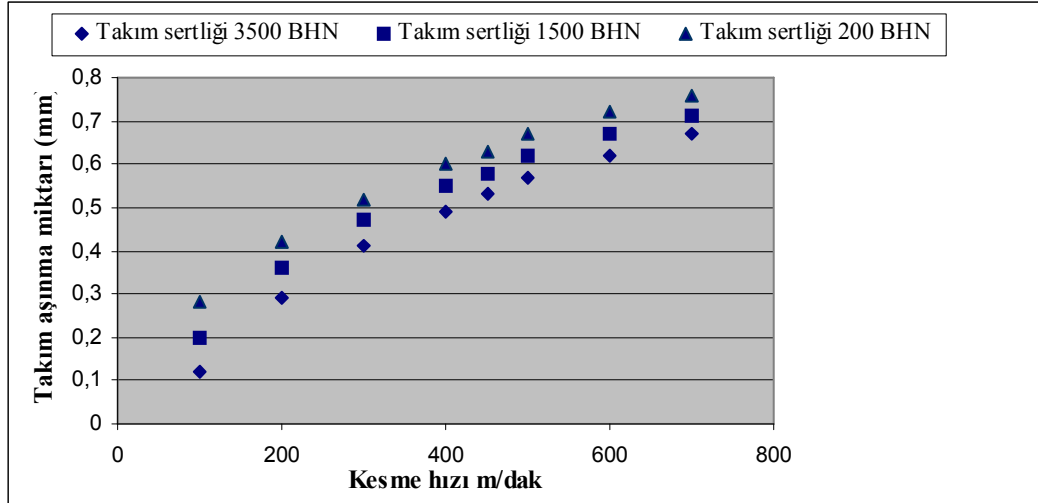
Şekil 5. Takım Aşınması İçin Genel Amaçlı Hazırlanmış Bulanık Mantık Modeli



Takım sertliği 179 BHN  
İlerleme 1.2 mm  
Talaş derinliği 8 mm  
Çalışma sıcaklığı 1200 °C

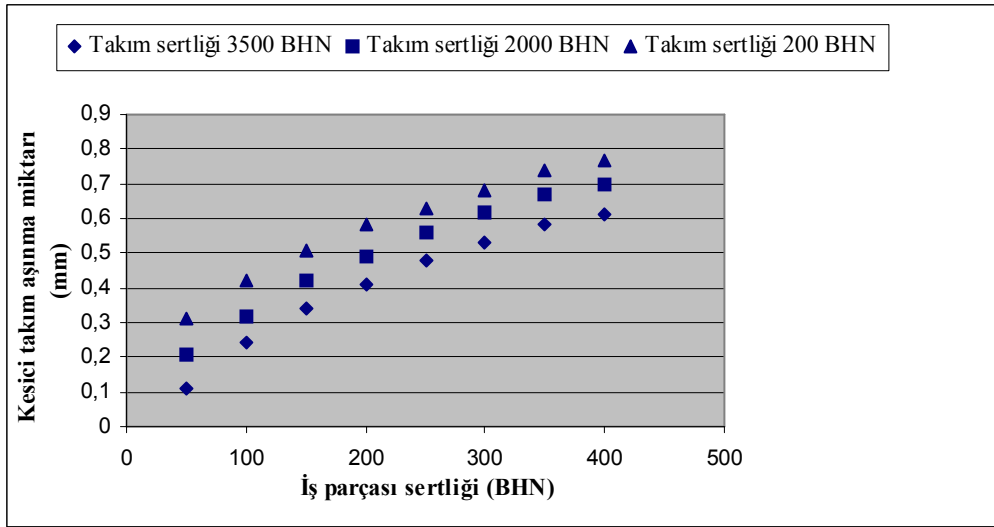
Şekil 6. İş Parçası Sertliği Ve Kesme Hızına Bağlı Takım Aşınma Miktarı Grafiği





İş parçası sertliği 425 BHN  
 İlerleme 1.2 mm  
 Talaş derinliği 8 mm  
 Çalışma sıcaklığı 1200 °C

Şekil 7. Kesme Hızı ve Takım Sertliğine Bağlı Aşınma Miktarı Grafiği



Kesme hızı 650 m/dak  
 İlerleme 1.2 mm  
 Talaş derinliği 8 mm  
 Çalışma sıcaklığı 1200 °C

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada takım aşınması için oluşturulan genel amaçlı bulanık mantık modeli kullanılarak etkili olan her parametrenin aşınma miktarı üzerindeki etkileri bağımsız veya ikili üçlü olarak

belirlenebilir. Şekil 5'de takım aşınmasında etkili olan parametrelerin üç boyutlu yüzey gösterimi verilmiştir.

İş parçası sertliği ve takım sertliği değişimine bağlı olarak oluşan aşınma miktarı üç boyutlu yüzey gösteriminden (Şekil 5.a.), takım sertliğinin artması, işlenen parça sertliğinin azalması durumunda aşınma miktarının en az değere ulaşarak "çok az" aşınacağı görülmektedir. Bir diğer giriş parametresi olan kesme hızı ve takım sertliği parametrelerinin üç boyutlu yüzey gösteriminde (Şekil 5.b.) ise kesme hızının artması, takım sertliğinin azalması koşuluyla aşınma miktarının artacağı ve takımın "yumuşak", kesme hızının "hızlı" olduğu durumda aşınmanın da "çok fazla" olacağı görülmektedir. Tornalama işlemlerinde kesici takım aşınmasına etki eden parametrelerin değişik kesme değerlerine göre meydana gelen takım aşınma miktarları Şekil 6. 7. ve 8. de gösterilmiştir.

İş parçası sertliği ve kesme hızının artmasıyla takımda oluşan aşınma miktarının da arttığı Şekil 6'da görülmektedir, diğer giriş parametreleri olan takım sertliği, yüksek (179 BHN), ilerleme oranı yüksek (1.2 mm), talaş derinliği fazla (8 mm) ve çalışma sıcaklığı yüksek değerinde sabit tutulmuştur.

Kesme hızının artışı ile takım sertliği de azalır Şekil 7'den görüldüğü gibi aşınma en yüksek değerine ulaşmaktadır. Kesme hızı artışı ve takım sertliği azalması sırasında iş parçası sertliği 425 BHN (sert), ilerleme 1.2 mm (yüksek), talaş derinliği 8 mm (fazla), çalışma sıcaklığı yüksek seçilmiştir.

Takım sertliğinin azalması ile işlenen parça sertliği artıyorsa takımda oluşan aşınma miktarı Şekil 8'de olduğu gibi artmaktadır. Bu esnada diğer kesme parametreleri, "hızlı" kesme hızı, "yüksek" ilerleme oranı, "fazla" talaş derinliği, "yüksek" çalışma sıcaklığında sabit tutulmuştur.

Bu çalışma sonucunda talaşlı üretimde ekonomik tornalama için en uygun takım aşınmasının oluşacağı işleme parametreleri çok kolaylıkla kısa sürede belirlenebilecektir. Ayrıca değişen kesici takım performanslarına, takım tezgahlarına ve akademik çalışmalar sonucu elde edilen olumlu kazanımlara göre kural tabanı, üyelik fonksiyonları ve ayak genişlikleri tekrar kısa sürede düzenlenerek yeni kesme şartları belirlenebilir. Bunun yanı sıra oluşturulan model, elektronik üretim sürecinde takım aşınmasının eş zamanlı denetlenebilmesi için kesme şartlarının kontrol altında tutulması amacıyla da kullanılabilir.

## KAYNAKÇA

- 1.K Hashmi, M.A. El Baradie, M. Ryan, "Fuzzy-Logic Based Intelligent Selection of Machining Parameters", Journal of Materials Processing Technology Cilt 94, 1999, s. 94-111
- 2.C.Y.H. Lim, P.P.T. Lau, S.C. Lim, "The Effects of Work Material on Tool Wear", Wear Cilt 250, 2001, s. 344-348

3. **G.E. D'Errico**, "Fuzzy Control Systems With Application to Machining Process", *Journal of Materials Processing Technology* Cilt 109, 2001, s. 38-43
4. **R.X. Du, M.A Elbestawi, S. Li**, "Tool Condition Monitoring in Turning Using Fuzzy Set Theory", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* Cilt 32/6, 1992, s.781
5. **T.J. Ko, D.W. Cho**, "Estimation of Tool Wear Length in Finish Milling Using a Fuzzy Inference Algorithm", *Wear*, Cilt 169, 1993, s. 97
6. **C. Chungchoo, D. Saini**, "On-Line Tool Wear Estimation in CNC Turning Operations Using Fuzzy Neural Network Model", *International Journal of Machine Tools & Manufacture* Cilt 42, 2002, s. 29-40
7. **S.V. Wong, A.M.S. Hamouda, M.A. El Baredie**, "Generalized Fuzzy Model For Metal Cutting Data Selection", *Journal of Materials Processing Technology* Cilt 89-90, 1999, s. 310-317
8. **Z. Chen, T. Hope, H. Sadek, G. Smith**, "Fuzzy Model Based in Process Tool Wear Estimation", *International Conference on Control Applications, Proceeding Of The 1998 IEEE International Conference On Control Applications* cilt.1, 1998, s. 31-35
9. **J. Kopac**, "Influence Of Cutting Material And Coating on Tool Quality and Tool Life", *Journal of Materials Processing Technology* Cilt 78, 1998, s. 95-103
11. **S. İlkaz**, "CNC Tornalama İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Bulanık Mantık İle Belirlenmesi", *SDÜ Makine Eğitimi , Y.Lisans Tezi*, 2002
12. **Y. Şahin**, "Talaş Kaldırma Prensipleri 2", Nobel Yayın,
13. **A. Molinari, M. Nouari**, "Modeling of Tool Wear By Difusion in Metal Cutting", *Wear* Cilt 252, 2002, s. 135-149
14. **S. Dolinsek, J. Kopac**, "Acoustic Emission Signals For Tool Wear Identification", *Wear* 225-229, 1999, s. 295-303
15. **Lütfü A Zadeh**, "Fuzzy Sets", *Information and Control*, Cilt 8, 1965, s. 338-353
16. **Zekai Şen**, *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*, 1999, s.166