

DELİK İŞLEMLERİ İÇİN MALİYET MERKEZLİ BİR SİSTEM

Uğur PAMUKOĞLU*, Cevdet GÖLOĞLU**

*Safranbolu Meslekî Eğitim Merkezi, 78600-Safranbolu/Karabük

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Tek. Eğt. Fak., Elk.- Bilgisayar Eğt. Bölümü, 78050/Karabük

Geliş Tarihi : 03.03.2003

ÖZET

Endüstride kullanılan ürünler üzerinde yer alan değişik delik tiplerinin üretim işlemleri için, üretim yöntemi seçimi, seçilen kesicilere göre işlem sıralarının belirlenmesi, işlem zamanlarının ve maliyetlerinin hesaplanması ve elde edilebilecek tüm olası işlem çeşitleri içinden en uygun maliyetli işlemi seçerek öneren bir bilgi tabanlı sistem geliştirilmiştir. Sistem, imal edilecek parçaların işlem süreçleri ve maliyetleri hakkında bilgi vermekte ve özellikle çabuk maliyet tespiti için kullanılabilir. Bunun yanı sıra yeterli üretim bilgisine sahip olmayan elemanların kalifiye olarak yararlanmalarına kolaylık sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler : İşlem planlaması, Delik işlemleri, Bilgi tabanlı sistemler

A COST ORIENTED SYSTEM FOR HOLE MAKING PROCESSES

ABSTRACT

A knowledge based system for manufacturing of various hole making processes has been developed. In the system, selection of machining methods, determination of sequences based on cutting tools for each process, determination of process time and cost analysis have been conducted. In the procedure, all available processes have been taken in to account regarding their costs and the most suitable in cost was chosen. The system generated helps facilitate determination of process time and the costs of features to be manufactured. It is especially useful for quick cost estimation. In addition to these, the system helps people who are naïve in manufacturing operations so that people could be used for the related manufacturing stages.

Key Words : Process planning, Hole making processes, Knowledge- based systems

1. GİRİŞ

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ile Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması (BDİP) bütünleşmesi için tasarım bilgilerinin üretim aşamasında kullanılabilir şekilde dönüştürülmesi gerekir (Kaya ve Öztürk, 2000). Bunun için özellikle tasarım aşamasında unsur kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Geleneksel BDT sistemleri kullanılarak tasarlanan parçaların geometrik model bilgileri, işlem planlaması için yeterli değildir. Bir unsurun veri tabanında geometrik bilgilerinin yanı sıra; yüzey kalitesi, biçim ve konum toleransları, malzeme,

takım yaklaşma yönü gibi bilgilerin de bulunması işlem planlamasında tasarımcı ve imalatçıya büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Tasarım unsurlarının imalat alanında kullanılmasının sağlanması imalat unsurlarını doğurur. Bunlar tasarım unsurlarının imalat için yorumlanması anlamını da taşımaktadır (Göloğlu, 2000).

BDT ve BDİP'yi geliştirmeye yönelik özellikle prizmatik iş parçaları üzerinde bulunan unsurların tanınıp, bu unsurların imalatı için işleme yöntemlerinin seçimi, gerekli işlem sıralarının tespiti gibi konuların otomatikleştirildiği çalışmalar bilgisayarların yaygınlaşmasıyla başlamıştır

(Nalbant, 1997). Bu çalışmalardan Sabourin and Villeneuve'nin (1994) birlikte yapmış oldukları çalışmada, parça analiz yöntemine dayalı işlem planlaması yapan bir uzman sistem geliştirmişlerdir. Teknolojik, kinematik ve topolojik gibi üç çeşit sınırlılık getirilerek parça üzerindeki unsurların daha gerçekçi tanımlanması ve iş parçasının tezgahta nasıl işlenebileceği ve takım yaklaşım yönünün ne olduğu hakkında fikir vermesi sağlanmıştır.

Feng and Kusiak (1995), yayınlanan araştırmalarında üretimin tasarımıyla bütünleşik bir şekilde olmasını bunun için de, tasarım için imalat değil imalat için tasarımın olması gerektiğini savunmuşlardır. İmalat için tasarımın üç önemli basamağı olduğunu, bunların işlenebilirlik, maliyet ve kaliteden oluştuğunu anlatmışlardır. İmalatı yapılacak olan iş parçalarının üzerinde taşıdıkları geometrik özelliklerin yanı sıra geometrik olmayan özellikler de taşıdıklarını ve bu özelliklerin o iş parçasının işleneceği tezgah, kesici takım gibi parçanın dışında olan ama parçayı doğrudan etkileyen özellikler olduğunu belirtmişlerdir. Bu özelliklerin nesneye yönelik programlarla kolayca ortaya çıkarıldıklarını da anlatmışlardır.

Kullanıcının girdiği parametre değerleri sistemin veri tabanında denetlenir. Örneğin kullanıcının delik unsuru tanımlanırken delik boyunu işlenecek parça kalınlığı ile kıyaslayıp girilen değer büyük olduğu kullanıcıya belirtilmekte, ayrıca delik çapı olarak belirlendiği değeri girdiğinde ise yine sistem veri tabanından istenen çapta kesicinin olup olmadığı eğer yoksa en uygun olanını kullanıcıya işaret edip değişiklik yapmasını sağlamaktadır. Bu da kullanıcıyı az hata yapmaya zorlamaktadır.

Srinivasan and Sheng (1999), Unsur tabanlı işlem planlaması geliştirmişlerdir. Parça üzerindeki unsurlar belirlendikten sonra alternatif imalat seçeneklerine göre işlem sırası meydana getirilmiştir. Bu işlemle beraber kullanılacak olan kesme sıvısının da seçimini gerçekleştirerek en uygun kesme değerlerine en yakın değerlerde işleme sağlanması anlatılmıştır. Bütün bu kısıtlamalardan sonra parça imalatı yapılacağını ve maliyeti olumlu bir şekilde etkileyeceği de bahsedilmiştir.

Gayretli and Abdalla (1999)'da yaptıkları çalışmada eş zamanlı mühendislik adına geliştirmiş oldukları nesneye yönelik çeşitli kısıtlamaların bulunduğu bir sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem kullanıcının tanımladığı unsurların geometrik ve geometrik olmayan özelliklerini kendi içerisinde bulunan kesme sınırlılıkları dahilinde inceleyerek her unsura bir işlem planlaması yapılması şeklinde olup bu olası işlemlerin kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır. Burada kesme sınırlılıkları işlem

kısıtlaması, tezgah kısıtlaması, tolerans ve yüzey kalitesi kısıtlamaları dahilinde olduğu bilinmektedir. Daha sonra bu tanımlanan işlem kombinasyonları arasından kullanıcının getirdiği sınırlılıklar da (işleme süresinin 30 dakikadan az olması, işleme maliyetinin belirli değerden az olması.) dikkate alınarak uygun olan işlemlerin seçilip, yapılması mümkün olmayan işlemlerin elendiği bir sistemdir.

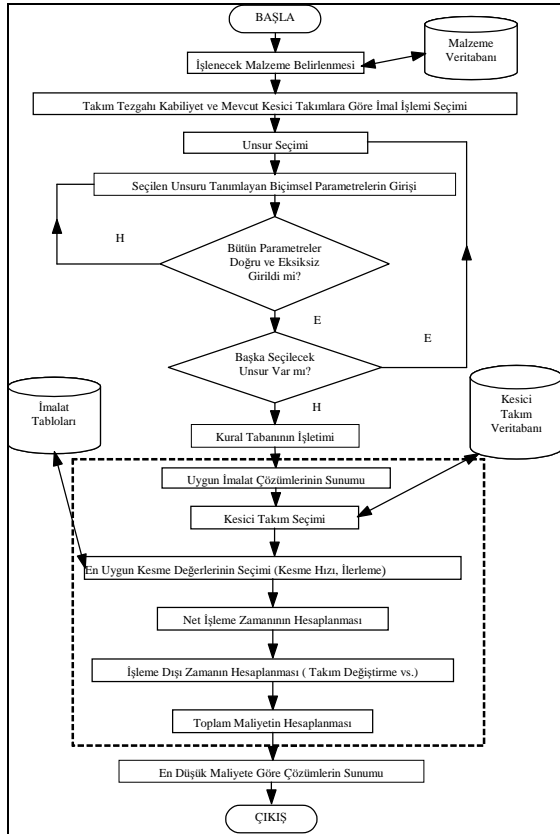
Kaya ve Öztürk'ün (2000), yapmış oldukları çalışmada BDT ile BDİP bütünleşmesi için prizmatik parçalarda unsur tanıma, unsur çıkarma ve kurgu planlama işlemlerini yapan bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem yardımıyla prizmatik parçalar üzerindeki unsurların işleme sıralarının belirlenmesinde boyut ve geometrik toleranslar ile geometrik öncelik kriterleri dikkate alınmıştır. Unsurlar arasındaki öncelikler bulunduktan sonra bu sıralamayı bozmayacak şekilde takım yaklaşım yönleri de dikkate alınarak unsur işleme sırasının bulunması için öncelik matris yöntemini kullanmışlardır.

Pham and Göloğlu (2001), birlikte yaptıkları çalışmada Pro Planner olarak isimlendirdikleri bir bilgi tabanlı sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem tasarım ve imalatın eş zamanlı düşünülüp, ürünün gelişmesine yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Sistem ile imalat işlemlerinin sıralanması, kesici takım seçimi, takım yavaşlama yönü, işlem sıralarının ürün tasarımındaki yorumu gibi bilgilerin kazanımında otomatikleşmeyi sağlamışlardır. Geliştirdikleri sistem, katı model üzerindeki unsurların kural tabanlı sorgulama ve nesneye yönelik programlama ile tanınmasını, bu unsurların üzerinde taşıdıkları geometrik ve geometrik olmayan bilgileri analiz ederek olası imal işlemlerinin belirlenmesini, olası imal işlemlerinin kesici takım kütüphanesinden yararlanılarak işlem sıralarının tespitini ve takım yavaşlama yönlerinin belirlenmesini içermektedir. Sistemdeki geri besleme yardımıyla da imalattan önce daha tasarım aşamasında iken hatalı tasarımların erkenden tespit edilerek, hataların düzeltilmesi için ürün tasarımında değişiklikler önermektedir.

Bahsedilen çalışmalar işlem planlaması üzerine yoğunlaşmıştır. İlgili unsurlar ve bunların işlenmesi için gerekli sayısal değerlerin ve donanımların seçilmesini içermektedir. Burada en az onlar kadar dikkate alınması gereken bir nokta da maliyettir. Unsurlar için uygun maliyette bir işleme yönteminin atanması, parçanın üretim maliyetinin belirlenmesine etki edecektir. Bu çalışma, bahsedilen çalışmalarda göz ardı edilen maliyet kısmını içermekte, maliyet merkezli bir planlama yapmaktadır.

2. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Endüstride kullanılan değişik delik tipleri için işleme yöntemi, kesici uç ve işlem sırasını belirleyen parçaların kısa bir sürede üretim zamanı ve maliyetlerini hesaplayan bir bilgi tabanlı sistem geliştirilmiştir. Sistemde yer alan kesici takım ve malzeme veri tabanları ilgili unsurlar için işleme yöntemlerinin belirlenmesinde kullanılmakta, oluşan muhtemel çözümler içinden en uygun maliyetteki çözüm önerilmektedir. Geliştirilen sistemin genel akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Sistem akış şeması

Sistemde bilgi, Bilgi Tabanlı Sistemlerde bilgi sunum yöntemlerinden olan çatı tipli bilgi sunumundan faydalanılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Sorgulama mekanizması ileri zincirleme stratejisi ile çalışmakta ve kullanıcı ara yüzü ile son kullanıcı irtibatı sağlanmaktadır. 19 adet delik çeşidi incelenen sistemde, delik delme işlemlerinin işlem sıraları, bu işlem sıralarında kullanılan kesici takımlara ve malzemeye göre maliyetlerinin analizleri gerçekleştirilmektedir. Geliştirilen bu yazılımda talaşlı imalatta kullanılan üniversal matkap tezgahlarında işlenebilecek türdeki unsurlar incelenmiştir.

2. 1. Malzeme Belirlenmesi

Kullanıcı tarafından sistemin malzeme veritabanından işlenmesi gereken malzeme belirlenir. Sistemde bulunan malzeme listesi imalatta sürekli kullanılan malzemelerden oluşmaktadır. Tablo 1'de sistemde kullanılan malzemeler verilmiştir.

Tablo 1. Malzemeler

Alaşımsız Çelikler 110 HB C<0.25%
Alaşımsız Çelikler 150 HB C<0.8 %
Alaşımsız Çelikler 250 HB C<1.4 %
Düşük Alaşımlı Çelikler 125-225 HB
Düşük Alaşımlı Çelikler 220-450 HB
Yüksek Alaşımlı Çelikler 150-250 HB
Yüksek Alaşımlı Çelikler 250-500 HB
Paslanmaz Çelikler 150-270 HB
Çelik Dökümler 150 HB Alaşımsız
Çelik Dökümler 150-220 HB Düşük Alaşımlı
Çelik Dökümler 160-200 HB Yüksek Alaşımlı
Titanyum Alaşımları 300-340 HB
Titanyum Alaşımları 320-380 HB
Dökme Demir 110-145 HB Kısa Talaşlı
Dökme Demir 200-230 HB Uzun Talaşlı
Gri Dökme Demir 180 HB
Gri Dökme Demir 260 HB
Alüminyum Alaşımları 60-150 HB
Alüminyum Alaşımları 40-180 HB

2. 2. İşlem Seçimi

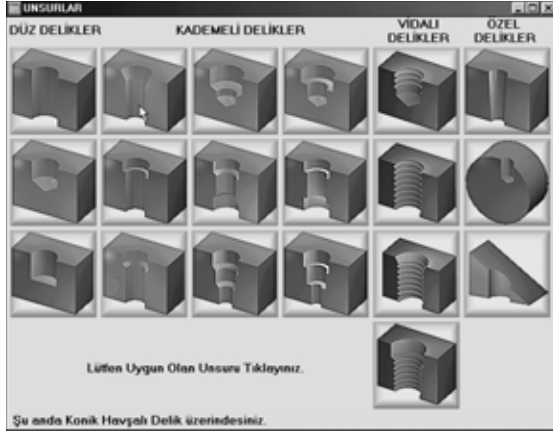
Kullanıcı atölye kapsamında bulunan tezgah kabiliyet ve kesici takımların varlığına göre bulunan işlemleri seçme hakkına sahiptir. Kullanıcı burada gerekli değişiklikleri yaparak sisteme elinde bulunan işlemleri tanıtmış olur. Geliştirilen sistemde kullanılan işlemler ve sistemdeki kurallarda kullanılan kodları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan İşlemler ve Kodları

İşlem Adı	Sistemdeki Kodu
Başlangıç Durumu	BD
Punta Matkabı ile Delme	PMDis
Matkapla Delme	MDis
Düz Uçlu Matkapla Delme	DMDis
Kaba Raybalama	KRis
Orta Raybalama	ORis
İnce Raybalama	IRis
Kılavuz Çekme	Kcis
Delik Kalemikle Kaba Büyütme	DKKBis
Delik Kalemikle Orta Büyütme	DKOBis
Delik Kalemikle İnce Büyütme	DKIBis
Silindirik Havşa Matkabıyla Delme	SHMDis
Konik Havşa Matkabıyla Delme	KHMDis
Konik Raybalama	KNRis

2. 3. Unsur Seçimi

İmalatı gerçekleştirilecek iş parçasının üzerinde bulunan muhtemel delik çeşitleri arasından uygun olanların belirlendiği seçenektir. Şekil 2’de gösterildiği gibi çalışmada kullanılan unsur çeşitleri dört ana grupta toplanabilir.



Şekil 2. Unsur çeşitleri

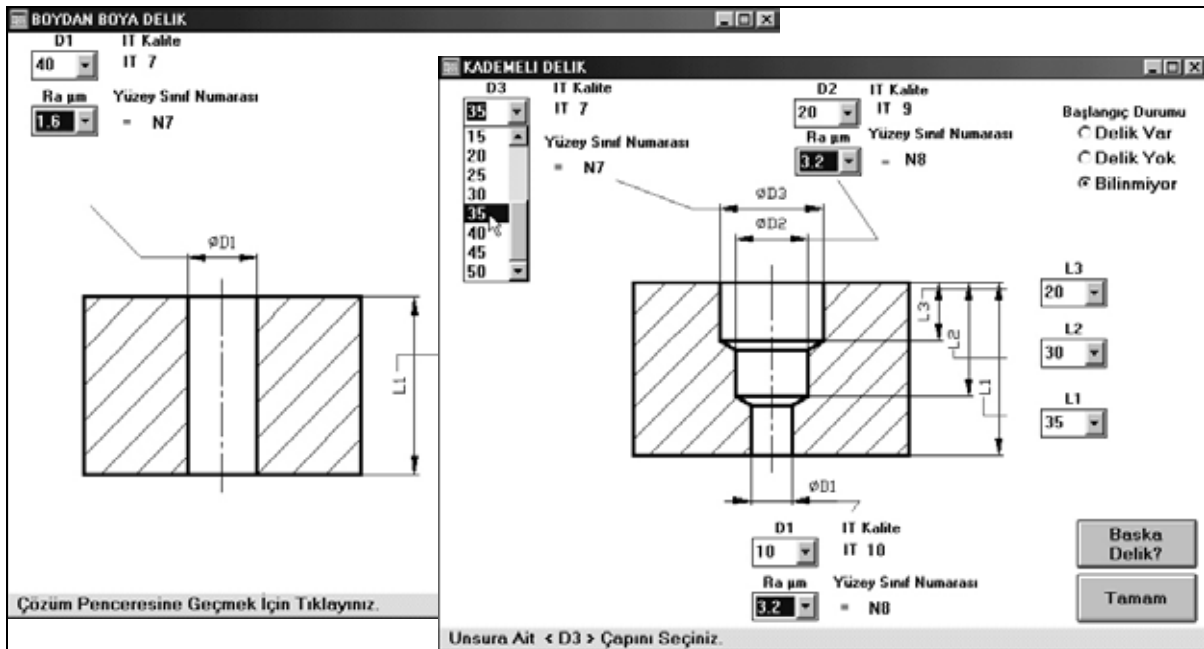
- Düz delikler: Bu gruba dahil delikleri kademeli delikler diye de tanımlayabiliriz. Deliklere ait çap ölçüsü kullanıcı tarafından

belirlenmekte ancak 2-50 mm. arasındaki değerlere çözüm üretilmektedir.

- Kademeli delikler: Bu delik çeşitleri, bir kademeli ve iki kademeli delikler olarak kendi aralarında sınıflandırılabilir. Kademeler temel olarak iki veya üç adet düz delik unsurunun birleşmesinden meydana gelmişlerdir.
- Vidalı delikler: Vidalı delikler ise düz delik veya kademeli delik unsuru ile vida çekme unsurunun birleşmesi ile elde edilmiştir. Vida çekme unsurunda, Whitworth ve Metrik olmak üzere iki cins vida kullanılmıştır. Whitworth vidalarda 1/8”-3/4” arası, Metrik vidalarda M2-M24 arası vida ölçülerine çözümler üretilmektedir.
- Özel delikler: Bu gruba ele alınan üç delik aslında düz delik grubuna girmektedir. Fakat üzerinde buldukları iş parçasının konum ve şeklinde farklılıklar olduğu için ayrı bir gruba dahil edilmiştir.

2. 4. Biçimsel Parametrelerin Tanımlanması

Kullanıcı tarafından analiz için seçilen unsurları tanımlayan biçimsel parametreler sistemde hazırlanan menü yardımıyla girilir (Şekil 3).



Şekil 3. Biçimsel parametrelerin tanımlanması

Her unsurun çap ve delik boyları arasında bir ilişki söz konusudur. Bu ilişkiye göre sisteme hatalı

parametre girişi yapıldığında sistem kendini denetleyerek bu hataların neler olduğunu kullanıcıya

açıklamaktadır. Ayrıca sistem, çözümlerin gerçeğe en yakın olarak sunulabilmesi için parametre girişinin eksik olmaması gerektiği durumunu da göz önüne alarak kullanıcıyı uyarır. Bu aşamada eğer kullanıcı hatalı veya eksik tanımladığı parametre değerlerini doğru bir şekilde tanımlayamazsa daha sonraki işlemlere devam edememektedir.

3. SİSTEMDE BİLGİNİN SUNUMU

Kullanıcının belirlemiş olduğu unsurlara ait biçimsel parametreler sistemde bilgi rafları olarak adlandırılabilir olan yerlerde saklanmaktadır. Seçilen her unsur için ayrı bir bilgi rafı tanımlanmakta, o unsura ait parametreler ve değerleri bu raflarda saklanmaktadır. Sistem, kullanıcının unsur seçimleri ve bunlara ait tanımlamaları tamamlandıktan sonra kural tabanının işletilmesi sırasında bu bilgi raflarından yararlanmaktadır.

Örnek olarak, seçilen Kademeli Delik unsuruna ait parametreler kddlk_1 bilgi rafında (Başlangıç: Bilinmiyor, D1: 10, D1Tol: N8, D1Yuzey: 3.2, IT1: 10, L1: 35, D2: 20, D2Tol: N8, D2Yuzey: 3.2, IT2: 9, L2: 30, D3: 35, D3Tol: N7, D3Yuzey: 1.6, IT3: 7, L3: 20) bulunur (Şekil 3).

4. ÜRETİM KURALLARI

Sistemde tanımlı 19 çeşit delik unsuru için 7 temel kural grubu tanımlanmış olup, unsurun biçimsel özelliğine bağlı olarak bu kuralların bir veya birkaçının sırayla çalıştırılması sonucunda imalat çözümleri üretilmektedir. Bu 7 temel kural grubu; Kural_1: Boydan boya delik üretimi için; Kural_2: Kör delik_1 üretimi için; Kural_3: Kör delik_2 üretimi için; Kural_4: Konik havşalı delik üretimi için; Kural_5: Silindirik havşalı delik üretimi için; Kural_6: Konik delik üretimi için; Kural_7: Vidalı delik üretimi için geliştirilen kurallardır. Tablo 3'de kural gruplarının hangi unsurlar için ve hangi sıra ile kullanılacağı belirtilmiştir.

Sistemde tanımlı delik unsurlarının çoğunda kullanılan Boydan boya delik (Kural_1) için hazırlanmış kuralların çalışabilmesi için şartları ve yetenekleri Tablo 4'de gösterilmiştir. Örnek olarak Tablo 4'de verilen kurallardan MDis_DKKBis kuralının çalışması Şekil 4'de verilmiştir.

```

MDis_DKKBis
{EĞER D1>20 O HALDE Öİ=MDis ve Sİ= DKKBis
  {EĞER IT>10 ve Ra>= 6.3 O HALDE Çözüm.
  EĞER DEĞİLSE( IT>10 ve Ra>= 6.3 ) O HALDE
  Öİ= DKKBis ve Diğer Kuralları Ara.
  }
EĞER DEĞİLSE ( D1>20 ) O HALDE Öİ=MDis
ve Diğer Kuralları Ara.
}
Öİ: Önceki İşlem; Sİ: Sonraki İşlem.

```

Şekil 4. MDis_DKKBis kuralının çalışması

Şekil 3'de biçimsel tanımlanması ve parametrelerin saklandığı bilgi rafı yukarıda açıklanan boydan boya delik unsuru için sistem tarafından bu parametre değerleri dikkate alarak Tablo 3'de gösterilen kural gruplarından Kural_1'i çalıştırıp Tablo 5'de gösterilen alternatif çözümler bulunmuştur.

Tablo 3. Unsurların Çözümlendiği Kural Grupları

UNSUR TANIMI	KURAL GRUBU	
1 Boydan boya delik	Kural_1 (BBD)	
2 Kör delik_1	Kural_2 (KD1)	
3 Kör delik_2	Kural_3 (KD2)	
4 Konik havşalı delik	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_4 (KHD)
5 Silindirik havşalı delik	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_5 (SHD)
6 Kademeli delik_1	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_2 (KD1)
7 Kademeli kör delik_3	1. Kademe için	Kural_2 (KD1)
	2. Kademe için	Kural_2 (KD1)
8 Kademeli kör delik_4	1. Kademe için	Kural_2 (KD1)
	2. Kademe için	Kural_3 (KD2)
9 Kademeli delik_2	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_2 (KD1)
	3. Kademe için	Kural_2 (KD1)
10 Kademeli delik_3	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_3 (KD2)
	3. Kademe için	Kural_3 (KD2)
11 Kademeli delik_4	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_2 (KD1)
	3. Kademe için	Kural_2 (KD1)
12 Kademeli delik_5	1. Kademe için	Kural_1 (BBD)
	2. Kademe için	Kural_3 (KD2)
	3. Kademe için	Kural_3 (KD2)
13 Vidalı delik_1	1. İşlem için	Kural_2 (KD1)
	2. İşlem için	Kural_7 (VİD)
14 Vidalı delik_2	1. İşlem için	Kural_1 (BBD)
	2. İşlem için	Kural_7 (VİD)
15 Vidalı delik_3	1. İşlem için	Kural_1 (BBD)
	2. İşlem için	Kural_4 (KHD)
	3. İşlem için	Kural_7 (VİD)
16 Vidalı delik_4	1. İşlem için	Kural_1 (BBD)
	2. İşlem için	Kural_2 (KD1)
	3. İşlem için	Kural_7 (VİD)
17 Özel delik_1	Kural_1 (BBD)	
18 Özel delik_1	Kural_1 (BBD)	
19 Özel delik_1	Kural_13 (KnD)	

Tablo 4. Boydan Boya Deliğe (Kural_1) Ait Kuralların Şartları ve Yetenekleri

KURALLAR	ŞARTLAR	YETENEKLER
BD_PMDis	“DelikYok” ve $[(D_1 > 2 \text{ ve } D_1 \leq 20) \text{ veya } [D_1 > 20 \text{ ve } D_1 \leq 35 \text{ ve } (R_a \leq 6.3 \text{ veya } IT \leq 10)]]$	$IT > 14$
BD_MDis	$D_1 < 20$ veya $(R_a < 50 \text{ ve } IT < 12)$	$IT \geq 12$ ve $R_a \geq 6.3$
BD_DKKBis	“Delik Var” ve $D_1 > 20$	$IT \geq 11$ ve $R_a \geq 6.3$
PMDis_MDis	$D_1 > 20$	$IT \geq 11$ ve $R_a \geq 6.3$
MDis_DKKBis	$D_1 > 20$	$IT \geq 10$ ve $R_a \geq 6.3$
MDis_DKOBis	$D_1 > 20$ ve $R_a \leq 3.2$	$IT \geq 8$ ve $R_a \geq 3.2$
MDis_DKIBis	$D_1 > 20$ ve $R_a \leq 1.6$	$IT \geq 7$ ve $R_a \geq 1.6$
DKKBis_ORis	$D_1 \leq 50$	$IT \leq 7$ ve $R_a \leq 1.6$
DKKBis_IRis	$D_1 \leq 50$	$IT \leq 7$ ve $R_a \leq 0.4$
MDis_KRis	$D_1 > 2$ ve $D_1 \leq 20$	$IT \leq 12$ ve $R_a \leq 3.2$
MDis_Oris	$D_1 > 2$ ve $D_1 \leq 20$	$IT \leq 12$ ve $R_a \leq 0.8$
MDis_Iris	$D_1 > 2$ ve $D_1 \leq 20$	$IT \leq 10$ ve $R_a \leq 0.4$

IT, Temel Tolerans derecesi; R_a , Yüzey Pürüzlülük değeri (μm).

BD_PMDis, Başlangıç Durumundan Punta Matkabı ile Delme İşlemi;
 BD_MDis, Başlangıç Durumundan Matkap ile Delme İşlemi;
 BD_DKKBis, Başlangıç Durumundan Delik Kalem ile Kaba Büyütme İşlemi;
 PMDis_MDis, Punta Matkabı ile Delme İşleminde Matkap ile Delme İşlemi;
 MDis_DKKBis, Matkap ile Delme İşleminde Delik Kalem ile Kaba Büyütme İşlemi;
 MDis_DKOBis, Matkap ile Delme İşleminde Delik Kalem ile Orta Büyütme İşlemi;
 MDis_DKIBis, Matkap ile Delme İşleminde Delik Kalem ile İnce Büyütme İşlemi;
 DKKBis_ORis, Delik Kalem ile Kaba Büyütme İşleminde Orta Raybalama İşlemi;
 DKKBis_IRis, Delik Kalem ile Kaba Büyütme İşlemi İnce Raybalama İşlemi;
 MDis_KRis, Matkap ile Delme İşleminde Kaba Raybalama İşlemi;
 MDis_ORis, Matkap ile Delme İşleminde Orta Raybalama İşlemi;
 MDis_IRis, Matkap ile Delme İşleminde İnce Raybalama İşlemi.

Tablo 5. Sistemin D1 İçin Bulduğu Çözümler

Çözüm 1		Çözüm 2		Çözüm 3		Çözüm 4	
İ.S. 1	Punta Matkabı ile Delme	İ.S. 1	Punta Matkabı ile Delme	İ.S. 1	Matkap ile Delme	İ.S. 1	Matkap ile Delme
İ.S. 2	Matkap ile Delme	İ.S. 2	Matkap ile Delme	İ.S. 2	Delik Kalem ile Kaba Büyütme	İ.S. 2	Delik Kalem ile İnce Büyütme
İ.S. 3	Delik Kalem ile Kaba Büyütme	İ.S. 3	Delik Kalem ile İnce Büyütme	İ.S. 3	Orta Raybalama		
İ.S. 4	Orta Raybalama						
İ.S., İşlem sırası.							

5. İŞLEMLERE AİT MALİYETLERİN HESAPLANMASI

Bu aşamada ise sistem elde edilen çözümleri teker teker ele alarak işlem sırasına göre kesici takımlara (raybalama işleminden önce rayba payı bırakılmış bir matkap ile delmek gerekeceği / vida çekme işleminden önce kılavuz çapından küçük bir matkap ile delmek gerekeceği gibi kısıtlamalar göz önüne alınarak) takım çapı tayin eder. Örnek olarak Tablo 5’de sunulan çözümlerden Çözüm 1’i inceleyecek olursak;

Punta matkabı ile delme işleminde punta matkabı çapının elde edilecek D1 çapının boyutuna göre (eğer $D1 < 5$ ise punta matkap çapı 2 mm, eğer $D1 > 5.01$ ise punta matkap çapı 4 mm’dir.) 4 mm olduğu anlaşılmıştır. $D1 > 20$ mm olduğundan ara matkap kullanılacağı anlaşılmaktadır (Loug and Spedding, 1995).

İncelediğimiz Çözüm 1’de hem matkapla delme işlemi hem de delik kalem ile işlemin olduğu görülmektedir ve hedef çapın matkap ile elde

edilmediği de görülmelidir. Aynı şekilde Çözüm 1 içerisinde son işlem olarak orta raybalama işlemi olduğundan hedef çap delik kalem ile de elde edilmeyeceği anlaşılmalıdır. Dolayısıyla delik kalem ile elde edilecek çap raybalama payı (eğer $D1 \leq 10$ mm ise raybalama payı 0.3 mm, eğer $D1 > 10$ mm ise raybalama payı 0.5 mm’dir.) verildikten sonra 39.5 mm olduğu bulunmuştur. Rayba çapının ise 40 mm olduğu da anlaşılmıştır.

Bundan sonraki aşama delme derinliklerinin belirlenmesidir. Elde edilecek hedef çapın delme boyu $L = 35$ mm’dir, ancak her kesici takımın işleme derinliği farklıdır. Matkap için delme derinliği, giriş çıkış mesafeleri ve matkap uç mesafesi dikkate alınarak $l = L + d \cdot 0.5$; Raybalama için delme derinliği ise $l = L + d$ eşitlikleri ile hesaplanır. Burada; l delme derinliği – (mm); L delme boyu – (mm); d takım çapı – (mm) ’dir. Çözüm 1’de bulunan işlemler için elde edilen delme derinlikleri Tablo 6’da verilmiştir.

Maliyetlerin gerçeğe çok yakın hesaplanmasında, kesme hızı ve ilerleme değerlerinin doğru şekilde belirlenmesi çok önemli bir yer tutar. Bunun için

Tablo 6. Çözüm 1'e Ait İşlemlerin Hesaplanan Değerleri

İşlem Tanımı	Takım Çapı mm	Delme Derinliği mm	Kesme Hızı m/dak	İlerleme mm/dev	Takım ömrü dak	İşleme süresi dak
Punta Matkabı ile delme	4	6	90	0.14	5.4	0.006
Matkap ile delme	12	41	90	0.20	137.4	0.09
Matkap ile delme	20	45	80	0.25	314.4	0.14
Delik Kalemi ile Kaba işleme	39.5	42.9	90	0.35	85.8	0.42
Orta raybalama	40	75	23	0.30	279.6	1.37

sistemde tanımlı olan delinecek malzemeye ve kullanılan kesici takım cinsine göre kesme hızı ve ilerleme değeri çizelgelerinden yararlanılmıştır.

Takım ömrü, iki bileme arasındaki gerçek çalışma süresi olarak tanımlanabilir (Şahin, 2001). Takım ömrü, işleme şartlarının belirlenmesinde çok önemli bir rol oynar. Kullanılan kesicilerin takım ömrü Kolahan and Liang, (2000) nin yapmış oldukları araştırma sonucunda elde ettikleri formüllere göre hesaplanarak ilgili işlem sırasının bilgi rafına yazılır.

Yeni delik için takım ömrü;

$$T = (8 \cdot d^{0.4} / v \cdot f^{0.7})^5 \quad (1)$$

Matkapla delik genişletme için takım ömrü;

$$T = (18.4 \cdot d^{0.4} / v \cdot e^{0.2} \cdot f^{0.5})^5 \quad (2)$$

Vida çekme ve raybalama işlemleri için takım ömrü;

$$T = (12.1 \cdot d^{0.3} / v \cdot e^{0.2} \cdot f^{0.65})^{2.5} \quad (3)$$

Burada; T takım ömrü – (dak); d takım çapı – (mm); V kesme hızı – (m/dak); e kesme derinliği – (mm); f ilerleme – (mm/dev) 'dir.

İşleme maliyetinin hesaplanmasında esas olarak kullanılan işleme süresinin her işlem için ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Daha önce her işlem için hesaplanan delme derinlikleri Eşitlik 4'de yerine koyulursa esas işleme süreleri bulunur (Akkurt, 1996). Esas işleme süresi;

$$t_h = 1,1 \cdot i \cdot L / n \cdot f \quad (\text{dak}) \quad (4)$$

Burada; i aynı çapta ve derinlikte olan delik sayısı; L delme derinliği – (mm); n devir sayısı – (dev / dak); f ilerleme – (mm / dev) 'dir. Buraya kadar hesaplanan değerler Tablo 6'da verilmiştir. Bu değerler kullanılarak her bir işlem için şu maliyetler hesaplanır. Örnek olarak 12 mm'lik matkap ile delme işlemini ele alalım.

İşçilik maliyeti (M_i): İşçilik saat ücreti 2000 000 TL kabul edilerek $M_i = 2860$ TL hesaplanır.

- Hazırlık Zamanı Maliyeti (M_H): Her çözüm için sadece birinci işlemde hesaplanır.
- Tezgah Maliyeti (M_T): Bu maliyet hesaplanırken, Tezgah alım fiyatı 1Milyar TL; Tezgah hurda fiyatı 250 Milyon TL; Tezgahın kullanıldığı süre 10 yıl; Tezgahın gücü 1 KWh; Tezgahın tamir bakım ücreti 50 Milyon TL; Bir yılda 260 işgünü; Bir günde 8 saat olduğu; 1KWh enerji 5 Milyon TL kabulleri yapılmıştır.
- Amortisman maliyeti (M_A), 51.56 TL, Harcanan enerji maliyeti (M_E), 7150 TL, Tezgah bakım onarım maliyeti (M_B), 34.37 TL. Buradan toplam tezgah maliyeti(M_T);

$$\begin{aligned} M_T &= M_A + M_E + M_B \\ M_T &= 51.56 + 7150 + 34.37 \\ M_T &= \underline{7235.93} \text{ TL. olur.} \end{aligned} \quad (5)$$

- Kesici takım maliyeti (M_K) 3125 TL
- Takım değiştirme maliyeti (M_{TD}): Her çözüm içerisinde ilk işlemin maliyeti hesaplanırken bu maliyet sıfır olarak alınır, diğer işlemlerde takım değiştirme süresi 2 dak alınarak hesaplanarak, 66666.66 TL olur.

Tüm bu maliyetlerin hesabından sonra 12 mm'lik matkap ile delme işleminin toplam maliyeti;

$$\begin{aligned} M &= M_i + M_H + M_T + M_K + M_{TD} \\ M &= 2860 + 0 + 7235.93 + 3125 + 66666.66 \\ M &= \underline{79887.59} \text{ TL bulunur.} \end{aligned} \quad (6)$$

İşlemlere ait maliyetlerin belirlenmesinde kullanılan formüllerin ayrıntıları Pamukoğlu (2003)'de verilmektedir. Burada anlatılan maliyet hesapları Çözüm 1'e ait diğer işlemlere de uygulandığında elde edilen toplam maliyet Çözüm 1'in maliyeti olmuş olur. Diğer çözümlere ait işlemlerin maliyetleri de hesaplandığında Tablo 7'deki değerler bulunur. Son olarak elde edilen çözümlerin maliyetleri arasından düşük maliyetli olanlar sıraya koyulup kullanıcıya sunulur.

6. SONUÇ

İmal edilecek deliklerin işlem süreçleri ve maliyetleri hakkında hesaplamalar yapmak dikkate değer bir sürenin bu kapsamda kullanılmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada imalatı yapılacak ürünler üzerinde bulunan deliklerin işlenmesi için çözümler üreten bir bilgi tabanlı sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde üniversal matkap tezgahlarında işlenebilen

tanımlı 19 adet delik çeşidi için üretim kuralları oluşturulmuştur. Girilen biçimsel parametrelerin ışığında sistemde tanımlı bulunan üretim kuralları ile maliyet merkezli çözümler üretilmiş, en uygun maliyetli işleme yöntemi ve süreleri hakkında çözümler sunulmuştur. İşleme yöntem seçimi yanında işleme sıraları, bu işlemleri gerçekleştirecek kesici takım çap tespiti ve uygun takımın belirlenmesiyle esas işleme süresinin hesabı yapılarak işlenen delikler için maliyet hesaplamasını da yapılmıştır.

Tablo 7. Boydan Boya Delik İçin Üretilen Çözümlerin Maliyetleri

D1 için Çözümler				
Çözümler	İşlem Sırası	İşlem Tanımları	İşlemin Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Çözüm 1	1	Punta Matkabı ile Delme	139 800.51	698 032
	2	Matkap ile Delme 12 mm	79 887.59	
	3	Matkap ile Delme 20 mm	85 543.85	
	4	Delik Kalemi ile Kaba Büyütme	141 071.94	
	5	Orta Raybalama	251 728.47	
Çözüm 2	1	Punta Matkabı ile Delme	139 800.51	812 819
	2	Matkap ile Delme 12 mm	79 887.59	
	3	Matkap ile Delme 20 mm	85 543.85	
	4	Matkap ile Delme 30 mm	96 455.93	
	5	Delik Kalemi ile İnce Büyütme	411 131.24	
Çözüm 3	1	Matkap ile Delme 12 mm	175 450.23	653 794
	2	Matkap ile Delme 20 mm	85 543.85	
	3	Delik Kalemi ile Kaba Büyütme	141 071.94	
	4	Orta Raybalama	251 728.47	
Çözüm 4	1	Matkap ile Delme 12 mm	175 450.23	768 581
	2	Matkap ile Delme 20 mm	85 543.85	
	3	Matkap ile Delme 30 mm	96 455.93	
	4	Delik Kalemi ile İnce Büyütme	411 131.24	

Sistem, unsurların birbiri ile olan konum ilişkilerini inceleyip unsurları öncelik sıralaması yaparak işlem planının oluşturulması, yapılacak eklemeler ile diğer takım tezgahlarındaki işlem çeşitleri için de çözümler üretilebilmesi ileriye dönük çalışmalar olarak ele alınabilir.

7. KAYNAKLAR

Akkurt, M. 1996. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Feng, C.X. and Kusiak, A. 1995. Constraint – Based Design of Parts Computer-Aided Design, Vol. 27, No.5, pp.343 – 352.

Gayretli, A. and Abdalla, H. S. 1999. An Object-Oriented Constraints-Based System for Concurrent

Product Development, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 15, pp.133 – 144.

Göloğlu, C. 2000. Mühendislikte Tasarım ve Analiz, Z. K. Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları.

Kaya, N. ve Öztürk, F. 2000. Tasarım Veri Tabanından İşleme Unsurlarının Çıkarılması ve Kurgu Planlama, 9. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildirileri.

Kolahan, F. and Liang M. 2000. Optimization of hole-making operations: a tabu-search Approach, International Journal of Machine Tools & Manufacture 40, pp. 1735 – 1753.

Loung, L.H.S. and Spedding, T. 1995. An Integrated System for Process Planning and Cost Estimation in Hole Making, Int. J. Adv. Manuf. Technol 10, pp. 411 – 415.

Nalbant, M. 1997. Bilgisayarla Bütünleşik Tasarım ve İmalat, Beta Yayınevi, İstanbul.

Pamukoğlu, U. 2003. Delik İşlemleri İçin Maliyet Merkezli Bir Bilgi Tabanlı Sistem Geliştirilmesi, Z. K. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak.

Pham, D.T. and Gologlu, C. 2001. A Computer Aided Process Planning System for Concurrent Engineering, Proc. Instn. Mech. Engrs., Vol. 215 Part B.

Sabourin, L. and Villeneuve, F. 1994. OMEGA, An Expert CAPP System, Computers in Engineering, Vol. 1, ASME.

Srinivasan, M. and Sheng, P. 1999. Feature-based Process Planning for Environmentally Conscious Machining – Part 1: Microplanning, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 15, pp. 257-270.

Şahin, Y. 2001. Talaş Kaldırma Prensipleri-2, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.