



**T.C**  
**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TALAŞLI İMALAT İŞLEMLERİNDE**  
**KESME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ İÇİN**  
**BİR UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI**

**CİHAT ENSARİOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA 2007**

**T.C**  
**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TALAŞLI İMALAT İŞLEMLERİNDE**  
**KESME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ İÇİN**  
**BİR UZMAN SİSTEM YAKLAŞIMI**

**CİHAT ENSARİOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez ..../...../200... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. M. Cemal ÇAKIR  
Danışman

Prof. Dr. Agah UĞUZ

Prof. Dr. Recep EREN

## ÖZET

Tüm talaşlı imalat yöntemlerinde olduğu gibi tornalamada da kesici takım seçimi birçok faktör göz önüne alınarak yapılması gereken bir işlemdir. Bir malzemeyi işleyebilmek için kesici takım seçimi yapılırken pek çok olasılıkla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada kesici takım seçimi, kullanıcıyı yönlendirecek bilgilendirmeleri de içerecek şekilde, oluşturulan veri tabanlarının da entegre edildiği nesne tabanlı bir yazılıma aktarılmıştır. Öncelikle bu seçimin yapılmasında etkili olan bağlama yöntemi, kesici ucun köşe radyüsü gibi unsurların, gerekli yönlendirmeler de yapılarak, kullanıcı tarafından belirlenmesi sağlanmış; ardından, seçilen kesici takım için bir kesme hızı tavsiye edilerek, bu kesme hızı sonucunda elde edilen işleme süresi, tezgah gücü gibi değerler de kullanıcıya verilmiştir. Düşük maliyet, yüksek kalite ve kısa işleme zamanı anlamına gelen işlenebilirlik talaşlı imalat için önemli bir kavramdır. Bu çalışmada, alıştırım elementlerinin malzemenin işlenebilirliğine ve işlenebilirliği etkileyen diğer özelliklerine olan etkisi, kolayca görebileceği şekilde kullanıcıya sunulmuştur. Sonuç olarak, bir veri tabanı olarak veya tornalama işleminin temel prensipleri hakkında bilgi edinilmesinde kullanılabilir bir yazılım geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler** : Tornalama, Kesici takım seçimi, İşlenebilirlik, Nesne tabanlı yazılım, Veri tabanları.

## ABSTRACT

In turning, as in every metal cutting operation, cutting tool selection is such a process that many factors are to be taken into consideration. While doing the selection of the cutting tool in order to machine the workpiece material, a number of possibilities are met. In this study, the matters of cutting tool selection is transferred into an object oriented software, in which databases are integrated, in such a way that the user is guided with the help of metal cutting principles given. In the cutting tool selection section, firstly, the user is made to select the components like clamping method, cutting tool corner radius, that are influential on this selection; after that, a cutting speed is recommended according to the selections made up to that stage, and the values that are derived from this cutting speed, such as cutting time and power, are given to the user. Machinability is a considerable concept in machining, implying low cost, high quality and low machining time. In this study, it is presented to the user that how the alloying elements affect the machinability and the other qualities which affect the machinability, in a way that the user will comprehend easily. As a result, a software that can be used as a database or for being informed in the subject of metal cutting principles is developed.

**Keywords:** Turning, Cutting tool selection, Machinability, Object oriented software, Databases.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	I
ABSTRACT .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	V
TABLULAR DİZİNİ .....	VII
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>2</b>
<b>3. KURAMSAL BİLGİLER .....</b>	<b>4</b>
3.1. Veri Tabanları Ve Uzman Sistemler .....	4
3.1.1. Veri Tabanları .....	4
3.1.2. Uzman Sistemler .....	5
3.2. Tornalama .....	9
3.2.1. Kesme Parametreleri .....	10
3.2.2. Kesici Uç Parametreleri .....	13
3.2.3. Talaş Oluşumu .....	15
3.2.4. Operasyonla İlgili Diğer Değerler .....	17
3.3. Kesici Takım Seçimi .....	18
3.3.1. Uç Tespit Sistemi .....	19
3.3.2. Kesici Ucun Şekli .....	20
3.3.3. Kesici Ucun Büyüklüğü .....	21
3.3.4. Kesici Takım Malzemesi .....	22
3.3.5. Kesici Ucun Köşe Radyüsü .....	25
3.3.6. Kesici Ucun Tipi .....	26
3.3.7. Kesme Verileri .....	28
3.4. İşlenebilirlik .....	30
3.4.1. Çeliklerin İşlenebilirliği .....	32
3.4.2. Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği .....	34
3.4.3. Dökme Demirlerin İşlenebilirliği .....	36
3.4.4. Isıl Dirençli Alaşımların İşlenebilirliği .....	38
3.4.5. Titanyumun İşlenebilirliği .....	38

3.4.6. Alüminyumun İşlenebilirliği .....	39
3.5. Alaşım Elementlerinin Çeliklerin İşlenebilirliğine Etkileri .....	40
3.5.1. Çeliklerin Sınıflandırılması .....	40
3.5.2. Alaşım Elementlerinin Çeliğin İşlenebilirliğine ve İşlenebilirliği Etkileyen Diğer Özelliklerine Etkileri .....	44
<b>4. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>47</b>
<b>5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>53</b>
5.1. Kesici Takım Seçimi için Geliştirilen Yazılım .....	53
5.2. Çeliklerde Alaşım Elementlerinin İşlenebilirlik ve İşlenebilirliği Etkileyen Özelliklere Etkileri için Geliştirilen Yazılım .....	65
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>72</b>
TEŞEKKÜR .....	75
ÖZGEÇMİŞ .....	76

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Temel talaş kaldırma teorisi .....	9
Şekil 3.2. Temel tornalama operasyonları: boyuna, alın, profil, dalma .....	9
Şekil 3.3. Kesme hızı, anamıl hızı ve aralarındaki ilişki .....	10
Şekil 3.4. Paso, ilerleme ve yanaşma açısı .....	11
Şekil 3.5. Paso, efektif kesme uzunluğu; ilerleme, talaş kalınlığı; ve yanaşma açısı .....	12
Şekil 3.6. Köşe radyüsü .....	14
Şekil 3.7. Temel uç şekilleri : negatif ve pozitif .....	14
Şekil 3.8. Boşluk açısı .....	15
Şekil 3.9. Talaş açısı .....	15
Şekil 3.10. Talaş tipleri: Sürekli ve kısa .....	16
Şekil 3.11. Sürekli talaş tipi ve BUE .....	16
Şekil 3.12. Kesici takımın katerin temel bileşenleri ve kesici uç .....	18
Şekil 3.13. Efektif kesici kenar uzunluğu ve kenar uzunluğu .....	21
Şekil 3.14. Farklı uç şekillerinde $l_a - l$ ilişkisi .....	22
Şekil 3.15. Kesici takım malzemelerinin Tokluk – Sertlik karşılaştırması .....	23
Şekil 3.16. Köşe radyüsü – ilerleme – yüzey pürüzlülüğü ilişkisi .....	26
Şekil 3.17. C uç şekline ait iki farklı uç tipi .....	27
Şekil 3.18. Değişen ilerleme değerine göre kesme hızındaki yüzdesel değişim .....	29
Şekil 3.19. Temel malzeme gurupları .....	30
Şekil 3.20. Çeşitli alaşım elementlerinin çeliklerin bazı özelliklerine katkıları .....	33
Şekil 3.21. Alaşım çelikler ile dökme demirlerin karşılaştırılması .....	36
Şekil 4.1. Delphi çalışma ortamı .....	47
Şekil 4.2. Malzeme veri tabanından bir kesit .....	48
Şekil 4.3. Birlikte kullanılan veri tabanlarına bir örnek .....	48
Şekil 4.4. Sui komponentleri ile hazırlanan arayüz .....	49
Şekil 5.1. Operasyon tipi, paso, ilerleme ve işlem tipinin belirlendiği ilk aşama .....	54
Şekil 5.2. Temel uç şekli seçim aşaması (parametre seçimi yok) .....	55
Şekil 5.3. Temel uç şekli seçim aşaması (parametre seçimi var) .....	55
Şekil 5.4. Bağlama yöntemi seçimi aşaması .....	56

Şekil 5.5. Uç şeklinin ve uç büyüklüğünün seçildiği aşama (parametre seçimi yok) ....	57
Şekil 5.6. Uç şeklinin ve uç büyüklüğünün seçildiği aşama (parametre seçimi var) ....	58
Şekil 5.7. İş parçası malz., kesici takım kalitesinin ve radyüsün seçildiği aşama .....	59
Şekil 5.8. Malzemenin seçimi ve sertlik değeri ile uygun kalitelerin belirmesi .....	60
Şekil 5.9. Radyüsün seçilmesi ve yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi .....	61
Şekil 5.10. Tavsiye değerlerinin ve sonuçların verildiği son aşama .....	62
Şekil 5.11 İşlenecek çapın ve uzunluğun girilmesiyle hesaplanan değerler .....	62
Şekil 5.12. Kesme hızının değiştirilmesi ve maksimum devir sayısının belirlenmesinden sonra elde edilen değerler .....	63
Şekil 5.13. Program ekranında “ikinci sekme” ve örnek olarak seçilen element oranları .....	65
Şekil 5.14. Şekil 5.13’teki uygulama değerlerini kullanarak östenitik yapıya geçiş .....	66
Şekil 5.15. İşlenebilirlik en kötü duruma gelecek şekilde hazırlanan örnek .....	68
Şekil 5.16. “Malzeme sınıfından gidiş” sekmesi için seçilen örnek (ilk örnekte ulaşılan “düşük alaşımli yüksek dayanımlı çelikler” kullanılmıştır) .....	69
Şekil 5.17. Veritabanında saklanan alaşım oranlarının minimum ve maksimum değerleri.....	70
Şekil 5.18. Element oranlarının sınırlandırılmış olması ve ilk örnekteki oranların seçilmesi.....	70



## TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. İşlem tipleri .....	13
Tablo 3.2. Kesici uç şekli ve etki yönleriyle birlikte etkilediği parametreler .....	20
Tablo 3.3. Köşe radyüsü değerlerinin kullanıldığı ilerleme aralıkları .....	26
Tablo 3.4. Değişen takım ömrüne göre kesme hızı düzeltme faktörleri .....	28
Tablo 3.5. Değişen sertlik değerine göre kesme hızı düzeltme faktörleri .....	29
Tablo 3.6. İşlenebilirliğe etkide bulunan temel özellikler ve etkileri .....	36
Tablo 3.7. Az alaşımlı çeliklerin Türk Standartları'na göre gösteriminde kullanılan katsayılar .....	41
Tablo 3.8. Çeliklerin esas alaşım elementine göre sınıflandırılması .....	42
Tablo 3.9. Alaşım elementlerinin çeliğin işlenebilirliğine ve işlenebilirliği etkileyen diğer özelliklere etkileri .....	46
Tablo 4.1. Çelik sınıflarında elementlerin minimum ve maksimum bulunma oranları .....	50
Tablo 4.2. Elementlerin sertlik ve işlenebilirlik özelliğine etkileri (‘ = Östenitik Yapı) .....	51
Tablo 5.1. Elementlerin işlenebilirliğe etkisi (‘ = Östenitik Yapı) .....	67
Tablo 5.2. Düşük alaşımlı yüksek dayanımlı çeliklerde elementlerin minimum ve maksimum bulunma oranları .....	69

## 1. GİRİŞ

Tüm talaşlı imalat yöntemlerinde olduğu gibi tornalamada da kesici takım seçimi birçok faktör göz önüne alınarak yapılması gereken bir işlemdir. Bir malzemeyi işleyebilmek için pek çok olasılık mevcuttur. Doğru seçime en kısa şekilde ulaşabilmek için talaşlı imalatın prensipleri hakkında bilgi sahibi olmak şarttır. İşlenecek malzemenin işlenebilirliğini de çeşitli faktörlerden etkilenmekte ve standart haliyle işlenmesi kolay olan bir malzeme, bu faktörlerin biri veya birkaçının etkili olmasıyla zorlaşabilmektedir. Bu durumun tam aksi de olasıdır.

Nesne tabanlı programlar, uzun ve zahmetli işlemlerin daha kısa sürede ve daha kolay yapılması için kullanılabilir. Bunun yanında, bu programlarla beraber kullanılabilen veri tabanı sistemleri, bir konuyla ilgili çok sayıda bilginin başlıklar halinde depolanması için kullanılmaktadır. Bu bilgi yığını içinden gerekli olan bilgi, nesne tabanlı program tarafından ilgili kodlar yazılarak çağırılabilir ve işleme konulabilir.

Kesici takım seçiminde kullanılması gereken bilgilerin ve seçim olasılıklarının veri tabanına girilmesi; ardından, kullanıcıyı yönlendirecek bilgilendirmeler de yaparak, nesne tabanlı bir yazılım geliştirilmesi kesici takım seçiminin hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, alarım elementlerinin işlenebilirlik ve işlenebilirliği etkileyen özelliklere olan etkisi, geliştirilecek bir yazılımla kolaylıkla görülebilir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Cus ve Mursec (2000); Microsoft Visual Basic paket programıyla, en düşük işleme maliyetini ve talaş kaldırma işleminin sınırlarını dikkate alarak, optimum kesme koşullarını seçmeye yardım eden bir yazılım geliştirmişlerdir. Takım yönetim sistemiyle teknolojik veri tabanlarının birbirine entegre edildiği bu çalışmada, optimum kesme koşulları; iş parçası malzemesi, operasyon tipine, tezgaha, parça bağlama sistemine ve iş parçasının geometrisine bağlı olarak tavsiye edilmiştir.

Mursec, Cus ve Balic (2000); talaş kaldırma işleminin sınırlarını da hesaba katarak, farklı veri tabanlarından elde edilen optimum kesme parametrelerinin seçimi için bir model önermişlerdir. Geliştirilen model; boyutlar ve arzu edilen yüzey pürüzlülüğü gibi iş parçasıyla ilgili verilere, takımla ilgili verilere ve tezgahla ilgili verilere göre optimum kesme koşullarını seçme işlemini gerçekleştirmiştir.

Mursec (2000), bilgisayar destekli takım yönetim sistemlerinde en iyi kesme koşullarının tayini konusunda birleşik bir model tasarlamıştır. Doktora tezi kapsamında yapılan bu çalışmada, nesne tabanlı paket programlar ve veritabanları entegre bir şekilde kullanılmıştır.

Mursec ve Cus (1999); ayrı ayrı veri tabanlarının takım yönetim sistemine entegrasyonunu gösterir şekilde, bilgisayar destekli bir takım yönetim sistemi önermişlerdir. Önerilen görüşün en nemli bileşeni, farklı takım üreticilerinin teknolojik veri tabanlarından toplanan kesme koşullarının optimum bir şekilde seçimiyle ilgili model olmuştur. Optimum kesme koşullarının seçimi, üretim maliyetlerini düşürmeye ve yüksek verimlilik elde etmeye yardımcı olmuştur.

Chao ve Chen (1992); çok-işlemlili, parti üretim esaslı bir ortam için, optimum kesici takımı ve proses parametrelerini seçme üzerine, üretim zamanı kısıdı temeline dayanan bir takım seçme prosedürü önermişlerdir. Gerekli bilgiyi hesaplamak için bir dizi adım öngörülmüş ve bu adımlar bir ağaç yapıya aktarıldıktan sonra optimum takım ve proses parametreleri için tekrarlı bir algoritmaya başvurulmuştur.

Shayan ve Liu (1995), FMS ortamında takım yönetim sistemi için ilişkisel bir model tasarlayıp geliştirmekle ilgili sistematik bir yol üzerine çalışmışlardır. FMS ortamında takım veri tabanına olan ihtiyacı gündeme getirerek avantajlarından bahsetmişlerdir. ORACLE veri tabanı yönetim sistemini kullanarak geliştirilen veri tabanını kullanıma sunmuşlardır.

Kastelic, Kopac ve Peklenik (1993); ilişkisel veritabanlarının tasarımı, bunların yapısı ve CAPP, NC programlama ve üretim için olan diğer hazırlık operasyonlarında kullanılması için standart prosedürleri anlatan bir çalışma yapmışlardır. Veri tabanı tasarımının gelişmeye açık olduğunu ve tornalama operasyonlarının optimizasyon prosedürlerini gösteren bir örnek sunmuşlardır.

Agrawal, Chakrabarti ve Chattopadhyay (1993), 3 farklı östenitik çeliğin karbür takımlarla işlenebilirliğini incelemişlerdir. Deney süreci boyunca çeliklerin alaşım elementi oranları değiştirilerek bu değişimlerin işlenebilirliğe etkisi tespit edilmiştir. Kompozisyondaki değişimin işlenebilirlik üzerinde fark edilir değişikliklere yol açtığı gözlemlenmiştir.

Şeker, Çiftçi ve Hasırcı (2002), sünek demirlere Nikel ve Bakır ilavesi yaparak malzemenin mekanik özellikleri yanında işlenebilirliğindeki farklılaşmaları tespit etmişlerdir. İşlenebilirlik kriteri olarak kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü alınmıştır. Çalışmanın sonunda, % 0.7 Ni ve %0.7 Cu içeren malzemenin en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

Miyahara, Kobayashi ve Hosoi (1991), paslanmaz çeliklerde Volfram ve Mangan'ın iç yapıya, mekanik özelliklere ve yaşlanmaya olan etkisi üzerine çalışmışlardır. Manganın serliği önemli ölçüde arttırdığı, ancak Volfram'ın pek fazla etkisi olmadığı görülmüştür. Charpy enerji emiliminde ise, hem Volfram'ın hem de Mangan'ın etkili olduğu belirlenmiştir. Buna göre; %10 Cr, % 0-5 Mn ve %0.08 C kompozisyonundaki bir çeliğe, % 1'lik bir W ilavesi, sertlik ve Charpy enerji emilimi yanında çekme gerilmesi açısından da en iyi sonucu vermektedir.

### **3. KURAMSAL BİLGİLER**

#### **3.1. Veri Tabanları Ve Uzman Sistemler**

Veri tabanı düzenli bilgiler topluluğudur. Kelimenin anlamı bilgisayar ortamında saklanan düzenli verilerle sınırlı olmamakla birlikte, daha çok bu anlamda kullanılmaktadır. Bilgisayar terminolojisinde, sistematik erişim imkanı olan, yönetilebilir, güncellenebilir, taşınabilir, birbirleri arasında tanımlı ilişkiler bulunabilen bilgiler kümesidir. Bir başka tanımlı da, bir bilgisayarda sistematik şekilde saklanmış, programlarca istenebilecek veri yığıdır.

Uzman sistemler ise, ancak bir uzman insanın çözebileceği karmaşık problemlerin çözümüne olanak sağlamaktadır. Uzman sistemler sembolik işlemler kullanarak yönetim bilimlerine yeni bir boyut kazandırmıştır. Uzman sistemler diğer yönetim bilimi teknikleri gibi bilgisayar temelli sistemlerdir. Belirli bir alanda sadece o alan ile ilgili bilgilerle donatılmış ve problemlere o alanda uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözümler getirebilen bilgisayar programlarıdır. İyi tasarlanmış sistemler belirli problemlerin çözümünde uzman İnsanların düşünme işlemlerini taklit ederler. Bir veri tabanını oluşturmak, saklamak, çoğaltmak, güncellemek ve yönetmek için kullanılan programlara Veri Tabanı Yönetme Sistemi (DBMS) adı verilir. DBMS özelliklerinin ve yapısının nasıl olmasını gerektiğini inceleyen alan Bilgi Bilimi (Information Science)'dir.

##### **3.1.1 Veri Tabanları**

Veri Tabanında asıl önemli kavram, kayıt yığını ya da bilgi parçalarının tanımlanmasıdır. Bu tanıma Şema adı verilir. Şema veri tabanında kullanılacak bilgi tanımlarının nasıl modelleneceğini gösterir. Buna Veri Modeli (Data Model) yapılan işleme de Veri modelleme denir. En yaygın olanı, İlişkisel Model'dir (relational model). Layman'ın değimiyle bu modelde veriler tablolarda saklanır. Tablolarda bulunan satırlar

(row) kayıtların kendisini, sütunlar (column) ise bu kayıtları oluşturan bilgi parçalarının ne türden olduklarını belirtir. Başka modeller (Sistem Modeli ya da Ağ Modeli gibi) daha belirgin ilişkiler kurarlar.

Veri tabanı yazılımı ise verileri sistematik bir biçimde depolayan yazılımlara verilen isimdir. Birçok yazılım bilgi depolayabilir ama aradaki fark, veri tabanın bu bilgiyi verimli ve hızlı bir şekilde yönetip değiştirebilmesidir. Veri tabanı, bilgi sisteminin kalbidir ve etkili kullanmakla değer kazanır. Bilgiye gerekli olduğu zaman ulaşabilmek esastır. İçeriği olmayan bir kütüphane ve bütün kitapların aynı kapağa sahip olduğunu düşündüğünüzde kütüphane kullanıcılarının ne kadar çok işi olacağını tahmin edersiniz. Bir veritabanı bir kütüphanenin mükemmel bir içerik sistemi olduğu gibi , aynı zamanda kütüphanenin kendisidir. Bağıntısal Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Relational Database Management Systems - RDBMS) büyük miktarlardaki verilerin güvenli bir şekilde tutulabildiği, bilgilere hızlı erişim imkanlarının sağlandığı, bilgilerin bütünlük içerisinde tutulabildiği ve birden fazla kullanıcıya aynı anda bilgiye erişim imkanının sağlandığı programlardır. Bilge (Oracle) veri tabanı da bir bağıntısal veri tabanı yönetim sistemidir.

### **3.1.2. Uzman Sistemler**

Uzman sistem tabiri kullanılmasının sebebi, sistemin bir veya daha fazla uzmanın bilgilerine sahip olarak onun veya onların yerini almaya yönelmesinden dolayıdır. Amaç bir insan uzman gibi veya ondan daha iyi bir uzman sistem geliştirebilmektir. Böyle bir sisteme sahip olmak kişiyi uzman yapmaz, fakat bir uzman yapacağı işin bir kısmını veya tamamını yapmasını sağlar. Dolayısıyla sistemin bu özelliği organizasyonlar ve yönetim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Bir uzman sistem iki ana parçanın birleşiminden oluşur. Geliştirme çevresi ve görüşme çevresi. Geliştirme çevresi sistemin bileşenlerini kurmak ve uzman insan bilgilerini bilgi tabanına girmek için uzman sistemi kuranlar tarafından kullanılır. Görüşme çevresi ise uzman bilgi ve nasihatlerine ulaşabilmek için uzman olmayanlar tarafından kullanılır. Bir uzman sistemde aşağıdaki bileşenler mevcuttur.

- a. Bilgi kazanma,
- b. Bilgi tabanı,
- c. Çıkarım mekanizması,
- d. Çalışma alanı,
- e. Kullanıcı arabirimi,
- f. Açıklama,
- g. Düşünme kapasitesini iyileştirme.

**a. Bilgi kazanma:** Bazı bilgi kaynaklarından bir bilgisayar programına problem çözümü için bilgi aktarma ve dönüştürme işlemleri yapılır. Potansiyel bilgi kaynakları uzman insanlar, kitaplar, veri tabanları, özel araştırma raporları ve kullanıcının kendi deneyimleri olabilir.

**b. Bilgi tabanı:** Bilgi tabanı problemlerin anlaşılması, formülasyonu ve çözümü için gerekli olan tüm bilgileri içerir. Örneğin olaylar ve durumlar hakkında bilgi ve bunlar arasındaki mantıksal ilişki yapılarını ihtiva eder. Ayrıca standart çözüm ve karar alma modellerini de içerir.

**c. Çıkarım mekanizması:** Uzman sistemin beynidir. Bilgi tabanı ve çalışma alanında bulunan bilgiler üzerine düşünmek için bir metodoloji sunan ve sonuçları biçimlendiren bir bilgisayar programıdır. Bir başka deyişle problemlere çözümler üreten bir mekanizmadır. Burada sistem bilgisinin nasıl kullanılacağı hakkında karar alınır.

**d. Çalışma alanı:** Giriş verileri tarafından belirlenmiş problem tanımları için hafızanın bir köşesinde bulunan çalışma alanıdır. Bu alan işlemlerin ara seviyelerindeki sonuçları kaydetmek için de kullanılır.

**e. Kullanıcı arabirimi:** Uzman sistemler, kullanıcı ile bilgisayar arasında probleme yönelik iletişimin sağlanması için bir dil işleyici içerir. Bu iletişim, en sağlıklı doğal dil ile yapılır. Kısaca kullanıcı arabirimi kullanıcı ile bilgisayar arasında bir çevirmen rolünü üstlenmiştir.

**f. Açıklama:** Uzman sistemleri diğer sistemlerden farklı yapan bir özelliği de açıklama modülünün olmasıdır. Açıklama modülünden kasıt, kullanıcıya çeşitli yardımların verilmesi ve soruların açıklanması olduğu kadar, uzman sistemin çıkardığı sonucu nasıl ve neden çıkardığını açıklayabilmesidir. Burada uzman sistem karşılıklı soru cevap şeklinde davranışlarını açıklar.

**g. Düşünme kapasitesini iyileştirme:** Bir uzman insan kendi performansını analiz edebilir, öğrenebilir ve gelecekteki kullanım için onu iyileştirebilir. Sistemlerin de bu tip davranışlar göstermeye ihtiyacı vardır. Sistemin kendini iyileştirmesi öğrenme ile ilgili bir konudur. Sistemlerin bir uzman insan gibi öğrenebilmelerine yönelik çalışmalar sinirsel ağlar üzerinde sürdürülen araştırmalarla devam etmektedir. Amaç bir insan beyni gibi çalışan yapay zekayı geliştirebilmektir, Son zamanlarda uzman sistemlerin geliştirilmesinde uzman sistem kabukları denilen sistemlerden de istifade edilmektedir. Bunlar hazır hale getirilmiş, çıkarım mekanizması ve bilgi saklama özellikleri ile donatılmış sistemler olup sadece alan bilgisi olmayan içi boş uzman sistemlerdir. Ayrıca kullanıcının kendisinin özel çıkarım mekanizması geliştirmesine imkan veren daha gelişmiş sistemler de vardır.

Uzman sistemlerin faydaları şu şekilde sıralanabilir:

1. *Maliyet azalması:* Uzman sistem kullanımı ile karşılaştırıldığında insanların incelemeleri daha pahalı görülmektedir.
2. *Verimlilik artışı:* Uzman sistemler insanlardan daha hızlı çalışır. Artan çıktının anlamı, daha az sayıda insan ve daha düşük maliyettir.
3. *Kalite iyileştirmesi:* Uzman sistemler tutarlı ve uygun nasihatler vererek ve hata oranını düşürerek kalitenin iyileştirilmesini temin ederler.
4. *İşleyiş hatalarını azaltma:* Bir çok uzman sistem hatalı işlemleri tespit etmek ve onarım için tavsiyelerde bulunması için kullanılır. Uzman sistem ile bozulma sürelerinde önemli bir azalmanın sağlanması mümkündür.



5. *Esneklik*: Uzman sistemlerin kullanımı üretim aşaması ve servis sunulması sırasında esneklik sağlar.

6. *Daha ucuz cihaz kullanımı*: İzleme ve kontrol için insanların pahalı cihazlara bağlı kaldığı durumlar vardır. Fakat uzman sistemler ile ayın görevler daha ucuz cihazlarla yerine getirilebilir.

7. *Tehlikeli çevrelerde işlem*: Bazı insanlar tehlikeli çevrelerde çalışırlar. Uzman sistemler ise insanların tehlikeli çevrelerin dışında kalmasına imkan sağlar.

8. *Güvenilirlik*: Uzman sistem güvenilirdir. Uzman sistem bilgilere ve potansiyel çözümlere üstün körü bakmaz, tüm detayları yorulmadan ve sıkılmadan dikkatlice gözden geçirir.

9. *Cevap verme süresi*: Uzman sistemler, özellikle verilerin büyük bir kısmının gözden geçirilmesi gerektiğinde bir insandan çok daha hızlı cevap verecektir.

10. *Tam ve kesin olmayan bilgi ile çalışma*: Basma kalıp bilgisayarlar ile karşılaştırıldığında, uzman sistemlerin insanlar gibi tam olmayan bilgi ile çalışabildiği görülmektedir. Bir görüşme sırasında sistemin bir sorusuna kullanıcı "bilmiyorum" veya "emin değilim" şeklinde bir cevap verdiğinde, uzman sistem kesin olmasa bile bir cevap üretebilecektir.

11. *Eğitim*: Uzman sistemin açıklayabilme özelliği bir öğretim cihazı gibi kullanılarak eğitim sağlanabilir.

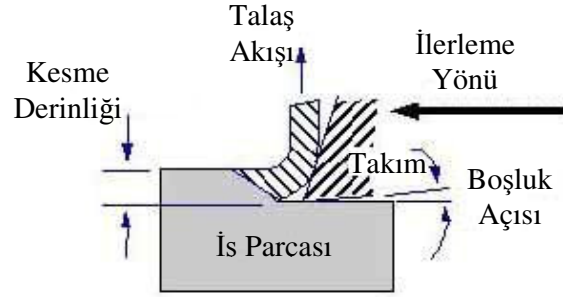
12. *Problem çözme kabiliyeti*: Uzman sistemler, uzmanların yargılarını bütünlemeye imkan sağlayarak problem çözme kabiliyetlerini yükseltirler. Bu sistemler bilgileri nümerikten ziyade sembolik olarak işledikleri için bir çok yöneticinin karar alma stilleri ile uyumludur.

13. *Sınırlı bir sahada karışık problemlerin çözümü*: Uzman sistemler insan yeteneklerini aşan karışık problemlerin çözümünde kullanılabilir.

### 3.2. Tornalama

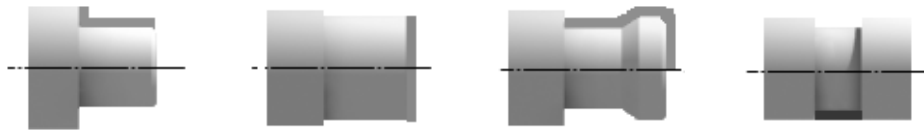
En bilinen, en sade, en yaygın talaşlı imalat yöntemi olan tornalama, iş parçasının tezgahın anamiline sabitlenerek kendi eksenine etrafında döndürülmesi ve takım tutucuya sabitlenmiş olan kesici takımın, elde edilmek istenen yüzeyin şekline bağlı olarak, iş parçası üzerinde ilerlemesi prensibine dayanmaktadır.

Tornalamada kullanılan kesici takım tek uçludur, bir başka deyişle aynı anda iş parçasına deyen kesici uç sayısı birdir. Tornalama, bir kesme işleminden daha çok bir kayma işlemidir. Kesici takımın, girdiği derinlikte malzemeyi zorlamasıyla yüzeydeki malzeme geriye kalan malzeme üzerinde kayar ve uzaklaşır. Ayrılan malzeme talaş olarak adlandırılır ve kesici takım üzerine büyük bir baskı yapar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Temel talaş kaldırma teorisi.

Dönme eksenine paralel bir ilerleme söz konusu ise tam silindirik bir yüzey, bu eksene dik bir ilerlemede ise düz bir yüzey elde edilecektir. Bu iki operasyon tipi, sırasıyla, boyuna tornalama ve alın tornalama olarak adlandırılmakta; bunların bir kombinasyonu olarak düşünülebilecek profil tornalama ve son olarak kanal işleme operasyonu olan dalma tornalama “**temel tornalama operasyonları**”dır (Şekil 3.2).

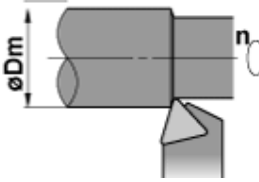


Şekil 3.2. Temel tornalama operasyonları: boyuna, alın, profil, dalma.

Her kesme işlemi gibi tornalamada da arzu edilen şartlar; kısa kesme süresi, uzun takım ömrü ve yüksek kesme hassasiyetidir. Bu şartları sağlayabilmek için, iş parçası malzemesi, sertliği, şekli ve tezgah kapasitesini düşünerek, verimli kesme koşullarının ve takımın seçimi gereklidir.

### 3.2.1. Kesme Parametreleri

İş parçasının dönmesini sağlayan milin dönüş hızı “**anamil hızı**” ( $n$  – dev/dak) olarak adlandırılır. Bu hızın işlenen çapta oluşturduğu çizgisel hıza “**kesme hızı**” ( $V_c$  - m/dak) denir. İşlenen çapın “mm” cinsinden verildiği düşünülürse bu iki hız arasında aşağıdaki ilişki söz konusudur (Şekil 3.3).

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000}$$


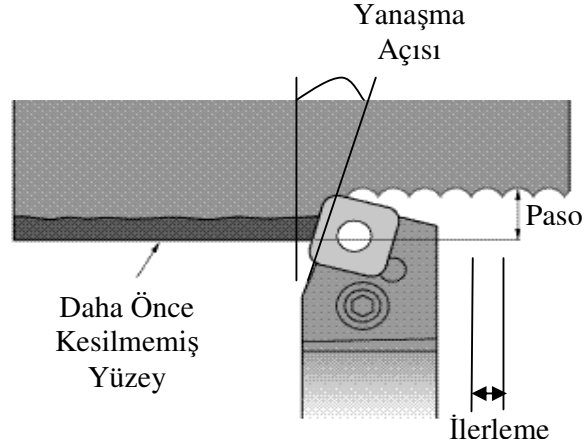
Şekil 3.3. Kesme hızı, anamil hızı ve aralarındaki ilişki.

Alın tornalama işleminde takım iş parçasının merkezine doğru ilerledikçe çap değeri düşecek ve kesme hızı sıfıra doğru gidecektir. Bunun önüne geçilmesi için, modern tezgahlarda, çap azaldıkça belirli bir devir sayısı aşılmayacak şekilde anamil hızı arttırılmakta ve kesme hızı sabit tutulması sağlanmaktadır. Alın tornalama dışında, farklı çapların yanısıra eğrisel ve konik yüzeylere sahip iş parçalarının işlenmesi sırasında kesme hızı değişkenlik gösterecektir.

Kesme hızı, takım ömrünü en çok etkileyen kesme parametresidir. Kesme hızındaki artış kesme sıcaklığını artırır ve takım ömrünü azaltmaktadır. Kesme hızı, iş parçasının tipine ve sertliğine göre tayin edilmektedir. Seçilecek takımın kalitesi de kullanılacak hıza uygun olmalıdır. Genel olarak, kesme hızını %20 arttırmak takım ömrünü yarı yarıya düşürmektedir. Bu artış oranı %50' ye çıktığıdaysa takım ömrü 1/5 'ine gerilemektedir. Çok düşük hızlarda çalışmaksa tırlama denilen ve doğal frekans çakışmasıyla meydana gelen yüksek titreşime sebep olmaktadır. Bu ise takım ömrünü hissedilir derecede düşürmektedir.

Talaş kaldırmak üzere kesici takımın girdiği derinliğe “**paso**” veya kesme derinliği ( $a_p$  - mm) denilmekte, tornalamanın dönel bir işlem olması dolayısıyla kesme işlemi iş parçasının tüm çevresinde gerçekleşmekte ve çaptaki değişim pasonun iki katı kadar olmaktadır. Paso değeri, ilerleme yönüne dik olacak şekilde ölçülmektedir (Şekil 3.4).

Paso değeri; hammaddeden kaldırılacak talaş miktarına, iş parçasının şekline, tezgahın gücüne ve rijitliğine, ve ayrıca kesici takımın rijitliğine göre belirlenir. Pasonun değişmesi takım ömrünü çok fazla etkilememektedir. Düşük pasolar, iş parçasının sertleştirilmiş yüzeyi işleniyorsa, sürtünmeye ve sonuçta takım ömrünün azalmasına sebep olur. Daha önce kesilmemiş yüzeyleri (Şekil 3.4) veya dökme demir malzemeleri işlerken, homojen olmayan sert yüzeyi kesici ucun en uç kısmıyla işlemek ve dökülme gibi takım aşınması problemlerinin önüne geçmek için, paso değeri mümkün olduğunca yüksek tutulmalıdır.

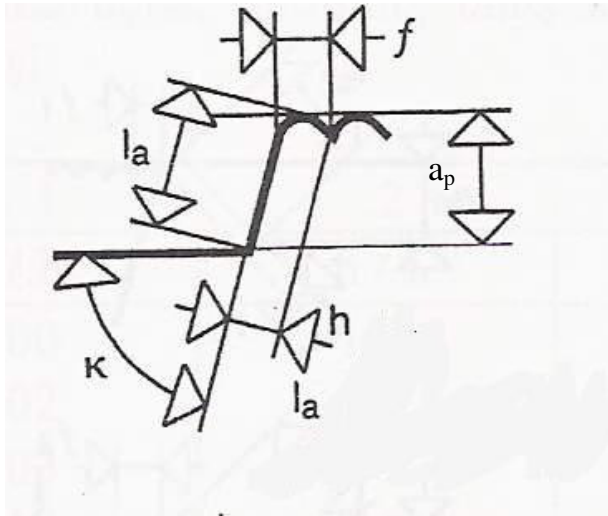


Şekil 3.4. Paso, ilerleme ve yanaşma açısı.

“**İlerleme**” ( $f$  - mm/dev), takımın iş parçası bir tam devir atarken yaptığı hareket miktarıdır (Şekil 3.4). İlerleme değerinin temelde iki etkisi vardır: işlenen yüzeyin kalitesini belirler ve talaş oluşum karakteristiğini belirler. İlerleme değerinin düşük tutulması, kesici takımın işlenmiş yüzeye bakan kenarında meydana gelen serbest yüzey aşınmasına sebep olur ve takım ömründe düşüş yaşanır. Çok yüksek ilerleme değerlerindeyse, kesme sıcaklığı artmakta ve serbest yüzey aşınması daha etkili olmaktadır. Yine de, kesme hızının artırılmasına göre ilerlemenin artırılması takım

ömrüne daha az etkili olmaktadır. İlerleme kontrollü bir şekilde arttırıldığında, yapılan işlemin verimi artacaktır. Bunun yanında, ilerleme arttıkça, oluşan talaş kısalmaktadır, bir başka deyişle uzun – sürekli talaş oluşunun takım aşınmasına sebep olduğu durumlarda ilerleme arttırılmalıdır. İlerlemenin talaş kalınlığına ( $h$ ) direkt etkisi vardır ( $h = f * \sin K$ ).

“**Yanaşma açısı**” ( $K$ ), kesici kenar ile ilerleme yönü arasındaki açıdır (Şekil 3.4). Bu açının  $90^\circ$  ‘den farklı olması, iş parçasına girişte darbenin kesici kenarın kırılğan olan en uç noktasına değil kenarın devamına gelmesini ve iş parçasından çıkışta son talaşın itilerek aniden kopmasını engellemektedir. Aynı ilerleme hızında yanaşma açısını azaltmak kesici takımın temas uzunluğu olan “**efektif kesici kenar uzunluğu**”nu ( $l_a$ ) arttırmaktadır ( $l_a = a_p / \sin K$ ). Bununla beraber aynı durumda, talaş kalınlığı ( $h$ ) azalmaktadır ( $h = f * \sin K$ ). bu değerler arasındaki ilişki Şekil 3.5 ‘te gösterilmiştir. Bunların sonucunda, kesme kuvveti takımın daha uzun bir kısmına yayılmakta ve takım ömrü artmaktadır, ancak, talaşın kırılması zorlaşmaktadır. Yanaşma açısındaki azalma, iş parçasının merkezine doğru olan radyal kuvveti arttırmakta ve ince uzun parçalarda eğilme ve titreşim riski ortaya çıkmaktadır. Daha iyi bir talaş kontrolü için yanaşma açısını büyük tutmalıdır. Yüksek kesme sıcaklığı oluşturan sert malzemeler işlenirken yanaşma açısı azaltılmadır.



Şekil 3.5. Paso, efektif kesme uzunluğu; ilerleme, talaş kalınlığı; ve yanaşma açısı (Çakır, 2000).

“İşlem tipi”, talaş kaldırma işleminin temel anlamda inceden kabaya değişimini temsil etmektedir. Tornalama işlemi; kaldırılan malzeme miktarına, hassas boyutların / istenilen yüzey kalitesinin elde edilmesine, veya bu ikisinin beraber düşünülmesiyle çeşitli çalışma alanlarına bölünmüştür. Değişim aralıklarına göre işlem tipi Tablo 3.1 ‘deki isimleri alabilmektedir:

Tablo 3.1. İşlem tipleri.

<b>İşlem Tipi</b>	<b>İlerleme Aralığı [mm / dev]</b>	<b>Paso Aralığı [mm]</b>
Çok ince işlemler	0,05 - 0,15	0,25 - 2,0
İnce işlemler	0,1 - 0,3	0,5 - 2,0
Orta kaba işlemler	0,2 - 0,5	2,0 - 4,0
Kaba işlemler	0,4 - 1,0	4,0- 10,0
Çok kaba işlemler	$\geq 1,0$	6,0- 20,0
Son derece kaba işlemler	$\geq 0,7$	8,0- 20,0

### 3.2.2. Kesici Uç Parametreleri

Kesici uca tepeden bakıldığında görülen ve  $35^\circ$  ‘den  $90^\circ$  ‘ye kadar değer alan “uç açısı”, “uç şekli”ni belirlemektedir. Kesici ucun şekli, kesici ucun mukavemetine büyük oranda etki etmektedir. Kesici ucun şekli yuvarlak da olabilmektedir ve bu uçlarda kesici kenarın kesit alanı çok daha büyük olduğundan böyle bir ucun mukavemeti de o oranda yüksektir. Kesici ucun kenarları tepeden bakıldığında tam olarak keskin biçimde birleşmezler. Ucun en zayıf noktaları olan köşe noktaları, “köşe radyüsü” ( $r_e$  - mm) ile yuvarlatılmış ve daha mukavemetli hale getirilmiştir (Şekil 3.6). Bu büyüklük, kesme kuvvetlerinin ve kesme sıcaklığının daha geniş bir alana yayılmasını sağlamanın yanında, yüzey kalitesini de arttırmaktadır. Aşağıda,  $60^\circ$  uç açısına sahip, üçgen şekilli bir uç üzerinde köşe radyüsü gösterilmiştir. Kesici takım seçiminde ilk düşünülmesi gereken konulardan ikisi olmasından dolayı, uç şekli ve köşe radyüsü hakkında “Kesici Takım Seçimi” adlı 3. no’lu alt bölümde daha detaylı değinilmiştir.

$$R_t = \frac{f^2}{8r_\epsilon} \times 1000$$



Şekil 3.6. Köşe radyüsü.

İşlenen parçanın “**yüzey kalitesi**” ( $R_t$  -  $\mu\text{m}$ ), Şekil 3.6 ‘daki denklemde de görüldüğü gibi ilerleme ve köşe radyüsünden etkilenmektedir. Teoride yalnızca bu iki değer hesaba katılsa da, pratikte kesme hızı, takımda meydana gelen aşınmalar ve tezgahta oluşan titreşimler de dikkate alınmalıdır.

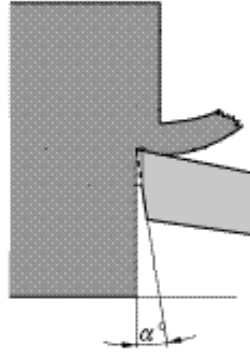
“**Temel uç şekli**” negatif veya pozitif olabilmekte (Şekil 3.7) ve uca yandan bakıldığında görülmektedir. Pozitif uçla kesme işlemi, aynı geometriye sahip negatif bir uçla yapılanaya göre daha kolay olduğu için kesme kuvveti, çekilen güç ve titreşim eğilimi ve ısı oluşum miktarı düşecektir. Ayrıca, pozitif bir uç iş parçasına daha iyi nüfuz ettiği için talaşın itilerek kesici kenara yığılmasıyla oluşan yığılma kenar oluşumu (BUE) riski azalmaktadır. Bunun dışında, pozitif bir uç, kesici ucun işlenmiş yüzeye bakan serbest yüzeyi iş parçasına temas etmeksizin daha geniş bir alanda konumlandırılabilir.



Şekil 3.7. Temel uç şekilleri : negatif ve pozitif.

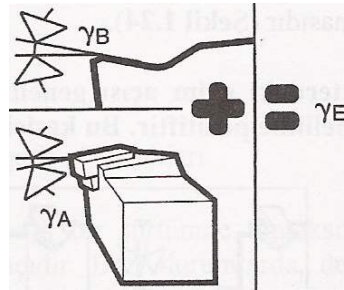
Ancak, pozitif bir ucun alt ve üst yüzeyi birbirinden farklı olacak, dolayısıyla kesici kenar sayısı negatif uca göre yarı yarıya düşecektir. Ayrıca, kesici kenar alttan desteklenmediği için pozitif bir ucun kenar mukavemeti daha düşük olacaktır.

“**Boşluk açısı**” ( $\alpha$ ), takımın işlenen yüzeye bakan yüzeyi ile iş parçasının teğet düzlemi arasında kalan açıdır ve kesici kenarın serbestçe çalışmasına izin vermektedir (Şekil 3.8). Bu açığı arttırmak, serbest yüzey aşınmasını azaltacak, ancak, kesici kenarın mukavemetini düşürecektir. Dolayısıyla sert malzemelerin işlenmesi gibi zor işlemlerde bu açı düşük tutulmalıdır.



Şekil 3.8. Boşluk açısı.

“**Talaş açısı**” ( $\gamma$ ), talaşın aktığı talaş yüzeyinin yatay düzlemle yaptığı açıdır ve kesici ucun geometrisi ( $\gamma_B$ ) ile beraber bu ucun konumlandırılma pozisyonuyla ( $\gamma$ ) meydana gelir (Şekil 3.9). Bu açının, kesme direnci, talaş akışı, kesme sıcaklığı ve takım ömrü üzerinde önemli etkileri vardır. Pozitif bir talaş açısı, ucun keskinliğini arttıracak, kesme direnci düşecek, talaş açısındaki her  $1^\circ$  ‘lik artış, tezgahtan çekilen gücü yaklaşık olarak %1 düşürecektir. Ancak, daha pozitif bir talaş açısı, daha düşük bir kenar mukavemeti anlamına gelmektedir. Sert malzemelerin işlenmesinde, aralıklı kesme işlemlerinde veya daha ilk defa kesilen cürüflü yüzeylerin işlenmesinde negatif talaş açıları kullanılmalıdır. Rijitliğin düşük olduğu durumlarda ise pozitif talaş açıları tercih edilmelidir.



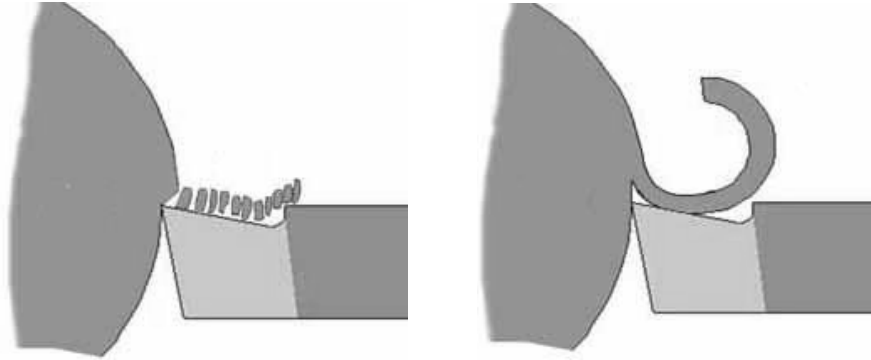
Şekil 3.9. Talaş açısı (Çakır, 2000).

### 3.2.3. Talaş Oluşumu

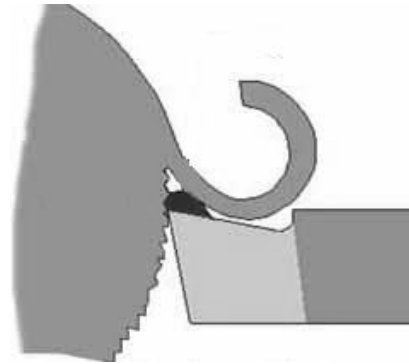
İş parçası malzemesine ve kesme koşullarına bağlı olarak talaş oluşumu farklılık göstermektedir. Talaş oluşumunda etkili olan kesme koşulları; kullanılan kesici takımın tipi, tezgah şartları ve kesme sıvısı kullanılıp kullanılmamasıdır. Oluşan talaş sürekli



olabildiği gibi kısa talaşlar da oluşabilmektedir (Şekil 3.10). Sürekli talaş tipi, malzemeden bir şerit olarak ayrılır ve yumuşak çelikler, bakır ve alüminyum gibi sünek malzemeler için tipik bir talaştır. Bu tip bir talaş; kesme sıvısı ve iyi ayarlanmış takım açılarının yanında doğru kesme hızı ve ilerlemenin kullanıldığı işlemlerde meydana gelmektedir. Kısa talaş tipi ise, dökme demir ve dökme pirinç gibi kırılğan malzemelerden küçük talaş açılarıyla talaş kaldırma işlemlerine özgü bir talaş tipidir. Sürekli talaş tipi; yüksek basınç ve ısı altında, iş parçası malzemesinden kopan küçük parçacıkların takım yüzeyine yapışmasıyla oluşan yığılma kenar olumu (BUE) söz konusu olduğunda, istenmeyen bir talaş tipi olmaktadır (Şekil 3.11). Bu durumda yüzey kalitesi düşmekte, takım aşınması artmaktadır. Bu sorunun çözümünde; pasoyu düşürmek, kesme hızını arttırmak veya uygun bir kesme sıvısı kullanmak etkili olabilmektedir.



Şekil 3.10. Talaş tipleri: Sürekli ve kısa.



Şekil 3.11. Sürekli talaş tipi ve BUE.

### 3.2.4. Operasyonla İlgili Diğer Değerler

İş parçası malzemesinin işlenebilirlik kriterlerinden sayılan ve birim alandaki malzemeyi kaldırmak için gerekli kesme kuvveti olarak tanımlanan spesifik talaş kaldırma kuvvetinin ( $k_s - N/mm^2$ ) yanında ilerleme ve paso değerinin çarpımıyla elde edilen talaş kesiti kullanılarak kesme kuvveti ( $F_C - N$ ) hesaplanmaktadır. Kesme kuvveti ve kesme hızı ile ise, tezgah verimi ( $\eta$ ) de hesaba katılarak, tezgahtan çekilecek **“güç”** ( $P - kW$ ) hesaplanabilir.

$$F_C = k_s * f * a_p \quad ; \quad P = F_C * V_c / (60000 * \eta)$$

**“Talaş debisi”** ( $V - cm^3/dak$ ), birim zamanda kaldırılan malzeme hacmidir ve verimliliği doğrudan etkilemektedir.

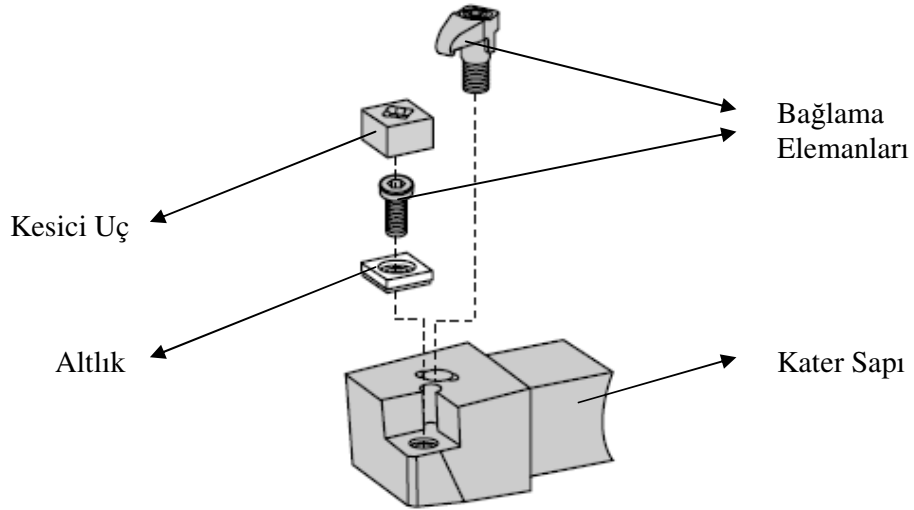
$$V = V_C * f * a_p$$

Tek bir pasonun **“işleme zamanı”** ( $t - dak$ ); işlenecek uzunluk ( $l - mm$ ), ilerleme ve anamıl hızı kullanılarak hesaplanmaktadır. İşleme zamanı, **“takım ömrü”** ( $T.Ö - dak$ ) ve **“maksimum paso sayısı”** ( $mps$ ) arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$t = l / (f * n) \quad ; \quad T.Ö = t * mps$$

### 3.3. Kesici Takım Seçimi

Talaşlı imalatta kullanılan “kesici takım” terimi, kesici ucu sabitleyen bir mekanizmayı da içeren çelik “kater” ve buna ek olarak sert bir malzemedan yapılmış, birçok kenara sahip bir “kesici uç”un oluşturduğu sistem için kullanılmaktadır. Şekil 3.12 ‘de tornalama için tasarlanmış tipik bir kesici takım gösterilmiştir. Bu sistemde kullanılan söz konusu kesici ucun “kesici kenar” diye adlandırılan aktif (kesme işlemine katılan) kenarı, talaş kaldırma işlemi süresince aşınmakta, bir yandan artan kesme kuvvetlerine bağlı olarak tezgahıan çekilen güç artarken diğer yandan ürün için hedeflenen yüzey pürüzlülüğü ve boyut hassasiyeti değerlerine de ulaşamamaktadır. Bu durumda uca ait kesici kenar kullanılmamış bir kenarla değiştirilmekte, son olarak kesici uç yenilenmektedir.



Şekil 3.12. Kesici takımında katerin temel bileşenleri ve kesici uç.

Kesici takımın belirlenmesinde; işlenecek iş parçasına ait işlenebilirlik, şekil, boyut, arzulanan boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi değerleri gibi özellikler; tezgaha ait tezgah gücü, tezgahın sunduğu işleme koşulları, tespit ve erişebilirlik olanakları gibi özellikler ve son olarak takıma ait ekonomiklik, kullanılabilen kesme verileri aralıkları, takım ömrü ve bakım gibi özellikler etkili olmaktadır.

Yukarıda bahsedilen faktörler dikkate alınarak aşağıdaki unsurlar sırasıyla seçilerek ilgili kesme işleminde kullanılacak kesici takım oluşturulur:

- 1) Uç tespit sistemi,
- 2) Kesici ucun şekli,
- 3) Kesici ucun büyüklüğü,
- 4) Kesici takım malzemesi,
- 5) Kesici ucun köşe radyüsü,
- 6) Kesici ucun tipi,
- 7) Kesme verileri.

### 3.3.1. Uç Tespit Sistemi

Kesici takım seçiminde ilk aşamada tespit sistemi seçilmektedir. Tespit sistemlerinde kullanılan; rijit (D), levyeli (P), üstten baskılı ve çektirmeli (M) ve vidalı (S) olmak üzere 4 temel takım bağlama yöntemi bulunmaktadır. Bu seçim yapılırken operasyon tipi, işlem tipi ve temel uç şekli dikkate alınabilir.

Örneğin, rijit bağlama dalma tornalama operasyonlarında tercih edilmezken diğer 3 operasyonda ilk tercih olmaktadır. Levyeli bağlama ise her operasyon tipinde kullanılabilir. İşlem tipi için, çok kaba işlemlerde yüksek titreşim olasılığı arttığında veya ince işlemlerde kullanılan çok yüksek kesme hızlarında, rijitlik ve güvenlik gereksinimleri ön plana çıkmakta ve rijit bağlama tercih edilmektedir. Temel uç şekli pozitif olduğunda yalnızca vidalı bağlama kullanılmaktadır.

Seçilen bağlama yöntemi kullanılabilen uç şekillerini kısıtlayabilmektedir. Örneğin, rijit bağlamanın yapıldığı tespit sistemlerinde yuvarlak (R) uçlar kullanılamamakta, ancak vidalı bağlama ile her uç şekli tespit edilebilmektedir.

Bağlama yönteminden sonra katerin boyutu ve tipi belirlenmektedir. Bu aşamada; takım tespit sistemi, iş parçası malzemesi, profile erişebilirlik, ilerleme yönü ve talaş derinliği

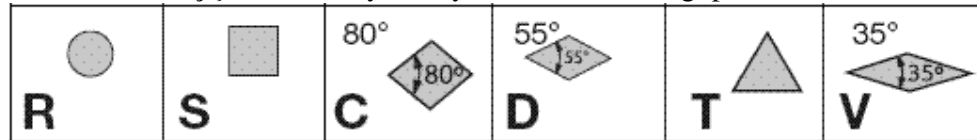
faktörleri etkili olmaktadır. Yanaşma açısı ve kullanılan ucun uç açısı düşünülerek çeşitli kater tipleri üretilmiştir. Kater tipini belirleyen bu iki değişken seçilirken kesme kuvvetleri, gerekli uç mukavemeti ve profile erişebilirlik dikkate alınmalıdır.

Kopya tornalama ve profil işleme işlemlerinde efektif yanaşma açısı ( $K_1$ ) hesaba katılarak her bir takım tipi için tavsiye edilen maksimum kopyalama açısına ( $\beta$ ) göre seçim yapılır. Seçim işlemi, tezgah için mümkün olan en büyük kater boyutunun ( $h$ ) seçilmesi prensibine dayanır. Bunun sebebi, kater uzunluğunu azaltma ve kesici kenar için mümkün olan en rijit oturma yüzeyini sağlama düşüncesidir. Katerin boyutu uç boyutunun seçiminde etkili olur ve efektif kesici kenar uzunluğu bununla belirlenir. Yanaşma açısına gelince, genellikle işlemin izin verdiği en küçük değer tercih edilir.

### 3.3.2. Kesici Ucun Şekli

Kesici ucun şekli belirlenirken uç şeklinin, kullanılacak yanaşma açısına uygunluğu ve işlenecek profile erişilebilirlik konuları göz önüne alınmalıdır. Ucun şeklini belirleyen ve uca üstten bakıldığında görülen uç açısı, mukavemet ve ekonomiklik açısından mümkün olduğunca büyük seçilmelidir. Çok yönlülüğün mukavemetten daha önemli olduğu durumlarda ise küçük uç açıları kullanılmalıdır.

Tablo 3.2. Kesici uç şekli ve etki yönleriyle birlikte etkilediği parametreler.



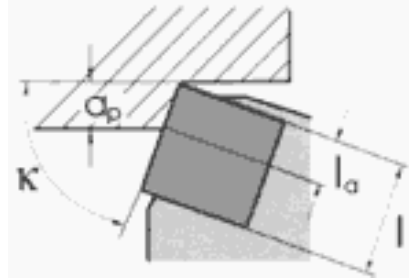
Değişken	R 'den V' ye Değişim Yönü
Maksimum Paso	↓
Kenar Dayanımı	↓
Sert Malzeme İşleyebilme	↓
Aralıklı Kesme	↓
Düşük Titreşim Eğilimi	↑
Düşük Güç Gereksinimi	↑
Erişebilirlik	↑

Kesici uç şekli ve R 'den V ' ye etki yönleriyle birlikte etkilediği parametreler Tablo 3.2 'de verilmiştir.

Kopya tornalama işleminde profil veya konik yüzeyin tornalanmasında maksimum kopyalama açısının üzerine çıkılmamalıdır. Takımın iş parçası yüzeyine sürtünmesinin önüne geçebilmek için, kesici kenar ile iş parçası yüzeyi arasında en az 2° 'lik bir açı bırakılmalıdır.

### 3.3.3. Kesici Ucuun Büyüklüğü

Kesici kenar uzunluğu (l) ve uç kalınlığına göre çeşitli uç büyüklükleri vardır. Bu aşamaya kadar kater seçilmiş; başka bir deyişle kater boyutu (h), katerin yanaşma açısı ( $\kappa$ ) ve kesici ucun şekli de belirlenmiştir. Kater boyutunun izin verdiği en büyük paso ( $a_p$ ) ile birlikte katerin yanaşma açısından hareket ederek bir efektif kesici kenar uzunluğu ( $l_a = a_p / \sin \kappa$ ) hesaplanabilir (Şekil 3.13). Bu uzunluk bizi, kesici ucun şekline bağlı olarak, tavsiye bir kesici kenar uzunluğu değerine ulaştıracaktır.

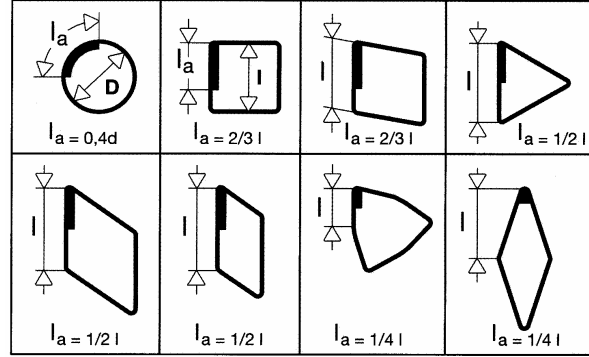


Şekil 3.13. Efektif kesici kenar uzunluğu ve kenar uzunluğu <sup>1</sup>.

Ancak, özellikle kaba işlemlerde, kaldırılacak paso, katerin boyutunda etkili olacaktır. Daha büyük pasolar için daha büyük katerler kullanılacaktır. Ucu büyüklüğünün belirlenmesinde efektif kesici kenar uzunluğuna ve ucu şekline göre verilen Şekil 3.14 'teki oranlar kullanılır.

<sup>1</sup> [http://www.bohler.com.tr/tr/tornalama/ucbuyuk\\_secilmesi.php](http://www.bohler.com.tr/tr/tornalama/ucbuyuk_secilmesi.php)

Uç büyüklüğü arttıkça güvenilirlik artmakta, ancak aynı zamanda maliyet de artmaktadır. Uç kalınlaştıkça ve kesici kenar büyüdükçe uç daha rijit olmakta, oysa böyle bir ucun daha pahalı olması sorun olmaktadır. Çok kaba ve bunun yanında darbeli işlemlerde daha büyük uçların kullanılması kaçınılmazdır.



Şekil 3.14. Farklı uç şekillerinde  $l_a$  –  $l$  ilişkisi (Çakır, 1999).

Yukarıdaki oranlar kaba ve ara vermeden devam eden uzun süreli işlemler için verilmiştir. Kısa süreli işlemler için daha büyük paso değerleriyle çalışılabilir. Bunun dışında, aynı kenar uzunluğu için daha büyük efektif kesici kenar uzunluğu dolayısıyla paso değeri sağlayacak bir uç şekli seçilebilir.

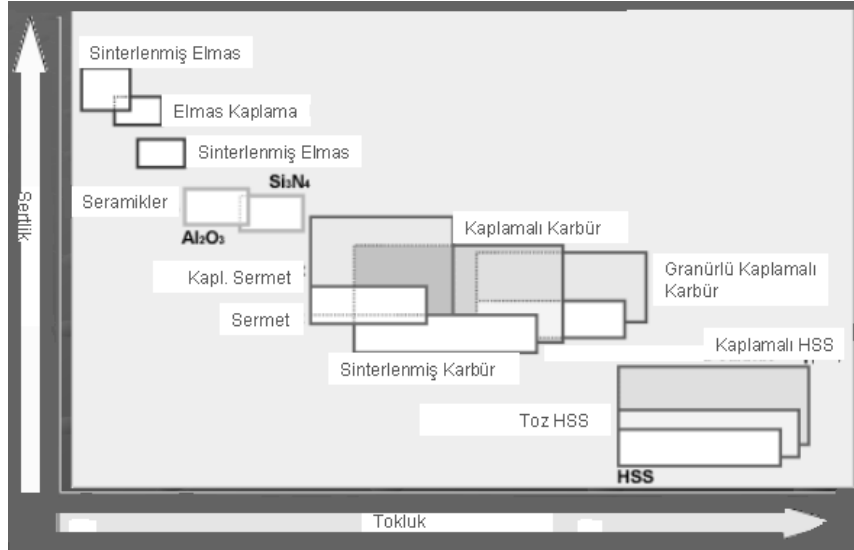
Kesici uçla, gerekli efektif kesici kenar uzunluğu elde edilemiyorsa daha büyük bir kesici uç seçilmeli veya paso değeri düşürülmelidir. Talaş kaldırma işlemlerinin zor olduğu durumlarda daha büyük ve daha kalın kesici uçlar seçilmelidir. Talaş derinliği büyük artış gösterdiği kademeli alın yüzey işleme gibi işlemlerde ise daha büyük bir kesici uç veya ek bir paso gereklidir.

### 3.3.4. Kesici Takım Malzemesi

Günümüzde kullanılan takım malzemeleri 5 ana grupta toplanmaktadır:

- Yüksek hız çeliği (HSS),
- Sert metaller (Kaplmalı ve kaplamasız sinterlenmiş karbürler),
- Sermetler,
- Seramikler,
- Elmas (PCD) ve Kübik bor nitrür (CBN).

Hız çelikleri sinterlenmiş karbürlere göre iki kat, sinterlenmiş karbürler ise seramiklere göre üç kat daha tok malzemelerdir. Takım malzemelerine ait sertlik – tokluk karşılaştırması Şekil 3.15 'te verilmiştir. Çok kristalli elmas çok kırılğan ancak çok sert bir malzemedir. Seramik, sinterlenmiş karbüre göre daha serttir ve daha iyi bir ısı ve kimyasal kararlılığa sahiptir.



Şekil 3.15. Kesici takım malzemelerinin Tokluk – Sertlik karşılaştırması <sup>1</sup>.

Kesici takım malzemesindeki çeşitliliğe rağmen en çok kullanılan takım malzemeleri sinterlenmiş karbürlerdir. Bu malzemeler çok çeşitli iş parçası malzemeleri için kullanılabilirler. Sadece çeliğin değil, dökme demir ve paslanmaz çeliğin işlenmesinde de iyi sonuçlar veren bu takım malzemesi, pek çok işlem için ilk tercih olan takım malzemesidir. Sertlik ve basma mukavemeti değerlerinin artan sıcaklıkla düşmesine karşın sinterlenmiş karbür üstün aşınma direnci sayesinde yüksek kesme hızlarında kullanılabilir. Eğilme direnci, kırılmaya karşı dayanımı, tokluk ve darbe mukavemeti yüksek değerlerdedir. Bu sayede koşulların, talaş derinliklerinin ve malzeme değerlerinin değişimi kesici kenar için bir tehdit oluşturmamaktadır. Metallerle, örneğin çeliklerle karşılaştırıldığında sinterlenmiş karbürler çok daha sert, çok daha yüksek basma mukavemetine sahip ancak çekme mukavemeti açısından çok daha zayıf malzemelerdir.

<sup>1</sup> [http://www.mitsubishicarbide.net/EU/West/product/technical\\_information/information/sessaku.htm](http://www.mitsubishicarbide.net/EU/West/product/technical_information/information/sessaku.htm)



Titanyum esaslı sinterlenmiş karbür olan sermetler, koşullar elverdikçe hafif kaba – ince işlem aralığında kullanılabilirler ve son derece iyi bir yüzey kalitesi sağlarlar. Ancak daha zor çalışma koşullarının söz konusu olduğu orta kaba ve kaba işlemin özellikleri göz önüne alındığında sermetler; ani darbelerde ve yüksek/çok düşük ilerleme hızlarında daha düşük mukavemetli, ayrıca düşük abreziv çentik aşınması direncine sahip, ortadan ağıra değişen yüklerde daha düşük tokluğa sahip takım malzemeleridir.

Değişik işlemlerde kullanılan, çeşitli kalitelere sahip seramikler, dökme demirlerden çeliklere çeşitli talaş kaldırma işlemlerinde, ısı dirençli malzemelerin ve sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kullanılırlar. Seramik takımların kullanımı ile tornalama işlemleri bugün taşlama işleminin yerini almıştır. Doğru uygulamalarda son derece yüksek bir üretim hızı sağlamaktadırlar ve talaşlı imalat işleminde kullanıldığı özel uygulama alanları vardır, ancak seramik takımlar kesme verileri, kesici kenar, işlem tipi ve rijitlik açısından dengeli çalışma koşulları gerektirirler. Kesici seramiğin en önemli özelliği kırılma eğilimi olmasıdır. Ani mekanik yüklerde ve darbeli kuvvetlerde kesici malzemenin kırılması ile iç yapının bozulduğu görülür. Metale nazaran kırılmanın nedeni sünekliliğinin az olmasıdır.

Çok kristalli elmas (PCD) ve kübik bor nitrür (CBN) takım malzemelerinden elmas bilinen en sert malzemedir ve kübik bor nitrür de elmastan sonra ikinci sırada yer alır. Kübik bor nitrür (CBN) çok sert bir takım malzemesidir ve sertleştirilmiş çelik, gri dökme demir ve nikel veya kobalt esaslı süper-alaşımların işlenmesi için uygundur. Bu takımlar talaş kaldırmanın zor olduğu yerlerde kullanılırlar, üretim hızları ve takım ömürleri doğru uygulamalarda seramik ve karbür takımlara göre daha iyidir. Kübik bor nitrür esas itibarıyla sert malzemelerin ince işlenmesi için son derece uygun bir takım malzemesidir. Elmasla karşılaştırıldığında kübik bor nitrürün en önemli avantajı, demir veya diğer metaller ile temasında veya havada yüksek sıcaklıkta sahip olduğu çok yüksek kararlılığıdır.

Çok kristalli elmas (PCD) tamamıyla değişik bir uygulama alanına sahiptir. Bu takım malzemesi karbon içeren iş parçası malzemelerinin işlenmesi için uygun değildir. Son derece serttir. Bu uç sert ve aşınmaya karşı dayanıklı bir kenara sahiptir. Demir esaslı

olmayan metallerin ve metalik olmayan malzemelerin ince ve yarı ince işlemlerinde kullanılır. Bu malzemeler için en belli başlı iş parçası malzemesi örneği aşındırıcı alüminyum alaşımlarıdır. Doğru uygulamalarda kullanıldığında son derece uzun bir ömre sahiptir, çok iyi bir yüzey kalitesi sağlar.

Her takım malzemesinin çeşitli oranlarda veya farklı kaplamalara sahip olarak hazırlanmış ve kesici uç üreten firmaların isimlendirdiği farklı kaliteleri vardır. Çeşitli talepler, koşullar ve aşınma değerleri bir kalitenin bir diğerine tercih edilmesine neden olabilirler.

### **3.3.5. Kesici Ucun Köşe Radyüsü**

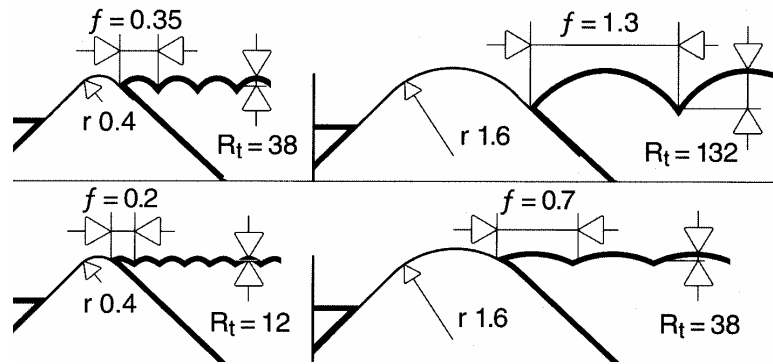
Köşe radyüsü, kesici takımın kenar mukavemetini ve ürünün yüzey kalitesini belirlemektedir. Köşe radyüsü, genel olarak, ilerleme değerinin 2-3 katı bir değer almaktadır. Köşe radyüsü büyüdükçe yüzey kalitesi ve kenar mukavemeti artmaktadır. Ancak, köşe radyüsünü fazla büyük tutmak kesme direncini yükseltmekte ve tırlama riski ortaya çıkmaktadır. Radyüsün büyümesiyle, serbest yüzeydeki ve talaş yüzeyindeki aşınma değerlerinde ise azalma görülmektedir, ancak talaş kontrolü kötüleşmektedir.

Aralıklı kesme veya cürüflü yüzey işleme gibi mukavemet gerektiren işlemlerde, büyük çaplı iş parçalarının kaba tornalanmasında, rijit tezgahlarda büyük köşe radyüsleri kullanılabilir. Paso değerinin düşük olduğu işlemlerde, ince uzun iş parçalarının işlenmesinde, rijit olmayan tezgahlarda köşe radyüsü küçük seçilmelidir. Genellikle kaba işlemlerde ilerleme değeri köşe radyüsü büyüklüğünün yarısı civarındadır. Çeşitli ilerleme aralıklarında kullanılan köşe radyüsü değerleri Tablo 3.3 'te verilmiştir. Daha yüksek ilerleme değerleri; en az 60° uç açısına sahip ve kesme dayanımı iyi olan bir uç kullanılıyorsa, işlem tek taraflı talaş kırıcı bir uç ile gerçekleştiriliyorsa, yanaşma açısı 90°'den küçükse ve iş parçası malzemesinin işlenebilirliği iyi ise kullanılabilir.

Tablo 3.3. Köşe radyüsü değerlerinin kullanıldığı ilerleme aralıkları (Çakır 1999).

$r_{\mathcal{E}}$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
f	0,12 - 0,25	0,25 - 0,5	0,36 - 0,7	0,5 - 1,0	0,7 - 1,6

Teorik yüzey pürüzlülüğü ( $R_t$ ) değerinin ilerleme hızı ve köşe radyüsüne (veya kesici uç çapına) göre değişimi 3.16 'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi daha büyük bir köşe radyüsü, aynı yüzey pürüzlülüğü değeri için daha büyük ilerleme değeriyle çalışma olanağı vermektedir.



Şekil 3.16. Köşe radyüsü – ilerleme – yüzey pürüzlülüğü ilişkisi (Çakır 1999).

Genellikle ince talaş kaldırma işlemlerinde, köşe radyüsü ve ilerleme beraber düşünüldüğünde ilerleme değerinin belirli bir değerin altında tutulması, hedeflenen yüzey kalitesinin sağlanması için bir zorunluluktur. Prensipite, böyle durumlarda, ilerleme değeri köşe radyüsünün üçte birinden daha küçük olmalıdır.

### 3.3.6. Kesici Ucun Tipi

Kesici ucun tipi genellikle kesici ucun geometrisi ile belirlenir. Tornalama işlemlerinde oluşan talaşın uygun şekilde işleme ortamından uzaklaştırılması, talaşın uygun bir şekilde oluşturulması, kesme parametrelerine bağlı olduğu kadar kesici takım geometrisine de bağlıdır. Tornalama işleminde işlenecek malzemeye ve işlem tipine göre çok çeşitli takım geometrileri geliştirilmiştir (Şekil 3.17). Takım geometrisinde

talaşın kırılması ve uzaklaştırılmasında en büyük pay sahibi talaş-kırıcı profiller olup tornalama işlemi sonunda iş parçasının iş parçasının sorunsuz bir şekilde elde edilmesinde büyük rol oynar.



Şekil 3.17. C uç şekline ait iki farklı uç tipi.

Kesici uç tipinin seçimi yapılırken göz önünde tutulması gereken ilk unsurlar iş parçası malzemesi ve işleme ait çalışma alanıdır. Örneğin, alüminyumun işlenmesinde paslanmaz çeliğin işlenmesinde, veya ince işlemden çok kaba işleme göre farklı kesici uç geometrileri kullanılmaktadır. Söz konusu çalışma alanı; bundan önce kesici ucun büyüklüğü, şekli, köşe radyüsü gibi seçimleri de etkilemiştir. Tornalama işleminde, genelde, 6 ana iş parçası malzemesinden bahsedilebilir:

- 1) Uzun talaş veren malzemeler (Birçok çelik tipi...vb),
- 2) Paslanmaz çelikler,
- 3) Kısa talaş veren malzemeler (Dökme demirler...vb),
- 4) Isıl dirençli malzemeler (Ni esaslı alaşımlar...vb),
- 5) Yumuşak malzemeler (Al alaşımları...vb),
- 6) Sertlikleri 400 HB 'den daha büyük olan sert malzemeler .

Bunun yanında; tezgahın çalışma koşulları, gücü, kesme işleminin sürekli veya aralıklı olması ve titreşim eğilimi de bu seçimi etkiler. Bu aşamaya kadar belirlenmiş olan katerin ve kesici uç şeklinin, uç tipi için sorun yaratması durumunda kater ve kesici uç şeklinde güncelleme yapılır.

### 3.3.7. Kesme Verileri

Kullanılacak kesici takım belirlendikten sonra bu takımla yapılacak kesme işleminin tam olarak hangi ilerleme değerinde ve buna bağlı olarak hangi kesme hızında yapılacağına karar verilmektedir.

Kesin ilerleme değeri; kaba işlemlerde talaş debisi, ince işlemlerde ise yüzey kalitesi düşünülerek seçilmelidir. Bu seçimden sonra, kesici uç firması tarafından oluşturulmuş tablolardan yararlanır. İş parçası malzemesi, kesici takımın kalitesi (takım malzemesinin alt gurubu) ve kullanılacak ilerleme değerinin çakıştığı noktada bulunan kesme hızı değeri, o şartlar için tavsiye edilmiş hız değeridir.

Söz konusu tavsiye kesme hızı değerleri, belirli iş parçası malzemesi sertliği ve belirli takım ömrü değerleri için verilmiştir. İş parçası malzemesi bu sertlik değerinden farklı ise tavsiye kesme hızı, ilgili sertlik farkı için verilen katsayıyla çarpılacak ve daha yüksek sertlikler için daha düşük kesme hızları, daha düşük sertlikler için daha yüksek kesme hızları elde edilecektir. Aynı şekilde daha farklı takım ömürleri öngörülüyorsa, öngörülen takım ömrü için kesme hızını bulabilmek için tavsiye kesme hızı, ilgili takım ömrü için verilen katsayıyla çarpılacak ve daha düşük takım ömrü göze alındıysa daha yüksek kesme hızları, daha yüksek takım ömürleri içinse daha düşük kesme hızları bulunacaktır. Sandvik firmasının bu dönüşümlerle ilgili verdiği tablolar aşağıdadır (Tablo 3.4, 3.5).

Tablo 3.4. Değişen sertlik değerine göre kesme hızı düzeltme faktörleri (Anonim, 2006).

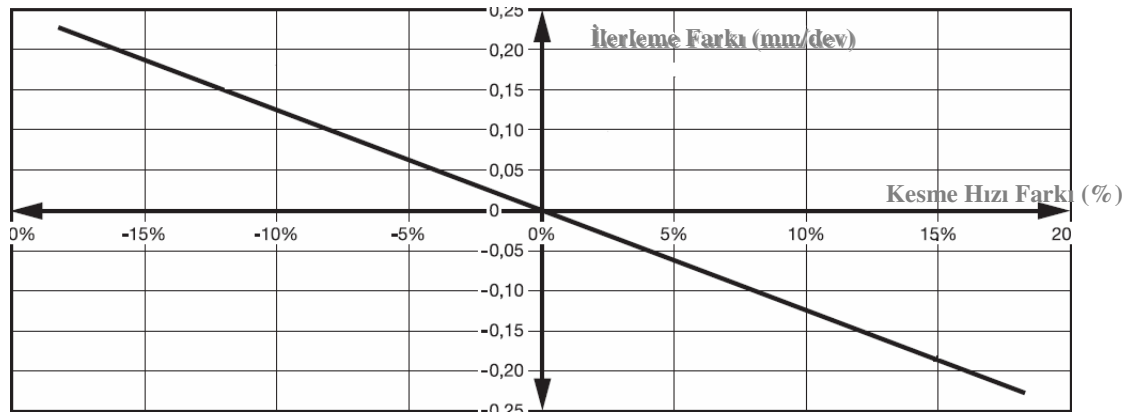
ISO/ ANSI	CMC	HB	Azalan Sertlik				Artan Sertlik				
			-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
<b>P</b>	02.1	HB 180	1,44	1,25	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
<b>M</b>	05.21	HB 180	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
<b>K</b>	08.2	HB 220	1,21	1,13	1,06	1,0	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79
	09.2	HB 250	1,33	1,21	1,09	1,0	0,91	0,84	0,75	0,70	0,65
<b>N</b>	30.21	HB 75			1,05	1,0	0,95				
<b>S</b>	20.22	HB 350			1,12	1,0	0,89				
<b>H</b>	04.1	HRC 60			1,07	1,0	0,97				

Tablo 3.5. Değişen takım ömrüne göre kesme hızı düzeltme faktörleri (Anonim, 2006).

<b>Takım Ömrü (dak)</b>	10	15	20	25	30	45	60
<b>Düzeltilme Faktörü</b>	1,11	1,0	0,93	0,88	0,84	0,75	0,70

Tavsiye kesme hızı üzerinde yapılabilecek bir başka düzeltme ise ilerleme değeriyle ilgilidir. Eğer kesme hızı tablolarında kesme işleminde kullanılan ilerleme değeri yoksa, tablodaki en yakın ilerleme değeri ile kullanılan ilerleme değeri arasındaki farka karşılık gelen düzeltme oranıyla bulunan değer tavsiye kesme hızına eklenir. Böylece daha yüksek ilerleme değerleri için daha düşük, daha düşük ilerleme değerleri için daha yüksek kesme hızı değerleri elde edilecektir. Sandvik uç firmasının ilgili hesaplamada kullanılmak üzere hazırladığı grafik Şekil 3.18 'de verilmiştir.

Kullanılacak kesme hızı belirlendikten sonra, işlenecek çapa (D) bağlı olarak anamill hızı (n) ve talaş debisi (V) değerleri bulunabilmektedir. Ayrıca, kesme kuvveti biliniyorsa tezgahın çekilen güç (P) de elde edilebilir. İşlenecek uzunluk (L) hesaba katıldığında ise, paso süresi ve bunun yanında takım ömrüne göre maksimum paso sayısı hesaplanabilecek değerlerdir.



Şekil 3.18. Değişen ilerleme değerine göre kesme hızındaki yüzdesel değişim (Anonim, 2006).

Tezgahın çekilen güç tezgahın maksimum gücünü aşıyorsa veya kesme hızına karşılık gelen devir sayısı tezgahın maksimum devir sayısından fazla ise, kesme hızı uygun bir değere çekilmelidir.

### 3.4. İşlenebilirlik

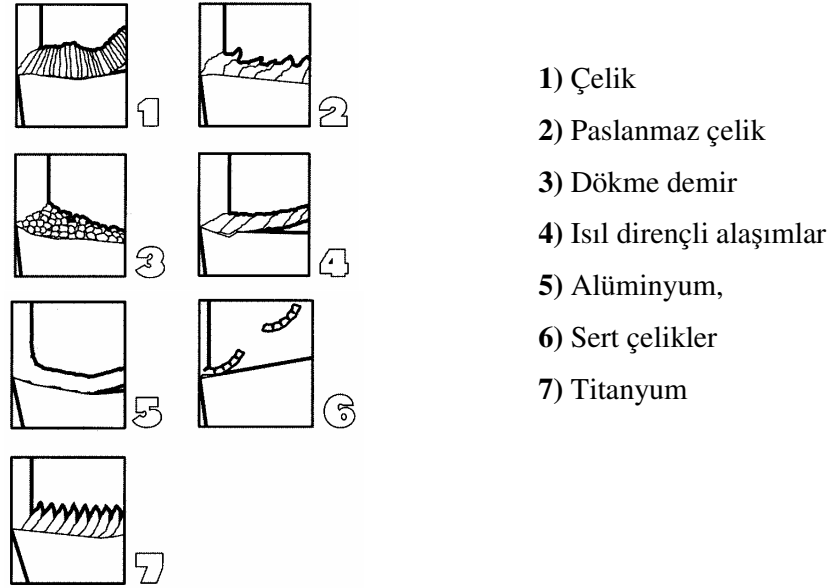
İşlenebilirlik evrensel olarak tanımlanmış, standart bir özellik değildir. Genellikle iş parçasının işlenebilme kabiliyeti, bir başka deyişle iş parçasının kesici bir takım ile şekillendirilmesinin ne kadar kolay veya zor olduğu işlenebilirlik olarak adlandırılır. Kesici takımlardaki gelişmeler, değişen koşullar ve metotlar nedeniyle işlenebilirlik kavramı karşılaştırmalı değerler cinsinden ifade edilmesi zor olan bir kavramdır.

İş parçası malzemesinin metalürjisi, kimyasal yapısı, mekanik özellikleri, ısıl işlemi, katkıları, kalıntıları, yüzeyindeki sert tabakanın kalınlığı vb. özellikleri, kesici kenar, takım bağlama biçimi, takım tezgahı, işleme biçimi ve işleme şartları gibi faktörler işlenebilirlik üzerinde etkilidir. Malzemeler için işlenebilirlik değerleri, en ideal durumlarda bile, daha ileri düzeyde optimizasyon için başlangıç değerlerine kılavuzluk eder. Sınırlı bir malzeme dizisindeki belli sayıda operasyonun gerçekleştirilmesinde bir atölye veya işletme, işleme sırasındaki zorluklar veya kolaylıklara göre kendi önceliklerini benimser. İşlenebilirliği geliştirmek için; döküm kalitesini iyileştirmek, malzemeyi kolay işlenebilir hale getirmek veya değiştirmek, takım malzemesini, takım geometrisini, bağlama şartlarını veya kesme sıvısı vb. değiştirmek gerekebilir. En geniş anlamda işlenebilirlik kesici takım – iş parçası çiftine ait aşağıda verilen kriterlerce tanımlanan bir özellik olarak adlandırılabilir.

- Takım ömrü,
- Talaş oluşumu,
- Yüzey kalitesi,
- Talaş debisi,
- Kesme kuvveti / güç,
- Yığma kenar eğilimi.

Bir iş parçası malzemesinin mukavemeti ve sertliği tek başına işlenebilirlik için belirleyici bir unsur teşkil etmeyebilir. Yapı içerisindeki kalıntılar, işlemeyi kolaylaştıran katkı maddeleri, mikro yapı, sert ve aşındırıcı bileşenler, talaşın sıvanma

eğilimi gibi diğer faktörler de en az mukavemet ve sertlik kadar önemlidir. Bunun yanısıra bir takım tipi ve belirli bir iş parçası malzemesi için iyi olan işlenebilirlik bir başka malzeme ve takım tipi için kötü olabilir. Bir iş parçası için işlenme kabiliyeti ve verimlilik bu anlamda birçok faktör tarafından belirlenir: iş parçası malzemesi, takım tezgahı, işlem, kesici takım, soğutma sıvısı, kesme verileri gibi. Talaşlı imalatta kullanılan temel malzeme gurupları Şekil 3.19 'daki gibidir.



Şekil 3.19. Temel malzeme gurupları (Çakır, 1999).

İşlenebilirliğe etkide bulunan temel özellikler ve etkileri Tablo 3.6 'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. İşlenebilirliğe etkide bulunan temel özellikler ve etkileri (Çakır, 1999).

Yüksek ....	Genel işlenebilirliğe etkisi
Sertlik ve mukavemet	-
Süneklik	-
Isıl iletkenlik	+
Deformasyon sertleşmesi	-
Kalıntı oranı	
- makro	-
- mikro	- / +
İşlemeyi kolaylaştıran maddeleri katkı	++



### 3.4.1. Çeliklerin İşlenebilirliği

Düşük karbonlu çeliklerin işlenebilirliği incelendiğinde düşük sertliğin ve yüksek sünekliğin talaş sıvanması ve yığma kenar oluşumu gibi olumsuz etkilere neden olduğu, bu etkilerin ise takım ömrünü azalttığı ve kötü bir yüzey kalitesinin elde edilmesini sağladığı görülür. Karbon yüzdesi arttıkça sertlik artar, süneklik düşer ve işlenebilirlik artar. Bu gurubu oluşturan malzemeler için işlenebilirlik işlenebilirliği kolaylaştırıcı katkı maddelerinin ilavesine, imalat yöntemine ve imalat sonrası işlemlere bağlı olarak değişim gösterir. Bu çeliklerin içerisinde biraz mangan da mevcuttur, ancak oranı % 2 'yi aşmadıkça mangan alaşım elementi olarak kabul edilmez.

Alaşımli takım çelikleri, kalıp çelikleri ve hız çelikleri yüksek alaşımli çeliklerdir. Bu çelikler uygun bir sertlik değerine tavlandıktan sonra sinterlenmiş karbür takımlarla işlenirler. Geleneksel taşlamanın kullanıldığı sertleştirilmiş takım çeliklerinin işlenmesinde kübik bor nitür takım bir diğer alternatiftir. Molibden, vanadyum, krom ve tungsten gibi yüksek ısı dirençli metaller alaşım malzemesi olarak kullanıldıklarında çelik içerisinde çok sert karbürler oluştururlar. Takım çelikleri karbon çeliklerinden düşük ve yüksek alaşımli çeliklere değişen çok sayıda, değişik çelik tipini temsil ederler. Bu çeliklerin karbon yüzdesi % 0,7-1,3 C arasında değişir.

Alaşımli çelik iş parçalarının işlenmesi birçok endüstride değişik şekilde gerçekleştirilir. Ürünün son şekline yakın, çok küçük işleme paylarına sahip -bu işleme paylarının sağlanması için talaşın ve takım aşınma parametrelerinin çok iyi kontrolü gerekmektedir- iş parçaları çok hassas dövme ve döküm teknolojileriyle üretilirler. Daha sert takım malzemeleri sayesinde sertleştirilmiş çeliklerin talaşlı imalatı her geçen gün yaygınlaşmaktadır.

Çeşitli alaşım elementlerinin çeliklerin işlenebilirliği de dahil bazı özelliklerine katkıları Şekil 3.20 'de verilmiştir.

ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÇELİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ															
ALAŞIM ELEMENTLERİ	SERTLİK	DAYANIM	AKMA NOKTASI	UZAMA	KESİT DARALMASI	DARBE DİRENÇİ	ELASTİK YET	YÜKSEK SICAKLIĞA DAYANIM	SOĞUTMA HIZI	KARBÜR OLUŞUMU	AŞINMA DİRENÇİ	DÖVÜLEBİLİRLİK	İŞLENEBİLİRLİK	OKSİTLENME EĞİLİMİ	KOROZYON DİRENÇİ
Si	↑	↑	↑↑	↓	~	↓	↑↑↑	↑	↓	↓	↓↓↓	↓	↓	↓	·
Mn'	↑	↑	↑	~	~	~	↑	~	↓	~	↓↓↓	↑	↓	~	·
Mn''	↓↓↓	↑	↓	↑↑↑	~	·	·	·	↓↓↓	·	·	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	·
Cr	↑↑	↑↑	↑↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓↓↓	↑↑	↑	↓	·	↓↓↓	↑↑↑
Ni'	↑	↑	↑	~	~	~	·	↑	↓↓↓	·	↓↓↓	↓	↓	↓	·
Ni''	↓↓↓	↑	↓	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	·	↑↑↑	↓↓↓	·	·	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↑↑
Al	·	·	·	·	↓	↓	·	·	·	·	·	↓↓↓	·	↓↓↓	·
W	↑	↑	↑	↓	↓	~	·	↑↑↑	↓↓↓	↑↑	↑↑↑	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	·
V	↑	↑	↑	~	~	↑	↑	↑↑	↓↓↓	↑↑↑	↑↑	↑	·	↓	↑
Co	↑	↑	↑	↓	↓	↓	·	↑↑	↑↑	·	↑↑↑	↓	~	↓	·
Mo	↑	↑	↑	↓	↓	↑	·	↑↑	↓↓↓	↑↑↑	↑↑	↓	↓	↑↑	·
S	·	·	·	↓	↓	↓	·	·	·	·	·	↓↓↓	↑↑↑	·	↓
P	↑	↑	↑	↓	↓	↓↓↓	·	·	·	·	·	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓	↑↑

\* Perlitik çeliklerde

\*\* Östenitik çeliklerde

↑ Arttırır

↓ Azaltır

~ Değiştirmez

· Önemsiz yada bilinmiyor

Şekil 3.20 Çeşitli alaşım elementlerinin çeliklerin bazı özelliklerine katkıları <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> [http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders\\_notlari/Karisik/CELIK\\_MALZEMELER\\_VE\\_SECIMI\\_EGITIM\\_NOTLARI\\_dosyalar/frame.htm](http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders_notlari/Karisik/CELIK_MALZEMELER_VE_SECIMI_EGITIM_NOTLARI_dosyalar/frame.htm)

### 3.4.2. Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği

Östenitik ve ferritik/östenitik birçok paslanmaz çelik için bir düşük, bir de yüksek kesme hızı aralığı mevcuttur (40 - 90 m/dak ve 180 - 400 m/dak). Bu değerlerin arasındaki kesme hızı değerleri yığılma kenar oluşumunun gerçekleştiği değerlerdir.

Genellikle paslanmaz çelik içerisindeki alaşım miktarı arttıkça işleme o derece zorlaşır ve işleme maliyeti o derece artar. Malzeme özellikleriyle ilgili (örneğin korozyon direnci) talepler bazı uygulamalarda işlenebilirliği arttıran katkı malzemelerinin (Si, Pb gibi) miktarını sınırlar. Talaşlı imalat alanında özellikle paslanmaz çeliklerin işlenmesi hususunda son derece yararlı olacak bazı temel tavsiyeler mevcuttur. Bu tavsiyeler aşağıda verilmiştir:

- Rijit bir takım tezgahı seçilmelidir. Tezgahın tabanının düzgün ve sert olması ve iş milinin kalitesi son derece önemlidir. Uzun çubukların işlenmesi esnasında yeterli rijitlik sağlanmalıdır.
- Takım ve iş parçası bağlama sistemi mümkün olduğunca rijit olmalıdır. Minimum bir efektif uzunluğa sahip takım ve yüksek mukavemete sahip bir bağlama elemanı kullanımı tavsiye edilir.
- Köşe radyüsü uygulamaya göre seçilmelidir. Radyüsün gereğinden büyük olması titreşime neden olacaktır, daha küçük ancak yeterince dayanıklı bir köşe radyüsü daha iyi bir talaş kontrolü ve daha düşük kesme kuvvetleri sağlar.
- Kesici kenar için yeterince dayanıklılık ve iyi bir keskinlik sağlayan bir kesme geometrisi kullanılmalıdır. Kalite ve geometri söz konusu olan işleme göre birlikte seçilir.
- Kesici kenarın plastik deformasyona uğramasını önlemek için büyük bir köşe radyüsü kullanılmalıdır.
- Yeterince büyük bir pozitif talaş açısına ve büyük boşluk açısına sahip takımlar kullanılmalıdır. Keskinliğin artırılması için küçük uç yuvarlatmaları yararlı olabilir.
- Kaba talaş kaldırma işlemlerinde kesici kenarın güçlendirilmesi amacıyla pah kırma işlemi yapılacaksa mümkün olan en küçük pah kırılmalıdır.

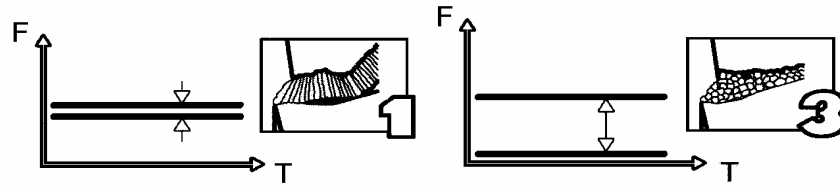
- Tornalama işleminde kesme bölgesinde oluşan ısının ortamdan uzaklaştırılması için doğru kesme sıvısı, bol miktarda kullanılmalıdır.
- Talaş yüzeyi ile talaş arasındaki sürtünmeyi, temas yüzeyini en aza indirecek bir kesici uç geometrisi seçilmelidir.
- Kaba talaş kaldırma işlemlerinde düşük talaş derinliklerinde ve ilerlemelerde, yüksek kesme hızlarıyla çalışmak yerine büyük talaş derinliklerinde ve ilerlemelerde, düşük kesme hızlarıyla çalışılmalıdır.
- Kaba veya yarı ince işlemlerde, ince işlemler esnasında takımın deformasyon sertleşmesine uğramış bölgenin altına nüfuz etmesine izin verecek miktarda bir işleme payı bırakılmalıdır.
- Serbest yüzey aşınmasının çok fazla gelişmesine izin verilmemelidir. Körelen bir uç daha zor keser ve çok daha hızlı bir şekilde deformasyon sertleşmesine neden olur. Sertlik HB 500 'e dek ulaşabilir ve ince işlemlerde kullanılan takım çok çabuk aşınabilir.
- Paslanmaz çeliklerin tornalanmasında ve frezelenmesinde sermetler uygun bir seçenek olarak dikkate alınmalıdır.
- Karşıt yönde frezeleme işleminde deformasyon sertleşmesine uğramış bölge ile daha uzun süren bir temas ve daha büyük kesme kuvvetlerinin söz konusu olması nedeniyle aynı yönlü frezeleme işlemi tercih edilmelidir.
- İşleme esnasında ilerleme hareketinde darbeli hareketlerden sakınılmalıdır, bu hareketler ilave deformasyon sertleşmesine neden olabilirler. Eğer bu durum kaçınılmaz ise parçaya giriş ve çıkışlarda tablanın ilerleme hızı düşürülmelidir.
- Frezenin iş parçasına göre konumu ve freze çapı ile radyal kesme derinliği ilişkisi özellikle paslanmaz çeliklerin en uygun koşullar altında frezelenmesi açısından önem taşıyan faktörlerdir.
- Frezeleme işleminde kesme sıvısı sadece düşük kesme hızları ve form frezeleme işleminde kullanılmalıdır.
- 90 dereceden küçük yanaşma açıları daha yararlıdır. Büyük yanaşma açıları çentik aşınmasına yol açan kalın, sert bir çapak oluşturmaları nedeniyle sakıncalıdır.

### 3.4.4. Dökme Demirlerin İşlenebilirliği

Dökme demir kalitelerine ait işlenebilirlik karakteristiklerinin belirlenmesi için yapının ve analiz sonuçlarının dikkate alınmasında yarar vardır.

- Karbon oranı azaldıkça işlenebilirlik düşer.
- Silisyum oranı arttırılmış ferritik dökme demir yapısı daha güçlü ve daha az sünektir. Böyle bir yapı yığılma kenar oluşumuna daha az meyillidir.
- Matris içerisinde perlitik oranın arttırılması mukavemeti ve sertliği artırır, işlenebilirliği azaltır.
- Perlit ne kadar ince lamelli ve ince taneli ise işlenebilirliği o kadar düşüktür.
- Matris içerisindeki ~ % 5 oranındaki serbest karbür işlenebilirliği hızla düşürür.
- İşlenebilirlik açısından serbest karbürlerin etkisi perlitik bir matrise sahip dökme demirler için çok daha olumsuzdur, çünkü perlit matris içerisindeki karbür parçacıklarını bağlar. Bu ise kesici kenarın en sert parçacıkları ferritik yapıda olduğu gibi yerinden çıkarması veya yumuşak ferrite gömmesi yerine kesmesini gerektirir.
- Döküm üst yüzeyinin sahip olduğu cürufklar veya kum kalıntıları nedeniyle işlenebilirliği düşüktür.
- Genellikle bir tip dökme demirin sertliği ve mukavemeti ne kadar artarsa, işlenebilirliği ve takım ömrü o kadar azalır

Talaşlı imalat alanında kullanılan dökme demir tiplerinin bir çoğunun işlenebilirliği iyidir. İşlenebilirlik katsayısı yapıya bağlıdır. Sert perlitik dökme demirin işlenmesi zordur. Gri dökme demir kısa talaş, temper ve sfero dökme demir prensipte uzun talaş oluşturur. Grafit lamelli dökme demirin ve temper dökme demirin mükemmel işleme özellikleri vardır, SG dökme demirin işleme özellikleri daha kötüdür.



Şekil 3.21. Alaşımsız çelikler ile dökme demirlerin karşılaştırılması (Çakır, 1999).

Şekil 3.21 'de kesme kuvvetlerindeki dalgalanmalar açısından alaşım-sız çelikler ile dökme demirlerin bir karşılaştırılması verilmiştir. Dökme demirlerde kesme kuvvetlerindeki değişim alaşım-sız çeliklere (1) göre daha büyüktür, ancak ortalama değer gri dökme demirde (3) daha düşüktür.

Dökme demir işlemede karşılaşılan aşınma tipleri abreziv, adeziv ve difüzyon aşınmalarıdır. Abraziv aşınma genellikle karbürler, kum kalıntıları ve daha sert çil yüzeyler nedeniyle oluşur. Adeziv aşınma ve talaş yığılması düşük işleme sıcaklıklarında ve kesme hızlarında söz konusudur. Dökme demirin kesici uç üzerine en kolay kaynak olan kısmı ferritik olan kısmıdır, bu durum hızın ve sıcaklığın artırılmasıyla önlenir. Öte yandan difüzyon aşınması da sıcaklığa bağlıdır ve özellikle yüksek mukavemetli dökme demir kalitelerinde yüksek sıcaklıklarda meydana gelir. Bu kaliteler daha yüksek deformasyon direncine, dolayısıyla daha yüksek çalışma sıcaklıklarına sahiptir. Bu tip aşınma dökme demir ile takım arasındaki reaksiyona bağlıdır ve dökme demirlerle ilgili bazı işlemler daha iyi yüzey kalitelerinin sağlanması amacıyla yüksek hızlarda, seramik takımlarla gerçekleştirilir.

Dökme demir işlemede aranan tipik takım özellikleri yüksek kızıl sertlik ve kimyasal kararlılıktır, ancak işleme, iş parçasına ve işleme koşullarına bağlı olarak tokluk, ısıl darbelere karşı direnç ve mukavemet de kesici kenarın sahip olması gereken özelliklerdir. Sinterlenmiş karbürlerin yanısıra seramik kaliteler de dökme demir işlemlerinde kullanılırlar.

Dökme demir işlemlerinde iyi sonuçların elde edilebilmesi kesici kenarda aşınmanın ne şekilde geliştiğine bağlıdır: ısıl çatlaklar ve kesici uçtan ufak dökülmeler ucun kırılması sonucunda ani körelmeye, bunun sonucunda da iş parçasından parça kopmalarına, kötü yüzey kalitesine, aşırı dalgalı yüzeylere neden olur. Genellikle keskin bir kenar için düzenli gelişmiş bir serbest yüzey aşınması şarttır.

Beyaz dökme demirin işlenmesi yapı içerisindeki sementitin varlığı nedeniyle çok farklıdır ve kesici kenar ve işleme koşulları açısından farklılıklar içerir. Bu malzemeden imal edilen silindirler ve benzeri elemanlar çok düşük kesme verileriyle ve kübik bor nitrid veya seramik takımlarla işlenirler. İşlemler bir taşlama işlemi gerektirir, ancak

verimlilik modern kesici takımların rijit koşullarda kullanımı ile önemli ölçüde arttırılmıştır.

### 3.4.4. Isıl Dirençli Alaşımların İşlenebilirliği

Bu malzemelerin işlenmelerinde dikkat edilecek noktalar şunlardır :

- Keskin, pozitif ancak dayanıklı kesme geometrileri seçiniz.
- Uygun ilerleme hızları ve talaş derinliklerinde çalışınız.
- Aşınmanın aşırı gelişiminden kaçınınız.
- Doğru, özel hazırlanmış, ince taneli karbür kalitesi veya lif takviyeli veya katkılı tip seramik kalite kullanınız.
- Soğutucu sıvıyı bol kullanınız ve talaş akışının herhangi bir engelle karşılaşmamasını sağlayınız.
- Herhangi bir titreşim eğiliminin söz konusu olmaması için özellikle tezgah ve bağlama elemanlarının rijitliği açısından en optimum çalışma koşullarında çalışınız.
- Takımların iyi desteklenmesini, yeterli boşluk açısına sahip olmasını, kaba işlemler için, özellikle darbeli işlemlerde, kenar mukavemetlerinin arttırılmasını sağlayınız.
- Talaş yapışmasını azaltmak için çıkışta en küçük talaş kalınlığının oluşması amacıyla aynı yönlü frezeleme işlemini uygulayınız.
- Oluşan uzun talaşlar için büyük talaş ceplerine sahip frezeler kullanınız.
- Sabit ve dengeli yük için iyi bir takım hassasiyeti sağlayınız.

### 3.4.5. Titanyumun İşlenebilirliği

Titanyum ve alaşımlarının işlenmesi kesme koşullarının doğru seçilmesi ve rijitliğin sağlanması koşuluyla zor değildir. Dikkate alınması gereken hususlar şunlardır :

- Yeterli boşluğa sahip, keskin, pozitif kesici kenarlar
- Rijit koşullar, iyi bağlanmış iş parçaları

- Optimize edilmiş ilerleme hızları
- Talaş kaldırma esnasında soğutma sıvısının bol miktarda kullanılması
- Isı oluşumunun kontrolü için aşınma gelişiminin sınırlandırılması

### 3.4.6. Alüminyumun İşlenebilirliği

Alüminyum alaşımları iyi bir işlenebilirliğe sahiptir. İşleme sıcaklıkları genelde düşüktür ve yüksek kesme hızlarının kullanımı söz konusudur. Bazı işlemlerde talaş kontrolü için özel önlemler gerekebilir. Kesme işlemi keskin, pozitif geometriler gerektirir ve genellikle alüminyum için özel geliştirilmiş takımlarla gerçekleştirilir, ancak alüminyum alaşımlarının bir çoğunun modern, genel amaçlı takımlarla uygun bir şekilde işlenebilmesi de mümkündür. Doğru bir kayma işleminin gerçekleştirilmesi ve yığılma kenar oluşumunun önüne geçilebilmesi için büyük talaş açlarına gereksinim vardır.

Takım ömrü, yüzey kalitesi ve talaş oluşumuna bağlı olarak işlenebilirlik genellikle iyidir. Kesme kuvvetleri düşüktür. Dövme ve döküm alaşımlar temperlenmiş halde tavlanmış hale göre daha iyi işlenirler. Bazı alaşımlarda yığılma kenar çok yüksek hızlarda bile oluşabilir ve özellikle alüminyum işleme için tasarlanmamış uçların kullanılması halinde kötü yüzey kalitesinin elde edilmesine neden olabilir. Alüminyum işlemede dikkate alınması gereken en önemli problem talaş kontrolüdür. Bazı durumlarda talaş kolay kırılmaz ve yüksek hızlarda talaşın kesme bölgesinden uzaklaştırılması özel önlemler gerektirir.

Ötektik ve ötektik üstü bileşimlere sahip bazı silisyum içeren alaşımlarda aşırı serbest yüzey aşınması dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Büyük, sert silisyum parçacıkları yüksek aşınma hızlarına neden olurlar. Bu alaşımların işlenmesi için elmas uçlu kesiciler geliştirilmiştir. Çok yüksek kesme hızları ve yüksek ana mil devir sayılarına sahip tezgahlarda yüksek talaş debileri bu alanda efektif olarak kullanılabilir. Kesme hızları genellikle tezgah ile sınırlıdır. Birçok alüminyum işleme uygulamasında özel olarak geliştirilmiş keskin, kaplamasız sinterlenmiş karbür kaliteleri mükemmel bir performans sağlarlar.



### 3.5. Alaşım Elementlerinin Çeliklerin İşlenebilirliğine Etkileri

#### 3.5.1. Çeliklerin Sınıflandırılması

Çelikler karbon oranına veya kimyasal bileşenlerine göre sınıflandırılabilirler.

Çeliklerin karbon oranına göre sınıflandırılması şu şekilde yapılabilir:

1. Düşük Karbonlu Çelikler : % 0,25 oranına kadar karbon içerirler.
  - a. Çok Yumuşak Çelikler : % 0,07 ile % 0,15 arasında karbon içerirler.
  - b. Yumuşak Çelikler : % 0,15 ile % 0,25 oranında karbon içerirler.
2. Orta Karbonlu Çelikler : % 0,25 ile % 0,55 oranları arasında karbon içerirler.
  - a. Genel Dövme Çelikleri : % 0,25 ile % 0,35 arasında karbon içerirler.
  - b. Mil Çelikleri : % 0,35 ile % 0,45 oranları arasında karbon içerirler.
  - c. Aşınmaya Dayanıklı Çelikler:
3. Yüksek Karbonlu Çelikler : % 0,55 ile % 0,9 arasında karbon içerirler.
4. Yüksek Karbonlu Takım Çelikleri : % 0,9 - % 1,6 karbon içerirler.

Çeliklerin kimyasal bileşim esas alınarak sınıflandırılması ise şu şekildedir:

1. Alaşımsız Çelikler :  
C harfi ve ortalama yüzde karbon oranının yüz katı ile gösterilirler. Örneğin, bileşiminde % 0,35 karbon bulunan alaşımsız ve sakınleştirilmiş oksijen konverter çeliği: OS C 35 şeklinde gösterilir. Ortalama karbon oranı % 0,45 olan alaşımsız çelik C 45 şeklinde gösterilir. Karbon (C) işaretinden sonra gelen küçük harfler ise alaşımsız çeliğin türünü gösterir. Örneğin; ortalama karbon oranı % 0,45 olan alaşımsız asal çelik Ck 45 şeklinde, % 0,53 oranında karbon içeren ve yüzeyi sertleştirilebilen alaşımsız çelik ise Cf 53 şeklinde gösterilir.
2. Alaşımlı Çelikler :  
Alaşımlı çelikler alaşım miktarına göre veya esas alaşım elementine göre sınıflandırılabilir.
  - 2.1 Alaşım Miktarına Göre :
    - a. Az Alaşımlı Çelikler : Bu tip çeliklerin gösteriminde C işareti kullanılmaz. Ortalama yüzde karbon oranının yüz katı yazıldıktan sonra, oran sırasına göre alaşım elementlerinin simgeleri ve bu elementlerin Tablo 1 deki ve katsayılarla çarpılarak tam sayıya yuvarlatılmış ortalama yüzde oranları belirtilir.

Tablo 3.7. Az alaşımlı çeliklerin Türk Standartları'na göre gösteriminde kullanılan katsayılar.

Alaşım Elementi	Katsayısı
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Pb, Mo, Nb, Ta, Ti, V, Zr	10
P, S, N, Ce, C	100
B	1000

b. Örneğin bileşiminde % 0,20 C ve % 1,25 Mn bulunan az alaşımlı çelik 20 Mn 5, bileşiminde % 0,15 C ve % 0,75 Cr bulunan az alaşımlı asal çelik 15Cr3 ve bileşiminde % 0,15 C, % 1 Cr ve % 0,40 Mo bulunan az alaşımlı çelik ise 15 Cr Mo 44 şeklinde gösterilir.

c. *Otomat Çelikleri* : Karbon oranı az alaşımlı çeliklerde olduğu gibi yazılır. Çelikte S, Mn, Pb ve P elementlerinden hangileri varsa bu sırayla gösterilir ve yalnız kükürdün ortalama yüzde oranı yüz ile çarpılarak belirtilir. Örneğin; bileşiminde % 0,45 C, % 0,20 S ve % 0,15 - % 0,30 Pb bulunan otomat çeliği 45SPb20, bileşiminde % 0,09 C, % 0,15 - % 0,30 S, % 0,90 - % 1,30 Mn ve % 0,15 - % 0,30 Pb bulunan otomat çeliği ise 9SMnPb23 şeklinde gösterilir.

d. *Yüksek Alaşımlı Çelikler* : Yüksek alaşımlı çeliklerin gösterimi için en başta X harfi kullanılır. Karbon oranı, az alaşımlı çeliklerde olduğu gibi yazılır ve alaşım elementlerinin herbirinin gerçek yüzde oranı kendi simgesinden sonra belirtilir. İkinci derecede önemli olan alaşım elementlerinin oranları gösterilmeyebilir. Örneğin; bileşiminde % 0,08 C, %18Cr ve % 8 Ni bulunan yüksek alaşımlı çelik X 8 Cr 18 Ni 8 şeklinde gösterilir.

## 2.2 Esas Alaşım Elementine Göre :

Bu sınıflama şu şekilde yapılabilir:

- |  |  |
|--|--|
| a. <i>Manganlı Çelikler</i>                  | g. <i>Nikel – Molibdenli Çelikler</i>    |
| b. <i>Nikelli Çelikler</i>                   | h. <i>Kromlu Çelikler</i>                |
| c. <i>Nikel – Kromlu Çelikler</i>            | i. <i>Krom – Vanadyumlu Çelikler</i>     |
| d. <i>Molibdenli Çelikler</i>                | j. <i>Volfram – Kromlu Çelikler</i>      |
| e. <i>Krom – Molibden Çelikleri</i>          | k. <i>Silisyum – Manganezli Çelikler</i> |
| f. <i>Nikel – Krom – Molibdenli Çelikler</i> | l. <i>Paslanmaz Çelikler</i>             |

Yukarıda listelenen çeliklerin içerdiği alaşım elementlerinin ağırlık yüzdeleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Çeliklerin esas alaşım elementine göre sınıflandırılması (Anonim, 1982).

ÇELİK ANA GRUBU	ANA ALAŞIM ELEMANI (% Ortalama)	SAE/ AISI	ÖRNEK	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%max)	S (%max)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Diğer (%)
KARBON ÇELİKLERİ	Max. Mn 1,00	10xx	1010	0,08 0,13	- 0,10	0,30 0,60	- 0,040	- 0,050	-	-	-	-
	S; 0,08; 0,30	11xx	1117	0,14 0,20	- 0,60	1,00 1,30	- 0,040	0,080 0,130	-	-	-	-
	S; 0,16; 0,23 P; 0,04; 0,12	12xx	1212	- 0,13	- 0,60	0,70 1,00	0,070 0,120	0,160 0,230	-	-	-	-
	Mn; 1,00; 1,65	15xx	1524H	0,18 0,26	0,15 0,30	1,25 1,75	- 0,040	- 0,050	-	-	-	-
MANGANEZLİ ÇELİKLER	Mn; 1,75	13xx	1345H	0,42 0,49	0,15 0,30	1,45 2,05	- 0,035	0,040	-	-	-	-
NİKELLİ ÇELİKLER	Ni; 3,50	23xx	2340	0,38 0,43	0,20 0,35	0,70 0,90	- 0,040	- 0,040	-	3,25 3,75	-	-
	Ni; 5,00	25xx	2515	0,12 0,17	0,20 0,35	0,40 0,60	- 0,040	- 0,040	-	4,75 5,25	-	-
NİKEL - KROMLU ÇELİKLER	Ni; 1,25 Cr; 0,65; 0,80	31xx	3120	0,17 0,22	0,20 0,35	0,60 0,80	0,040	0,040	0,55 0,75	1,10 1,40	-	-
	Ni; 1,75 Cr; 1,07	32xx	3220	0,15 0,25	0,15 0,30	0,30 0,60	- 0,040	- 0,050	0,90 1,25	1,50 2,00	-	-
	Ni; 3,50 Cr; 1,50; 1,57	33xx	3310	0,08 0,13	0,20 0,35	0,45 0,60	- 0,025	- 0,025	1,40 1,75	3,25 3,75	-	-
	Ni; 3,00 Cr; 0,77	34xx	3450	0,45 0,55	0,15 0,30	0,30 0,60	- 0,040	- 0,050	0,60 0,95	2,75 3,25	-	-
MOLİBDENLİ ÇELİKLER	Mo; 0,20; 0,25	40xx	4023	0,20 0,25	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	0,040	-	-	0,20 0,30	-
	Mo; 0,40; 0,52	44xx	4427	0,24 0,29	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	0,040	-	-	0,35 0,46	-
KROM - MOLİBDENLİ ÇELİKLER	Cr; 0,50; 0,80; 0,95 Mo; 0,12; 0,20; 0,25; 0,30	41xx	4140	0,38 0,43	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,80 1,10	-	0,20 0,25	-
NİKEL - KROM - MOLİBDENLİ ÇELİKLER	Ni; 1,82 Cr; 0,50; 0,80 Mo; 0,25	43xx	4320	0,17 0,22	0,15 0,30	0,45 0,65	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	1,65 2,00	0,20 0,30	-
	Ni; 1,82 Cr; 0,50 Mo; 0,12; 0,25 V ; min. 0,03	43BVxx	43BV12	0,08 0,13	0,20 0,35	0,75 1,00	-	-	0,40 0,60	1,65 2,00	0,20 0,30	V 0,03
	Ni; 1,05 Cr; 0,45 Mo; 0,20; 0,35	47xx	4718H	0,15 0,21	0,15 0,30	0,60 0,95	- 0,035	- 0,040	0,30 0,60	0,85 1,25	0,30 0,40	-
	Ni; 0,30 Cr; 0,40 Mo; 0,12	81xx	8115	0,13 0,18	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	0,30 0,50	0,20 0,40	0,08 0,15	-
	Ni; 0,55 Cr; 0,50 Mo; 0,20	86xx	8620	0,18 0,23	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	0,40 0,70	0,15 0,25	-
	Ni; 0,55 Cr; 0,50 Mo; 0,25	87xx	8740	0,38 0,43	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	0,40 0,70	0,20 0,30	-
	Ni; 0,55 Cr; 0,50 Mo; 0,35	88xx	8822	0,20 0,25	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	0,40 0,70	0,30 0,40	-
	Ni; 3,25 Cr; 1,20 Mo; 0,12	93xx	9315	0,13 0,18	0,20 0,35	0,45 0,65	- 0,025	- 0,025	1,00 1,40	3,00 3,50	0,08 0,15	-
	Ni; 0,45 Cr; 0,40 Mo; 0,12	94xx	9440	0,38 0,43	0,20 0,35	0,90 1,20	- 0,040	- 0,040	0,30 0,50	0,30 0,60	0,08 0,15	-
	Ni; 0,55 Cr; 0,20 Mo; 0,20	97xx	9747	0,45 0,50	0,20 0,35	0,50 0,80	- 0,040	- 0,040	0,10 0,25	0,40 0,70	0,15 0,25	-
	Ni; 1,00 Cr; 0,80 Mo; 0,25	98xx	9845	0,43 0,48	0,20 0,35	0,70 0,90	- 0,040	- 0,040	0,70 0,90	0,85 1,15	0,20 0,30	-

Tablo 3.8. Çeliklerinin esas alaşım elementine göre sınıflandırılması (Anonim, 1982)  
(Devam).

ÇELİK ANA GRUBU	ANA ALAŞIM ELEMANI (% Ortalama)	SAE/AISI	ÖRNEK	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%max)	S (%max)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Diğer (%)
NİKEL - MOLİBDENLİ ÇELİKLER	Ni; 0,85; 1,82 Mo; 0,20; 0,25	46xx	4620	0,17 0,22	0,15 0,30	0,45 0,65	- 0,035	- 0,040	-	1,65 2,00	0,20 0,30	-
	Ni; 3,50 Mo; 0,25	48xx	4815	0,13 0,18	0,15 0,30	0,40 0,60	- 0,035	- 0,040	-	3,25 3,75	0,20 0,30	-
KROMLU ÇELİKLER	Cr; 0,27; 0,40; 0,50 0,65	50xx	5046	0,43 0,48	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,20 0,35	-	-	-
	Cr; 0,80; 0,87; 0,92; 0,95; 1,00; 1,05	51xx	5140	0,38 0,43	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	0,70 0,90	-	-	-
	Cr; 0,50 C; min. 1,00	50xxx	50100	0,98 1,10	0,15 0,30	0,25 0,45	- 0,025	- 0,025	0,40 0,60	-	-	-
	Cr; 1,02 C; min. 1,00	51xxx	51100	0,98 1,10	0,15 0,30	0,25 0,45	- 0,025	- 0,025	0,90 1,15	-	-	-
	Cr; 1,45 C; min. 1,00	52xxx	52100	0,98 1,10	0,15 0,30	0,25 0,45	- 0,025	- 0,025	1,30 1,60	-	-	-
KROM - VANAD- YUMLU ÇELİKLER	Cr; 0,60; 0,80; 0,95 V; min. 0,10; 0,15	61xx	6140	0,35 0,45	0,15 0,30	0,60 0,90	- 0,040	- 0,050	0,80 1,10	-	-	V 0,15 -
VOLFRAN - KROMLU ÇELİKLER	W; 13,50; 16,50 Cr; 3,50	71xxx	71360	0,50 0,70	0,15 0,30	- 0,30	- 0,035	- 0,040	3,00 4,00	-	-	W 12,00 15,00
	W; 1,75 Cr; 0,75	72xx	7260	0,50 0,70	0,15 0,30	- 0,30	- 0,035	- 0,040	0,50 1,00	-	-	W 1,50 2,00
SİLİSYUM - MANGANEZLİ ÇELİKLER	Si; 1,40; 2,00 Mn; 0,65; 0,82; 0,85 Cr; 0,00; 0,65	92xx	9262	0,55 0,65	1,80 2,20	0,75 1,00	- 0,040	- 0,040	0,25 0,40	-	-	-
PASLANMAZ ÇELİKLER	Cr; 17,00; 18,00 Mn; 6,50; 8,75 Ni; 4,50; 5,00	302xx/ 2xx	30202/ 202	- 0,15	- 1,00	7,50 10,00	- 0,060	- 0,030	17,00 19,00	4,00 6,00	-	N - 0,25
	Cr; 8,50; 15,50; 17,00 18,00; 19,00; 20,00 20,50; 23,00; 25,00 Ni; 7,00; 9,00; 10,00 10,50; 11,00; 11,50 12,00; 13,00; 13,50 20,50; 21,00; 35,00	303xx/ 3xx	30304/ 304	- 0,08	- 1,00	- 2,00	- 0,045	- 0,030	18,00 20,00	8,00 10,50	-	-
	Cr; 11,12; 12,25; 12,50 13,00; 16,00; 17,00 20,50; 25,00	514xx/ 4xx	51414/ 414	- 0,15	- 1,00	- 1,00	- 0,040	- 0,030	11,50 13,50	1,25 2,50	-	-
	Cr; 5,00	515xx/5xx	51502/502	- 0,10	- 1,00	- 1,00	- 0,040	- 0,030	4,00 6,00	-	0,40 0,65	-
DÜŞÜK ALAŞIMLI YÜKSEK DAYANIMLI ÇELİKLER	xx - psi/1000 olarak en az akma da- vanımı	9xx	942	- 0,21	- 0,90	- 1,35	- 0,040	- 0,050	-	-	-	-

### 3.5.2. Alaşım Elementlerinin Çeliğin İşlenebilirliğine ve İşlenebilirliği Etkileyen Diğer Özelliklerine Etkileri

Alaşımli çeliklerde kullanılan temel alaşım elementlerinin işlenebilirlik yanında işlenebilirliği etkileyebilecek sertlik, elastikiyet, oksitlenme eğilimi gibi diğer özelliklere olan etkileri elementler tek tek ele alınarak aşağıda incelenmiştir.

#### **Nikel**

Silisyum ve mangana göre çekme dayanımını daha az yükseltir ve özgül uzamayı biraz düşürür. Nikel elemanı çeliklerin çekirdeğe kadar sertleşebilmelerini sağlar. Bilindiği gibi Krom – Nikel çelikleri korozyona, tufallaşmaya ve sıcağa dayanıklı bir özellik kazanırlar. Özellikle düşük sıcaklıklarda imalat çeliklerinde çentik darbe dayanımını yükselten nikel kaynak kabiliyetini etkilemez. Sementasyon ve ıslah çeliklerinde mukavemeti artırıcı nitelik taşıyan nikelin çelikte alaşım elementi olarak kullanılmasındaki genel amaç, östenitik bir bünye, korozyon ve tufallaşmaya dayanım elde edilmesidir.

#### **Krom**

Dayanımı yükseltir, özgül uzamayı çok az azaltacak şekilde etki eder, aynı zamanda sıcakta dayanımı ve tufallaşma dayanıklılığını oldukça yükseltir. Yüksek krom değerleri ile çelik paslanmaz hale gelir ve aşınma dayanımı yükselir. Kaynak edebilirlik, krom miktarının artması ile azalır. Krom, karbit elemanlarının oluşumuna geniş ölçüde yardımcı olur. Çekme dayanımı ve akma sınırı artar. Bunların yanısıra krom çentik darbe dayanımını düşürür.

#### **Molibden**

Molibden özellikle çekme dayanımı ve sıcakta dayanımı oldukça fazla artırır. Öte yandan kaynak edilebilirliği geniş ölçüde ve olumlu yönde etkiler. Yüksek molibden değerleri ise çeliğin dövülebilirliğini zorlaştırır. Molibden genellikle krom ile kullanılır. Krom – Nikel ile birlikte molibdenin de çelikte bulunması yüksek akma sınırı ve mukavimlik elde edilmesini sağlar. Yüksek derecede karbit oluşturuğu olması nedeniyle

molibden hız çeliklerinde, sıcak iş çeliklerinde, östenitik paslanmaz çeliklerde, sıcak iş çeliklerinde, östenitik paslanmaz çeliklerde, sementasyon, ıslah ve sıcağa dayanıklı çeliklerde alaşım elemanı olarak kullanılır.

### **Vanadyum**

Az miktarda vanadyum elementi sıcakta dayanımı yükselterek aşırı ısınmadaki hassasiyeti düşürür. Hız çeliklerinin kesme dayanıklılığını yükseltir. Az miktarda katılan vanadyumun kaynak edilebilirliğe etkisi ise hissedilir düzeyde değildir. İyi bir karbit oluşturuçu olan vanadyum çelikte çekme dayanımını, akma sınırını ve özellikle sıcakta dayanıklılık özelliklerini iyileştirir. İmalat ve sıcağa dayanıklı çeliklerde krom ile, hız ve sıcak iş çeliklerinde ise volfram ile birlikte kullanılır.

### **Volfram**

mukavemeti, sertliği, kesme kabiliyetini ve dayanıklılığı önemli ölçüde yükseltici rol oynar. Fakat en önemli işlevi sıcakta sertliği muhafaza ettirmesidir. Bu nedenle hız çeliklerinde ve sıcak iş çeliklerinde çok önemli olan volfram çekme dayanımını ve akma sınırını her %1 artışta  $4 \text{ kp/mm}^2$  kadar artırır. İyi karbit oluşturuçu etkisi nedeniyle hız çeliklerinde ve sıcağa dayanıklı çeliklerde tercih edilir.

### **Kobalt**

Kobalt elemanı mukavemet ve sertliği çok fazla artırır. Kuvvetli bir karbid oluşturuçu olduğundan meneviş dayanıklılığını ve sıcakta dayanımı fazla artırır. Bu nedenle özellikle hız çeliklerinde sıcağa dayanıklı çeliklerde ve sert maden imalinde kullanılır.

Alaşım elementlerinin çeliğin bazı özelliklerine olan etkileri Şekil 3.20'de (Sf. 33) verilmişti. Bu özelliklerden işlenebilirlik ve işlenebilirliği etkileyen özellikler seçilerek, alaşım elementlerinin bu özelliklere etkileri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.9). Elementlerin üzerindeki tırnak işareti Östenitik yapıda olduklarını göstermektedir.

Tablo 3.9. Alaşım elementlerinin çeliğin işlenebilirliğine ve işlenebilirliği etkileyen diğer özelliklere etkileri<sup>1</sup>.

	Sertlik	Dayanım	Darbe Direnci	Elastikiyet	Karbür Oluşumu	Aşınma Direnci	Oksitlenme Eğilimi	İşlenebilirlik
<b>Si</b>	+1	+1	-1	+3	-1	-3	-1	-1
<b>Mn</b>	+1	+1	-	+1	-	-2	-	-1
<b>Mn'</b>	-3	+1	-	-	-	-	-2	-3
<b>Cr</b>	+2	+2		+1	+2	+1	-3	-
<b>Ni</b>	+1	+1	-	-	-	-2	-1	-1
<b>Ni'</b>	-2	+1	-3	-	-	-	-2	-3
<b>Al</b>	-	-	-1	-	-	-	-2	-
<b>W</b>	+1	+1	-	-	+2	+3	-2	-2
<b>V</b>	+1	+1	+1	+1	+4	+2	-1	-
<b>Co</b>	+1	+1	-1	-	-	+3	-1	-
<b>Mo</b>	+1	+1	+1	-	+3	+2	+2	-1
<b>S</b>	-	-	-1	-	-	-	-	+3
<b>P</b>	+1	+1	-3	-	-	-	-2	-3

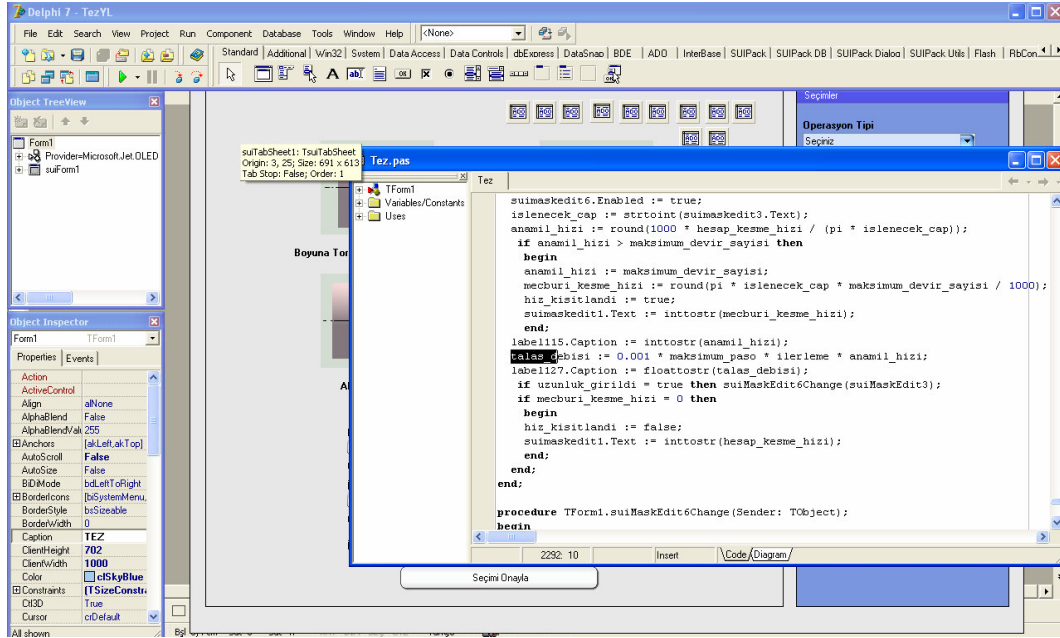
<sup>1</sup> [http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders\\_notlari/Karisik/CELIK\\_MALZEMELER\\_VE\\_SECIMI\\_EGITIM\\_NOTLARI\\_dosyalar/frame.htm](http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders_notlari/Karisik/CELIK_MALZEMELER_VE_SECIMI_EGITIM_NOTLARI_dosyalar/frame.htm)



#### 4. MATERYAL ve YÖNTEM

Kesici takım seçimi ve işlenebilirlik ile ilgili bilgilere İnternet üzerinden, kitaplardan ve konunun uzmanlarına danışarak ulaşılmıştır. Kesici takım seçimi konusunda kataloglardan da faydalanılmış, genel olarak ISO standartlarına bağlı kalınmaya çalışılsa da standardizasyonun mümkün olmadığı takım kaliteleri gibi noktalarda Sandvik firmasına ait veriler kullanılmıştır.

Nesne tabanlı program olarak “Borland - Delphi 7.0” kullanılmış (Şekil 4.1), veri tabanı sistemi olarak ise “Microsoft – Access 2002” den yararlanılmıştır. Delphi ‘nin standart veri tabanı uygulaması olan “Database Desktop” kullanılmadığı için kurulması zorunlu hale gelen Delphi – Access arasında ilişki, ADO komponentleri ile sağlanmıştır.



Şekil 4.1. Delphi çalışma ortamı.

Sertlik, spesifik talaş kaldırma kuvveti gibi bilgilerin de girildiği malzeme veri tabanı gibi geniş veri tabanlarının dışında, uç şekline etki eden faktörlerin her uç şeklinde aldığı değerlerin girildiği ve yazılımın hazırlanmasında gerekli kodu kısaltarak büyük kolaylık sağlayacak ufak veri tabanları da oluşturulmuştur.



İşlem	Sertlik (HB)	Özgül Kesme Kuwetü - kc (N / mm2)
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150
Sertleştirilmemiş	175	2150

Şekil 4.2. Malzeme veri tabanından bir kesit.

Kullanılan en geniş veri tabanlarından birisi de her bir malzemenin, farklı kesici takım kaliteleriyle, farklı ilerleme değerlerinde işlenmesi için tavsiye edilecek kesme hızı değerlerinin bulunduğu veri tabanı olmuştur (Şekil 4.2). Her kesici takım kalitesinde kullanılan ilerleme değerleri aynı olmadığı için, işlem iki aşamalı gerçekleştirilmiştir: öncelikle ilgili kaliteye ait ilerleme değeri bir veri tabanından alınmış, daha sonra alınan ilerleme değeri kesme hızı tavsiyelerinin bulunduğu asıl veri tabanına aktarılmıştır (Şekil 4.3).

Kalite	Tablo İlerlemesi - 1	Tablo İlerlemesi - 2	Tablo İlerlemesi - 3
GC1525	0,1	0,2	0
GC1005	0,1	0,2	0,3
GC1025	0,1	0,2	0,3
GC4025	0,2	0,4	0,6
GC2015	0,2	0,4	0,6
GC4035	0,2	0,4	0,6
GC2025	0,2	0,4	0,6

Kalite	Hız - Tablo İlerlemesi - 1	Hız - Tablo İlerlemesi - 2	Hız - Tablo İlerlemesi - 3
CT5015	650	540	440
GC1525	560	465	380
GC1025	310	255	195
GC4015	540	390	285
GC4025	485	330	230
GC2015	440	300	210
GC4035	405	260	190
GC2025	395	255	185

Şekil 4.3. Birlikte kullanılan veri tabanlarına bir örnek.

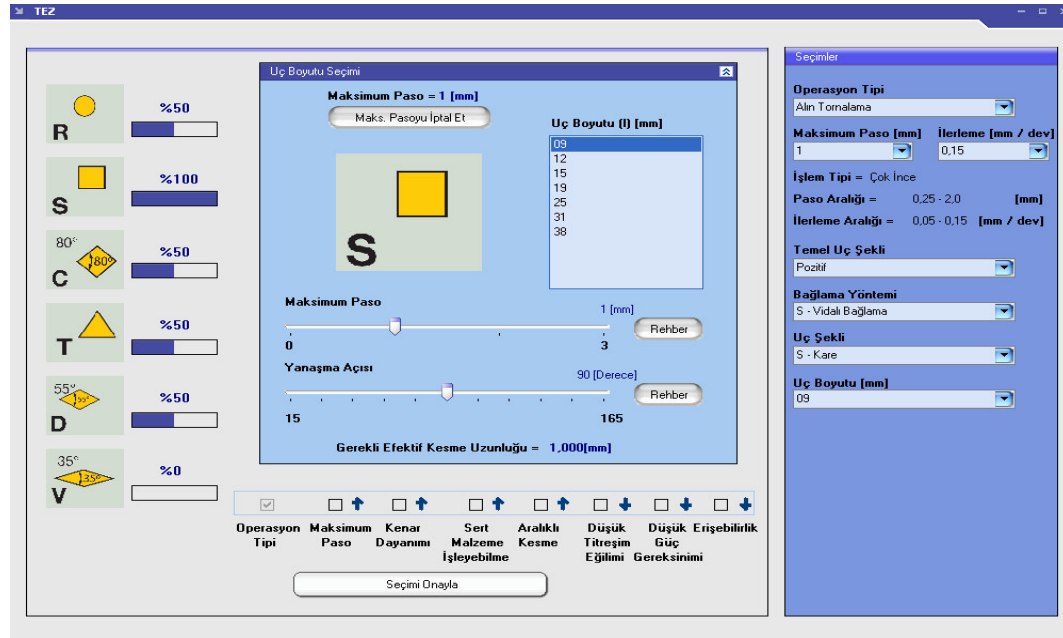
Bu ve bunun gibi çok sayıda veri tabanından gerekli bilgiler aşağıda verilen örnekte olduğu gibi Delphi komutları ile çağırılmış ve işlenmiştir.

.....

```
malzeme_tipi := suicombobox6.Items[suicombobox6.itemindex];
n_satir := adotable8.RecordCount;
suicombobox8.Items.Clear;
suicombobox9.Items.Clear;
for i:=1 to n_satir do
begin
if adotable8.Lookup('Malzeme Kodu', i, 'Ana Grup') = malzeme_tipi then
begin
suicombobox8.Items.Add(adotable8.Lookup('Malzeme Kodu', i, 'Malzeme'));
suicombobox9.Items.Add(adotable8.Lookup('Malzeme Kodu', i, 'Malzeme'));
end;
end;
end;
```

.....

Delphi 'nin standart komponentleri dışında, görsel anlamda daha şık olan “Sui Komponentleri” kullanılarak, kullanıcı arayüzü daha estetik hale getirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Sui komponentleri ile hazırlanan arayüz.

Yazılımda “Alaşım Elementlerinin Etkileri” bölümünde kullanılan katsayılar, literatürdeki değerler üzerinden hesap yapılarak, veritabanına işlenmiştir ve gerektiğinde yazılım tarafından okunup işlenerek görsel olarak kullanıcıya yansıtılacaktır.

Tablo 4.1. Çelik sınıflarında elementlerin minimum ve maksimum bulunma oranları (Anonim, 1982).

	Si [%]	Mn[%]	P [%]	S [%]	Cr[%]	Ni[%]	Mo[%]	Diğer[%]
<b>Karbon</b>	0	0,3	0	0	-	-	-	-
<b>Çelikleri</b>	0,6	1,75	0,12	0,23				
<b>Manganlı</b>	0,15	1,45	0	0	-	-	-	-
<b>Çelikler</b>	0,3	2,05	0,035	0,04				
<b>Nikelli</b>	0,2	0,4	0	0	-	3,25	-	-
<b>Çelikler</b>	0,35	0,9	0,04	0,04		5,25		
<b>Nikel / Kromlu</b>	0,15	0,3	0	0	0,55	1,1	-	-
<b>Çelikler</b>	0,35	0,8	0,04	0,05	1,75	3,75		
<b>Molibdenli</b>	0,15	0,7	0	0	-	-	0,2	-
<b>Çelikler</b>	0,3	0,9	0,035	0,04			0,46	
<b>Krom / Molibdenli</b>	0,15	0,75	0	0	0,8	-	0,2	-
<b>Ç.</b>	0,3	1	0,035	0,04	1,1		0,25	
<b>Nikel / Krom /</b>	0,15	0,45	0	0	0,3	0,2	0,08	V
<b>Molibdenli Ç.</b>	0,35	1,2	0,04	0,04	1,4	3,5	0,4	0,03
<b>Nikel / Molibdenli</b>	0,15	0,4	0	0	-	1,65	0,2	-
<b>Ç.</b>	0,3	0,65	0,035	0,04		3,75	0,3	
<b>Kromlu</b>	0,15	0,25	0	0	0,2	-	-	-
<b>Çelikler</b>	0,3	1	0,035	0,04	1,6			
<b>Krom /</b>	0,15	0,6	0	0	0,8	-	-	V
<b>Vanadyumlu Ç.</b>	0,3	0,9	0,04	0,05	1,1			0,15
<b>Volfram / Kromlu</b>	0,15	0	0	0	0,5	-	-	W
<b>Ç.</b>	0,3	0,3	0,035	0,04	4			1-1,5
<b>Silisyum /</b>	1,8	0,75	0	0	0,25	-	-	-
<b>Manganlı Ç.</b>	2,2	1	0,04	0,04	4			
<b>Paslanmaz Çelikler</b>	0	0	0	0	4	0	0	-
	1	10	0,06	0,03	20	10,5	0,65	
<b>Düşük Ala. Yüksek</b>	0	0	0	0	-	-	-	-
<b>Day. Çelikler</b>	0,9	1,35	0,04	0,05				

Öncelikle bir sınıflama yapmak amacıyla, Tablo 3.8'den (Sf. 42) yararlanılarak hazırlanan, çelik sınıflarında elementlerin minimum ve maksimum bulunma oranlarını gösteren Tablo 4.1'deki değerler veritabanına girilmiştir.

Daha sonra, alaşım elementlerinin çeliğin özelliklerine etkisinin verildiği Tablo 3.9'daki (Sf. 45) katsayılar veritabanına işlenmiştir. Her elementin minimum ve maksimum bulunma oranları farklı olduğu için bu katsayılar elementlerin kendi içinde değerlendirilmiştir. Örneğin Silisyum elementi, manganlı çeliklerde 0-0,6 oranlarında bulunurken bu çeliklerde Fosfor elementi 0-0,035 oranlarında bulunmaktadır. Her iki element de sertlik özelliğini +1 etkilemektedir (Tablo 4.2). Bu durumda Silisyum'daki 0,06'lık (0,6/10) artış ve Fosfor'daki 0,0035'lik artışın (0,035/10) sertliği +1 arttırdığı düşünülmüştür.

Tablo 4.2. Elementlerin sertlik ve işlenebilirlik özelliğine etkileri (' = Östenitik Yapı)<sup>1</sup>.

	Sertlik	İşlenebilirlik
<b>Si</b>	+1	-1
<b>Mn</b>	+1	-1
<b>Mn'</b>	-3	-3
<b>Cr</b>	+2	-
<b>Ni</b>	+1	-1
<b>Ni'</b>	-2	-3
<b>Al</b>	-	-
<b>W</b>	+1	-2
<b>V</b>	+1	-
<b>Co</b>	+1	-
<b>Mo</b>	+1	-1
<b>S</b>	-	+3
<b>P</b>	+1	-3

<sup>1</sup> [http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders\\_notlari/Karisik/CELIK\\_MALZEMELER\\_VE\\_SECIMI\\_EGITIM\\_NOTLARI\\_dosyalar/frame.htm](http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders_notlari/Karisik/CELIK_MALZEMELER_VE_SECIMI_EGITIM_NOTLARI_dosyalar/frame.htm)

Son olarak, yine Tablo 4.2'den hareket edilirse, sertlik özelliği maksimum +10, minimum -5 etkilenmektedir. Kullanıcı element oranlarının her birini 10 parçalı bir skalada değerlendireceği için, etkilerin de 10 üzerinden değerlendirilmesiyle Bulunma Oranı X Etki çarpımı en fazla 100 değerini alacak ve herhangi bir özellik 100 üzerinden değerlendirilmiş olacaktır. Bu durumda sertlik için her +1 etkinin 1/10 etkide bulunması uygundur. İşlenebilirlik için ise maksimum etkilenmenin, Tablo 4.2'den bakıldığında, -13 olduğu düşünülürse, her +1 etkinin 0,76/10 etkide bulunması bahsedilen mantığa uygun olacaktır. Bu 0,76 değeri "İşaret Başına Değişim" olarak adlandırılmıştır.

Buna göre;

- Her bir elementin 1 ile 10 arasında skalandırılacak olan alışında bulunma oranı (Örneğin P için %0-0,06 bulunma oranına karşılık artış %0,006 olacak ve örnek olarak 3 değeri %0,018'e denk gelecektir),
- İşaret başına değişim (Yukarıda anlatıldığı gibi bu değer örneğin işlenebilirlik için 0,76'dır),
- İşaret sayısı (Tablo 4.2'deki değerler), çarpıldığında herhangi bir elementin söz konusu özelliğe etkisi hesaplanmış olmaktadır. Bu işlem her bir element için tekrarlanıp elde edilen değerler toplandığında ise, özelliğin %100 üzerinden değerlendirmesi çıkmaktadır. Bu işlemi anlatan ifade aşağıdaki gibidir.

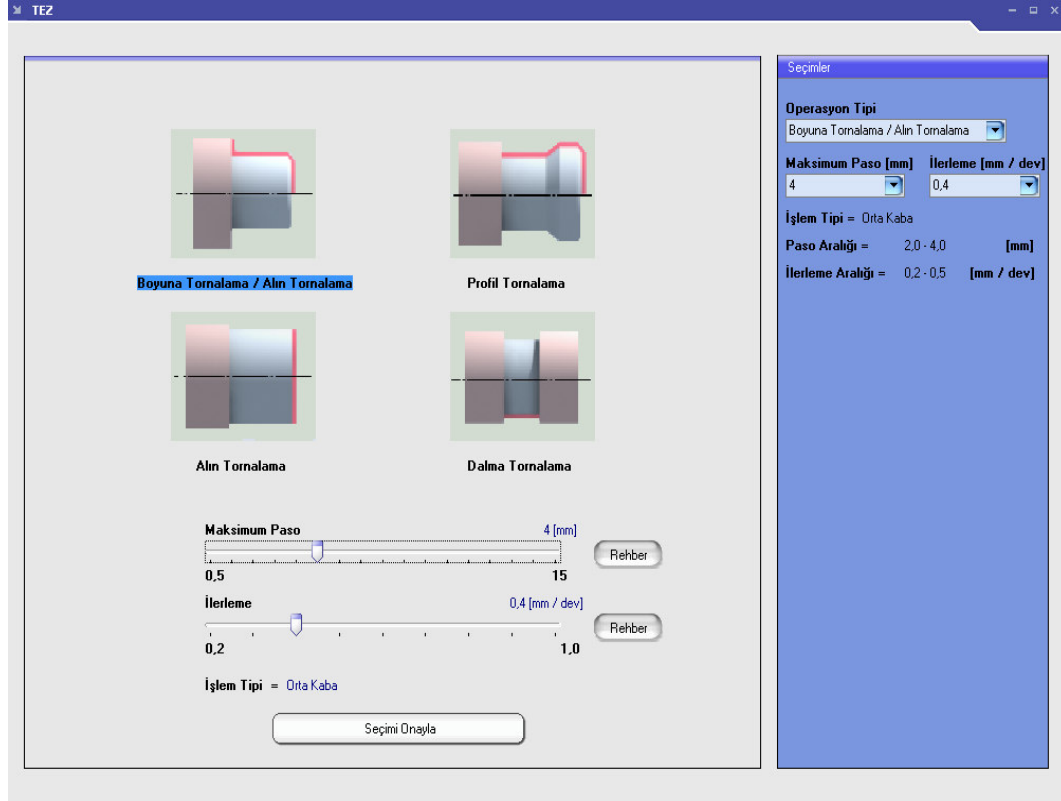
$$\Sigma [(1..10) X (\text{İşaret Başına Değişim} X \text{İşaret Sayısı})] = \% \text{Özellik}$$

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kesici takım seçimi ve işlenebilirlik konuları, kullanıcıyı yönlendirecek bilgilendirmeleri de içerecek şekilde, yazılıma aktarılmıştır. Kesici takım seçimi bölümünde, öncelikle bu seçimin yapılmasında etkili olan bağlama yöntemi, kesici ucun köşe radyüsü gibi unsurların, gerekli yönlendirmelerde yapılarak, kullanıcı tarafından belirlenmesi sağlanmış; ardından, seçilen kesici takım için bir kesme hızı tavsiye edilerek, bu kesme hızı sonucunda elde edilen işleme süresi, tezgah gücü gibi değerler de kullanılıcıya sunulmuştur. İşlenebilirlik bölümünde ise, işlenebilirlik ve işlenebilirliği etkileyen özelliklerin alaşım elementlerinin ilavesiyle değişiminin görülmesi sağlanmıştır.

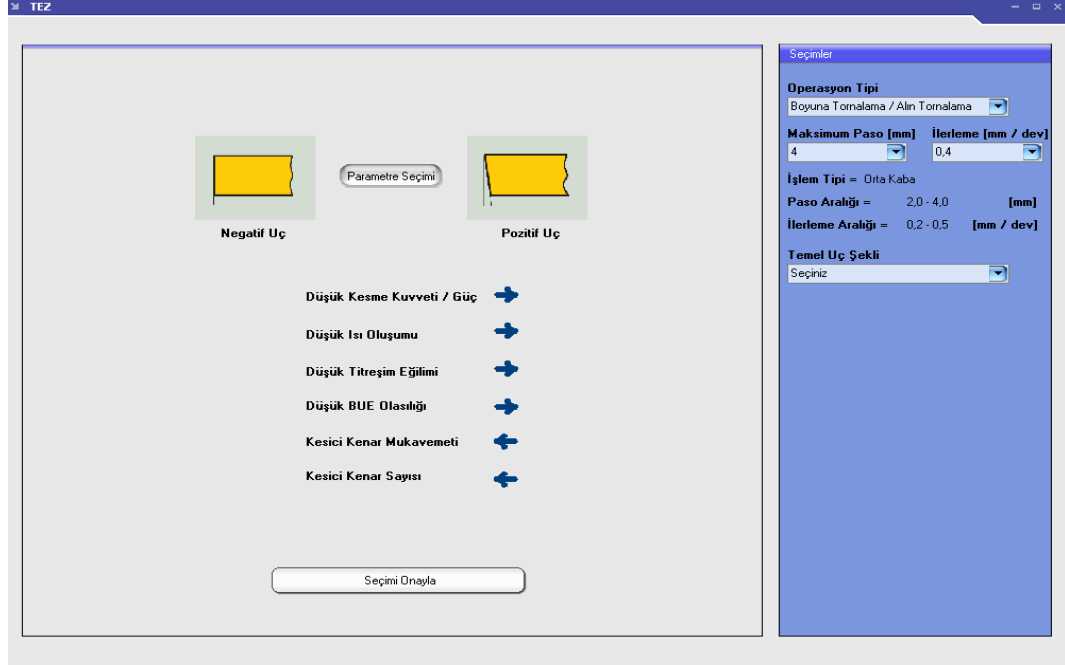
### 5.1. Kesici Takım Seçimi

İlk olarak, operasyon tipi ve işlem tipi için seçim yaptırılmaktadır. İşlem tipi, kullanıcı tarafından belirlenen paso ve ilerleme değerlerine göre değişmektedir. Paso değerine göre ilerleme seçim aralığı değişiklik göstermektedir. Örneğin, 4 [mm] paso orta kaba ve kaba işlem tiplerinde mevcut olduğu için, seçim yapılabilecek ilerleme aralığı orta kaba ve kaba işlemlere ait ilerleme aralıkları beraber düşünülerek sunulmuştur. Resimler etkileşimli olup, gerekli seçim resimler üzerine tıklanarak yapılabilmektedir. Yapılan örnek seçimde, operasyon tipi “boyuna tornalama”, paso değeri 4 [mm], ilerleme değeri ise 0,4 [mm/dev] olarak belirlenmiştir. Bu kesme parametrelerine göre işlem tipi “orta kaba” olarak kullanılıcıya verilmiştir (Şekil 5.1). Aynı seçimler sağ taraftaki panelden de yapılabilmekte, bu iki kısımdan birinde yapılan değişiklik diğerine aktarılmaktadır. Seçimler yapıldıktan sonra, “seçimi onayla” düğmesiyle bir sonraki aşamaya geçilmektedir. Bu çalışma prensibi düşünüldüğünde, sağ taraftaki panel daha önce belirlenen unsurların hatırlatıldığı bir bölüm olarak da görev görmektedir. Burada yapılan seçimler, daha sonraki seçimler üzerinde etkili olacağından her biri birer değişkene atanmaktadır. Örneğin, operasyon tipi, bağlama yönteminin tavsiyesine etkili olacaktır.

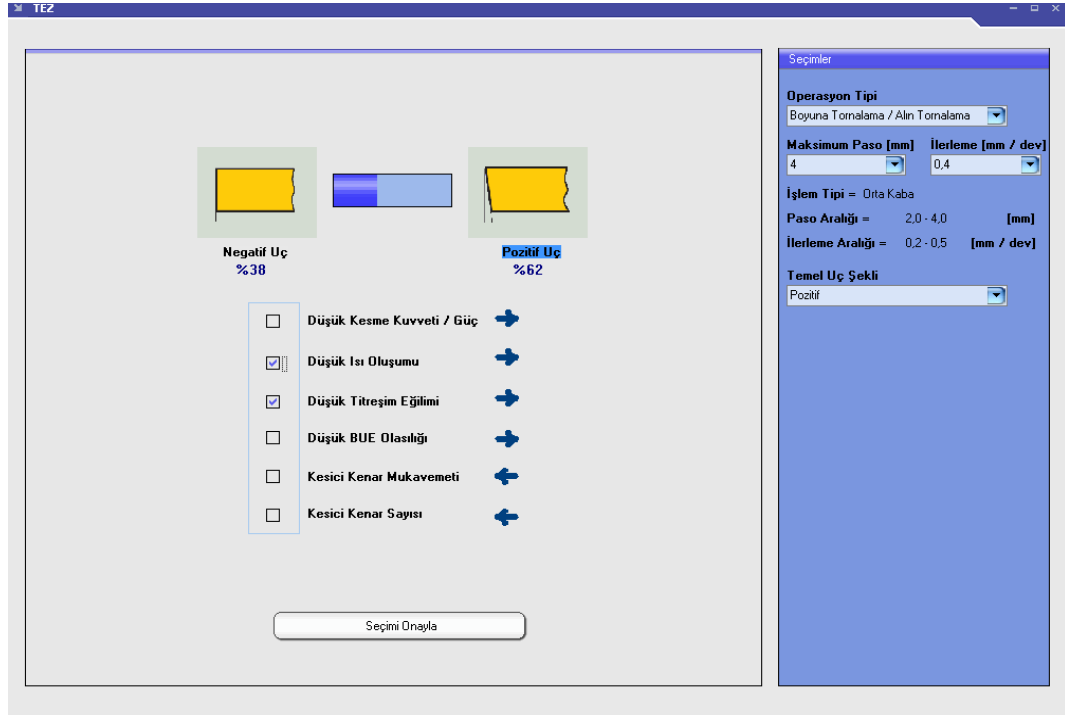


Şekil 5.1. Operasyon tipi, paso, ilerleme ve işlem tipinin belirlendiği ilk seçim aşaması.

Daha sonraki aşamada, kesici ucun temel şekli seçilmektedir. Kullanıcı direkt seçim yapabildiği gibi (Şekil 5.2), bu unsuru etkileyen parametrelerden kendisi için önemli olanları seçip buna göre iki temel uç şekli arasında bir tavsiye yüzdesi aldıktan sonra da seçim yapabilmektedir (Şekil 5.3). Söz konusu parametrelerin negatif şekilden pozitif şekle doğru nasıl bir eğilim gösterdiği yanlarındaki oklarla ifade edilmiştir. “Parametre Seçimi” düğmesine basıldıktan sonra düğme kaybolmakta, yerine bir gösterge gelmektedir. İlgili parametrelere ait onay kutuları seçildikçe gösterge değişmektedir. Yapılan örnek seçimde, düşük ısı oluşumu ve düşük titreşim eğiliminin yapılacak işlem için önemli olduğunu gösterir şekilde bu parametrelere ait kutular işaretlenmiş ve buna göre negatif temel şekle ait tavsiye oranı %38 olurken, pozitif uç , bu şartlarda %68 oranla tercih edilmesi gereken uç olarak gösterilmiştir. Kullanıcı, seçimini yapmasının ardından yine “Seçimi Onayla” düğmesiyle bir sonraki seçim aşamasına geçmektedir. Herhangi bir seçim yapılmadan bu adım geçilmek istenirse, “Temel uç şeklini seçiniz.” şeklinde bir uyarı gelmektedir.

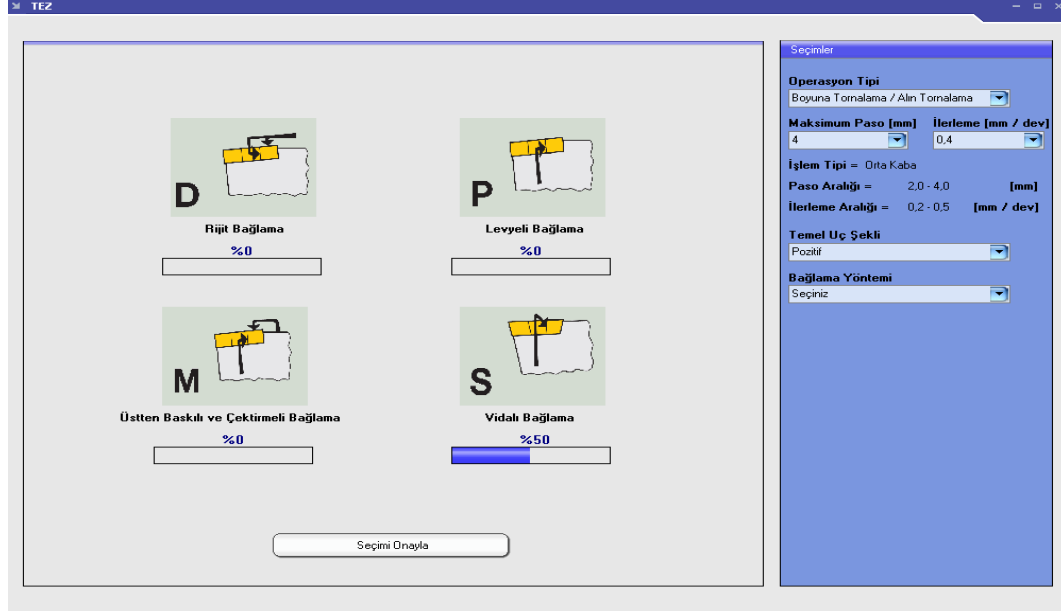


Şekil 5.2. Temel uç şekli seçim aşaması (parametre seçimi yok).



Şekil 5.3. Temel uç şekli seçim aşaması (parametre seçimi var).

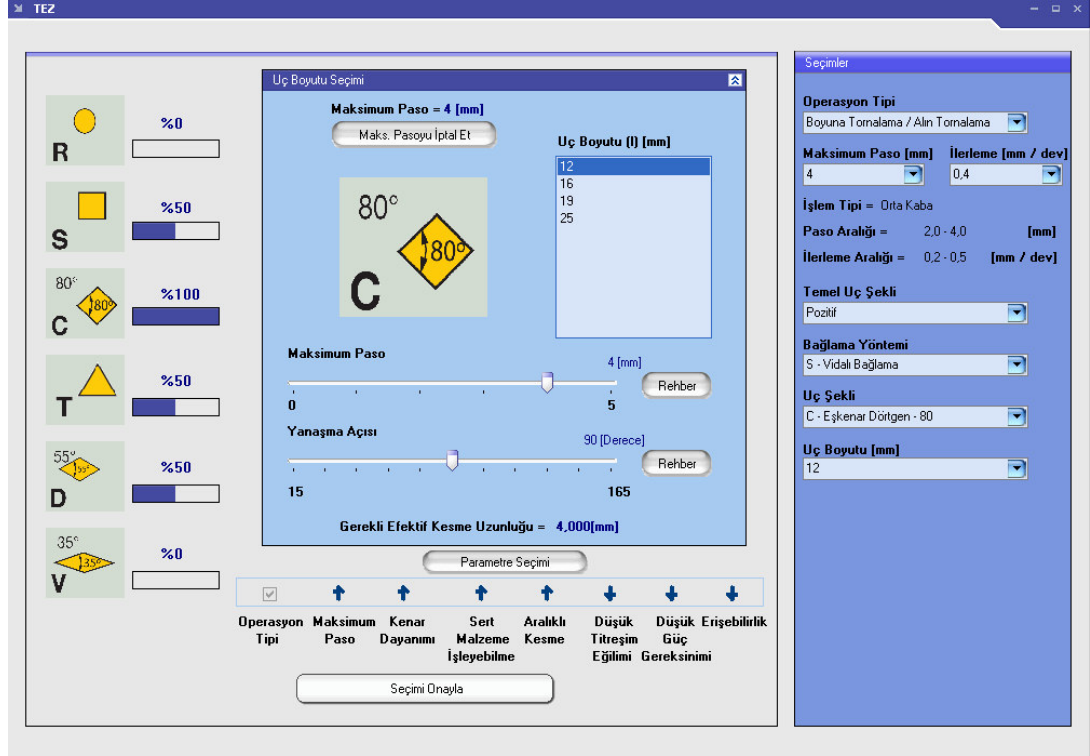




Şekil 5.4. Bağlama yöntemi seçimi aşaması.

Bu aşamada, daha önceden yapılan operasyon tipi ve temel uç şekli seçimlerine bağlı olarak bağlama yöntemlerine tavsiye oranları verilmektedir. Tavsiye oranı sıfır olan bir bağlama yöntemi ilgili resme tıklanarak seçilmek istenirse, “Uygun bir bağlama yöntemi seçiniz.” Şeklinde bir uyarı gelmekte ve seçim geçersiz sayılmaktadır. Yapılan örnek seçimlere göre, vidalı bağlama, seçilebilecek tek bağlama yöntemi olarak görülmektedir (Şekil 5.4).

Bir sonraki aşama olan uç şeklinin ve büyüklüğünün seçileceği bölümde, daha önce yapılan operasyon tipi seçimine bağlı olarak uç şekillerinin uygunluğu oranlandırılmıştır. Bu seçim ekranı ilk geldiğinde, en yüksek orana sahip uç şekli ve bu uç şekline ait kesici kenar uzunluklarının daha önce seçilen paso değerini sağlayacak şekilde elenmiş listesi söz konusu oranların sağ tarafında gösterilmektedir. Ayrıca, kaydırma çubukları ile, listedeki seçili kenar uzunluğunun sağladığı paso aralığı ayarlanabilmektedir. İlgili kaydırma çubuğunun aldığı ilk değer, daha önce seçilen paso değeridir. Pasoya ait kaydırma çubuğunun seçim aralığı ise, liste kutusunda seçili olan kesici kenar uzunluğunun müsaade ettiği aralığa göre belirlenmiştir. Bunun yanında, bu uç şekli ile kullanılacak yavaşma açısını seçmek üzere de bir kaydırma çubuğu konulmuştur. Bu kaydırma çubuklarının altında ise, kullanılan paso ve yavaşma açısına bağlı olarak hesaplanan efektif kesici kenar uzunluğu verilmiştir.

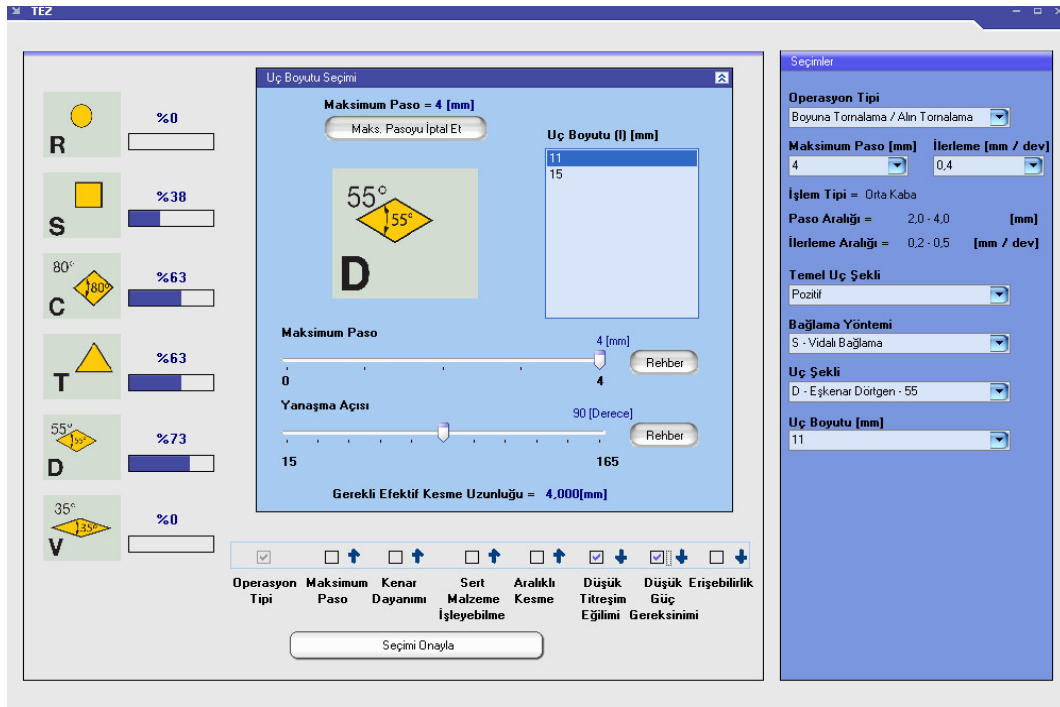


Şekil 5.5. Uç şeklinin ve uç büyüklüğünün seçildiği aşama (parametre seçimi yok).

Daha önce girilen maksimum paso miktarı “Maksimum Pasoyu İptal Et” düğmesiyle iptal edilebilmekte ve böylece seçili uç şekline ait kesici kenar uzunluğu listesi pasoya göre bir eleme yapılmaksızın tüm elemanlarıyla görülebilmektedir. Bu işlem gerçekleştirildiğinde, bu işlem için kullanılan düğme “Maksimum Pasoyu Belirle” ismini almakta ve bu düğmeye basılarak tekrar bir maksimum paso belirlenerek kesici kenar uzunluğu elemesi yapılabilmektedir.

Herhangi bir anda seçili uç şekli, ilgili uç şekline ait resme tıklanarak değiştirilebilmekte, varsa maksimum paso değeri bu uç şekli ile ilgili çıkacak benzer bir ekrandaki kaydırma çubuğu, liste kutusu gibi unsurların göstergelerindeki değerlerin hangileri olacağı konusunda ekili olmaktadır. Örneğin, bu defa yeni seçilen uç şekline ait kesici kenar uzunlukları, aktarılan paso değerine göre elenmekte, liste kutusu elemanları buna göre belirlenmektedir. Kesici uç şekline ait kesici kenar uzunlukları bir Access veritabanındaki değerler taranarak listeye aktarılmaktadır. Liste kutusundaki herhangi bir uzunluk değeri, kullanıcı tarafından üzerine tıklanarak seçilebilmektedir.

Uç şeklinin seçilmesinde etkili olan temel parametrelerin uç şekli V’ den R ‘ye değişirken hangi yönde değiştiği, ilgili parametrenin üstünde bir ok yardımıyla gösterilmiştir. Örneğin, sert malzeme işleyebilme yeteneği eV uç şekline R uç şekline gidildikçe artmaktadır. “Parametre Seçimi” düğmesine basıldığında ise, sadece operasyon tipine bağlı olarak hesaplanmış uç şekli tavsiye oranları, ilgili parametrelerin onay kutularına basılarak seçilmesiyle tavsiye oranlarında etkili oldukça, değişmektedir. Yapılan örnek seçimde, düşük titreşim eğilimi ve düşük güç gereksiniminin yapılacak işlemde önemli olduğu programa girilmiştir ve daha önce %100 ile en uygun uç olarak tavsiye edilen C uç şekline ait tavsiye oranı %63 ‘e gerilemiş, belirlenen şartlar altında en uygun uç D uç şekli olarak gösterilmiştir. Kullanıcı bu tavsiyeye uyup uymamakta serbesttir. Ancak, tavsiye oranı sıfır olan bir uç şeklini seçtiğinde, “Uygun bir uç şekli seçiniz” şeklinde uyarılmaktadır. Yapılan örnek seçimde, en uygun uç şekli olarak gösterilen D uç şekli seçimi ile ilk seçimde değişiklik yapılmıştır. Liste kutusunda, daha önce girilen maksimum paso değerine göre elenerek listelenen ve D uç şekline ait uygun kesici kenar uzunluklarından 11 [mm] seçili hale gelmiştir (Şekil 5.5). Tüm seçimler yapıldıktan sonra “Seçimi Onayla” düğmesiyle bir sonraki aşamaya geçilmektedir.

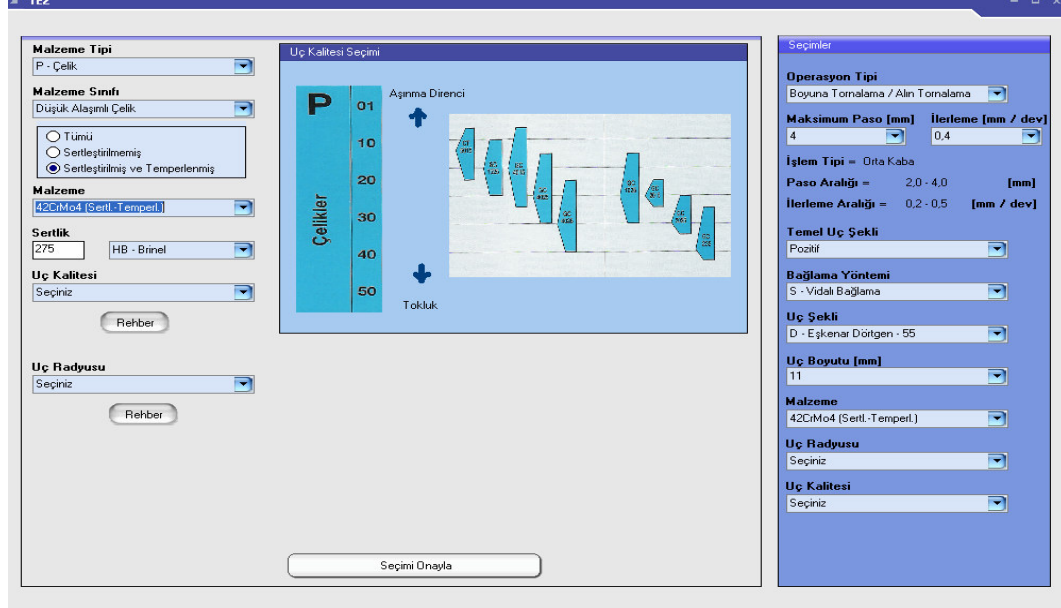


Şekil 5.6. Uç şeklinin ve uç büyüklüğünün seçildiği aşama (parametre seçimi var).

Şekil 5.7. İş parçası malzemesinin, kesici takım kalitesinin ve radyüsün seçildiği aşama.

Bu aşamada, ilk olarak işlenecek malzeme seçilecektir (Şekil 5.6). Malzeme, malzeme açılabilir mөнüsünden direkt seçilebileceği gibi; malzeme tipi ve malzeme sınıfı, ve bazı durumlarda malzemede yapılan işlem de seçilerek, söz konusu malzeme açılabilir mөнüsüne ait elemanlar bu şekilde bir elemeye tabi tutulabilmektedir. Bu işlemlerde de söz konusu elemeler bir veritabanı taranarak yapılmaktadır.

Yapılan örnek seçimde, malzeme tipi “P – Çelik”, malzeme sınıfı “Düşük Alaşımli Çelik” ve işlem durumu “Sertleştirilmiş ve Temperlenmiş” olarak seçilmiş; oluşan malzeme listesinden “42CrMo4 (Sertl.-Temperl.)” malzemesi iş parçası malzemesi olarak seçilmiştir. Yine ilgili veritabanından, seçilen malzemenin sertliği kullanıcıya verilmekte, kullanıcı bu sertliği değiştirebilmektedir. Varsayılan sertlik tipi HB – Brinell olmakta, ancak bu açılabilir bir mөнüyle Rockwell veya Vickers olarak değiştirilebilmektedir. Çok düşük veya çok yüksek girilen değerlerde kullanıcı uyarılmakta ve bu değeri kullanıp kullanmamakla ilgili onayı alınmaktadır. Veritabanından alınan sertlik değeri değiştirildiğinde “Sertlik” isimli bir düğme ortaya çıkmakta ve bu düğmeye basıldığında veritabanındaki sertlik değerine dönüş yapılmaktadır. Bu sertlik değeri, tavsiye edilecek kesme hızı değerine etki edeceğinden dolayı önemlidir.



Şekil 5.8. Malzemenin seçimi ve sertlik değeri ile uygun kalitelerin belirlenmesi.

Bu arada, malzemenin seçilmesinin ardından bu malzemenin işlenmesi için tasarlanmış uç kaliteleri açılabilir mönü ile listelenmekte; mönülerin sağ tarafında bu kaliteler, tokluk – aşınma direnci eğilimi ve söz konusu kalitelere karşılık gelen ISO kaliteleri ile verilmekte, kullanıcıya yapacağı seçimde yönlendirme yapılmaktadır (Şekil 5.7). Her uç firmasına ait farklı kaliteler bulunduğu için, bu yazılımda kullanıcıya Sandvik firmasına ait kaliteler sunulmuştur. Yapılan örnek seçimde, bu kaliteler arasında GC235 seçilmiştir.

Aynı aşamada daha sonra köşe radyüsü değeri seçimi yaptırılmaktadır. Standart köşe radyüsü değerlerinden birisi seçildiğinde, daha önce kullanıcının belirlediği ilerleme değeri ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü değeri kullanıcıya verilmektedir. Bu noktadan sonra kullanıcıya 3 seçenek sunulmaktadır: radyüs ve ilerleme değeri ile yüzey pürüzlülüğünü, radyüs ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ile ilerleme değerini veya ilerleme ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ile köşe radyüsünü elde etmek (Şekil 5.8). Son iki yöntemde, ilkinde bulunan ilerleme değeri ve ikincisinde bulunan köşe radyüsü değerleri, mümkün olan en yakın standart değerlere atanmaktadır. Yapılan örnek seçimde, köşe radyüsü 1,2 [mm] olarak seçilmiş ve daha önce seçilen 0,4 [mm/dev] 'lik ilerleme değeri ile beraber düşünüldüğünde 0,017 [mm] 'lik bir yüzey pürüzlülüğü değeri elde edilmiştir.

Şekil 5.9. Radyüsün seçilmesi ve yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi.

Son aşamada, şu ana kadar yapılmış olan seçimler ve bunların sonucunda belirlenen parametreler dikkate alınarak kullanıcıya bir kesme hızı tavsiyesi verilmektedir (Şekil 5.9). Bu kesme hızının tayininde; iş parçası malzemesi, kesici takım kalitesi ve ilerleme etkili olduğu gibi, bunun yanında kullanıcının malzemeye ait standart sertliği değiştirmiş olması durumunda tavsiye kesme hızı da buna göre düzeltilmektedir. Kesme hızının yanında, tezgah verimi %100 olduğu varsayılarak bir tezgah gücü de hesaplanmakta ve kullanıcıya sunulmaktadır. Örnek uygulamada seçtiğimiz değerler sonucunda yazılım bize 70 [m/dak] 'lık bir kesme hızı tavsiye etmiş, çekilen gücü ise 2,975 [kW] olarak vermiştir. Verim değeri değiştirilebilmekte, 100 'ün üstünde değerler girilememektedir. Kullanıcı, işlenecek çapı girdiğinde, tavsiye edilen kesme hızına bu çapta denk gelen anamıl hızı hesaplanmaktadır. Talaş debisi ve bu anamıl hızı kullanıcıya verilmektedir. İşlenecek uzunluk girildiğindeyse, artık paso süresi ve buna bağlı olarak maksimum paso sayısı da hesaplanabilmekte ve kullanıcıya verilmektedir (Şekil 5.10).

TEZ

İşlenecek Çap = [90] [mm]

İşlenecek Uzunluk = [120] [mm]

Maks. Devir Sayısı = [100000] [dev / dak]

Maks. Tezgah Gücü = [ ] [kW]

Tezgah Verimi = [100] [%]

**Tavsiye Değerleri - Sonuçlar**

Tavsiye Edilen Kesme Hızı = [70] [m / dak]

Anamıl Hızı = [ ] [dev / dak]

Paso Süresi = [ ] [dak]

Talaş Debisi = [ ] [cm3 / dak]

Çekilen Güç = 2.975 [kW]

Takım Ömrü = [15] [dak]

Maks. Paso Sayısı = [ ] [paso]

Yüzey Pürüzlülüğü = 0.01666666666 [mm]

**Seçimler**

Operasyon Tipi  
Boyuna Tornalama / Alın Tornalama

Maksimum Paso [mm] İlerleme [mm / dev]  
4 0.4

İşlem Tipi = Orta Kaba

Paso Aralığı = 2.0 - 4.0 [mm]

İlerleme Aralığı = 0.2 - 0.5 [mm / dev]

Temel Uç Şekli  
Pozitif

Bağlama Yöntemi  
S - Vidalı Bağlama

Uç Şekli  
D - Eşkenar Dörtgen - 55

Uç Boyutu [mm]  
11

Malzeme  
42CrMo4 (Sertl.-Temperl.)

Uç Radyusu  
1.2

Uç Kalitesi  
GC235

Yüzey Pürüzlülüğü = 0.01666666666 [mm]

Şekil 5.10. Tavsiye değerlerinin ve sonuçların verildiği son aşama.

TEZ

İşlenecek Çap = [90] [mm]

İşlenecek Uzunluk = [120] [mm]

Maks. Devir Sayısı = [100000] [dev / dak]

Maks. Tezgah Gücü = [ ] [kW]

Tezgah Verimi = [100] [%]

**Tavsiye Değerleri - Sonuçlar**

Tavsiye Edilen Kesme Hızı = [70] [m / dak]

Anamıl Hızı = 248 [dev / dak]

Paso Süresi = 1.20967 [dak]

Talaş Debisi = 0.3968 [cm3 / dak]

Çekilen Güç = 2.975 [kW]

Takım Ömrü = [15] [dak]

Maks. Paso Sayısı = [12] [paso]

Yüzey Pürüzlülüğü = 0.01666666666 [mm]

**Seçimler**

Operasyon Tipi  
Boyuna Tornalama / Alın Tornalama

Maksimum Paso [mm] İlerleme [mm / dev]  
4 0.4

İşlem Tipi = Orta Kaba

Paso Aralığı = 2.0 - 4.0 [mm]

İlerleme Aralığı = 0.2 - 0.5 [mm / dev]

Temel Uç Şekli  
Pozitif

Bağlama Yöntemi  
S - Vidalı Bağlama

Uç Şekli  
D - Eşkenar Dörtgen - 55

Uç Boyutu [mm]  
11

Malzeme  
42CrMo4 (Sertl.-Temperl.)

Uç Radyusu  
1.2

Uç Kalitesi  
GC235

Yüzey Pürüzlülüğü = 0.01666666666 [mm]

Şekil 5.11 İşlenecek çapın ve uzunluğun girilmesiyle hesaplanan değerler.

Verilen kesme hızı değeri üzerinde kullanıcıya esneklik sağlanmış ve bu hızı değiştirme şansı verilerek bu hızla elde edilen değerlerdeki değişimi de görmesine olanak verilmiştir. Kullanıcının girdiği hız değeri makul ise bu hız kabul edilmekte ve değerler bu hıza göre değişmekte, ancak, girilen hız değeri çok yüksek veya çok düşükse kullanıcı uyarılmaktadır. Bu uyarıyı dikkate alıp almamak kullanıcıya bırakılmıştır. Kullanıcı ister makul bir şekilde isterse bu ölçülerin dışında kesme hızını değiştirdiğinde, “Tavsiye Edilen Kesme Hızı” isimli bir düğme ortaya çıkmakta ve bu tavsiye hıza dönüş imkanı verilmektedir.

Kesme hızı, kullanıcı tarafından, bu şekilde direkt olarak değiştirilebildiği gibi, kullanıcının tezgahın maksimum devir sayısını girmesiyle ve anamil hızının bu devir sayısından büyük olması durumunda maksimum devir sayısına düşürülmesiyle de değişebilmektedir. Böyle bir durumda, kesme hızı, işlenen çapta maksimum devir sayısına denk gelecek şekilde düşürülecektir.

The image shows a software interface for machining parameters. It consists of several windows:

- Tavsiye Değerleri - Sonuçlar**: A window displaying recommended values for various parameters:
  - Tavsiye Edilen Kesme Hızı = 141 [m / dak]
  - Anamil Hızı = 500 [dev / dak]
  - Paso Süresi = 0,6 [dak]
  - Talaş Debisi = 0,8 [cm3 / dak]
  - Çekilen Güç = 5,9925 [kW]
  - Takım Ömrü = 12 [dak]
  - Maks. Paso Sayısı = 20 [paso]
  - Yüzey Pürüzlülüğü = 0,016666666 [mm]
- Seçimler**: A window for selecting operation parameters:
  - Operasyon Tipi: Boyuna Tornalama / Alın Tornalama
  - Maksimum Paso [mm]: 4
  - İlerleme [mm / dev]: 0,4
  - İşlem Tipi = Orta Kaba
  - Paso Aralığı = 2,0 - 4,0 [mm]
  - İlerleme Aralığı = 0,2 - 0,5 [mm / dev]
  - Temel Uç Şekli: Pozitif
  - Başlama Yöntemi: S - Vidalı Başlama
  - Uç Şekli: D - Eşkenar Dörtgen - 55
  - Uç Boyutu [mm]: 11
  - Malzeme: 42CrMo4 (Sert.-Temperl.)
  - Uç Radyusu: 1,2
  - Uç Kalitesi: GC235
  - Yüzey Pürüzlülüğü = 0,016666666 [mm]
- Input Fields**: On the left, there are input fields for:
  - İşlenecek Çap = 90 [mm]
  - İşlenecek Uzunluk = 120 [mm]
  - Maks. Devir Sayısı = 500 [dev / dak]
  - Maks. Tezgah Gücü = [kW]
  - Tezgah Verimi = 100 [%]

Şekil 5.12. Kesme hızının değiştirilmesi ve maksimum devir sayısının belirlenmesinden sonra elde edilen değerler.



Kullanıcıya 70 [m/dak] olarak tavsiye bir kesme hızının verildiği örnek uygulamada; öncelikle bu hız uyarı gelmesine karşın kullanılmakta ve 601 [dev/dak] 'lık bir anamil hızı meydana gelmekte, daha sonra tezgahın maksimum devir sayısı 500 [dev/dak] olarak girilerek 601 [dev/dak] değeri 500 [dev/dak] 'ya düşmektedir. Devir sayısının düşmesiyle, kesme hızı da 170 [m/dak] 'dan, bu devir sayısına denk gelen 141 [m/dak] 'ya düşmektedir (Şekil 5.11).

Kesme hızına etki edebilecek bir başka değişken de takım ömrüdür. Kullanıcı, 15 [dak] 'lık standart takım ömrünü değiştirebilmektedir. Bu durumda, daha kısa bir takım ömrü göze alınıyorsa kesme hızı yazılım tarafından arttırılmakta, daha uzun bir takım ömrü isteniyorsa da kesme hızı yazılım tarafından düşürülmektedir. Takım ömrünün değişmesiyle, maksimum paso sayısı da buna göre değişmektedir.

Bunların yanında, kullanıcı maksimum paso sayısını da değiştirebilmektedir. Bu paso sayısını sağlayacak takım ömrü hesaplanmaktadır. Takım ömründeki bu değişim, bir önceki kısımda kullanıcının takım ömrünü direkt değiştirmesindeki aynı etkiyi yapacak, kesme hızı bu yeni takım ömrüne göre düzeltilmektedir. Kesme hızı, anamil hızı, paso süresi, talaş debisi, çekilen güç, takım ömrü ve maksimum paso sayısının dışında; daha önce hesaplanmış olan yüzey pürüzlülüğü değeri de “Tavsiye Değerleri – Sonuçlar” panelinde kullanıcıya verilmektedir.

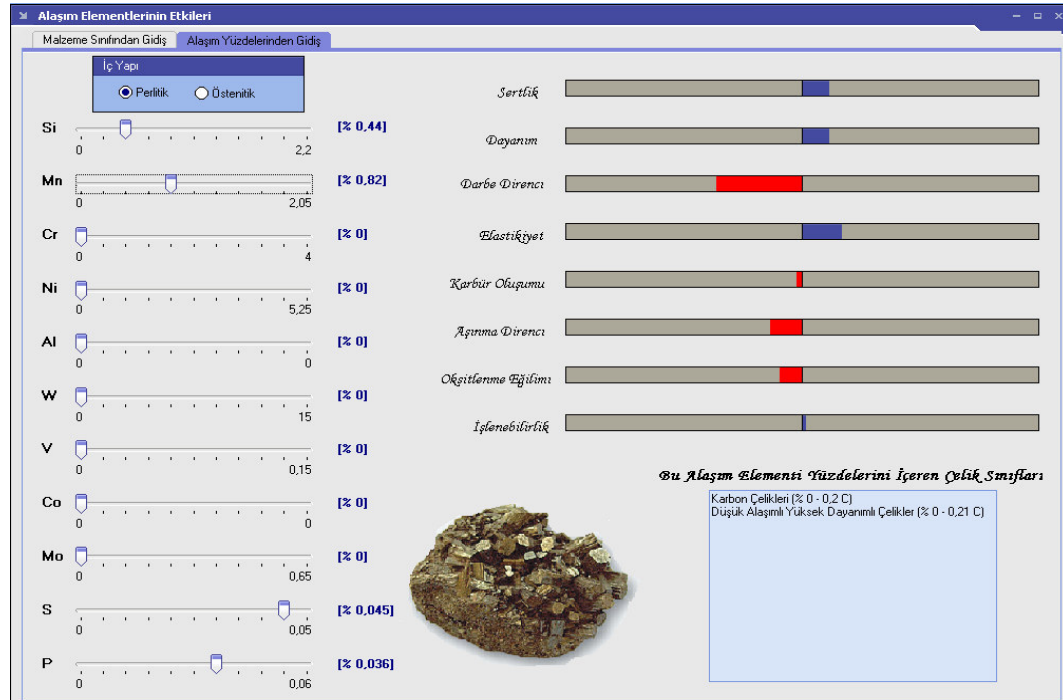
Kesici takım seçimi, kullanıcıyı yönlendirecek bilgilendirmeleri de içerecek şekilde, yazılıma aktarılmıştır. Öncelikle bu seçimin yapılmasında etkili olan bağlama yöntemi, kesici ucun köşe radyüsü gibi unsurların, gerekli yönlendirmelerde yapılarak, kullanıcı tarafından belirlenmesi sağlanmış; ardından, seçilen kesici takım için bir kesme hızı tavsiye edilerek, bu kesme hızı sonucunda elde edilen işleme süresi, tezgah gücü gibi değerler de kullanıcıya sunulmuştur. İşlenebilirlik bölümünde ise, malzemenin durumuna göre işlenebilirliğin ne yönde değiştiği konusunda kullanıcıya bilgi verilmiştir.

Sonuç olarak, yalnızca kesme parametrelerini tavsiye etmenin dışında, bir veri tabanı olarak veya tornalama işleminin temel prensipleri hakkında bilgi edinilmesinde kullanılabilecek bir yazılım geliştirilmiştir.

## 5.2. Çeliklerde Alaşım Elementlerinin İşlenebilirlik ve İşlenebilirliği Etkileyen Özelliklere Etkileri

Yazılımın bu bölümünde iki yaklaşım sunulmuştur: malzeme sınıfından gidiş ve alaşım yüzdelerinden gidiş. Çelik sınıflaması, kimyasal bileşime göre yapılmıştır. Diğer kısımda ise, herhangi bir sınıflamaya gidilmeden kullanıcı alaşım elementlerinin oranlarını değiştirerek, bu değişimlerin malzeme özelliklerine etkilerini ve seçilen element oranlarını içeren çelik sınıflarını görebilmektedir.

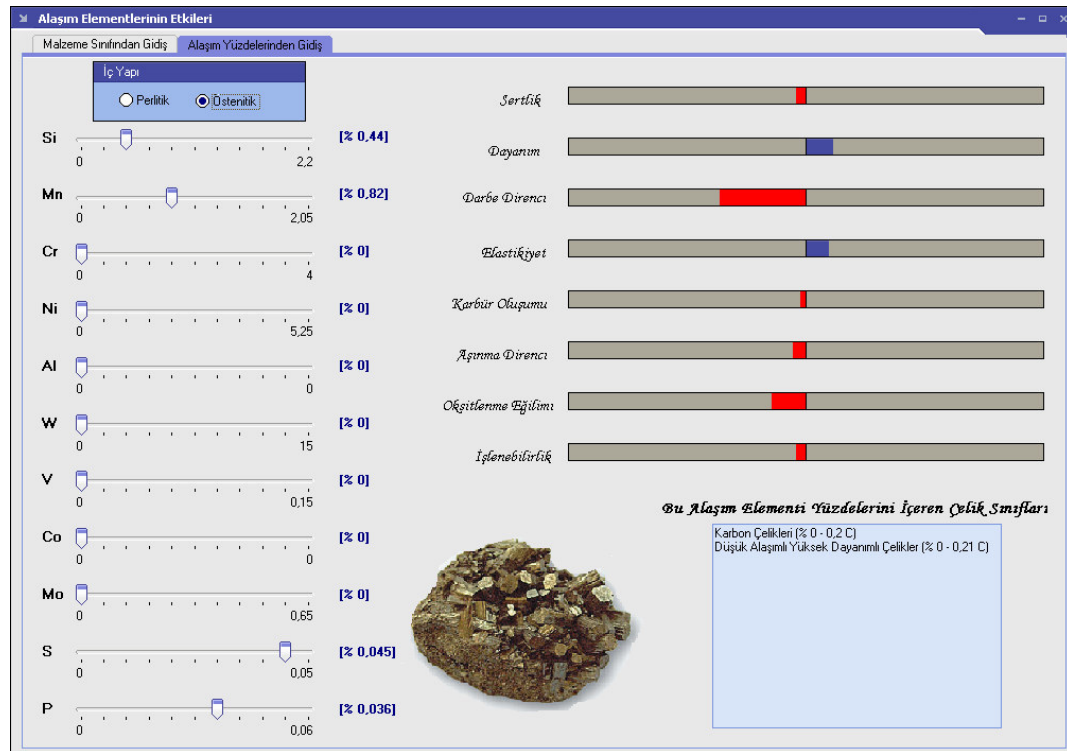
Yazılımın oluşum aşamasında **ilk düşünülen yaklaşım**, “alaşım yüzdelerinden gidiş” olmuştur ve “ikinci sekmede” sunulmaktadır. Element oranları, her bir element için ayrı ayrı kaydırma çubukları ile yapılmakta; o andaki element oranı, kaydırma çubuğunun sağ tarafında parantez içinde gösterilmektedir. %0.44 Si, %0.82 Mn, %0 Cr, %0 Ni, %0 Al, %0 W, %0 V, %0 Co, %0 Mo, %0.045 S ve %0.036 P içeren bir çelik için temel özelliklerin değişimi program ekranının sağ tarafında gösterilmektedir. Buna göre mavi renk, özellikteki artışı; kırmızı renk ise azalmayı göstermektedir. Bu kısmın altında ise hangi sınıf çeliklerin bu oranlara sahip olduğu listelenmektedir (Verilen örnek için, karbon çelikleri ve düşük alaşımlı yüksek dayanımlı çelikler).



Şekil-5.13. Program ekranında “ikinci sekme” ve örnek olarak seçilen element oranları.

Ekranın alt orta kısmında, oranı en son değiştirilen elementin maden ocaklarından alınmış resmi görünmektedir (Verilen örnek için, mangan). Bunun yanında, söz konusu element oranlarına sahip olan çelik sınıflarının sıralandığı sağ alt kısımdaki pencerede, ilgili çelik sınıfına ait karbon oranı aralığı, parantez içinde belirtilmektedir (Verilen örnekte, karbon çelikleri için %0-0.2 C ve düşük alaşımlı yüksek dayanımlı çelikler için %0-0.21 C).

Aynı kompozisyonda yapının östenitik olarak değiştirilmesi özellikleri değiştirmiştir. Örneğin sertlik artı durumdan eksi durumu geçmiş, işlenebilirlik de sertlikle beraber artı iken eksi duruma geçmiştir. Aşınma direnci ise ilk duruma oranla artmıştır. Sertliğin azalması takımda yapışmalara sebep olacak, aşınma direncinin artması ise talaş kaldırmayı zorlaştıracaktır. Genel olarak bakıldığında, işlenebilirliği aksi yönde etkileyen özelliklerdeki artışın zaten işlenebilirliği düşürmesi beklenmelidir ve sonuç da bu yönde çıkmıştır.



Şekil 5.14. Şekil 5.13'teki uygulama değerlerini kullanarak östenitik yapıya geçiş.

Kükürt dışında tüm elementlerin işlenebilirliğe olumsuz etkide bulunduğu düşünülürse, (Tablo 5.1) diğer tüm elementlerin, östenitik yapıda (tırnak işaretli olan elementler östenitik yapıyı temsil etmektedir) en yüksek seviyeye çekilmesi, işlenebilirliği bu elementlerin kullanımıyla en düşük seviyeye getirecektir.

Tablo 5.1. Elementlerin işlenebilirliğe etkisi ( ‘ = Östenitik Yapı)<sup>1</sup>.

	<b>İşlenebilirlik</b>
<b>Si</b>	-1
<b>Mn</b>	-1
<b>Mn’</b>	-3
<b>Cr</b>	-
<b>Ni</b>	-1
<b>Ni’</b>	-3
<b>Al</b>	-
<b>W</b>	-2
<b>V</b>	-
<b>Co</b>	-
<b>Mo</b>	-1
<b>S</b>	+3
<b>P</b>	-3

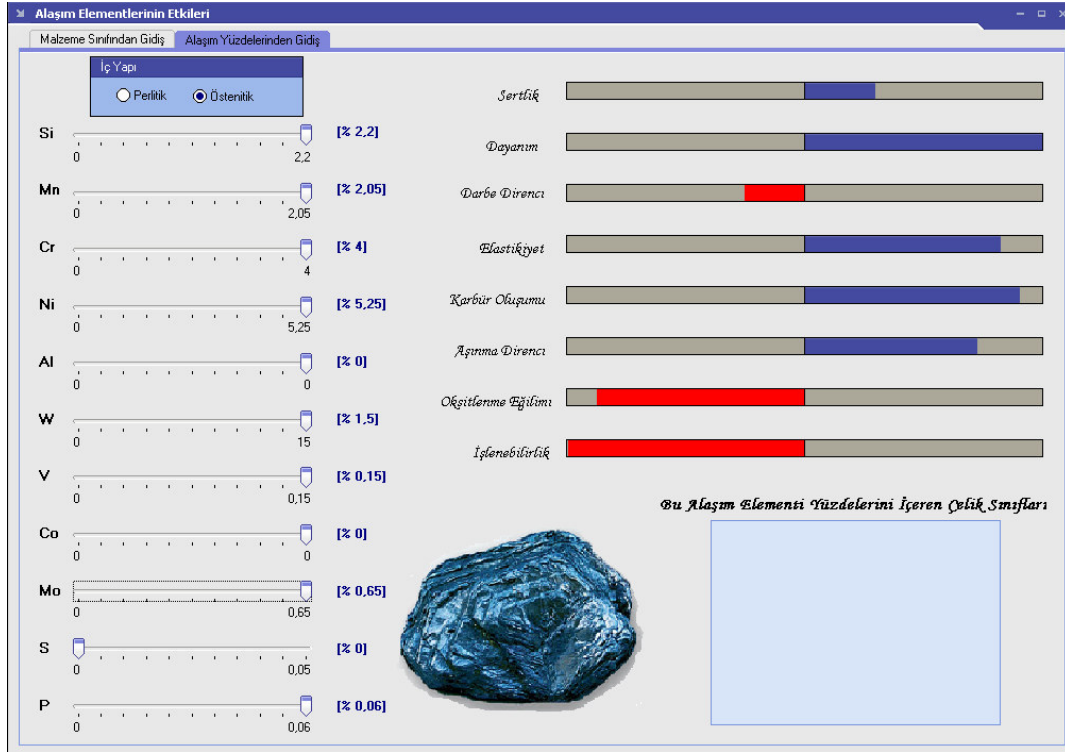
$$\Sigma [(1..10) X (\text{İşaret Başına Değişim} X \text{İşaret Sayısı})] = \% \text{Özellik}$$

Herhangi bir özelliğin oranının hesaplanmasında kullanılan yukarıdaki ifadeyi östenitik yapıda işlenebilirlik için uygularsak;

- Olumsuz etkisi olan tüm elementler en yüksek değerde seçilmiştir (Şekil 5.15) ve ilk çarpan seçilen her element için “10” değerini almıştır,
- İşlenebilirlik için işaret başına değişim, Bölüm 4’te (Sf. 51) hesaplandığı gibi, 0,76’dır,
- İşaret sayısı ise, seçilen elementlerin (S dışındaki olumsuz etkili elementler) toplam ok sayısı 13’tür (Tablo 5.1). Perlitik yapının işaretleri kullanılmamıştır.

<sup>1</sup> [http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders\\_notlari/Karisik/CELİK\\_MALZEMELER\\_VE\\_SECIMI\\_EGITIM\\_NOTLARI\\_dosyalar/frame.htm](http://www.mtt.gazi.edu.tr/Ders_notlari/Karisik/CELİK_MALZEMELER_VE_SECIMI_EGITIM_NOTLARI_dosyalar/frame.htm)

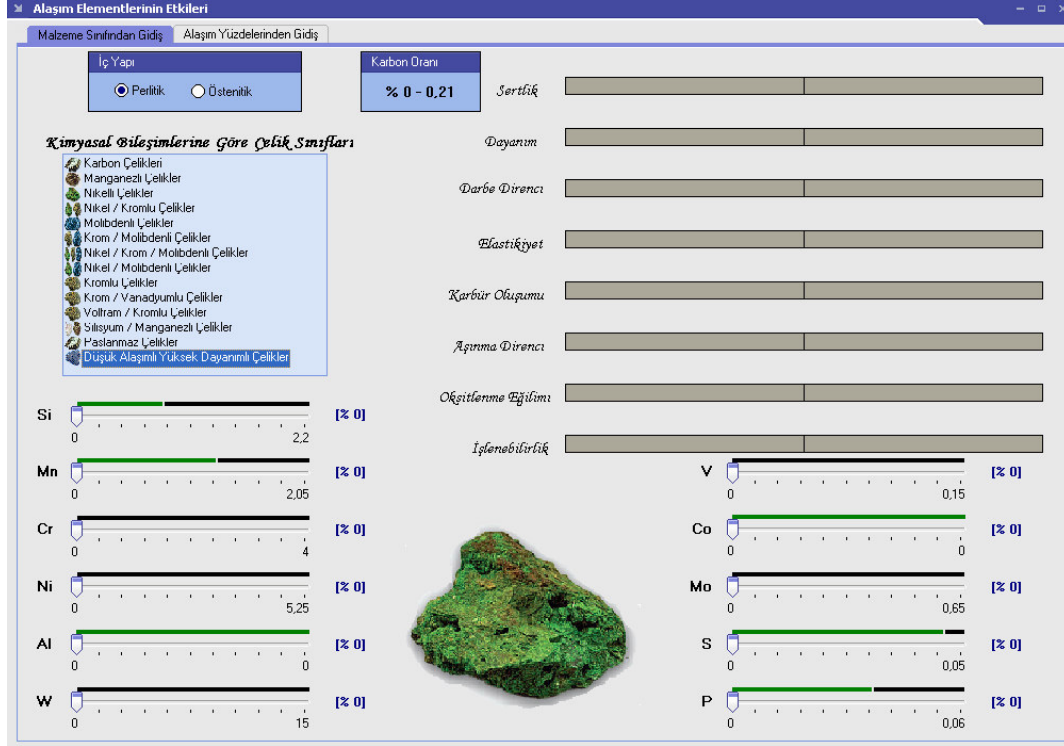
Toplam işlemi yapıldığında işlenebilirlik için bu en kötü sonuç %100 (10 X 0,76 X 13) çıkmaktadır. İşaretler “-“ olduğu için bu durum program tarafından -%100 olarak değerlendirilmiş ve ilk durumdan sola doğru kırmızı renk olarak son kısma kadar gidilmiştir (Şekil 5.15). Tablo 5.1 değerlendirilirken, Mangan’da ve Nikel’de yapının östenitik seçildiği ve perlitik yapıya ait işaretlerin hesaba katılmadığı unutulmamalıdır.



Şekil 5.15. İşlenebilirlik en kötü duruma gelecek şekilde hazırlanan örnek.

Bu kompozisyona uyan çelik sınıfı beklendiği gibi mevcut değildir.

Yazılımın oluşum aşamasında **ikinci olarak**; kullanıcının, malzemenin kompozisyonundan değil de, malzemenin kimyasal bileşime göre yapılan sınıflamada aldığı isme göre değerlendirme yapmak isteyeceği düşünülerek; bir başka deyişle ilk düşüncenin tam tersinden gidilerek bir sekme daha (ekranda “ilk sekme” olarak görülmektedir.) oluşturulmuş. Daha anlaşılır olması açısından, az önce anlatılan yaklaşımda bulunan iki çelik sınıfından biri (düşük alaşımlı yüksek dayanımlı çelikler) için örnekleme yapılacaktır.



Şekil 5.16. “Malzeme sınıfından gidiş” sekmesi için seçilen örnek (ilk örnekte ulaşılan “düşük alaşımli yüksek dayanımlı çelikler” kullanılmıştır).

Söz konusu malzeme sınıfı, ekranın sol üst köşesindeki listeden seçilmektedir. Listede malzeme sınıfları isimlendirildikleri alaşım elementlerinin fotoğrafları ile sembolize edilmiştir. Seçilen çelik sınıfının içerdiği karbon oranı aralığı üst orta kısımda %0-0.21 olarak sunulmaktadır. Bu çelik sınıfının içerebileceği alaşım elementi oranları, Bölüm 4’te (Sayfa 49) Tablo 4.1’den alınan değerlerle Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Düşük alaşımli yüksek dayanımlı çeliklerde elementlerin minimum ve maksimum bulunma oranları (Anonim, 1982).

	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	Diğer [%]
<b>Düşük Ala. Yüksek Day. Çelikler</b>	0 0,9	0 1,35	0 0,04	0 0,05	-	-	-	-

Çelik sınıfı seçildiğinde, bu oranlar Delphi kodları yardımıyla MS Access veritabanından okutularak, kaydırma çubukları okunan minimum bulunma aralığına getirilmektedir.

Microsoft Access

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Kayıtlar Araçlar Pencere Yardım

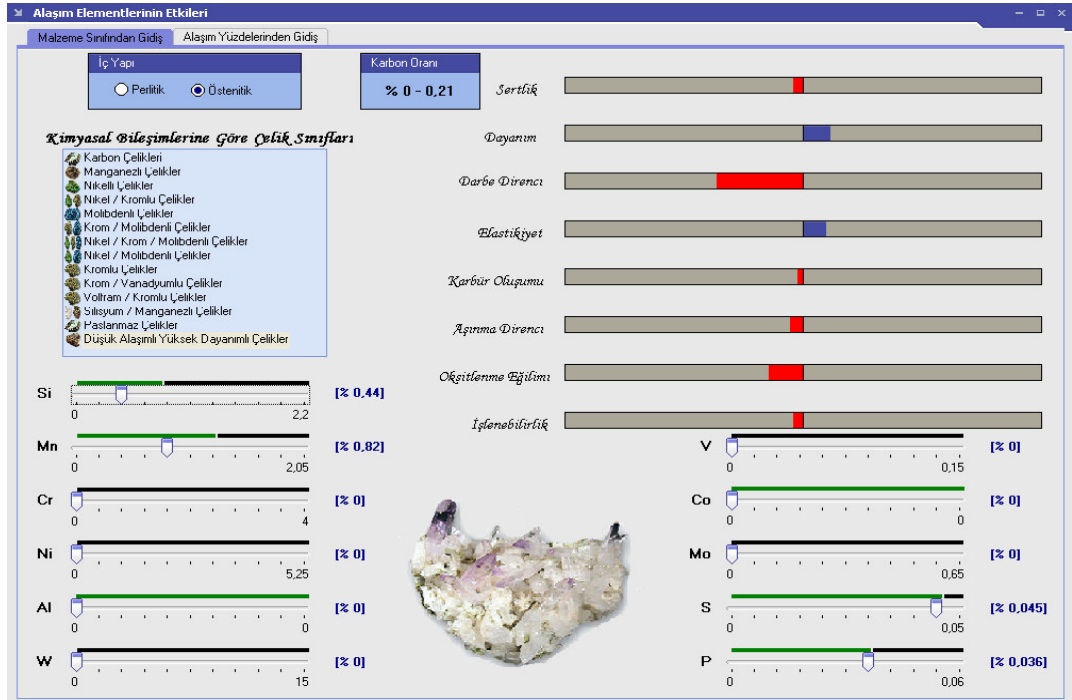
Çelik Gurubu No Arial 10

Elementler : Tablo

Çelik Gurubu No	Çelik Gurubu	C-min	C-max	1-min	1-max	2-min
1	Karbon Çelikleri	0	0,2	0	0,6	0,3
2	Manganezli Çelikler	0,42	0,49	0,15	0,3	1,45
3	Nikelli Çelikler	0,12	0,43	0,2	0,35	0,4
4	Nikel / Kromlu Çelikler	0,08	0,55	0,15	0,35	0,3
5	Molibdenli Çelikler	0,2	0,29	0,15	0,3	0,7
6	Krom / Molibdenli Çelikler	0,38	0,43	0,15	0,3	0,75
7	Nikel / Krom / Molibdenli Çelikler	0,08	0,5	0,15	0,35	0,45
8	Nikel / Molibdenli Çelikler	0,13	0,22	0,15	0,3	0,4
9	Kromlu Çelikler	0,38	1,1	0,15	0,3	0,25
10	Krom / Vanadyumlu Çelikler	0,35	0,45	0,15	0,3	0,6
11	Volfram / Kromlu Çelikler	0,5	0,7	0,15	0,3	0
12	Silisyum / Manganezli Çelikler	0,55	0,65	1,8	2,2	0,75
13	Paslanmaz Çelikler	0	0,15	0	1	0
14	Düşük Alaşımli Yüksek Dayanımlı Çelikler	0	0,21	0	0,9	0
*	0	0	0	0	0	0

Şekil 5.17. Veritabanında saklanan alaşım oranlarının minimum ve maksimum değerleri.

Minimum ve maksimum bulunma oranları, kaydırma çubuklarının ekranda bulunma sırasına göre kodlanmıştır. Örneğin, silikon “1” olarak kodlanmıştır; “1-min” değeri silisyumun minimum, “1-max” değeri ise silisyumun maksimum bulunma oranını göstermektedir. Bu şekilde tamsayılarla yapılan kodlama sayesinde, Delphi kodlarında döngü kullanım imkanı oluşturulmuş ve kod daha pratik bir hal almıştır. Şekil 5.17’de verilen veritabanı kesitinde görüldüğü gibi, silisyumun bulunma aralığı 0-0.9’dur.



Şekil5.18. Element oranlarının sınırlandırılmış olması ve ilk örnekteki oranların seçilmesi.

Veritabanından okutulan oran aralığı, kaydırma çubuklarına da yansıtılmaktadır. Şöyle ki, söz konusu aralık, kaydırma çubuklarında yeşil barlarla gösterilmekte; diğer bölümler ise siyah barlarla kullanıcıya belirtilmektedir. Kullanıcı, seçmiş olduğu çelik sınıfına ait oranların dışına çıktığında, duruma göre, kaydırma çubuğunun pozisyonu minimum veya maksimum değere getirilmektedir. Yine silisyumdan örnek vermek gerekirse, Şekil 5.18'de silisyuma ait kaydırma çubuğunda %0-0.9 aralığı yeşil, %0.9-2.2 aralığı ise siyah renktedir.

İç yapı, ilk örnekte olduğu gibi, sol üst kısımdan östenitik olarak ayarlanmıştır. Alaşım elementi ise izin verilen aralıkta ilk örnekteki oranlara getirilmiştir (%0.44 Si, %0.82 Mn, %0 Cr, %0 Ni, %0 Al, %0 W, % 0 V, %0 Co, %0 Mo, %0.045 S ve %0.036 P). Dikkat edilirse malzeme özellikleri, olması gerektiği gibi, ilk örnekteki ile aynı değerleri almıştır (Şekil 5.18).

Sonuç olarak, kimyasal bileşimlerine göre çelik sınıflarının özelliklerine bakılarak karşılaştırılabildiği ve ayrıca tek tek alaşım elementlerinin çeliğin işlenebilirliğinin yanında işlenebilirliği etkileyen özelliklerine etkilerinin görülebildiği bir yazılım geliştirilmiştir.



## 6. KAYNAKLAR

ANONİM. 1982. Asil Çelik, Teknik Yayınlar-2

ANONİM. 2003. Kennametal Kataloğu.

ANONİM. 2006. Sandvik Kataloğu.

AGRAWAL, S., A. K. CHAKRABARTI ve A. B. CHATTOPADHYAY. 1993. A study of the machining of cast austenitic stainless-steels with carbide tools., *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 52, 610-620.

CHAO, P. Y. ve K.C. CHEN. 1992. An algorithm for the selection of optimal tool and cutting parameters in a tool management system., *Proceedings of the JAPAN/USA Symposium on Flexible Automation* vol. 2, ASME, pp. 1607–1612.

BALIC, J., Z. ZIVEC ve F. CUS. 1995. Model of a universal manufacturing interface in CIM for small- and medium sized companies, *J. Mater. Process. Technol. (Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo)* **52**, pp. 103–114 ISSN 0924-0136.

CUS, F., J. BALIC ve E. STEFANEC. 1992. Model of automated cutting tool flow in flexible manufacturing system, IFAC International workshop on Automatic Control for Quality and Productivity, İstanbul, pp. I/9–I/14.

CUS, F. ve B. MURSEC. 2000. Databases for technological information systems, *J. Mater. Process. Technol.*

ÇAKIR, M. C. 1999. Modern Talaşlı İmalatın Esasları. Uludağ Üniversitesi, BURSA.

ÇAKIR, M. C. 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri. Uludağ Üniversitesi, BURSA.

EVERSHEIM, W. ve ark.. 1991. Tool management: the present and the future, *Ann. CIRP* **40**, pp. 631–639

MIYAHARA K., Y. KOBAYASHI ve Y. HOSOI. 1991. Effects of W and Mn on the mechanical properties, microstructure and aging behaviors of 10% Cr ferritic steels considered as reduced radio-activation materials, *Journal of Nuclear Material.*,667-670.

MURSEC, B. 2000. Integral model for the selection of optimal cutting conditions in the computer aided tool management system, doctor's thesis, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, Maribor.

MURSEC, B., F. CUS ve J. BALIC. 2000. Organization of tool supply and determination of cutting conditions, **100** (1-3), pp. 241-249

NESTLER, A., D. FICHTNER ve G. SCHULZ. 1999. An approach to technological database-possibilities for the determination of cutting values with neural networks, *Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, Portland, pp. 577-586.

KASTELIC, S., J. KOPAC ve J. PEKLENIK. 1993. Conceptual design of a relational data base for manufacturing process. *Ann. CIRP Manuf. Technol.* **42** 1, pp. 493-496

KOPAC, J., S. DOLINSEK. 1992. Cutting parameters optimisation in direct connection technological data base-N.C. program. Third International Conference on Factory 2000. *Competitive Performance Through Advanced Technology.* 217-222.

SHAYAN, E., C. LIU. 1995. Tool management in flexible manufacturing systems. *Journal of Integrated Manufacturing Systems.* 26-35.

ŞEKER, U., İ. ÇİFTÇİ ve H. HASIRCI. 2002. The effect of alloying elements on surface roughness and cutting forces during machining of ductile iron. *Materials & Design*, vol 24. 47-51.

<http://delphi.about.com/od/database/>

<http://mmu.ic.polyu.edu.hk/handout/0102/0102.htm>

<http://www.akcelik.com.tr/celik/alasimelementleri.htm>

[http://www.atar.com/index.php?module=pagemaster&PAGE\\_user\\_op=view\\_page&PAGE\\_id=21](http://www.atar.com/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=21)

<http://www.bohler.com.tr>

[http://www.euro-inox.org/pdf/map/AlloyingElements\\_EN.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/AlloyingElements_EN.pdf)

<http://www.lincolnmachine.com/Steel%20Alloys.pdf>

[http://www.mitsubishicarbide.net/EU/West/product/technical\\_information/index.htm](http://www.mitsubishicarbide.net/EU/West/product/technical_information/index.htm)

**TEŞEKKÜR**

Çalışma boyunca hem teknik ve hem manevi desteğini esirgemeyen Prof. Dr. M. Cemal Çakır 'a, yazılım konusundaki tecrübesiyle cevapsız sorulara cevap olan Yük. Mak. Mühendisi Kadir Kaan Kırcalı (4K) 'ya, çalışmanın başından sonuna veri tabanı konusunda yanımda olan Yük. Mak. Mühendisi İlker Demirayak 'a, ara verdiğim yazılım konusunda heyecanımı tekrar kazanmamı sağlayan meslektaőım Serkan Gürses 'e, kullanılan paket program hakkında sahip olduğu geniş kaynakları paylaőan meslektaőım Mete Mercan'a, her zaman yanımda olan Ünike 'ye ve asıl destek noktam olan aileme teőekkürü borç bilirim.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1981 yılında Bursa'da doğdu. 1999 yılında Bursa Nilüfer M.P Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1999-2003 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimi aldı. 2003 yılında aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde başladığı araştırma görevlisi görevine devam etmektedir.