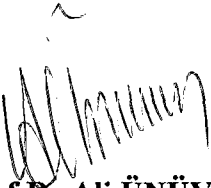


T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

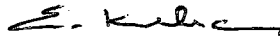
İŞLEME MERKEZLERİNDE ÜRETİLECEK PARÇALAR İÇİN
BİLGİ TABANLI İŞLEM PLANLAMA SİSTEMİ

İsmet ÇELİK
DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 13.02.2004 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oybirliği~~ ile kabul edilmiştir



Prof.Dr.Ali ÜNÜVAR
(Danışman)



Prof.Dr. M.Engin KILIÇ
(Üye)




Prof.Dr. M.Cemal ÇAKIR
(Üye)



Doç.Dr. Ahmet AKDEMİR
(Üye)



Doç.Dr. Süleyman YALDIZ
(Üye)



Eşim Yasemin ve
Oğlum Ahmet'e

ÖZET

Doktora Tezi

İŞLEME MERKEZLERİNDE ÜRETİLECEK PARÇALAR İÇİN BİLGİ TABANLI İŞLEM PLANLAMA SİSTEMİ

İsmet ÇELİK

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Ali ÜNÜVAR

2004, Sayfa:143

Juri : Prof.Dr. Ali ÜNÜVAR

Prof.Dr. M. Engin KILIÇ

Prof.Dr. M. Cemal ÇAKIR

Doç.Dr. Ahmet AKDEMİR

Doç.Dr. Süleyman YALDIZ

Modern üretim teknolojileri, tasarım ortamında oluşturulan bilginin bir model şeklinde üretim ortamına aktarılmasını amaçlamaktadır. Bu konuda bir çok çalışma yapılmış, tasarım ve üretim ortamları entegre edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar üretilecek parçayı tam olarak modellemekten yoksundurlar ve kısmen bunu başaran çalışmalar diğer çalışmalardan bağımsızdırlar. Tasarım ortamında oluşturulan bilginin başka bir tasarım veya üretim ortamında kullanılmasında ve üretilecek parçanın tasarım ortamında tam olarak tanımlanması konusunda güçlükler hala devam etmektedir. Bu konuda unsur-tabanlı modelleme teknikleri üzerinde durulmaktadır. İmalat işlem planlamasında kullanılan bilgi oldukça yoğun ve karmaşık yapıdadır. Geleneksel programlama teknikleriyle işlem planlama

sistemlerinin oluşturulması imkansızdır ve nesne-yönelimli bilgi-tabanlı modelleme tekniklerine bağlı olarak sistem modelleme çalışmaları ümit vericidir.

Bu tez çalışmasında oluşturulan İM-BDİP (İşleme Merkezi için Bilgisayar Destekli İşlem Planlama) sisteminde işleme merkezlerinde üretilecek parçalar için bir işlem planlama sistemi tasarlanmıştır. Sistemde parça modelinin oluşturulması STEP standartlarına bağlı olarak unsur-tabanlı modellemeye dayanır. STEP, ISO tarafından grafik verilerini standartlaştıran ve ürün verisinin tanımlamasını sağlayan yeni bir yaklaşımdır. İşlem planlama sisteminde düzlem yüzey, kanal, kademe, delik gibi unsurlar unsur-tabanlı parça tanımlama yaklaşımı ile STEP standartlarına uygun olarak tanımlanmıştır. İmalat ile ilgili atölye kapasiteleri, teknolojik bilgiler, takım bilgileri, işlem seçme ve işlem sıralama bilgileri bilgi tabanında tanımlanmış ve nesne yönelimli yaklaşım ile yapı oluşturulmuştur. Parça malzemesi cinsi sistemin parça bilgi modeline girildikten sonra her unsur için tolerans ve yüzey kalitesi bilgileri de sisteme girilebilir. Sistemin çıktısı; ham parça boyutları, imalat operasyonları, imalat operasyonlarının sırası, operasyon parametreleri, kesici takım ve işleme zamanları gibi bilgilerdir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi-Tabanlı İşlem Planlama, Nesne-Yönelimli Sistem Modelleme, Unsur-Tabanlı Modelleme, STEP Standartları

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

KNOWLEDGE-BASED PROCESS PLANNING SYSTEM FOR WORKPIECES TO BE PRODUCED AT MACHINING CENTER

İsmet ÇELİK

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof.Dr.Ali ÜNÜVAR

2004, Page:143

Jury : Prof.Dr.Ali ÜNÜVAR

Prof.Dr. M. Engin KILIÇ

Prof.Dr. M. Cemal ÇAKIR

Doç.Dr. Ahmet AKDEMİR

Doç.Dr. Süleyman YALDIZ

Modern production technologies aim the knowledge which is formed in a design environment to be transferred to a production environment. Many studies have been carried out about this topic and design and manufacturing environments are tried to be integrated. The carried studies are deprived of complete modelling of the part to be produced. The studies which partly succeeded about this subject are independent from the other studies. Difficulties about using the information which is formed in design environment to use another design or production environment and the complete definition of the part to be produced in design environment still continue. For solution about the topics, feature-based modelling techniques are

considered. The information which is used in manufacturing process planning is quite intensive and complex. The forming of process planning system is impossible by using the traditional software techniques and system modelling studies tied to object-oriented knowledge-based modelling techniques are hopeful.

In this study, a process planning system designed for the parts to be produced at machining centers as named MC-CAPP (Computer Aided Process Planning for Machining Center) system. At the system, the forming of the part model is based on feature based modelling connection with STEP standarts. STEP is a new concept which standarts the graphic data given by ISO and provides the definition of the product data. In the process planning system, the features like plane face, channel, step and hole are defined by feature-based part definition approach according to STEP standarts. The machine shop capacities, technological information, tool information, process selection, process sequence about manufacturing are also defined at knowledge-based and the structure is formed using object-oriented approach. Part material kind is entered to part knowledge model of system and then tolerance and face quality information for every feature can be input to the system too. The output of the system is the information like the raw material dimensions, manufacturing operations, the sequence of operations, operation parameters, tool and machining time.

Key Words: Knowledge-Based Process Planning, Object-Oriented System Modelling, Feature-Based Modelling, STEP Standarts.

TEŐEKKÜR

Bu alıőmanın her aşamasında teőviklerini, ynlendirmelerini ve yardımlarını grdüğüm Danışman Hocam Sayın Prof.Dr.Ali ÜNÜVAR'a ve ayrıca bilgilerinden yararlandığım ODTU Makine Müh. Bölümü Öğretim Üyesi Prof.Dr.M.Engin KILIÇ'a ve Doç.Dr.Süleyman YALDIZ'a çok teőekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1.GİRİŞ.....	1
2.TARİHÇE VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1 Geleneksel Yaklaşımla Yapılan Çalışmalar.....	7
2.2 Bilgi Tabanlı (Uzman Sistem) Yaklaşım ile Yapılan Çalışmalar	9
2.3 Unsur Tanıma ve Unsur-Tabanlı Yaklaşım İle Yapılan Çalışmalar.....	12
2.4 Nesne-Yönelimli Unsur Tabanlı Modelleme Çalışmaları.....	13
2.5. İşlem Planlama Sistemlerine Genel Bakış.....	18
3.SİSTEM KARAKTERİSTİKLERİ.....	21
3.1. Bilgisayar Destekli İşlem Planlama.....	21
3.1.1 Değişken işlem planlama.....	26
3.1.2 Üretken işlem planlama.....	28
3.2. Bilgi Tabanlı İşlem Planlama.....	29
3.2.1 Bilgi tabanı.....	31
3.2.2. Sonuç çıkarma mekanizması	32
3.2.2.1. İleriye zincirleme.....	32
3.2.2.2. Geriye zincirleme	34
3.2.3. Bilgi tabanlı sistemlerde bilgi temsili.....	35
3.2.3.1 Bildirici bilgi temsil metotları.....	36
3.2.3.2 Yöntemsel bilgi temsil metotları.....	39
3.3. Unsur Tabanlı Modelleme.....	40
3.3.1 Unsur.....	40
3.3.2 Unsur-tabanlı modelleme.....	45
3.3.3 Talaşlı üretim iş parçaları için unsur tabanlı modelleme.....	46
3.3.4 Unsur tanıma.....	48
3.4 Nesne-Yönelimli Modelleme.....	49
3.4.1 Nesne-yönelimli modelleme kavramları.....	51
3.4.1.1 Nesne.....	51
3.4.1.2 Mesaj.....	52
3.4.1.3 Sınıf.....	53
3.4.1.4 Kalıt.....	54

3.4.1.5 Arayüz.....	57
3.4.2 Nesne-yönelimli unsur-tabanlı modelleme.....	57
3.4.2.1 Tasarımcı açısından nesne-yönelimli unsur modelleme	58
3.4.2.2 Programcı açısından nesne-yönelimli unsur modelleme.....	59
3.5 STEP Standartları.....	63
3.5.1 STEP'in yapısı.....	65
4. GELİŞTİRİLEN İM-BDİP SİSTEMİ.....	73
4.1 İşleme Merkezi.....	74
4.2 İM-BDİP Sisteminin Yapısı.....	76
4.2.1 BDT bilgi modeli	82
4.2.2 Parça bilgi modeli	83
4.2.2.1 Unsur tanıma modülü.....	83
4.2.2.2 Malzeme cinsini girme modülü.....	102
4.2.2.3 Unsur toleranslarını girme modülü.....	103
4.2.2.4 Unsurların yüzey pürüzlülüklerini girme modülü.....	104
4.2.3 İşlem planlama bilgi modeli.....	105
4.2.3.1 Ham parça boyutlarını belirleme modülü.....	106
4.2.3.2 Bağlama yüzeyi belirleme ve operasyonların sıralanarak atanması modülü.....	107
4.2.3.3 Takım seçme modülü.....	119
4.2.3.4 Operasyon parametrelerini, kesme gücünü ve işleme zamanını belirleme modülü.....	121
4.2.3.5 Tezgah seçme modülü.....	125
4.3 Sistemin Çalışması.....	127
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	131
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	135
KAYNAKLAR.....	139

EKLER

KISALTMALAR

Kısaltma-Türkçe karşılığı

İM-BDİP-İşleme Merkezi-Bilgisayar Destekli İşlem Planlama
BDİP-Bilgisayar Destekli İşlem Planlama
BTİ-Bilgisayar Tümlşik İmalat
BTS-Bilgi Tabanlı Sistem
YZ-Yapay Zeka
US-Uzman Sistem
BDT-Bilgisayar Destekli Tasarım
BDÜ-Bilgisayar Destekli Üretim
SD-Sayısal Denetim
BSD-Bilgisayarlı Sayısal Denetim
DSD-Doğrudan Sayısal Denetim
EÜS-Esnek İmalat Sistemleri
NYM-Nesne Yönelimli Modelleme
GT-Grup Teknolojisi
VDD-Veri Dönüşüm Dosyası
ST-Sınır Temsili
KKG-Konstrüktif Katı Geometri
NYSA-Nesne Yönelimli Sistem Analizi
NYTS-Nesne Yönelimli Takım Seçme
UP-Uygulama Protokolü
NMT-Nesne Modelleme Tekniği
NYM-Nesne Yönelimli Modelleme
BYBOSA- Bağlama Yüzeyi Belirleme ve Operasyonları Sıralayarak Atama Modülü
OPKİZ- Operasyon Parametrelerini, Kesme Gücünü ve İşleme Zamanını Belirleme Modülü
PDES-Product Data Exchange using Step
STEP- (STandart for the Exchange of Product data)

Kısaltma-İngilizce Karşılığı

MC-CAPP-Machining Center- Computer Aided Process Planning
CAPP-Computer Aided Process Planning
CIM-Computer Integrated Manufacturing
KBS-Knowledge Based System
AI-Artificial Intelligence
ES-Expert System
CAD-Computer Aided Design
CAM-Computer Aided Manufacturing
NC-Numerical Control
CNC-Computerized Numerical Control
DNC-Direct Numerical Control
FMS-Flexible Manufacturing System
OOM-Object Oriented Modelling
GT-Group Technology
DXF-Data Exchange File
B-Rep-Boundary Representation
CSG-Constructive Solid Geometry
OOSA-Object Oriented System Analysis
OOTS:Object Oriented Tooling Selection
AP-Application Protocol
OMT-Object Modelling Technique
OOM-Object Oriented Modelling

ŞEKİLLER DİZİNİ

No	Adı	Sayfa
1.1.	Bir BDİP sisteminin genel yapısı	2
3.1.	Bir Bilgi Tabanlı sistemin genel yapısı	31
3.2.	İleriye zincirleme	33
3.3.	Geriye zincirleme	34
3.4.	Kanal unsurunun semantik ağ temsili	38
3.5.	Çerçeve yapısı	39
3.6.	Katı model	42
3.7.	Sınır temsili	42
3.8.	Tel kafes	43
3.9.	Teknik resim	44
3.10.	Katı modeli oluşturan unsurlar	45
3.11.	Katı model	46
3.12.	Prizmatik bir parçayı oluşturan unsurlar	46
3.13.	Dönel parçaları oluşturan fiziksel unsur tipleri	47
3.14.	Fiziksel unsur tiplerinden oluşan parça örneği	48
3.15.	Geleneksel (a) ve Nesne (b) yönelimli yazılım yapısı	51
3.16.	Nesne	52
3.17.	Nesneler arası mesaj geçme	53
3.18.	Bisiklet sınıfı	55
3.19.	Sınıf yapıları ve kalıtlar	56
3.20.	Parça tasarımcısı açısından Nesne-yönelimli düşünceler ile “nesne” ve “sınıf” arasındaki ilişkiler	58
3.21.	Programlamacı açısından Nesne-yönelimli düşünceler ile “nesne” ve “sınıf” arasındaki ilişkiler	60
3.22.	Şekil 3.14’deki parça için KKG/Sınır temsil şeması	62
3.23.	STEP Standartlarını oluşturan parçalar	64
3.24.	STEP Standardının yapısı	66
3.25.	Kartezyen nokta sınıf tanımlaması	66
3.26.	STEP AP203/214 (ISO 10303-Part 21) formatında bir parçanın tanımlanması	71

No	Adı	Sayfa
4.1.	İşleme Merkezi	74
4.2.	İşleme merkezi eksenleri (5-Eksenli)	75
4.3.	Nesne-Yönelimli Oluşturulan İM-BDİP Sistemi Bilgi Modeli	77
4.4.	BDT Bilgi Modelinin fonksiyonel iletişimi	78
4.5.	BDT Bilgi Modeli ve Unsur Tanıma Modülü fonksiyonel iletişimi	78
4.6.	Malzeme Cinsi, Unsur Toleransları ve Unsur Yüzey Pürüzlülüğü Giriş Modüllerinin fonksiyonel iletişimleri	79
4.7.	Ham Parça Eoyutları Bilgi Modeli fonksiyonel iletişimi	79
4.8.	BYBOSA Modeli fonksiyonel iletişimi	79
4.9.	Takım Seçme Modülü fonksiyonel iletişimleri	80
4.10.	OPKİZ Modülü fonksiyonel iletişimleri	80
4.11.	Tezgah Seçme Modülü fonksiyonel iletişimleri	81
4.12.	Sistemin işlem akış kartı	81
4.13.	Delik unsurunun nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi	85
4.14.	Kademe unsur tiplerinin nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi	89, 90, 91
4.15.	KD5Y1 Unsur tipi	92
4.16.	KD4X2Z2 Kademe tipi	92
4.17.	KN5Y unsur tipi	95
4.18.	Kanal unsurlarının nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi	96, 97, 98
4.19.	Yüzey unsurlarının nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi	100
4.20.	DYZ1 unsur tipi	101
4.21.	Delik, kanal, kademe ve düzlem yüzey nesne yapıları ve kapsüllenen unsur değişkenleri	106
4.22.	DYZ5 Bağlama yüzeyine göre DYZ6'nın parça sıfır noktası ve operasyon eksenleri	114
4.23.	DYZ5 Bağlama yüzeyine göre DYZ4'ün parça sıfır noktası ve operasyon eksenleri	115
4.24.	DYZ6 Bağlama yüzeyine göre DYZ5'in parça sıfır noktası ve operasyon eksenleri	117
4.25.	Örnek Parça (P1.STEP)	128
4.26.	Programın çalıştırılmasıyla ortaya çıkan iletişim kutusu	128

4.27	Sistemin çalıştırılmasıyla ortaya çıkan iletişim kutusu	130
4.28	Sistemden elde edilen işlem planı kartının bir bölümü	130



TABLolar DİZİNİ

No	Adı	Sayfa
2.1	İşlem Planlama Sistemlerinin genel özellikleri	18, 19, 20
3.1.	BDT Modelinden Elde Edilen Veriler	44, 45
3.2.	Genel temel sınıfı “Unsuru” ve türetilmiş “U Kanal” ı tanımlama için tanımlamalar	61
4.1.	DYZ6, KN6, KD6 ve DL6 nesnelere için referans nokta dönüşümleri	115
4.2.	DYZ4, KN4, KD6 ve DL4 nesnelere için referans nokta dönüşümleri	116
4.3.	DYZ2, KN2, KD6 ve DL2 nesnelere için referans nokta dönüşümleri	116
4.4.	DYZ5, KN5, KD5 ve DL5 nesnelere için referans nokta dönüşümleri	117
4.5.	DYZ3, KN3, KD2, KD5, KD4 ve DL3 nesnelere için referans nokta dönüşümleri	118
4.6.	DYZ1, KN1Z, KN1Y, KD5X2, KD4X2, KD2X2 ve DL1 nesnelere için referans nokta dönüşümleri	118

1.GİRİŞ

Planlama, “verilen kısıtlamalar altında ve sınırlı kaynaklar ile arzu edilen hedefleri başarmak için mevcut imkanları planlama (kurma) eylemidir”. Başka bir ifadeyle planlama, kısıtlar ve sınırlı kaynaklar altında önceden tanımlı bir amaca ulaşmayı hedefleyen çok yönlü bir problem çözme işlemidir. Planlama işlemi problem tanımlamayı, kısıtları yorumlamayı, kaynak kullanımını ve alternatif çözümleri içermelidir (Law ve ark. 2001).

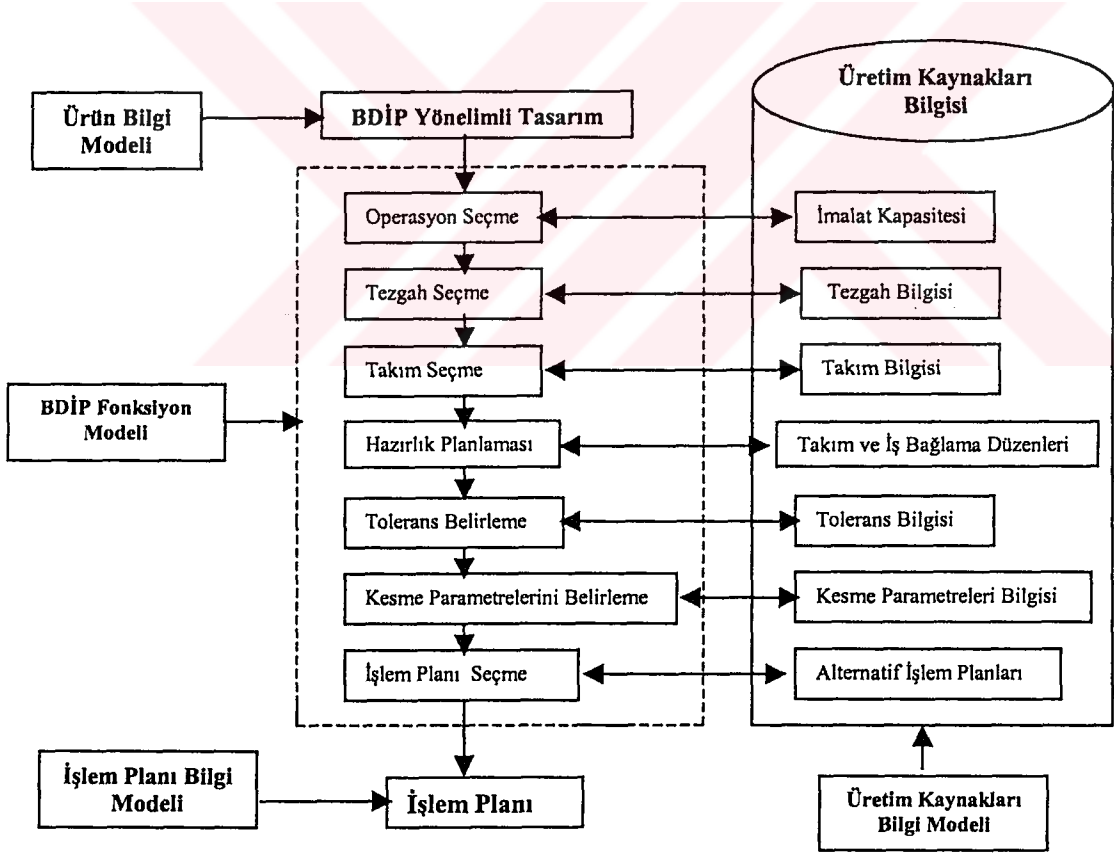
İmalatta işlem planlama, bir parçanın tasarımının imalat yöntemlerine nasıl dönüştürüleceğinin tanımlanmasıdır. Amerikan İmalat Mühendisleri Derneği (American Society of Manufacturing Engineers) tarafından İşlem planlama, “bir ürünün ekonomik ve rekabetçi imalat için yöntemlerin sistematik tanımlanması” şeklinde biçimsel olarak tanımlanmıştır. Bilgisayar Destekli İşlem Planlama (BDİP) sistemlerinde bilgisayarlar, belirli kısıtlar ve kaynaklar altında işlem planı üretmek için yorumlama yapmak ve arzulanan hedeflere ulaşmak için yoğun şekilde kullanılmaktadırlar (Law ve ark. 2001).

Bilgisayar Destekli İşlem Planlama, Bilgisayar Tümlleşik İmalat (BTİ) sistemleri içindeki en önemli elemanlardan biridir. Son yirmi yılda literatürde bir çok BDİP sistemi ile karşılaşılmasına rağmen, onlardan sadece bazıları BTİ ortamlarında diğer sistemler ile kolayca bütünleşmek için yeterlidirler. Bu durumun birinci nedeni, BDİP için gerekli tam parça bilgisinin tanımlanamaması, ikincisi ise BTİ ortamlarındaki sistemlerin aralarında veri iletişimini sağlayacak etkili bir yöntemin olmamasıdır.

Bir BDİP sistemi Şekil.1.1’den görüleceği gibi iki temel alandan oluşur. Bunlardan ilki işlem planlama eylemlerini düzenlemek için gerekli fonksiyonları içeren **Fonksiyonel alan**, ikincisi ise BDİP fonksiyonlarında bilgileri içeren **Bilgisel alan**dır. Bilgi, parça bilgisini (BDİP sistemine giriş), işlem planı bilgisini (BDİP sisteminin çıktısı) ve üretim kaynakları bilgisini (imalat sistemi kaynakları) içerir (Ming ve ark. 1998).

BDİP tamamen insan becerisine bağılı olarak gerçekleştirildiğinden araştırmacılar, BDİP için Bilgi Tabanlı (BT) uygulamalara yönelmişler ve bazı Bilgi Tabanlı BDİP sistemleri geliştirmişlerdir. Bilgi tabanlı sistemler, işlem planlama teknikleri için umut verici olarak görölmektedirler. Bir BDİP sisteminin talaş kaldırma operasyonlarını sınırlayan koşullar (atölye kapasiteleri vb.,) bilgi tabanlı olarak oluşturulabilirler. Ayrıca gelişen teknoloji ve yeni talepler karşısında bilgi tabanını oluşturan olgular ve kurallar güncelleştirilebildiğinden sistem esnekler.

Geleneksel BDİP sistemlerinde imalat bilgileri, program deyimleri olarak satır satır kodlanırlar. Olgular ve kurallarda olabilecek her değişiklik normal olarak orijinal yazılımın tekrar yenilenmesini gerektirir. Başka bir ifade ile geleneksel bir BDİP programı, kendisinin güncelleştirmeye izin vermez. Geleneksel metodların rijitliği, BDİP sistemlerinin uygulanmasını engelleyen en önemli sebeptir (Wang ve ark. 1991).



şekil 1.1. Bir BDİP sisteminin genel yapısı (Wang ve ark. 1991)

Geleneksel imalat felsefesi, ulusal ve uluslararası rekabet içerisinde bulunan günümüz endüstri alanında, pazar gereksinimleri için uygun değildir. İmalat için daha esnek bir yaklaşım gereklidir. Bu alanda, umut verici bir yaklaşım olarak görülen Yapay Zeka (YZ) ve onun bir alanı olan Uzman Sistem (US) veya diğer ismiyle Bilgi Tabanlı Sistemler (BTS) üzerinde çalışmalar yapılmış ve işlem planlama sistemleri Bilgi Tabanlı Sistemler olarak oluşturulmaya başlanmıştır (Cheung ve Dowd 1988). Bilgi tabanlı sistemler bilgiyi özel bir tarzda depolarlar. BT sistemlerin bu özelliği, sistem içinde programın tekrar yazılmadan, bilgi tabanındaki kuralların ve olguların değiştirilmesini, ekleme yapılmasını ve silinmesini mümkün kılar. İşlem planlama bilgisi ve mantığı, etkili bir şekilde bilgi tabanında oluşturulur. Bilginin iyi temsil edilmesi, işlem planlamada önemli rol oynar. Bilgi Tabanlı Sistemlerin iş stratejilerini önemli ölçüde etkileyecek yararları vardır. Bunların en önemlileri şöyle sıralanabilir (Sargeant 1990):

- İşlemlerin etkinliğini ve verimliliğini artırır,
- İşlemlerin yeniden düzenlenmesinde daha fazla esneklik sağlar,
- İşçi hareketlerini ve müdahalesini mümkün olduğu oranda azaltır,
- Gözden kaçan değerlendirmelerden ve beceri kayıplarından doğan hataları azaltır,
- Daha kaliteli ürün elde edilir,
- Pazar ve lisans kontrolünü daha iyi sağlar,
- Bilgi tabanlı oluşuma zemin hazırlanır,
- Çalışma alanı içindeki bütün birimlerin bilgilere ulaşım hızları ve etkinlikleri artar.

BT sistemler 1980'den bu yana geliştirilmişlerdir. Yapay Zeka ve onun alt dalı olan Bilgi Tabanlı Sistemler, artan bir hızla mühendislik ve imalat dallarında kullanılmaya başlanmıştır. BT sistemler, özellikle tasarım ve imalat alanında yeni araştırmaları da beraberinde getirmiştir (Özdemir ve ark. 1992).

Sistemlerin sürekli kılınabilmesi ve daha ileriye geliştirilebilmesi için uygun şekilde yapılandırılmış olmaları, ürün modellerini sağlayan ilişki modelleme teknikleri ile oluşturulmaları gereklidir. Bunu başarmak için Bilgi Tabanlı Sistemlerin, Nesne-Yönelimli Modelleme yaklaşımı ile oluşturulmaları gerekir. Çünkü nesne-modelleme teknikleri sınıf, nesne, mesaj, kalıtsallık ve bilgi kapsülleme

özellikleri sayesinde, BT sistemlerin geliştirilmesini güçlü bir şekilde desteklerler. Nesne yönelimli modeller karmaşık bilgi yapılarını çözerler (Motavalli ve Shamsaasef 1997).

Bu çalışmada geliştirilen ve İM-BDİP (İşleme Merkezi-Bilgisayar Destekli İşlem Planlama) adı verilen sistem ile kademe, kanal, delik ve düzlem yüzey gibi unsurlara sahip prizmatik parçaların işleme merkezlerinde üretilmesi için, BDT/BDÜ entegrasyonunun sağlanması amaçlanmıştır. BDT/BDÜ entegrasyonunda stratejik bir köprü olan BDİP sistemlerinde oldukça yoğun ve karmaşık bilgiye gerek vardır. Bu yüzden BDİP sistemleri sistematik olarak oluşturulmalıdırlar. BDİP sistemi, ortak nesnelere oluşan sınıflara ve sınıflar da ortak değişken ve metotları içeren nesnelere adı verilen birimlere ayrılmalı, her nesnenin bilgisel yapısı ve fonksiyonel yapısı kendi sınıfı içinde kapsüllenmelidir. Sınıflar ve nesnelere arasında etkileşim ve iletişim için mesajlar sağlanmalıdır. Geliştirilen BDİP sistemi bu koşulları yerine getirmek için Nesne-Yönelimli yaklaşım ile oluşturulmuştur. Sistem programı daha sonra nesne-yönelimli modellemeye uygun olan C++ programlama diliyle yazılmıştır. Sistemde BDT ortamı olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan paket programlardan birisi kullanılmıştır. BDT ortamından elde edilen ürün verisi ISO STEP standartlarının 3 boyutlu tasarım formatı olan Uygulama Protokolü (AP203/214) şeklinde alınmıştır. Ürün verisi daha sonra sistem programı tarafından işlenmiş, ürün verisinden elde edilen unsur tipleri unsur tabanlı modellenmişler ve daha sonra parçayı oluşturan unsurlar modeller şeklinde BDİP sistemi tarafından kullanılmışlardır.

BDT verisinden elde edilen ve parçayı oluşturan unsurlar, sınıflarına uygun olarak unsur tabanlı yaklaşım ve nesne yönelimli yaklaşım kullanılarak yapılandırılmışlar ve kodlanmışlardır. Unsur tabanlı tanımlama, nesne yönelimli yaklaşım ve STEP standartları kavramları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. STEP standartları; unsur tabanlı modelleme ve nesne yönelimli yaklaşım kavramları günümüz ileri imalat teknolojisinde tam otomasyona geçişi sağlamak amacıyla üzerinde yoğun çalışmaların sürdüğü konulardır. İmalat ile ilgili diğer atölye kapasiteleri, teknolojik bilgiler, takım bilgileri, işlem seçme ve işlem sıralama gibi bilgiler de bilgi tabanında tanımlanmışlar ve nesne yönelimli yaklaşım ile yapılandırılmışlardır.

BDT ortamından alınan geometrik veriye ek olarak sisteme girilen diğer bilgiler parça malzemesi cinsi, her unsur için tolerans ve yüzey kalitesi bilgisidir. Sistemin çıktısı ise; belirlenmiş ham parça boyutları, imalat operasyonları, operasyonların sıralaması, her operasyon için seçilen takım, tezgah, operasyon parametreleri, gerekli kesme gücü ve gerekli işleme zamanıdır.



2. TARİHÇE VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tasarım ve imalat uygulamaları geçen 20-30 yılda bir çok değişikliğe uğramışlardır. Bir kağıt üzerine kalemle çizilen ve daha sonra ozalite çekilen tasarım ortamları yerlerini zamanla BDT sistemlerine bırakmışlardır. Geleneksel takım tezgahları da geliştirilerek yerlerini Sayısal Denetimli (SD), Bilgisayarlı Sayısal Denetimli (BSD), Doğrudan Sayısal Denetimli (DSD) tezgahlara ve Esnek Üretim Sistemleri (EÜS)'ne bırakmışlardır. Bu yeni teknolojiler bilgisayarların ve bilgisayar programlarının etkili ve yoğun bir şekilde kullanılması ile çalışmaktadırlar.

Bir işlem planlamacı tarafından yapılan geleneksel işlem planlamada, parçanın mühendislik çizimi incelenerek, parçayı üretecek uygun işlemler belirlenirler. Bu tür yaklaşımlarda uzman kişi, zaman ve maliyet yönünden büyük zorluklar vardır. Bu yüzden BDİP sistemlerinin işlem planlamacıya yardım amacıyla ilk gelişmesi 1960'larda başlamıştır (Steudel 1984). Takip eden yıllarda araştırmacılar, BTİ'deki işlem planlama aktiviteleri için gerekli bilgiyi modellemek ve sistemler arasında bütünleştirmek için büyük emek harcamışlardır. Huang ve Ratehev yalnızca tasarım açısından BDİP için unsur tabanlı parça modelleme sistemi geliştirmişlerdir (Huang ve Ratehev 1993). Zhang ve Norrie, BTİ ortamları için bir ürün modelleme tekniği sunmuşlar fakat bu çalışmalar BDİP sistemlerinin bilgi gereksinimlerini tam olarak karşılayamamıştır. Eversheim ve Marczinki özellikle imalat hazırlık işlemleri için tasarladıkları imalat işlemlerinin yapısal bir modellemesini geliştirmişlerdir.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO), imalat ortamlarındaki sistemlerin bütünleşmesini sağlamak ve standartlarını oluşturmak için genel bilgi yapısı ve uygulama yöntemlerini içeren standartlar geliştirmeye başlamıştır (ISO 10303-224). BDİP sistemlerinin bazı fonksiyonları bu yaklaşımlardan ve standartlardan elde edilmeye başlanmıştır. Bunlardan STEP bir organizasyonun içinde veya organizasyonlar arasında bilgi paylaşımını sağlamaya çalışır (Kahn ve ark. 2001).

BDİP alanında yapılan araştırmalardan; BTİ ortamlarında diğer sistemler ile bütünüleşmeye ve BTİ'nin bütünü stratejisini tamamlamaya yetenekli bir bilgi modeline sahip BDİP sistemlerinin oluşturulmasının gerekli olduğu belirlenmiştir. ISO 1988 de STEP (STAndart for the EXchange of PProduct data) standartlarını ve takip eden yıllarda STEP kapsamında olan Uygulama Protokollerini (APs) çıkarmıştır. STEP'in hedefi herhangi bir sistemden bağımsız olarak bir ürünün tüm bilgisini tanımlamaya yetenekli bir mekanizma sağlamaktır (Amaitik ve Kılıç 2002).

Son yıllarda ortaya çıkan "Nesne-Yönelimli Modelleme (NYM)" düşüncesi, sahip olduğu sınıflandırma, kapsüleme, kalıtsama ve sınıf nesneleri arasında mesaj geçme özellikleri ile sistem modellemeleri için tercih edilmeye başlanmıştır. Sınıflara göre nesneleri tanımlama, nesnelerin davranışlarını ve durumlarını kendi bilgi yapıları içinde kapsülleme ve nesne özelliklerini alt-üst sınıflar olarak kalıtsama sistem ve ürün modellemede avantaj sağlar. Bu özellikleri nedeniyle nesne-yönelimli sistem ve ürün modelleme yaklaşımı, BDİP sistemlerinin geliştirilmesinde umut vericidir.

Oluşturdukları tekniklere göre işlem planlama alanında yapılan çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmişlerdir.

2.1 Geleneksel Yaklaşımla Yapılan Çalışmalar

CAPP; Değişken yaklaşım kullanan CAPP projesinde parçalar Grup Teknolojisi (GT) metotları kullanılarak sınıflandırılmışlar ve kodlanmışlardır. Sistem etkileşimli olarak veri tabanının güncellenmesi ve değiştirilebilmesi kapasitesine sahiptir. Dönel, prizmatik ve saç metal parçalara uygulanabilen bir işlem planlama sistemidir (Link 1976).

CMPP (Bilgisayar Yönetimli İşlem Planlama Sistemi); ABD ordusu tarafından desteklenerek Birleşik Teknolojiler Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiş üretken bir sistemdir. Sistem; tormalama, taşlama, honlama, tığ çekme frezeleme, elektro-erozyon işleme, delme, kaplama ve ısıl işlem operasyonları ile silindirik parçaların işlem planını üretir. Parça modeli, etkileşimli kullanıcı girişi ile tanımlanır

ve tasarım dosyasında saklanır. Daha sonra program, bünyesindeki planlama mantığı ve imalat kaynakları bilgilerini kullanarak işlem planını oluşturur (Sack 1982).

XPS-1; Şekil unsurları ile çalışan üretken bir işlem planlama sistemidir. Fortran 77 diliyle yazılmıştır. Kullanıcı kendi şartları için imalat mantığını ve veri ihtiyaçlarını etkileşimli menüden belirler ve bu tercihleri veri dosyası olarak saklar. Sistem; işlem planlama için temel bir çerçeve sağlamak üzere tasarlanmıştır (Sack 1983).

CAM I; ilk işlem planlama sistemleri arasındadır. Sistem parça üzerinde işlenecek bölümlerin bir sıralamasını yapar ve listeler. İşlenecek her bölüm için gerekli üretim bilgisini belirler. Her işlem için gerekli bilgi; tezgah ve takım için oluşturulan bilgilerden elde edilir. Grup Teknolojisi, işlenecek bölgelerin kodlanması ve parça aileleri oluşturularak kullanılır. Sistem, her parça ailesi için standart bir plan hazırlar (Bedworth ve ark. 1991).

AutoCAPP-TOR; BSD torna tezgahları için geliştirilmiş bir işlem planlama sistemidir. Sistem tasarım aşamasında AutoCAD ortamında kullanılan AutoLISP programları ile parçayı oluşturan silindir, konik, kanal, pah, radyüs ve vida gibi profilleri otomatik olarak oluşturularak parçanın tasarımını sağlar. Daha sonra oluşturulan parçanın DXF formatında alınan BDT çıktısı, Turbo Basic dilinde yazılmış işlem planlama programı tarafından işlenir ve üretim ile ilgili bilgiler işlem sıralaması yapılmaksızın elde edilirler. İşlem sıralaması geri planda çalışan bir program yardımıyla yapılır. Son aşamada belirli bir tezgah için SD parça programı sistem tarafından hazırlanmaktadır (Aslan 1992).

TORCAPP; dönel parçalar için geliştirilmiş bir işlem planlama sistemidir. Sistemde tasarım unsurları olan silindir, pah, vida, konik gibi özellikler AutoLISP programları kullanılarak AutoCAD'de çizilebilirler ve parça oluşturulur. Daha sonra DXF dosya formatına dönüştürülen parça bilgisi geleneksel yapıda oluşturulan ve QBASIC dilinde yazılmış program tarafından okunur ve ham parça boyutları belirlenerek parçanın işlem planı kartı oluşturulur. Sonraki aşamada parçanın işlenmesi simüle edilmektedir. Sistemin son aşamasında parçanın işlenmesi için SD parça programı oluşturulur. İşlem planı programı DXF dosyasından parçaya ait koordinatları okur, başlangıç noktası olarak en sağda ve aynadan uzak olan parça

ekseni üzerindeki noktayı alır ve daha sonra sola doğru parçaya ait noktaların koordinatlarını sırasıyla karşılaştırarak parça bilgisini elde eder (Çelik 1998).

2.2 Bilgi Tabanlı (Uzman Sistem) Yaklaşım ile Yapılan Çalışmalar

Turbo-CAPP; simetrik ve dönel parçalarda kullanılmak için oluşturulmuştur. Bilgi tabanı kuralları; iş parçası üzerinde işlenecek yüzeyleri tanır, operasyonları seçer ve sıralar, tezgahı seçer, takımı seçer, talaş kaldırma parametrelerini belirler. Sistem; BDT veri yorumlayıcı, İşlem planlamacı, Bir SD kod üretici, Bilgi edinme mekanizması ve Takım tezgahı ve takım veri tabanı olmak üzere beş birim içerir. İşlem planlamacı modülü; bilgi tabanı ve sonuç çıkarma mekanizmasından oluşur. Açıklayıcı bilgilerin (olgular) çerçeve formunda ve işlemlerin üretim kuralları formunda temsil edildiği sistemin bilgi tabanı aşağıdaki bilgileri içerir:

1. İş parçaları ve işleme yüzeyleri hakkındaki bilgiler
2. Takım tezgahları hakkındaki bilgiler
3. Talaş kaldırma operasyonları hakkındaki bilgiler
4. Takımlar hakkındaki bilgiler

Turbo-CAPP geriye doğru zincirleme sonuç çıkarma mekanizması kullanan bilgi tabanlı bir işlem planlama sistemidir (Wang ve Wysk 1988).

GARI; GARI Fransa'da geliştirilmiştir ve ilk Yapay Zeka esaslı BDİP programı olarak literatüre geçmiştir. GARI'de bilgiler üretim kuralları olarak temsil edilen 50 kuraldan oluşur. Sistemde bilgi temsili IF-THEN kurallarına göre hazırlanmıştır. Programlama dili MACLISP'dir. Bilgi oldukça özeldir ve uzmanlaştırılmıştır. İşlem planlamada uzmanlaşma gereklidir. Sistem prizmatik parçalar içindir. Tüm yüzeyleri, referans eksene paralel alınan parçaların, işlem sıralamasını oluşturur. İşlenecek parçalar yüzeyler, delik işlemler, cepler ve delikler gibi unsurlardan oluşur. Hem geometrik ve hem teknolojik bilgileri içerir (Descotte ve Latombe 1981).

TOM (Talaş Kaldırmanın Teknolojik Yapısı); Tokyo Üniversitesi'nde geliştirilen üretim kuralı tabanlı bir BDİP sistemidir. Pascal diliyle yazılmıştır. TOM

bilgiyi; doğrudan kullanıcı tarafından parça bilgilerinin girilmesi ve tasarım verilerinin COMPAC BDT sisteminden çevrilmesi olmak üzere iki yöntem ile elde eder. TOM'da kullanılan bilgi temsil şemaları üretim kurallarıdır. TOM sorgulama prosedüründe geriye zincirleme mekanizması kullanılır. Sistem optimal talaş kaldırma işlem sıralamasını oluşturabilir. Sadece deliklerin işlem planlamasını gerçekleştirir (Matsushima ve ark. 1985).

SIPP (Yarı Zeki İşlem Planlamacı); Prolog diliyle yazılan SIPP; metal parçaların üretimi için gerekli talaş kaldırma operasyonlarını elde etmek için geliştirilen yapay zeka tabanlı BDİP sistemidir. SIPP üretim kuralları yerine, bilgi temsil şeması olarak çerçeveleri kullanır. Çerçevelerde bilgi temsili; (i) çeşitli yüzeylerin talaş kaldırılabilme karakteristikleri hakkında bilgi ve (ii) talaş kaldırma işlemleri hakkında bilgi olmak üzere iki tiptir. İleriye veya geriye doğru zincirleme sorgulama en az maliyet esas alınarak kullanılır. Birden çok seçilmiş operasyonlar olduğu takdirde SIPP en küçük maliyetli operasyonları seçer. 55 çerçeve içeren SIPP bilgi tabanlı prototip sistem olarak çalışır (Nau ve Chang 1985).

SIPS; metal parçaları üretmek için talaş kaldırma operasyonlarını içeren, SIPP'dan daha başarılı diğer bir Yapay Zeka temelli BDİP sistemidir. Nau ve Gray tarafından bir prototip olarak SIPP oluşturulmuş ve sonra uygulanabilir bir işlem planlama sistemi olarak SIPS geliştirilmiştir. SIPS, LISP'de yazılmıştır ve Uluslar arası Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde, unsur tabanlı unsurlar üzerinde işleme operasyonlarını seçmek üzere kullanılan bir proje haline dönüştürülmüştür. SIPS, SIPP gibi sonuç çıkarma mekanizmasında en düşük maliyetli araştırma stratejisini kullanır. SIPS'da problem çözme bilgisi tanımlamaları için hiyerarşik bir çerçeve yapısı ile bilgi temsil tekniğini kullanır. SIPS'da bilgi, iki kategori halinde düşünülür. Statik bilgi ve problem çözme bilgisi. Statik bilgi 3-Boyutlu nesnelerin çerçeveler şeklinde tanımlandığı bilgidir. SIPP ve SIPS işlem planlama sistemleri işlem seçme üzerine odaklanmış ve işlem sıralama yönünden tam olarak geliştirilememiştir (Wang ve Li 1991).

TOLTEC; TOLTEC, bilgi elde etme kapasiteleri ile donatılmış bir sistemdir. TOLTEC, interaktif olarak unsur tabanlı modelleme yaklaşımı ile parçaları oluşturur. Unsurlar, çerçeveler yapısında temsil edilirler. Bilgi, üretim kuralları formunda saklanır. Her kural, MYCIN'da benzer şekilde kesin değerlere sahiptir.

TOLTEC’de bilgi elde etme, kullanıcı tarafından kullanıcıya ters gelen kuralların değerlerinin değiştirilmesi ile yapılabilir (Wang ve Li 1991).

Madurai ve Lin “BDT Verisinden Kural Tabanlı Otomatik Parça Unsuru Çıkarma” adını verdikleri, silindirik parçalar için bir işlem planlama sistemi geliştirmişlerdir. Parçanın geometrik ve topolojik verisi IGES (Initial Graphics Exchange Specifications) formatından okunup, unsurlar bir ön işlemci tarafından çıkartılır. İmalat işlemleri, LISP dilinde yazılmış “üretim kuralları” ile elde edilir. Sistem üretim kuralları ile unsurları eşleştirerek işlem planlarını oluşturur (Mandurai ve Lin 1992).

Aslan “Uzman Sistem Yaklaşımı ile Son İşlemci Tasarımı” adını verdiği çalışmasında dönel parçalar için bilgi temsili, bilgi çıkarma, mantıksal işlemler ve uzmanlık modülleri bulunan bir uzman programlama sistemi geliştirmiştir. Sistemin çıktısı işlem planı kartı, takım yolu, işlem-takım listesi ve iki tezgah tipi için SD parça programlarıdır. Sistemin programlanması modüler yapıda gerçekleştirilmiş, bilgi ve mantık birbirlerinden ayrılmışlardır. Bilgiler özelliklerine göre gruplandırılmış, güncellenmelerine imkan sağlanmış ve DXF formunda model bilgileri saklanmışlardır. Sistem BDT’den DXF formatında veriyi alır. Sistemin bilgi çıkarma aşamasında, parçanın simetri ekseninde soldan sağa doğru sahip olduğu temel unsurları çıkartılarak parça tanınmaktadır. Daha sonra bu unsurların işlenebilmesi için gerekli işlemler belirlenir. Sistemin hesaplama aşamasında her işlemin özelliğine ve kullanılan takım-malzeme çiftine göre devir sayıları, ilerleme ve yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi yapılmaktadır. Takip edilmesi gereken işlem sırası, takımların seçilmesi, puntaya ihtiyaç olup olmadığı IF_THEN yapısıyla oluşturulan üretim prensipleriyle mantıksal işlemler aşamasında yapılmaktadır. Uzmanlık aşamasında tezgahın özelliklerine ve formatına göre parça programlarını oluşturan son işlemci türetilir (Aslan 1995).

Younis ve Abdel Wahap, dönel parçalar için bir BDİP uzman sistem geliştirmişlerdir. Talaş kaldırma operasyonları için üretken bir işlem planlama sistemini ve grup teknolojisini kullanan sistem iki temel parçadan oluşur: (i) bilgi tabanı ve (ii) yorumlama motoru olarak adlandırılan kontrol sistemi. Bilgi tabanı; koşullar ve işlemlerden oluşan *Kuralları* ve kurallar tarafından işletilen değişkenleri tanımlayan *Olguları* içerir. Kontrol sistemi ise kullanıcı ile iletişimi sağlayan

Görüşme Bileşeninden ve iş parçasının her bir unsuru için uygun talaş kaldırma operasyonunu, tezgahı, operasyon parametrelerini ve takımını seçen *Problem Çözme Bileşenlerinden oluşur* (Younis ve Abdel Wahab 1997).

2.3 Unsur Tanıma ve Unsur Tabanlı Yaklaşım İle Yapılan Çalışmalar

Gavankar ve Henderson parçaların B-Rep formundan fatura ve cepleri tanımlamak için grafik tabanlı bir teknik geliştirmişlerdir. Parçanın fatura ve cepleri, yüzeylerin iç “face_loop” ları incelenerek bulunurlar. Bu teknikle yüzeylerin içinde bulunan kör delikler de tanımlanmıştır (Gavankar ve Henderson 1989).

Ghad ve Prinz topolojik varlıkları çıkartan bir şekil unsur tanıma sistemi geliştirmişlerdir. Topolojik varlıklar “loop”lar olarak adlandırılan yüksek seviyede soyutlanmış varlıklara dönüştürülür. Loop’lar çıkartılacak unsurları araştırarak varlıkların sayısını azaltır. Bu algoritma çok sayıda yüzeye ve kenara sahip parçalar için hızlı çözüm sağlar (Ghad ve Prinz 1992).

Barber; Ghad ve Prinz’in sistemini imalat uygulamaları için geliştirmiş ve bilgi tabanlı bir sistem önermiştir. Geliştirilen sistem; (i) parça geometrisinin çok seviyeli soyutlanmasını, (ii) bir nesne-yönelimli anlamsal ağ temsili içinde unsur bilgisini ve (iii) önceden saklanmış işlem planlarının yeniden elde edilmesini sağlar (Barber 1994).

Yaldız “Uzman Sistem Yaklaşımıyla Prizmatik Parçalar İçin İşlem Planlama Sistemi” adını verdiği çalışmada üretken bir işlem planlama sistemi geliştirmiştir. Sistemin sonuç çıkarma mekanizması geriye zincirleme yöntemini kullanır. Parça modellenirken BDT sisteminden alınan parça verisi olarak yeni ve uluslar arası bir standart olan ve tam olarak parça verisini modellemeye imkan veren STEP standartları kabul edilir. Sistem prolog diliyle yazılmıştır. Kanal, kademe, delik gibi prizmatik parçayı oluşturan unsurlar unsur tabanlı yaklaşım ile bilgi tabanında oluşturulmuştur. Sistem yeni bir yaklaşım olan ISO STEP standartlarını ürün modellemede kullanması yönüyle önemlidir (Yaldız 1996).

Bhandarkar ve Nagi, STEP standartlarını kullanan bir unsur çıkartma sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen unsur tabanlı işlem planlama sistemi STEP'in AP224 Uygulama Protokolü formatını kullanarak parçanın geometrisini ve topolojisini tanımlar. Sistem frezeleme ile üretilen parçalar için geliştirilmiştir. Program C++ dili ile yazılmıştır. Unsur çıkartma işlemi, STEP dosyasını girdi olarak alır. STEP dosyası okunduktan sonra şekil tiplerinin mevcut olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra iç unsurlar tanımlanır. Unsurlar "loop" ların varlığı sayesinde tespit edilir. Tasarım için Pro/Engineer BDT ortamı kullanılmıştır. Çıkarılan form unsurları STEP Part 21 formatında saklanır (Bhandarkar ve Nagi 2000). Tez çalışmasında geliştirilen sistemin bu sistemden farkı, kullandığı BDT ürün verisinin mevcut BDT sistemlerinden elde edilebilen STEP AP203 olması, unsurların ve diğer sistem bileşenlerinin nesneleştirilerek nesne yönelimli modellemenin kullanılmasıdır.

2.4 Nesne Yönelimli Unsur Tabanlı Modelleme Çalışmaları

An ve arkadaşları, otomatik imalat uygulamaları için nesne yönelimli yaklaşım ile PDES/STEP standartlarını kullanarak ürün bilgi dönüşümü sağlayan bütünleşik bir bilgi yapısı geliştirmişlerdir. Model; parça sınıfı ve veri taşıyıcıdan oluşur. Parça sınıfı; katı modelin PDES/STEP tanımlamalarına uygun olarak parça tasviridir. Bir sınıf olarak parça, belli geometri ve malzeme özelliklerine sahip katı bir varlıktır. Parçanın geometrik temsili PDES/STEP standartlarına göre şekil modelini, form unsurunu ve toleransları içerir. Şekil modeli parçanın şeklinin ve boyutunun biçimsel, mantıksal ve matematiksel temsilini içerir. Form unsuru şeklin şablonudur. Veri taşıyıcı ise BDT veri dosyalarından gerekli verileri tanımaya çalışır. Veri taşıyıcı içindeki unsurlar ve ilişkili metotlar EXPRESS tanımlamalarına uygun şekilde oluşturulur (An ve ark 1995).

Usher, işlem planlama için STEP tabanlı Uygulama Protokolü AP224'ne göre tanımlanmış nesnelere dayanan nesne-yönelimli bir ürün modeli geliştirmiştir. AP224, STEP'in işlem planlama için gerekli şekil unsurlarını kullanarak mekanik ürünleri tanımlar. Sistem geometrik ve teknolojik bilgilere göre dönele ve prizmatik

parçaların unsur-tabanlı temsil edilmesini sağlar. Bir parça, kendisini oluşturan bir veya daha çok şekil görünüşleri olarak tanımlanır. Ayrıca bir parça üzerindeki unsurlar; şekillerine bağlı olarak ve imalat yöntemleri belirtilerek tanımlanır. Silindirik blok, dörtgen, altıgen, gibi temel şekilleri tanımlamak için B-Rep teknikleri kullanılır ve bu şekiller model içinde tanımlanır (Usher 1996).

Motavalli ve Shamsaasef nesne-yönelimli bilgi tabanı yapısı kullanarak bütünlük, unsur tabanlı bir BDT/BDÜ sistemi modellemesi geliştirmişlerdir. Model dört temel modülden oluşur: (i) şekil unsuru üretme, (ii) parça unsur modeli oluşturma, (iii) geometrik toleranslar ve (iv) parça imalat modeli. Modelin anahtar elemanları olan unsurların ve onların etkileşimlerinin, bilgi ve davranış planları oluşturularak gerekli bilgi bütünlüğü ve bilgi soyutlanması sağlanır. Model yeni bir unsur temsil şeması ve bir parçayı tanımlamak için unsur-tabanlı bir plan sağlar. Ürün modeli oluşturulurken unsur, geometri modeline imalat bilgisinin eklenmesini destekler. Bir parçanın tasarımı, tasarımcının form unsurlarını “form üretme modülü”nü kullanarak parçayı oluşturmasıyla başlar. Parça oluşturulduktan sonra parçanın unsur-tabanlı modellemesi yapılır. Unsurları yerleştirme ve unsurlar arası ilişkiler “parça unsur modeli oluşturma modülü” içinde olan topolojik bir yapı ile tanımlanır. Her unsurun boyut toleransları “geometrik toleranslar modülü” ile eklenebilir. Son olarak “parça imalat modeli modülü”, parçanın unsur tabanlı modeline göre imalatı için gerekli işlem planını oluşturur (Motavalli ve Shamsaasef 1997).

Perng ve Chang, prizmatik parçaları tanımlamak için unsur tabanlı bir tasarım sistemi önermişlerdir. Tasarım fonksiyonu ve dinamik düzenleme fonksiyonu olmak üzere iki temel fonksiyondan oluşan sistem, tasarımcının B-Rep formunda kolayca parçaları oluşturmasını ve parça üzerinde değişiklikler yapmasını olanaklı kılar ve oluşturulan parçalar Konstrüktif Katı Geometri (KKG) formunda unsur-tabanlı dosyalar olarak saklanır. Sistemin yapılandırılması nesne yönelimli düşünce ile gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı menüden unsurları seçer ve parçayı oluşturur, daha sonra boyutlandırma yapılır (Perng ve Chang 1997).

Gayretli ve Abdalla imalat işlemlerinin değerlendirilmesi ve optimizasyonu için unsur-tabanlı bir prototip sistem geliştirmişlerdir. Önerilen model bir BDT katı modelleme sistemi, kullanıcı arayüzü, tasarım tanımlama, kısıt-tabanlı sistem,

tutarlılık yöneticisi, işlem optimizasyonu, imal edilebilirlik analizi ve çeşitli bilgi kaynaklarından oluşur. Kullanıcı arayüzü; etkileşimli olarak tasarım ortamı ile iletişim sağlar. Bilginin organizasyonu; bütün sınıflar için kalıtsallığı kullanarak unsurları oluşturur, nesnelere veya birimlerden oluşan hiyerarşik bir aile yapısını sağlar. Kısıt-tabanlı sistem; çerçeveler olarak temsil edilen, kısıtlamalar yoluyla birbirine bağlı olan tasarımın değişkenlerini içerir. Tutarlılık yöneticisi; karar verme işlemlerinin yönetiminden sorumludur ve tasarım hakkında yapılan kararların doğruluğunun belirlenmesi ve zıtlıkların ortaya çıkarılması ile ilgilenir. İşlem optimizasyonu; imalat şekil unsurları için en uygun işlemleri seçen unsur bilgi tabanından parametreleri elde eder. İşlemler ve kısıtlar birimi; unsur tipi, malzeme, maliyet ve zaman gibi imalat bilgilerini içerir. İmalat kısıtlarına göre sistem uygun işlemlerin seçimini ve her bir işlemin zaman ve maliyet hesaplamalarını yapar (Gayretli ve Abdalla 1999).

Ming ve arkadaşları, ürün bilgi dönüşümü için STEP standartlarını kullanan ve nesne-yönelimli modellemeyle oluşturulan bir BDİP sistem bilgi modeli geliştirmişlerdir. Model; (i) parça bilgi modeli, (ii) işlem planı bilgi modeli ve (iii) üretim kaynakları bilgi modelinden oluşmaktadır. Parça bilgi modeli; geometrik bilgi, nominal şekil, form şekil, boyutlar ve toleranslar, malzeme ve yüzey bilgisini somutlaştıran parça ile ilgili olan bütün bilgiyi içerir. İşlem planı bilgi modeli; imalat operasyonları gibi imalat aktiviteleri ile ilgili bilgileri tanımlar. Üretim kaynakları bilgi modeli ise; tezgahları, tertibatları, kesici takımları vb. içeren imalat kapasitelerini tanımlar. Modelin önemli yönü bilgi modellemede STEP standartlarını kullanmasıdır. Böyle bir bilgi modeli sayesinde BTİ ortamlarında diğer sistemler ile BDİP sistemlerinin entegrasyonu önemli derecede başarılabılır (Ming ve ark. 1997).

Chep ve arkadaşları, BDİP sistemlerine yapısal ve hiyerarşik bir bilgi takımı vermek için Nesne-Yönelimli Sistem Analizi (NYSA) yöntemini sunmuşlardır. Metot üretken BDİP sistemleri tarafından kullanılabilir. Kullanılan yöntem daha önceden Schaler ve Mellor tarafından ortaya çıkarılan yöntemdir. NYSA'da bilgi sekiz temel model ile ayrıntılı şekilde temsil edilir. Bu temel modeller; sistem modeli, alan modeli, bilgi modeli, durum modeli, işlem modeli, alt sistem ilişki modeli, nesne iletişim modeli, nesne erişim modeli, durum/olay matrisi ve durum-işlem tablosudur. Sistem modeli nesne-yönelimli yaklaşıma uygun olarak kendisini

oluşturan alanlara ayrılabilen modeldir. Sistem modeli içindeki her alan alt sistemlere ayrılırlar. Her alt sistem kendisini oluşturan nesnelere tanımlayan bilgi modellerine ayrılır. Bilgi modeli anahtar modeldir. Çünkü bilgi modelinde alt sistemi oluşturan her nesne, nesne-yönelimli yapıya uygun olarak durum-olay modelinde tanımlanırlar. Her durumun kendisini oluşturan işlem modelinde işlemleri ve işlem rotaları tanımlanırlar. NYSA ayrıca alt sistemler arasındaki ilişkiyi gösteren alt sistem ilişki modeline, nesnelere birbirleriyle iletişimlerini ve etkileşimlerini tanımlayan nesne iletişim modeline ve nesne erişim modeline sahiptir. Durum olay matrisi durumları ve karşılık gelen olayları eşleştiren ve durum modelinden üretilen modeldir. Durum işlem tablosu ise işlem modelinden üretilen ve durumları tanımlayan bir tablodur. Model nesne-yönelimli bilgi tabanına sahiptir. Bilgi tabanı; BDT modeli, Unsur Modeli ve Teknolojik Bilgi Tabanından oluşur (Chep ve ark. 1998).

Usher ve Fernandes, “Nesne-Yönelimli Takım Seçme Uygulaması (NYTS)” adını verdikleri ve BDİP sistemleri içinde kullanılabilecek takım seçme sistemini nesne-yönelimli yaklaşım ile geliştirmişlerdir. Sisteme bilgi girişi, ISO STEP standartlarının Uygulama Protokolü olan AP224 formatındaki ürün modelinden sağlanır. Parça; boyutlar, toleranslar ve özelliklere göre talaş kaldırma unsurları olarak tanımlanırlar. İşlem planlama sistemleri içinde takım seçme birimi olarak kullanılabilen NYTS sistemi üç aşamada takım seçme işlemini yapar. Birinci aşamada her unsur için takımların bir listesi üretilir ve takım tipleri tanımlanırlar. Sistem daha sonra tezgah, operasyon ve/veya unsur ile uyuşmayan takım tiplerini yok eder ve her unsur için takımların artırılmış bir listesini üretir. İkinci aşamada belirli bir tezgah üzerinde belirli unsurları tamamen işlemek için kullanılabilecek takım grupları üretilir. Üçüncü aşamada unsur ve tezgah için elde edilen takım grupları eşleştirilerek takımlar belirlenir. Operasyon, parça, veya unsurlar ile uyumlu olmayan takım tiplerini yok etmek için IF-THEN kuralları kullanılır. IF-THEN kuralları her nesne içinde bulunur. Unsur nesnesi içinde ve tezgah nesnesi içinde kullanılan takımlar nesne yönelimli oluşturulurlar ve kendi nesnelere içinde kapsüllenirler. NYTS sisteminde kullanılan kurallara ait iki IF-THEN kuralı örneği aşağıda verilmiştir (Usher ve Fernandes 1999).

```
IF 1.25 ≤ delik.uzunluğu/delik.çapı ≤ 2
AND delik.çapı ≥ 50 mm
OR bitirme yüzeyi ≤ N8
THEN namlu delme yi (DTT5) yok et
```

IF $\text{çap toleransı} \leq \pm 0.75 \text{ mm}$
 AND $\text{delik derinliği toleransı} \leq \pm 0.75 \text{ mm}$
 THEN $\text{delik çakısı ile delmeyi (DTT10) yok et}$

Law ve arkadaşları, devre levhaları imalatı için bilgi tabanlı bilgisayar destekli bir işlem planlama sistemi geliştirmişlerdir. Sistemde işlem kısıtlamaları ve işlem planlama bilgisi tam olarak nesnelere tarafından tanımlanmışlar ve modellenmişlerdir. Sistem, nesne yönelimli modellemeyi gerçekleştirmek için Nesne Modelleme Tekniğini (NMT) kullanır. NMT; (i) nesne modeli, (ii) dinamik model ve (iii) fonksiyonel model olmak üzere üç modelden oluşur. Nesne modeli, sistemin statik ve yapısal alanlarını içerir. Problem kısıtlamaları, planlama bilgisi, yorumlama motoru ve kullanıcı arayüzü nesne olarak modellenir. Dinamik model sistemin geçici, davranışsal ve kontrol alanlarını kapsar. Fonksiyonel model ise sistemin fonksiyonel görünüşünü tanımlar. Sistem içinde işlem planlama bilgisi; işlem seçme bilgisi, işlem sıralama bilgisi, tezgah seçme bilgisi ve işlem rotası üretme bilgisi sistematik şekilde sınıflandırılırlar (Law ve ark. 2001).

Hvam ve arkadaşları, ürün modelleri oluşturmak için “CRC (Sınıfları belirleme, Sorumlulukları Belirleme ve İşbirliklerini Belirleme) Modelleme” adını verdikleri bir modelleme tekniğini sunmuşlardır. CRC kartları nesne-yönelimli sistem geliştirilirken ürünü modellemek için kullanılır. Kartlar üzerine sistemi oluşturan parçaların ait oldukları **sınıflar**, işlevini tanımlayan **sorumluluklar**, kalıt hiyerarşisini belirleyen **genelleştirmeler** ve **birleştirmeler**, şeklini tanımlayan **kroki**, sınıfın sahip olduğu çeşitli parametreler (boyutlar vs.) şeklinde **bilinenler**, sınıfın ne yaptığını bildiren metotlar şeklinde (örneğin hesaplamalar) **yapılanlar**, verilen bir eylemi yapmak için diğer sınıflar ile işbirliğini tanımlayan (mesajlar) **işbirlikleri** işlenirler. Bu kartlar yardımıyla sistemi oluşturan unsurlar tanımlanırlar. CRC kartları ile modellenen her unsurun nesne yönelimli sistem içinde durumu belirlidir. Bu teknik Alfa Laval Separation Şirketi tarafından üretilen katı-sıvı ayırıştırıcıların ürün modellerini oluşturmak için kullanılmaktadır (Hvam 2003).

Ma ve Tong, plastik enjeksiyon kalıp tasarımı için nesne-yönelimli bir unsur modelleme sistemi üzerinde çalışmışlardır. Bir BDT sisteminde plastik enjeksiyon kalıplarının tasarımı yapılırken, soğutma kanalları modellenmiştir. Geometrik varlıklar olan her unsur bir nesnedir. Çalışmada bir kalıbın soğutma sisteminin bazı

soğutma devrelerinden ve deliklerden oluştuğu gerçeğinden yola çıkılır. Her soğutma devresi giriş ve çıkış arasında, farklı yönler ile bütün delikleri birleştiren nesnelere olarak tanımlanırlar. “delik” bir soğutma kanalının geometrik şeklini tanımlamak için kullanılır. Deliği delmek için kullanılan yüzey, delme yüzeyi olarak adlandırılır. Bir soğutma deliği; delinecek yüzeye ve delik delme yönüne sahiptir ve delik delinecek yüzeyden başlar ve diğer uca yönelir. Bu özellikleriyle her delik unsuru bir nesne olarak kabul edilir (Ma ve Tong 2003).

2.5 İşlem Planlama Sistemlerine Genel Bakış

Aşağıda, literatürde karşılaşılan işlem planlama sistemlerinin genel özellikleri tablo halinde özetlenmiştir:

Tablo 2.1 İşlem Planlama Sistemlerinin genel özellikleri						
Sistem	İşlediği Parça/İşlevleri	Modelleme Tekniği	Programlama Dili	Sonuç Çıkarma	Bilgi Tanımlama	BDT Verisi
CAPP (Link)	Dönel, Prizmatik	Geleneksel	Belirtilmemiş	Değişken	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
CMPP (Sack)	Dönel	Geleneksel	Belirtilmemiş	Üretken	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
XPS-1 (Sack)	Belirtilmemiş	Geleneksel	Fortran 77	Üretken	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
CAM (Bedworth)	Belirtilmemiş	Geleneksel		Değişken	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
AutoCAPP-TORR (Aslan)	Dönel	Geleneksel	Turbo BASIC	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	DXF
TORCAPP (Çelik)	Dönel	Geleneksel	QBASIC	Üretken	Belirtilmemiş	DXF
Turbo CAPP (Wang ve Wysk)	Dönel	Bilgi Tabanlı	Belirtilmemiş	Üretken, Geriye Zincirleme	Üretim Kuralları	Belirtilmemiş
GARI (Descotte ve Latombe)	Prizmatik	Bilgi Tabanlı	MACLISP	Üretken, İleriye Zincirleme	Üretim Kuralları	Belirtilmemiş
TOM (Matsushima)	Delik	Bilgi Tabanlı	PASCAL	Üretken, Geriye Zincirleme	Üretim Kuralları	Belirtilmemiş
SIPP (Nau ve Chang)	Genel İşlem Seçme	Bilgi Tabanlı	PROLOG	Karma Zincirleme	Çerçeveler	Belirtilmemiş
SIPS (Wang ve Li)	Genel İşlem Seçme	Bilgi Tabanlı	LISP	Karma Zincirleme	Çerçeveler	Belirtilmemiş

Sistem	İşlediği Parça/İşlevleri	Modelleme Tekniği	Programlama Dili	Sonuç Çıkarma	Bilgi Tanımlama	BDT Verisi
TOLTEC (Wang ve Li)		Bilgi Tabanlı	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Üretim Kuralları, Çerçeveler	Belirtilmemiş
BDT Verisinden Kural Tabanlı Otomatik Parça Üsürü Çıkartma (Madurai ve Lin)	Dönel	Bilgi Tabanlı	LISP	Belirtilmemiş	Üretim Kuralları	IGES
Uzman Sistem Yaklaşımı ile Son İşlemci Tasarımı (Aslan)	Dönel	Bilgi Tabanlı	Belirtilmemiş	Üretken	Üretim Kuralları	DXF
Uzman Sistem yaklaşımıyla Prizmatik Parçalar için İşlem Planlama Sistemi (Yaldız)	Prizmatik	Bilgi Tabanlı, Üsür Tabanlı Modelleme	PROLOG	Üretken	Üretim Kuralları	STEP
STEP Standartlarını Kullanan Üsür Çıkartma Sistemi (Bhandarkar ve Nagi)	Prizmatik Üsürlerini çıkartma	Bilgi tabanlı, Üsür Tabanlı Modelleme	C++	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	STEP AP224
Otomatik İmalat Uygulamaları için Ürün Bilgi Dönüşümü (An ve ark.)	Ürün verisinin dönüşümü	Bilgi Tabanlı, Nesne Yönelimli	C++	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	STEP
Ürün Modelleme (Usher)	Dönel ve prizmatik ürün tanımlama	Bilgi Tabanlı, Nesne Yönelimli	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Çerçeveler	STEP AP224

Sistem	İşlediği Parça/İşlevleri	Modelleme Tekniği	Programlama Dili	Sonuç Çıkarma	Bilgi Tanımlama	BDT Verisi
BDİP Sistemi (Ming ve ark.)	Genel	Bilgi Tabanlı, Nesne Yönelimli	C++	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
NYSA (Chep ve ark.)	Parça Modelleme	Bilgi Tabanlı, Nesne Yönelimli	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
NYTS (Usher ve Fernandes)	Takım Seçme	Bilgi Tabanlı, Nesne Yönelimli	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Üretim Kuralları	STEP AP224
BDİP (Law ve ark.)	Devre Levhası Üretimi	Bilgi Tabanlı, Nesne Yönelimli	C++	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
CRC Kartları (Ma ve Tong)	Parça Modelleme	Nesne Yönelimli	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş
Nesne Yönelimli Unsur Tabanlı Modelleme (Ma ve Tong)	Delik Unsurlarını modelleme	Nesne Yönelimli	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş

Tez çalışmasını geçmişte yapılan çalışmalardan farklı kılan ve getirdiği yenilikler genel olarak şunlardır;

- 1- BDT verisi olarak mevcut BDT tasarım ortamlarından elde edilebilen STEP AP203 verisi kullanılmaktadır.
- 2- Literatürde unsurların nesne yönelimli modellenmesi ile ilgili olarak yeterli çalışmaya rastlanılmamıştır. Geliştirilen sistem; unsur tabanlı parça modelleme ve unsur tanıma yaklaşımlarını kullanmakla beraber, unsurları nesne yönelimli modelleme yaklaşımını kullanarak nesneleştirmektedir. Ayrıca nesne yönelimli modelleme yaklaşımı ile unsurlar sistematik olarak yapılandırılmaktadır.
- 3- Sistem aynı zamanda kendisini oluşturan işlem planlama bilgisini nesne yönelimli yaklaşım ile yapılandırmakta ve sistem karmaşıklığını çözmektedir. Nesne yönelimli sistem modelleme ile ilgili olarak, prizmatik parçalar için işlem planlama konusunda, çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalara katkı sağlamak amacıyla tez çalışması yapılmıştır.

3. SİSTEM KARAKTERİSTİKLERİ

Bu bölümde, oluşturulan İM-BDİP sistemini daha iyi anlamak için başta Bilgisayar Destekli İşlem Planlama kavramı olmak üzere, Bilgi Tabanlı Sistemler, Unsur Tabanlı Modelleme, Nesne Yönelimli Modelleme ve kullanılan STEP Standartlarının kavramları hakkında bilgi verilecektir.

3.1. Bilgisayar Destekli İşlem Planlama

Bilgisayar destekli işlem planlama, bilgisayarların kullanılarak bir ürünün imalat işleminin sistematik olarak belirlenebildiği, son ürünün fonksiyonel, ekonomik ve kabul edilebilir kalitede olmasını sağlayan bir süreçtir (Zhang ve Alting 1994). BDİP, üretimin verimliliğinin artırılması için bilgisayar tümleşik imalat sistemleri arasında en önemli unsurlardandır (Eimaraghy 1993). Son günlerde bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli üretim, eşzamanlı tasarım ve imalat, STEP standartlarının uygulanması ve nesne-yönelimli modelleme gibi alanlarda olan gelişmeler, BTİ ortamlarında çeşitli tasarım ve imalat işlevlerinin birleştirilmesini ve BDİP sistemlerinin kapasitesinin artırılmasını sağlamışlardır.

İşlem planlamacıya yardım için ilk BDİP sistemlerinin ortaya çıkması 1960 larda olmuştur (Steudel 1984). Sistemlerin geliştirilmesi için takip eden yıllarda yapılan araştırmalar, işlem planlama faaliyetlerinde *değişken yaklaşım* ve *üretken yaklaşım* olmak üzere iki yaklaşımı ortaya çıkarmıştır. İşlem planlama problemlerinin yüksek bilgi yoğunluğu nedeniyle *Uzman Sistemler* gibi *Yapay Zeka (AI)* tabanlı teknikler, bilgisayarlarda bilgiyi elde eden, temsil eden, düzenleyen ve daha etkili kullanan işlem planlama sistemlerini geliştirmek için benimsediler. İşlem planlama çalışmalarından bazıları literatürde kapsamlı olarak tartışılmıştır. Bununla birlikte, geliştirilen sistemlerden sadece bazıları endüstride uygulanabilmiş ve buna rağmen imalat uygulamalarında önemli derecede verim artışı sağlamışlardır.

BDİP için gerekli bütün bilgiyi temsil edebilen etkili bir yöntemin eksikliği ve BTİ ortamlarında bilginin sistemlere göre farklılık göstermesi en önemli sorun olmuştur. Geliştirilen bir çok model, imalatta işlem planlama görevlerini yapmak ve diğer sistemler ile bütünleşmek için gerekli bilgiyi içine alan tam bir bilgi modeli geliştirmekten çok, üzerinde çalışılan mevcut BDİP sistemi için gerekli bilgiye yönelirler (Ming 1998).

BDİP sistemlerinin tamamlanması, BDİP'i destekleyen etkili bir bilgi modeli gerektirir. Bu yüzden tez çalışmasında, nesne-yönelimli yaklaşım ile unsur tabanlı modelleme ve STEP standartları kullanılarak BDİP için bütünleşik bir bilgi modeli geliştirmek amaçlanmıştır. Nesnelere; BDİP sistemlerinin geliştirilmesi için sistematik bir bilgi tabanı sağlamak, BTİ ortamında etkili şekilde diğer sistemler ile bütünleşme kapasitesine sahip bir BDİP sistemi meydana getirmek ve imalat işlemlerinde BTİ'in stratejisini tamamlamak için kullanılırlar.

Geliştirilen sistem; *BDT Veri Modeli*, *Parça Bilgi Modeli* ve *İşlem Planlama Bilgi Modeli*'nden oluşur.

İşlem planlama; üretimin maliyetini, verimini ve ürününün kalitesini önemli derecede etkileyen, ürün tasarımı ve üretim arasında önemli bir bağlantı görevini gerçekleştirir. İyi bir işlem planı, aşağıdaki görevleri yerine getirmelidir (Wang ve Li 1991).

- Tasarımı yapılan parçanın bütün kalite şartlarını garanti etmeli,
- Teslim tarihinden önce üretimi gerçekleştirmeli ve yüksek üretim verimi sağlamalı,
- Düşük üretim maliyetlerini temin etmeli,
- Çalışma koşullarını iyileştirmeli ve seri üretim teknolojisinin gelişmesini desteklemelidir.

Hammaddeleri, üretilmiş parçalar haline çevirmek için, kullanılan çeşitli üretim işlemleri vardır. Bu işlemler; döküm, demir dövme, kaynak, zımba, sıcak/soğuk şekil verme, talaşlı imalat, ısıtma işlem ve yüzey kaplama. Bunların arasında, talaşlı imalat, parçaların üretiminde geniş ve önemli bir alanı işgal eder.

Talaşlı imalat; parçayı gerekli yüzey kalitesine, toleranslarına, boyutlarına ve şekline üretmek için tornalama, frezeleme, vargelleme-planyalama, delme, taşlama,

broşlama ve diş açma gibi çeşitli imalat işlemlerini kapsar. Üretilen parçaların kalitesi işlem planlarına bağlıdır.

Yeni bir parçanın tasarımından sonra gelen aşamada üretimi için gerekli işlemler planlanır. Hazırlanan işlem planı kartları, üretim operasyonları için temel bilgi olarak hizmet eder. İşlem planının kalitesi, imalat için hazırlık işlemlerine doğrudan bağlıdır. İşlem planı; üretilen ürünlerin kalitesini, üretim planlarını ve operasyon sırasını ve üretim maliyetini doğrudan etkiler. Bu yüzden işlem planlama üretim alanında çok önemli bir yer işgal eder.

Çoğunlukla bir parçayı üretmek için alternatif işlem planları vardır. İşlem planının kalitesi için maliyet önemli bir imalat stratejisi olduğu gibi teknolojik yönden de değerlendirme yapılmalıdır. İyi bir işlem planı üretimin kalitesini yükselteceği gibi maliyeti de düşürür. İşlem planlamada, üretimle ilgili bütün kararların tam olarak alınabilmesi için parça yapısının kapsamlı bir analizi yapılmalı, malzeme cinsi ve teknik özellikler, üretim hacmi ve imalat koşulları belirlenmelidir.

Talaşlı imalat için yapılacak işlem planlamalarında verilmesi gereken kararlar şunlardır (Wang ve Li 1991):

- Ham parça ve üretim metodunun seçimi,
- Parça yüzeyleri için imalat operasyonların seçimi,
- Operasyon sırasının belirlenmesi,
- Her bir operasyon için ayarların belirlenmesi,
- Her operasyon için gerekli tertibat ve donanımının belirlenmesi,
- Her bir operasyonun parametrelerinin belirlenmesi,
- Talaş kaldırma operasyonları için toleransların ve operasyonel boyutların belirlenmesi,
- Her bir operasyonun zaman standartlarının belirlenmesi,

İşlem planlama şöyle tanımlanabilir; “tasarım verilerinin iş emirlerine dönüştürüldüğü bir alt sistemdir”. İşlem planlamanın daha açık bir tanımı ise şöyle verilir; “bir parçanın teknik resminde belirtilen son şekli üzerinde, işlem ve işlem parametrelerini kullanarak, başlangıç noktasından parçanın nihai şekline dönüşümünü sağlamak amacı ile oluşturulan bir fonksiyondur” (Chang ve Wysk 1985).

Son yıllarda BDİP, endüstride pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bunun başlıca sebepleri (Wang ve Li 1991);

- İşlem rotası ve operasyon kartlarının kalitesi etkili bir şekilde bir işlem planlamacının bilgisine (tecrübe + mantık) bağlıdır. Endüstrinin işlem planlama gereksinimleri bu konudaki kişilerin yeterliliğinden daha fazla olduğundan, işlem planları istenilen kalite düzeyinin altındadır. Uzman kişi tarafından el ile yüksek derecede planlama yapılırken, bazı çok önemli bilgi ve ustalıklar kullanılmaz ise bu bilgilerin de kaybedileceği açıktır.
- Uzman bir kişi dahi iyi ve etkili bir işleri planının oluşturulması için yoğun bir iş zamanı harcar. Bu bağlamda, işlem planlamacı her alternatif düşünce için işlem modellerinin setlerini oluşturabilir ve en iyisini seçebilir. Bütün bunlar sıkıcı ancak çözüme ulaşılabilecek durumlardır. Teslim tarihi ve imalat stratejisi gibi etkilerin baskıları nedeniyle işlem planlamacı yanlış düşünebilir ve işlem sıralamasında yanlışlıklar yapabilir ki; bu da verimliliği ve ekonomikliği olumsuz etkiler.
- Hazırlanan işlem planlarında yüksek bir değişkenlik vardır. Örneğin; diş sayısı 425 olan bir dişli çarkın imalatı için el ile yapılmış işlem planları incelendiğinde 377 farklı işlem planı, 54 farklı tezgah ve 15 farklı malzeme ile karşılaşılır.
- Yukarıdaki gerçeklerden yola çıkarak işlem planlama metodolojisinin gayesinin henüz tam olarak organize edilmediğinin ve işlem planlamanın yüksek derecede ustalık becerisine dayandığının farkına varılmıştır. Uzman bir işlem planlamacı tarafından işlemlerin seçimi kesinlikle tesadüfi değildir. Bununla birlikte ardışık işlemler, alternatif tezgah ve takımlar varken genelde çok titiz hesaplar yapılmadan işlem planlama yapılır. Üstelik üretimin seçilen yolu her zaman bir parçanın üretimi için en iyi yol olmayabilir. Bütün bu hususlar işlem planlamada ortaya çıkan değişkenlik değerinin çok büyük olduğunu gösterir.
- El ile işlem planlama yaklaşımı, işlem planlamacı tarafından imalat analizleri yapılarak, tecrübeler geliştirilerek yapılır ve benzer parçalar için aynı olacak şekilde ve düşük maliyetli planlar tercih edilir. Çalışmalar genelde uzun zaman ve yoğun çalışma gerektirdiğinden sıkıcıdır, tecrübeli ve iyi yetişmiş personel ister.

- Endüstriler bağımsız donanımlardan, tam otomasyona ulaşmak için kurulan ve gelişen sistem entegrasyonlarına doğru gitmektedirler. Pazar rekabetindeki artışın baskısı bilgisayar tümleşik üretimi bir zorunluluk yapmıştır. Bu nedenle parça üretimi yapan endüstrilerde BDİP; BDT ve BDÜ arasındaki bağlantıyı sağlaması nedeniyle çok önemli bir konum almıştır. BDİP, BTİ sistemleri için önemli bir bileşendir.

BDİP, işlem planlama yaparken, planlamacıya yardımcı olmak amacı ile bilgisayarlardan yararlanmaktadır. Üretimin belirli safhaları için tutarlı işlem planları kullanılarak işlem planı için gereken emek ve zaman azaltılabilir. BDT ve BDÜ arasında tam ürün temsilini sağlayan standart bir arayüz oluşturulabildiği takdirde BDİP sistemleri tamamlanabilir. Bu konuda ilk versiyonu 1988 de ortaya çıkan, hala geliştirilmesi devam eden ve Uygulama Protokolleri şeklinde çeşitli alanlar için uygulanabilen ISO STEP (STandard for the Exchange of Product data) standartları bu arayüzün oluşturulmasında bir anahtar olarak görülmektedir.

Üretim sistemlerinin otomasyonundaki gelişmelere paralel olarak ürün tasarım sistemlerinde de ilerlemeler olmaktadır. Ancak tasarım ve üretim arasındaki arayüz eksikliği, entegrasyonun gerçekleştirilmesindeki en büyük engeli oluşturmaktadır. BDİP bu entegrasyonu gerçekleştirecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle BDİP'nın; BDT ve BDÜ arasında bir araştırma ve geliştirme alanı ve stratejik pozisyonlardan oluşan bir köprü olduğu görülür.

BDİP'de ürün tanımlamalarının geliştirilmesi gereklidir. Bunu başarmak için parça; hem tasarım ve hem de fonksiyonel yönden tanımlanmalıdır. Veri dönüşüm sistemlerinin geliştirilmesi için çalışan uzmanlar BDT verilerini BDÜ için gerekli bilgiye dönüştürecek teknikler üzerinde çalışmaktadırlar.

Tam bir BDİP sistemi aşağıdaki bilgileri içermelidir (Wang ve Li 1991).

1. Tasarım girdileri
2. Malzeme seçimi
3. İşlem seçimi
4. İşlem sıralaması
5. Tezgah ve takım seçimi
6. Tertibat seçimi
7. İşlem parametrelerinin seçimi

8. Maliyet/zaman tahmini
9. İşlem planı kartı hazırlama
10. SD kodlarına dönüşüm

El ile işlem planlama yapabilen nitelikli işlem planlamacıların az sayıda olması ve işlem planlarının değişkenliği dolayısıyla otomatikleştirilmiş işlem planlarının önemi son yıllarda artmıştır. Bugün bir imalat değişikliği olduğunda kullanılacak çeşitli BDİP sistemleri mevcuttur.

BDİP yaklaşımları genelde değişken yaklaşım ve üretken yaklaşım olarak iki şekilde kullanılırlar (Ming ve ark. 1997). *Değişken* yaklaşım; Grup Teknolojisine (GT) ve parçalar arasındaki benzerliklerin tanımlanarak bir bilgi tabanından faydalı işlem planlarının yeniden elde edilmesi esasına dayanır. *Üretken* yaklaşımda bilgi tabanında saklı bir işlem planı yoktur. Ürün için yeni işlem planları planlama bilgisi, karar mantığı, formül, algoritmalar, ekipman yetenekleri, işlem tanımları ve müşteri istekleri gibi unsurlara bağlı olarak üretilirler. BDİP araştırmacılarının çoğu talaş kaldırma operasyonları üzerine yoğunlaştılar.

3.1.1 Değişken işlem planlama

Değişken işlem planlama yaklaşımı bir veri geri alma metodu olarak tanımlanabilir. Adından da anlaşılacağı gibi, hazırlık aşamasında her bir parça ailesi için bir takım standart plan grupları oluşturulur ve bunlar saklanırlar. Planlar, Grup Teknolojisi ile gruptandırma ve kodlama yapılarak düzenlenirler. İşlem planı bilgilerinin elde edilmesi ve değişimi için genel adımlar aşağıdaki gibidir:

1. **Bir kodlama planı oluşturulması:** Sınıflandırma ve kodlama benzer parçalar içinde bağıntıları kolay tanımlamak için bir yol olduğundan bir değişken sistem genellikle bir sınıflandırma ve kodlama sistemi ile başlar. Bugün ticari olarak çeşitli sınıflandırma ve kodlama sistemleri vardır. Yeterli ayrıntı ile oluşturulmuş sınıflandırma ve kodlama sistemleri mevcuttur. Değişken BDİP sistemi tercih edilirse, ticari olarak mevcut çeşitli sınıflandırma ve kodlama sistemleri kullanılabilir (DCLASS, D-BDİP gibi).

Böyle sistemleri kullanmak, sistemi oluşturmak için gerekli zaman ve emek tasarrufu sağlar. Ancak mevcut sistemlerin hiç biri tatmin edici değilse, deneme yanılma ve inşa çalışmalarına başlanmalıdır. Bu durumda dışarıdan profesyonel servis getirilebilir. Temel olarak, sınıflandırma ve kodlama ile parçalar oluşturulurken, sistem, mevcut ve gelecekte üretilecek parçaları içerecek şekilde oluşturulmalıdır. Sistem içinde esneklik yapmak her zaman akıllıca bir davranıştır. Gelecekteki gelişmeler için çeşitli kodlama dijitaleri bırakılabilir.

2. **Parça aileleri oluşturma:** Grup teknolojisinin konusu, çok sayıda parça unsuru yerine anahtar unsurlar ile uğraşarak, parça ailelerinin yönetilebilir bir miktarı ile gruplandırma yapmasıdır. Parça ailelerinin oluşturulmasında anahtar nokta aynı ailedeki bütün parçaların işleme unsurlarının ortak ve kolayca tanımlanabilen unsurlar olmasıdır. Aynı zamanda parça ailelerinin sayısı ve aile boyutları belirli düzende ve dengede tutulmalıdır. Parça aile sayısı arttıkça Grup Teknolojisinde sıkıntılar ortaya çıkmaya başlar.
3. **Standart planların geliştirilmesi:** Parça aileleri oluşturulduktan sonra her aileye standart bir plan atanır. Standart plan; bir parça ailesindeki parçaları üretmek için önceden belirlenen işlemlerden ve operasyonlardan oluşur. Standart plan mümkün olduğu kadar basit ama diğerlerinden yeterince ayırt edilecek ayrıntılarda olmalıdır.
4. **Yeni parçalar için standart planların gözden geçirilmesi ve değiştirilmesi:** Her parça tasarlandığında parça unsurları esas alınarak ve kodlama sistemi kullanılarak parça kodlanır. Parça ailesine tahsis edilen parça üzerinde bir temel kullanılarak nihai kodlama yapılır. Eğer kodlama sistemi tam olarak geliştirilirse, parça aynı aile içerisindeki eş parçalara benzer olmalıdır. Parça ailesinin standart planı, parça gözden geçirilerek ve işlemlerin temel seti oluşturularak temsil edilir. Ayrıntılı olarak işlem rotasını tayin etmek ve operasyon kartını oluşturmak için veri tabanından standart plan gözden geçirilmelidir. İşlemin yapıldığı her bir unsur esas alınır. Bunlar bir işlem planlayıcı kişi tarafından yapılır. Operasyon kartları ve rotaları oluşturulup doküman haline getirildikten sonra atölyeye hazır olarak verilirler.

Değişken BDİP sistemlerinin geliştirilmesinde gerekli olan önemli fonksiyonlar şunlardır:

- a- Sınıflandırma ve kodlama,
- b- Parça aileleri oluşturma,
- c- Parça aile matrisleri oluşturma,
- d- Standart planlar geliştirme,
- e- Parça numarası/parça kodu bulma,
- f- İşlem planı üretme ve yazma,
- g- İşlem planlarını güncelleme.

3.1.2 Üretken işlem planlama

Üretken işlem planlama yeni bir parçanın otomatik olarak işlem planını oluşturmak için işlem bilgilerinin bir sentezi olarak tanımlanan bir sistemdir (Chang ve Wysk 1985). Üretken sistemler işlem planını oluşturmak için, işlem planlamacı tarafından kullanılan karar mantığını, formül ve bilgiyi içeren bir bilgi yapısını kullanan bilgisayar destekli işlem planlama sistemleridirler. Üretken sistem, tam bir işlem planı üretebilir ve bir mühendislik çiziminin tasarım verilerinden başlayarak imalat işlemi bilgilerine ulaşılır. Yöntem; parça tanımlama ve bütünleşik programlama konuları için yeterli matematiksel tekniklere sahip olmalıdır.

Bir üretken sistemde bazı fonksiyonel birimler gereklidir. Bunlar (Wang ve Li 1991);

1. **Parça tanımlama:** Üretken işlem planlama; parça unsurları, boyutlar, toleranslar, yüzey kalitesi ve diğer karakteristiklerin tanımlanması ile başlar. Bu unsurlar üretken sisteme uygun bir formda sunulurlar. BDİP sistem ile BDT veri tabanı arasında bir arayüz oluşturulur. Böylece unsurlar BDİP tarafından doğrudan yorumlanırlar. BDİP' nin yapısı kadar BDT modelini temsil eden teknoloji önemlidir. Endüstri bu konuda unsur-tabanlı BDT teknolojisine doğru yönelim içindedir. Unsur-tabanlı BDT teknolojisinin BDT-BDİP arasındaki arayüz probleminin çözümünü sağlayacağı düşünülmektedir.

2. **Operasyon seçme ve sıralama:** Parça karakteristikleri BDİP sistemine girildikten sonra üretimin rotası, operasyon işlem bilgileri ve hesaplamalar yapılması gerçekleştirilir.
3. **Takım tezgahı ve takım veri tabanı:** Mevcut takım tezgahına ve takımlara BDİP sisteminden ulaşabilmek için, bir veri tabanı listesi oluşturulur. Yeterli olarak gruplandırılmış bir veri tabanı kullanıcı isteklerine cevap verir. İlişkisel, ağ şeklinde veya aşamalı bir yapı kullanılabilir.
4. **Talaş kaldırma parametrelerinin seçimi:** İyi bir işlem planı, önerilen talaş kaldırma parametrelerini (hız, kesme derinliği, ilerleme vs.) içerir. Matematiksel, bilgiye dayalı, deneysel veya karma metotların tablolarından yararlanılabilir.
5. **Üretim raporu:** İşlem planının sonuç dokümanını hazırlayan bir fonksiyondur. Rotaları, operasyon kartlarını ve operasyon krokilerini içerir.

3.2. Bilgi Tabanlı İşlem Planlama

BDİP'in uzman bilgi ve tecrübelerine bağlı gereksinimlerinin çok olmasından dolayı araştırmalarda BDİP için Bilgi Tabanlı (BT) uygulamalara odaklanılmış ve bazı Bilgi Tabanlı BDİP sistemleri geliştirilmişlerdir. BT sistemler, işlem planlama işlemleri için umut verici bir teknoloji olarak görülmektedirler. Bunun için bir BDİP sisteminin talaş kaldırma işlemlerinin koşulları ve atölye kapasiteleri ile ilgili bilgiler bilgi tabanında bulundurulur. Ayrıca sistem esnek olmalıdır; çünkü temel bilgi olguları ve kuralları sürekli güncelleştirilmeyi gerektirir. Teknolojinin büyük bir hızla değiştiği günümüz imalat ortamında bu özellikler gereklidir.

Geleneksel BDİP sistemlerinde, imalat bilgileri ile ilgili komut ve ifadeler ardışık ve satır satır program boyunca kodlanırlar. Olgular ve kurallarda olabilecek herhangi bir değişiklik orijinal yazılımın tekrar baştan sona ele alınmasını gerektirir. Başka bir ifade ile geleneksel yaklaşım ile hazırlanmış bir BDİP programı, programcı onu bütün olarak yeniden yazmadan güncellenemez. Geleneksel metotların bu rijit yapısı BDİP sistemlerinin tamamlanmasını tehlikeye sokar (Wang ve Li 1991).

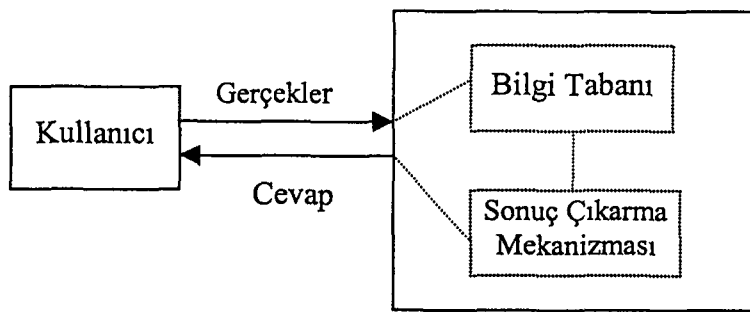
Bir BT sistemi bilgiyi özel bir yapıda depolar, bu programın bütün olarak ele alınmadan bilgi tabanındaki kuralların ve olguların değiştirilmesini, ekleme yapılmasını ve silinmesini mümkün kılar. BT sistemler 1980'den bu yana geliştirilmeye başladılar. Tam olarak tamamlanmış bir bilgi tabanlı işlem planlama sistemi mevcut değildir. Sistemlerin çoğu uzman sistem yaklaşımını kullanırlar.

Belirli bir problem kümesi için bir uzman gibi davranan programlara Uzman Sistem (US) denir. US veri işlemeden bilgi işlemeye geçiş olarak ifade edilebilir. Veri işlemede **veri tabanı**, bir algoritmaya bağlı olarak etkin bir şekilde işlenirken bilgi işlemede herhangi bir algoritmaya bağlı kalmadan kurallar ve olgulardan oluşan **bilgi tabanı** işlenir. Geleneksel programlama tekniklerindeki algoritmalara Uzman Sistemlerin sonuç çıkarma mekanizmalarının karşılık geldiğini söyleyebiliriz. Uzman Sistemler bir bilgi tabanına sahiptirler ve gerçekte bilgi tabanlı sistemlerdir. Uzman sistem denilince akla bilgi tabanlı sistem gelmektedir. Aralarında bir ayırım yapmak gerekirse, bilgi tabanlı sistemler bilgisayara girilmiş bilgi yardımıyla ve akıl yürütme işlemiyle zor problemleri çözerler. Ancak bunlar Uzman Sistemlerin çözdükleri problemlerden daha küçük boyutlu ve daha sınırlı olan alanlar ile ilgilenirler. Başka bir ifadeyle Uzman Sistemler gerçek uzmanlığı gerektiren daha karmaşık bilgiyi içerirler. Bu tür bilgiler ancak uzmanların uzman oluncaya kadar yıllar süren deneyimleriyle elde ettikleri bilgileridir ve kitap, dergi gibi dokümanlarda bulunmazlar. Oysa bilgi tabanlı sistemler yalnızca yayınlarda bulunan bilgilerle oluşturulabilirler (Allahverdi 2002).

Şekil 3.1'de bir bilgi tabanlı sistemin temel yapısı gösterilmektedir. Kullanıcı ile sıkı temasta çalışan sistem, kullanıcıdan gerçekleri ve diğer gerekli bilgileri almakta ve kendisinin sonuç çıkarma mekanizmasını kullanarak bilgi tabanından çıkarabildiği sonuçları kullanıcıya aktarmaktadır. Görüldüğü gibi bir bilgi tabanlı sistem iki temel bileşenden: (i) sonuç çıkarma mekanizması (inference engine) ve (ii) bilgi tabanından (knowledge base) oluşmaktadır.

3.2.1. Bilgi tabanı

Bilgi tabanı problemlerin anlaşılması, formülasyonu ve çözümü için gerekli olan tüm bilgileri içerir. Olaylar ve durumlar hakkında bilgi ve bunlar arasındaki mantıksal ilişki yapılarını temsil edilir. Ayrıca standart çözüm ve karar alma modellerini de içerir. Uzman sistem belirli durumlarda çalışan ve *Eğer - O Halde* şeklinde veya diğer şekillerde olan kurallar topluluğunu depolamak için bir belleğe sahip olmalıdır. Bu bellek kuralları depolayan bellek veya kurallar tabanı şeklinde adlandırılır. *Eğer - O Halde* yapıları üretim kurallarını (production rules) oluştururlar ve her bir kural iki kısımdan oluşur. Birinci kısım “varsayım” olarak *Ve*, *Veya* vs. gibi mantık bağlaçları ile birleşmiş elemanter cümlelerden oluşur. İkinci kısım ise “sonuç” olarak kurallardan ileri gelen çözümü veya yerine getirilecek eylemi gösteren bir veya bir kaç cümleden oluşmaktadır. Genel şekliyle *Eğer; varsayım, O Halde; sonuç* kısmını gösterir. Diğer bir deyişle “varsayım” bir durumu bulabilmek için tayin edilmiş kuralları içerir. Eğer bellekteki gerçekler ile kurallar kıyaslanırsa ve aynı olduğu görülürse kuralın işlenmiş olduğu belirlenir.



Şekil 3.1 Bir Bilgi Tabanlı sistemin genel yapısı (Allahverdi 2002)

3.2.2. Sonuç çıkarma mekanizması

Bilgi tabanlı 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. Sonuç Çıkarma Mekanizması kuralları yorumlar ve bunu yaparken iki fonksiyonu yerine getirir (Allahverdi 2002);

1. Bellekteki mevcut gerçeklerin gözden geçirilmesi, bilgi tabanından kuralların gözden geçirilmesi ve belleğe yeni gerçeklerin eklenmesi,
2. Gözden geçirme sırasının ve kuralların geçerliliğinin belirlenmesi.

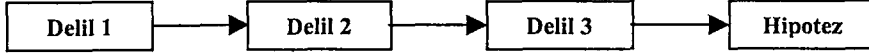
Mekanizma kullanıcı ile danışma sürecini de yönetir ve kullanıcıdan elde edilmiş verileri korur. Eğer sıradaki bir kuralın çalışması için bellekte istenildiği kadar veri olmazsa çıkarım mekanizması kullanıcıdan veri ister.

Bazı sistemlerde, bellekte depolanmış gerçeklerden başlayarak sonuca varılır (ileriye zincirleme). Bazılarında ise sonuca tersten varılır (geriye zincirleme), yani bellekte veya kullanıcıdan, bu sonuçları destek eden gerçekler alınana kadar sonuçlara ardıl olarak bakılır. Bilgiye dayalı sistemlerin çoğunda sonuç çıkarma mekanizması küçük bir programdan oluşur. Bilgisayar belleğinde asıl yeri kurallar almaktadır.

3.2.2.1. İleriye zincirleme

İleriye zincirleme bir başlangıç durumundan hedef duruma doğru işlem planı üretir. Kullanıcılar bu teknikte istedikleri düzende istedikleri kadar veri kullanabilirler. Ancak kurallar yeterli veri olduğu zaman çalışmaya başlar. Yeni girilen verilerle kuralların bütün koşullar sağlandığı veya diğer kuralların sonuçları eşleştiği zaman sistem işlemeye başlar. Bu durumda problemin sonucunu veren bir kuralın bulunma ilkesi kullanılır. Bir delil kanıtlanırsa takip eden diğer delile geçilir

ve bu kanıtları takip eden diğerine geçilir. Bütün deliller kanıtlandığı takdirde hipotezin doğru olduğu sonucuna varılır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 İleriye zincirleme (Allahverdi 2002)

Ardışık olarak kuralların EĞER kısmı doğru ise O HALDE kısmı yerine getirilir. Böylece başlangıç durumundan kurallar yürütülerek sonuca ulaşılır. Örneğin bir motorun çalışmamasında arızayı bulmaya ilişkin **ileriye zincirleme** yöntemi;

Eğer;

Marş basıyor ve

Bujiler ateşleme yapıyor ve

Motor çalışmıyor

O halde

Arıza karbüratör sistemindedir

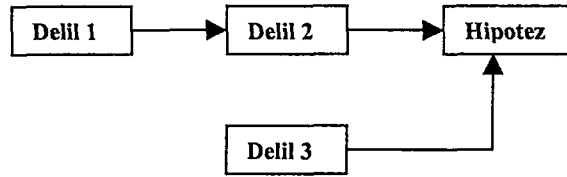
İleriye doğru zincirlemenin temel özellikleri şunlardır:

1. Sistemde tanımlamalar bir sıra olarak düzenlenirler
2. Sistem, her bir durum için bilgi tabanından koşul kısmına uygun gelen kuralı aramaktadır.
3. O halde kısmı ile her bir kural yeni bir durum oluşturabilir ve bu yeni durumlar mevcut durumlara ilave edilirler.
4. Sistem yeni üretilmiş olan durumu kural olarak yürütür.

İleriye zincirlemeyi kullanan sonuç çıkarma mekanizması kullanıcıdan, oluşmuş durum hakkındaki verileri alır ve ilişkili bilgi tabanındaki verileri gözden geçirir. Sonra ileriye akıl yürütmeyi kullanarak sonuca ulaşır.

3.2.2.2. Geriye zincirleme

Geriye zincirleme hedef durumunu oluşturan etkenleri doğrularak başlangıç durumuna ulaşır. Bir hipotezin gerçek olduğu varsayılır ve bu hipotezi kanıtlayacak deliller aranır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Geriye zincirleme

Şekil 3.3'ten takip edilebileceği gibi Hipotezi kanıtlamak için Delil 2 ve Delil 3 kurallarını sorgulamak gerekir. Delil 2; Delil 1'inde sorgulanmasını istemektedir. Eğer sadece Delil 3 doğrulansa bile Hipotez kanıtlanır. Varsayılan Hipotezin doğrulanması için üç durum vardır: (i) sadece Delil 3'ün doğrulanması, (ii) Delil 2 ve onun gerektirdiği Delil 1'in doğrulanması veya (iii) Delil 1, Delil 2 ve Delil 3'ün doğrulanması.

Örneğin çalışmayan bir motor için arıza teşhisini yapan bir **Geriye zincirleme** yöntemi;

Eğer

Arıza karbüratör sisteminde ise

O halde

Karbüratör kanalları tıkalı ve/veya

Benzin otomatiği arızalı ve/veya

Benzin hortumları tıkalı ve/veya

Depoda yakıt bitmiştir.

Sonuç çıkarma mekanizması iki bileşenden oluşur. Bunlardan biri sonuç çıkarmayı gerçekleştirir diğeri ise bu süreci yönetir. Sonuç çıkarma bileşeni elde olan bellekteki kural ve gerçekleri “gözden geçirir” ve herhangi bir kural çalıştığında belleğe yeni gerçekler eklenir. Yönetici bileşen kuralların uygulanma sırasını belirler.

Verimli bir Bilgi Tabanlı Sistem (BTS), imalat atölyesi hakkında iş bilgilerinin büyük bir miktarını ve tezgah operasyonlarının sıralaması hakkında kuralları içermelidir. Üstelik sistem, bilgi tabanındaki olaylar ve kurallar devamlı güncelleme gerektirdiğinden esnek olmalıdır. Bu özellikle günümüz imalat ortamlarında doğrudur. Geleneksel bir BDİP sisteminde imalat bilgisi, programın deyimlerinde sıralanan bir hat boyunca kodlanır. Olaylar ve kurallar için herhangi bir değişiklik orijinal programın yeniden yazılmasına neden olacaktır. Başka bir deyişle, geleneksel bir BDİP programı, yeni bilgi açıkça yeniden yazılmadıkça öğrenilemez. Geleneksel metotların esnek olmaması, BDT/BDÜ bağlantısında en önemli faktör olan BDİP sistemlerinin tamamlanmasını tehlikeye sokar.

Bir BTS bilgiyi programın yeniden yazılmaksızın bilgi tabanındaki olayları ve kurallarda ilave etmeyi, silmeyi ve değişiklik yapmayı mümkün kılacak şekilde özel bir usulde saklar. Örneğin; bir BTS, öğrenme yöntemlerinin birkaç çeşidi üzerinde yeni bilgi öğrenebilmelidir. Yapay Zeka (AI) tabanlı BDİP prototipleri 80'li yılların başından itibaren geliştirilmeye başlandılar.

3.2.3. Bilgi tabanlı sistemlerde bilgi temsili

Bar ve Feigenbaum, bilgi tabanlı sistemlerde kullanılacak bilgi terimlerini aşağıdaki gibi tanımlamışlardır (Barr ve Feigenbaum 1982):

Nesne (Object): Bilgiye dayalı bir sistemin bir veya birkaç özellik (attribute) ile karakterize edilen elemanıdır. Gerçek eşya, süreç, olay vs. hakkında gerekli bilgiye sahip bilgi tabanında depolanan veri elemanlarını, nesnelere tasvir etmek için bazı yöntemler kullanılırlar.

Olay (Event): Hem zaman sırasını hem de sonuç ilişkisini belirleyen ve bilginin kodlandığı elemandır.

Eylem, Faaliyet (Activity): Herhangi bir eylemi yerine getirme "becerisi" ile karakterize edilen bilgilerdir.

Gürültü: Anlaşılması güç olan ve ilgi uyandırmayan ifadelerdir. Örneğin hiçbir şey ifade etmeyen 1846732 sayısı bir gürültüdür.

Veri (işci bilgi): Gürültülerin ne olduğu biliniyorsa veriye dönüşürler. Örneğin 1846732 sayısı bir telefon numarası veya bir öğrenci numarası ise veridir.

Enformasyon: Yorumlanmamış veriler enformasyondur. Örneğin Tel.No:1846732 verisinin toplamı enformasyondur.

Bilgi: Enformasyonlar arasındaki ilişkileri kullanarak yeni bir bilgi üretme yeteneğine sahip nitelik kazanmış enformasyonlar topluluğudur. Örneğin Ahmet'in Tel.No'su 1846732 ise o halde ona bu numaradan ulaşabilirsiniz.

Meta Bilgi: bilgiler hakkındaki bilgidir. Sahip olduğumuz bilgiler ve imkanlarımız hakkındaki bilgi örnek olarak verilebilir. Bir bilgi tabanlı sistem çok sayıda bilgi tabanına sahip ise meta bilgi bu bilgi tabanlarından hangisinin işletileceği hakkındaki bilgiyi de içerir.

Olgu: Veriler veya enformasyon anlamına gelir.

Bilgi tabanlı sistemlerde bilgi bir bilgisayarda işlenebilecek tarzda temsil edilmelidir. Bilgi temsili; bilgi yapılarının ve yorumlama yöntemlerinin bir birleşimidir. Bilgi temsilleri, **Bildirici (Declarative) Bilgi Temsil Metotları** ve **Yöntemsel (Procedural) Bilgi Temsil Metotları** olmak üzere iki şekilde yapılırlar.

3.2.3.1 Bildirici bilgi temsil metotları

Basit ve açık cümleler ile bilginin temsil edilebildiği ve eklemelerin ve değişikliklerin yapılabildiği bir temsil metodudur. Bilgilerin temsili nasıl kullanılacaklarına bakılmadan oluşturulurlar. Buna göre modelin; (i) bilginin statik tasvir edilmiş yapısı ve (ii) bu yapıyı yorumlayabilen mekanizması bilgi yapılarının içeriğine bakılmaksızın doldurulmaları iki önemli özelliğidir. Bilgi anlamının ve sözdiziminin belirli ölçüde ayrılması modelin sağladığı bir avantajdır. Prosedürler açık olarak belirtilmezler. Bilgi bu şekilde gerçeklerden ve aralarındaki ilişkilerinden oluşur.

Bildirici Bilgi Temsil Metotları; Durum Alanı, İlişki (Predicate) Mantığı, Semantik Ağlar ve Çerçeveseldir.

Durum Alanı: Uzman Sistem programlarında kullanılan ilk resmi bilgi temsilidir ve problem çözmek ve oyun oynamak amacıyla geliştirilmiştir. Oyun oynamada her görünüm bir durum tanımlar. BTS başvuruları için gereği gibi uygun değildir (Wang ve Li 1991).

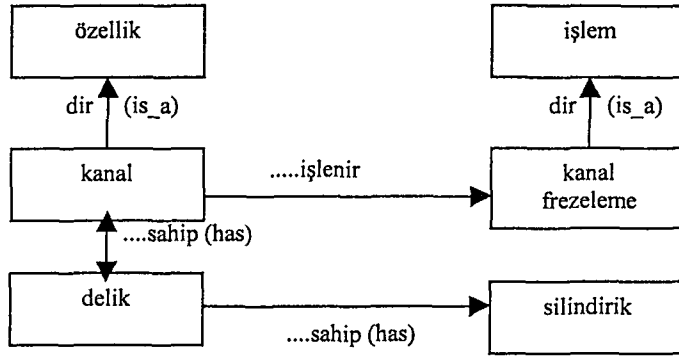
İlişki (Predicate) Mantığı: Nesnelere arasındaki ilişkilere göre olgularının temsilidir. İlgilenilen alandaki kavramların ve aralarındaki ilişkilerin formal olarak temsil edildiği matematiksel bir mantık yöntemidir. Prolog dili ilişki mantığına dayanır ve çok geniş olarak ifadelerin açıklanabildiği sembolik bir dildir. Bir ifade; ilişki sembolü, değişken ve sabit sembolleriyle açıklanır. Örneğin;

Sahip(yüzey(X), bir_delik)

ifadesi; “Yüzey (X) bir deliğe sahiptir” olgusunu ifade eder. Burada; **sahip** bir ilişki sembolü, X bir değişken ve **delik** ise bir sabittir.

Semantik Ağlar: Quillian tarafından 1968’de geliştirilmişlerdir. Nesnelere ve ilişkilerini tanımlar. Bilgi, nesnelere ve grafiksel tanımlama olarak ilişkilerinin toplamıdır. Bir semantik ağ grafiksel olarak, **düğüm**lerden (**node**) ve bu düğümleri birleştiren **bağlantı kolları** veya **hatlardan** oluşur. Düğümler bir nesneyi tanımlarken, bağlantı kolları nesnelere arasındaki ilişkileri tanımlar. Şekil 3.4 kanal unsurunu açıklayan bir ağ örneğini göstermektedir. Bu ağ bir **olgu**’yu gösterir, olguyu meydana getiren kanal silindirik bir deliğe sahip olan bir unsurdur. Bu unsur kanal frezeleme ile imal edilebilir ve burada yüzey frezeleme bir işlemdir. Semantik ağ kolay anlaşılabilir, fakat özellikle ilişkilerin sayısı çok fazla arttığında sıkıntılar ortaya çıkar.

Semantik ağ yapılarında bilgi temsili için çeşitli ilişkiler kullanılır. Yaygın olarak kullanılan ilişki tipleri IS-A, HAS-A, A-KIN-OF(AKO), INSTANCE-OF, IS, CAUSE, vs. dir. IS-A (...dır); bir örneği tanımlamak ve onun hangi sınıfa ait olduğunu belirtmek için kullanılır. AKO (...nın cinsidir); elemanların içinde buldukları sınıflar arasındaki ilişkiyi tanımlar. IS (...dır); değerleri tanımlamak için kullanılır. CAUSE (sebebi); durum bilgisini ifade eder. INSTANCE-OF (...nın örneği); bir nesnenin sınıf ile olan bağlantısını göstermek için kullanılır. HAS-A (sahiptir); sahiplik özelliği kazandırır.



Şekil 3.4 Kanal unsurunun semantik ağ temsili (Yaldız 1996)

Örneğin bir delme operasyonunun semantik ağ tanımı şu şekildedir:

```

is_a (helisel matkap, delme)
has_uzur (malzeme, (HSS, HM,...), delme)
has_uzur (malzeme, HSS, helisel delme)
has_uzur (çap, helisel delme)
has_uzur (uzunluk, helisel delme)
has_uzur (çap, 0.25V, helisel delme_1)
has_uzur (uzunluk, 1V, helisel delme_1)
  
```

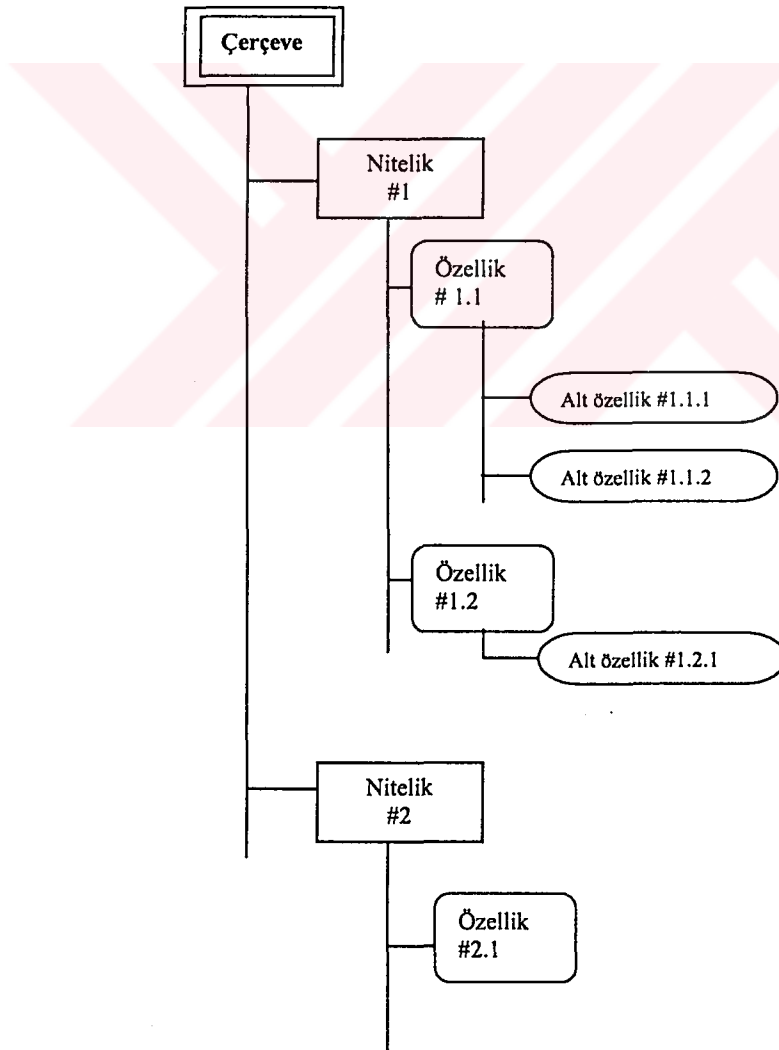
Çerçeveler: Çerçeveler, nesnelerin tanımlanmasında verilen yazılımları doğrudan kullanabilen uygun bir yapı hazırlar. Temel karakteristiği, çok geniş bilgi içeren nesnelerin belirli sınırlar içinde bütün özellikleriyle tanımlanabilmesidir. Bu temsilde bir program varlıklarının toplamıdır. Her varlık belirli nesne veya düşünceyi tanımlamak için bir çerçeve tarafından temsil edilir. Her çerçeve bir çok alt çerçeve içerir ve her alt çerçeve bir değere sahiptir. Çerçeveler, makine ve otomotiv endüstrisi gibi bir çok parçadan meydana gelen sistemlerin tanımlanmasında en uygun olan bilgi temsil yöntemlerinden birisidir.

Çerçevenin adı, bir nesnenin genel tanımlaması için kullanılır. Çerçevenin niteliği, nesnenin özel karakterlerini tanımlar. Şekil 3.5' de bir bütünü oluşturan bir çok niteliğe ve özelliğe sahip bir çerçeve yapısı görülmektedir.

3.2.3.2 Yöntemsel bilgi temsil metotları

Belirli bir sonuca ulaşmak için ne yapılması gerektiğini tanımlarlar. Bilgiler küçük programlar halinde eylemlerin nasıl yapılacağını ifade ederler. Bilgi prosedür olarak sunulur. Üretim Kuralları bu yöntem için örnek verilebilir (Wang ve Li 1991).

Üretim Kuralları: Newel ve Simon tarafından geliştirilen bu sistemlerin temel düşüncesi; bilgi tabanlı, durum-eylem çifti formunda üretim koşullarının kurallarını oluşturmaktır. Üretim Kuralları, çerçeveler arasında karşılıklı iletişimin kontrolü için uygundur. “Eğer-O Halde” veya “Eğer-O Zaman” veya “Eğer-İse” gibi kurullarla prosedürlerin temsil edildiği yöntemdir.



Şekil. 3.5 Çerçeve yapısı (Wang ve Li 1991)

Bir üretim kuralının yapısı aşağıda verilmiştir.

```
IF < koşul > THEN < uyumlu bileşen > OR
WHEN < varsayım > BEGIN <eylem >
```

Hastalık teşhisine ilişkin bir üretim kuralı örneği aşağıda verilmiştir (Wang ve Li 1991):

```
IF
  < hasta; solgun > AND
  < hasta; vücut sıcak  $\geq$  101° F >AND
  < hasta; bölgesel ağrılı; "sol alt karın"> AND
  < hasta; şiddetli ağrı; "yüksek" >
THEN
  < sistem; teşhis; "şiddetli apandist">
IF
  < sistem; teşhis; "şiddetli apandist">
THEN
  < sistem; öğüt; "hemen ameliyat">
```

3.3. Unsur Tabanlı Modelleme

BDİP sistemlerinin oluşturulmasında en önemli ve güçlük çekilen konulardan birisi BDT sistemlerinin, BDÜ sistemlerinin kullanacakları parça verisini sağlayamamalarıdır. Mevcut BDT sistemlerinin çoğunda çizgi, daire, eğri, yay, blok, vs gibi veri tabanındaki düşük seviyeli veriler ile parça tanımlanmaktadır. Bu veriler doğrudan BDÜ sistemlerinde kullanılamazlar. Bu problemi çözmek için unsur tanıma ve unsur-tabanlı sistemler geliştirilmiştir.

3.3.1 Unsur

Unsur; geometri ve topoloji ile tanımlanan yüzeyler ve kenarlar gibi geometrik varlıklardan oluşur. ISO TC184/SC4 tanımlamasına göre bir unsur; "düzlem yüzey, silindirik yüzey, vida dişi, kanal, kademe veya belirli bir profil gibi bağımsız bir

karakterdir” (ISO-TC184/SC4 1993). Cugini ve arkadaşları unsuru; tasarım ve imalat unsuru olarak aşağıdaki gibi tanımlamışlardır (Cugini 1992).

Tasarım unsuru: Parçayı, parçanın fonksiyonu ile ilişkili olarak tanımlayan şekil unsurudur.

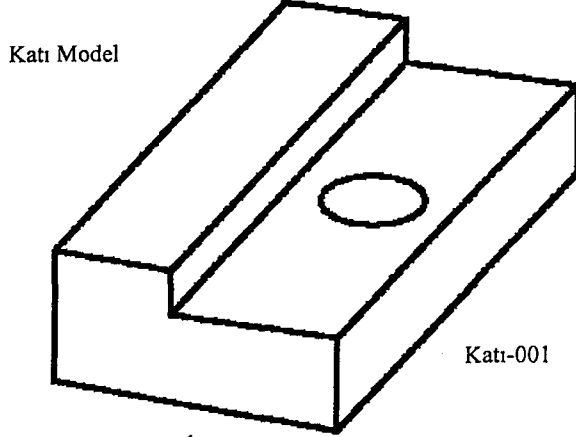
İmalat unsuru: İşlenme tipi, doğruluk ve toleranslar gibi parçanın sahip olduğu teknolojik unsurlardır.

Dong ve arkadaşlarına göre unsurlar; “ürün tasarımında belli fonksiyonlara hizmet eden şekil elemanlarıdır” (Dong ve ark. 1991). Talaş kaldırma bakımından unsurlar; “bilinen talaş kaldırma yöntemleri ile üretilebilecek yüzeylerdir”.

İmalat unsurları dört tip unsur tanımlaması ile belirtilebilir: (i) form unsuru, (ii) teknolojik unsur, (iii) doğruluk unsuru ve (iv) imalat unsuru. Form unsuru; açık delik, kör delik, açık konik delik, kör konik delik, kademe, kanal vs olarak, parçanın üzerinde bulunan yüzeyler seti tarafından temsil edilir. Her form unsurunun sahip olduğu kenarların sınırları tanımlanırlar. Form unsurları sadece topolojiye dayanır. Teknolojik unsurlar; parça malzeme cinsi, mekanik unsurlar (sertlik, mukavemet, ısıl işlem, vs), gibi özelliklerdir. Doğruluk unsuru; tolerans özelliği ve yüzey pürüzlülüğü özelliği olarak ikiye ayrılabilir. Form, teknolojik ve doğruluk unsurları temel unsurlardır. İmalat unsuru ise bu üç temel unsurun bir setidir (Chep ve Tricarico 1999).

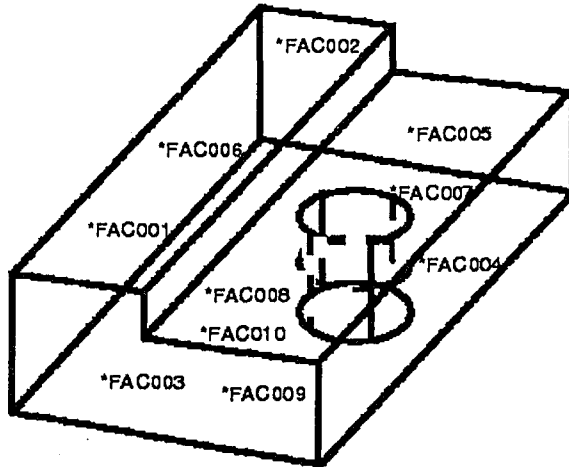
BDT ortamında parçanın geometrik temsili dört şekilde olmaktadır: (i) Katı Model (KKG, Solid Model), (ii) Sınır Yüzey Model (B-Rep, Boundary Face Model), Tel Kafes Model (Wireframe Model) ve Teknik Resim (Drafting Model).

Katı Model (KKG, Konstrüktif Katı Geometri): Katı parçaların hacimsel olarak yapılan temsilidir. Küp, küre, blok, silindir, dikdörtgen prizma gibi basit şekiller kullanılır. Bu şekiller birleşim, kesişim ve ayrışım gibi işlemlerle Boolean metotları veya diğer mantıksal metotlarla katı modeli oluşturmak için yapılandırılırlar. Parçanın 3 boyutlu tasarımıdır. Katılardan oluşan katıdır diyebiliriz (Şekil 3.6).



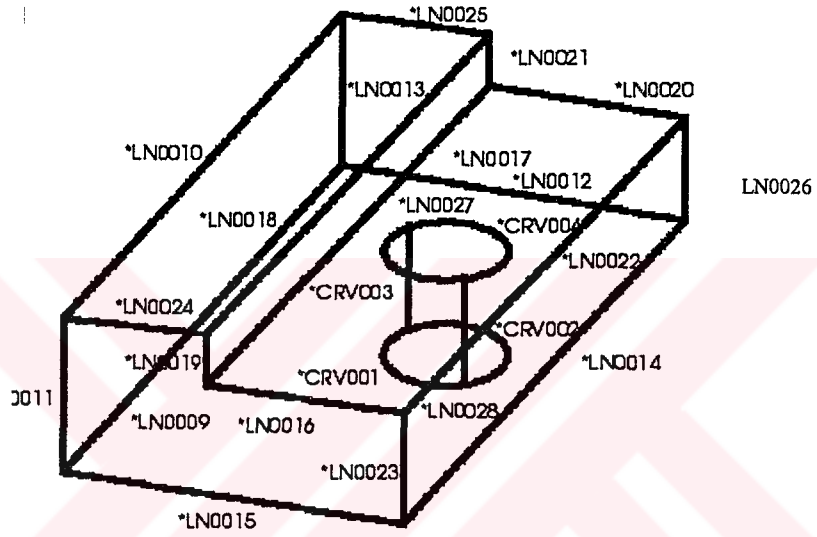
Şekil 3.6 Katı model (Chep ve Tricarico 1999)

Sınır Temsili (B-Rep): Parçanın kendisini oluşturan kabuk yüzeyler olarak; yüzeylerin kendilerini oluşturan kenarlar olarak; ve kenarların kendilerini oluşturan köşeler olarak temsil edildikleri parça modelleme tekniğidir. Yüzeyler kenarlarına ve kenarlar noktalarına göre tanımlandıktan sonra parçayı oluşturan yüzeyler belirli bir geometri ve topoloji ilişkisi ile birleştirilirler. Topoloji; köşeler, kenarlar ve yüzeylerin nasıl ilişkilendirildiğini, geometri; her varlığın konumunu ve boyutlarını açıklar. Mekanik hesaplamalar için kullanmaya elverişlidir (Şekil 3.7).



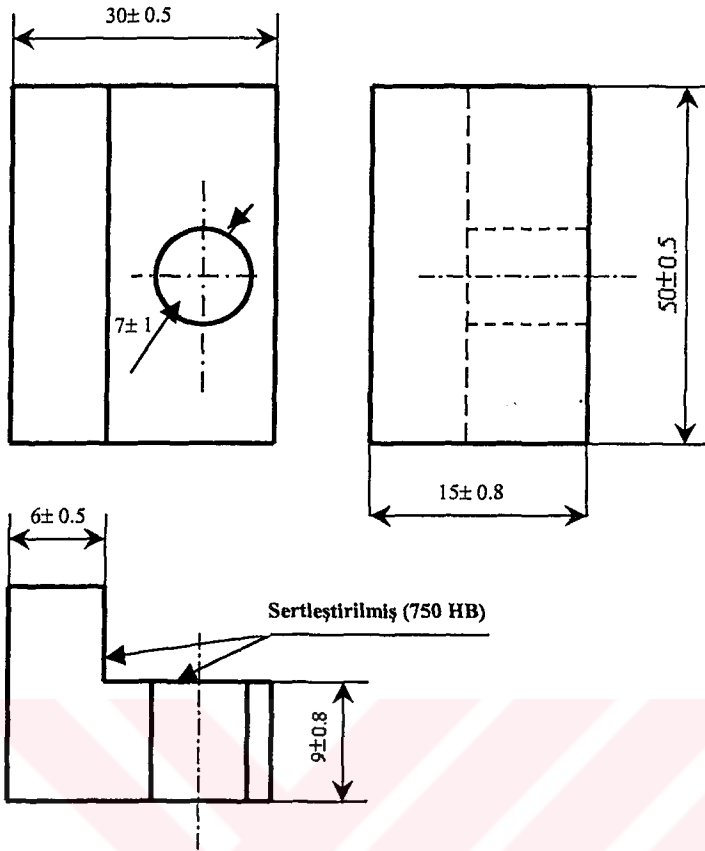
Şekil 3.7 Sınır temsili (B-Rep) (Chep ve Tricarico 1999)

Tel Kafes Model: Bir parçayı şekillendiren yüzeylerin ara kesitleri hakkında bilgiyi içerir. Yüzeyler hakkındaki bilgiyi içermez. Tel kafes modeli kenarlar ve köşelerin grafiğinden meydana gelir. Grafik içerisindeki kenarlar, kendi köşeleri dışında ara kesit oluşturmazlar. Talaş kaldırmada kullanılacak yüzeylerin temsili için kullanılabilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Tel kafes (Chep ve Tricarico 1999)

Teknik Resim: Parçanın 2 Boyutlu temsili için kullanılır (Şekil 3.9). Model üzerinde geometrik bilgiyle birlikte doğruluk özellikleri de gösterilebilir.



Şekil 3.9 Teknik Resim

Tablo 3.1 Katı Model, Tel Kafes ve Sınır Temsili için BDT'den elde edilebilen veri örneklerini göstermektedir.

Tablo 3.1. BDT Modelinden Elde Edilen Veriler

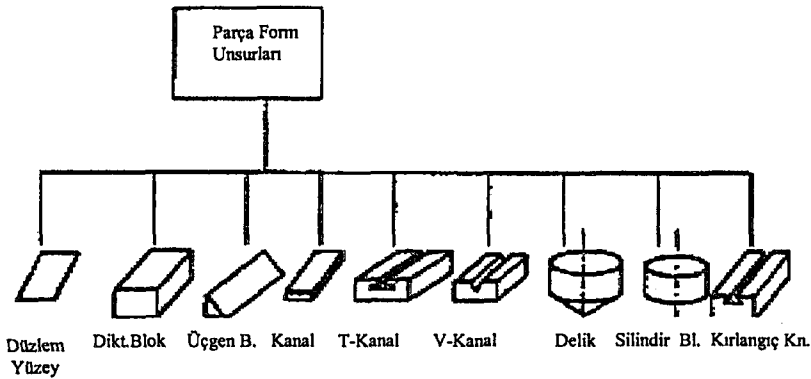
BDT Modeli	Özellik	Özellik Değeri
Katı_Model	Katı_Kimliği	*Katı-001
	Hacim	16870.189
	X_Koord_Ağırlık_Merkezi	30.000
	Y_Koord_Ağırlık_Merkezi	15.000
	Z_Koord_Ağırlık_Merkezi	5.000
	X_Atalet_Moment	1480427.058
	Y_Atalet_Moment	5530427.058
	Z_Atalet_Moment	6729684.299
	YZ_Atalet_Moment	0.000
	XZ_Atalet_Moment	0.000
XY_Atalet_Moment	0.000	
Tel Kafes	Kenar_Kimliği	*LN0001
	Kenar_Tipi	LINE
	X_Koord.Başlangıç_Noktası	0.000
	Y_Koord.Başlangıç_Noktası	60.000
	Z_Koord.Başlangıç_Noktası	0.000
	X_Koord.Bitiş_Noktası	100.000
	Y_Koord.Bitiş_Noktası	60.000
	Z_Koord.Bitiş_Noktası	0.000

Tablo 3.1. BDT Modelinden Elde Edilen Veriler (Devamı)

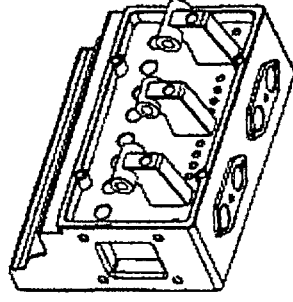
BDT Modeli	Özellik	Özellik Değeri
Tel_Kafes	Kenar_Kimliği	*LN002
Sınır_Temsili	Yüzey_Kimliği Yüzey_Tipi X_Koord_Ağırlık_Merkezi Y_Koord_Ağırlık_Merkezi Z_Koord_Ağırlık_Merkezi Birinci_Yön İkinci_Yön Üçüncü_Yön Paylaşılan_kenarlar	*FAC001 PLANE 50.000 30.000 0.000 0.000 0.000 -1.000 *LN0005 Tel_Kafes_nesne_referans *LN008 Tel_Kafes_nesne_referans *LN0011 Tel_Kafes_nesne_referans *LN0014 Tel_Kafes_nesne_referans *CRV001 Tel_Kafes_nesne_referans *CRV002 Tel_Kafes_nesne_referans
Sınır_Temsili	Yüzey_Kimliği	*FAC002

3.3.2 Unsur-tabanlı modelleme

Bir şekil unsuru; imalat ve tasarım arasında iletişime yardım eden ve ürün bilgisini taşıyan bir şekil olarak tanımlanabilir (Gayretli ve Abdalla 1999). Bir katı modeli oluşturan şekil unsurları Şekil 3.10'da ve bu unsurlardan meydana gelen katı model Şekil 3.11 de görülmektedir.



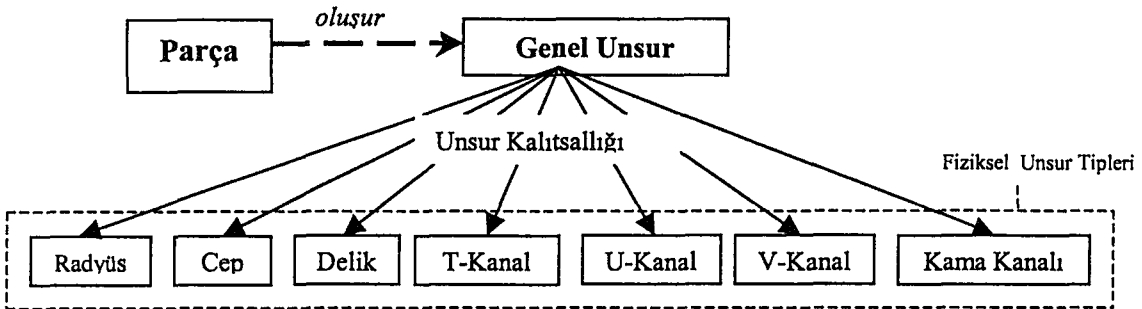
Şekil 3.10 Katı modeli oluşturan unsurlar (Gayretli ve Abdalla 1999)



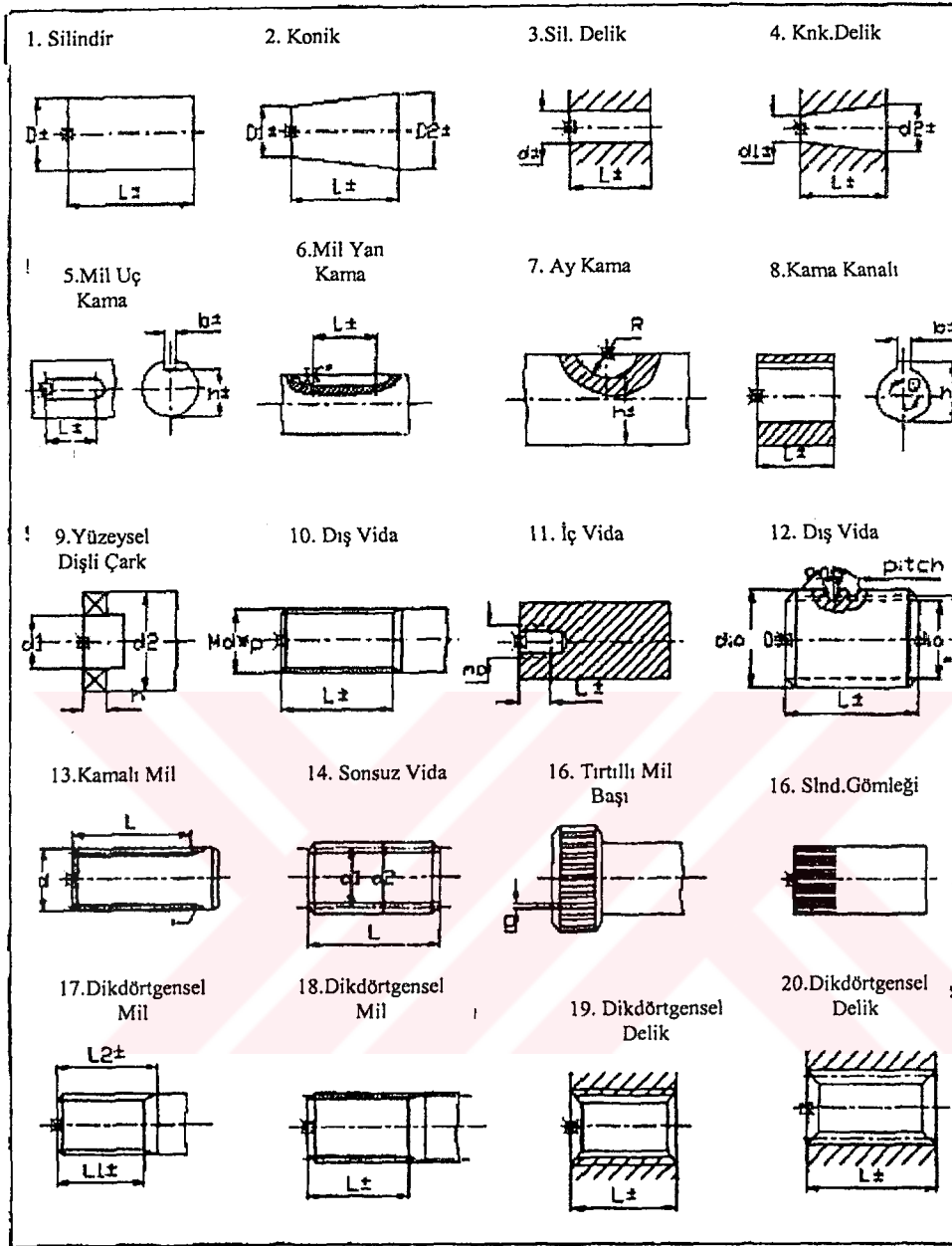
Şekil 3.11 Katı model (Gayretli ve Abdalla 1999)

3.3.3 Talaşlı üretim iş parçaları için unsur tabanlı modelleme

UNSURLAR; talaş kaldırma operasyonları tarafından uzaklaştırılacak hacimler olarak düşünürler ve hacimsel nesnelere olarak unsurlar tanımlanırlar. Ürün, ham parçadan çıkartılan hacim unsurları olarak tanımlanabilir (Butterfield 1986). Parçalar dış şekillerine göre dönele ve prizmatik olmak üzere iki gruba ayrılırlar. İmalatçı açısından prizmatik parçalar; eğri, kanal, delik, T-kanal, V-kanal ve kama kanalı gibi fiziksel unsur tiplerinin birleşiminden meydana gelirler (Şekil 3.12) (Perng ve Chang 1997). Dönele parçalar ise; silindir, vida, pah, radyüs, konik silindir gibi unsurların birleşiminden meydana gelirler (Şekil 3.13) (Ming ve ark. 1998).



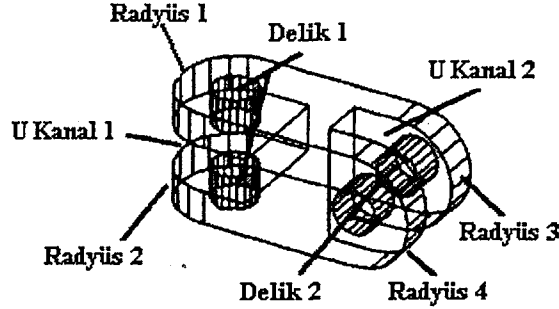
Şekil 3.12 Prizmatik bir parçayı oluşturan unsurlar (Perng ve Chang 1997)



Şekil 3.13 Dönel parçaları oluşturan fiziksel unsur tipleri (Ming ve ark. 1997)

Bütün unsurlar koordinat eksenlerine dik, paralel veya belirli bir açıda olacak şekilde ve nesne olarak kabul edilir. Şekil 3.14, yukarıda belirtilen fiziksel unsur tiplerinin bir birleşimi ile oluşturulmuş parça örneğini göstermektedir. Parça; Eğri1, Eğri2, Eğri3, Eğri 4, Delik1, Delik2, U-Kanal1 ve U-Kanal2 fiziksel unsur tiplerinin birleşiminden meydana gelmiştir.

Unsur tabanlı tasarım ve modelleme sistemlerinde, tasarım unsurları imalat varlıkları olarak oluşturulur ve bu unsurların birleştirilmesi ile parça oluşturulduğu için unsurlar doğrudan BDİP sistemlerinde kullanılabilir (Lee ve ark. 2001).



Şekil 3.14. Fiziksel unsur tiplerinden oluşan parça örneği (Perng ve Chang 1997)

3.3.4 Unsur tanıma

Unsur Tanıma, BDT ortamında oluşturulan parça modeli veri tabanının analiz edilip belirli unsur yapıları ile karşılaştırılmak suretiyle unsurun elde edilmesidir. Bir BDT modeli içindeki unsurların tanınmasını ve çıkartılmasını içerir. Katı modelden çıkartılan unsurlar geometrik bilgiyi içerir, teknolojik bilgiyi içermez. Bunlar oluşturulan programlama sisteminin modüler nesne yapıları sayesinde sisteme eklenirler. Uygulamalar genelde tasarımcının tanımladığı B-Rep (Sınır Yüzey Temsili) kullanarak oluşturduğu unsurlar ile çalışmaktadır.

İşlem planlama sistemleri tasarım ortamında oluşturulan unsurları imalat unsurları şekline dönüştürürler. Unsur, talaş kaldıracak operasyonları da tanımlarlar. Her unsurun bir boşluk olarak tanımlandığı düşünüldüğünde talaşlı imalat işlem planlamada operasyonların belirlenmesi oldukça basit olmaktadır. Unsur belirlenirler, sıralanırlar, ilişkileri belirlenir ve birleştirilirler.

Bir kanal unsurunun tanınmasına ilişkin bilgi tabanında oluşturulan IF-THEN kuralları aşağıdaki gibidir;

- EĞER “Kanal” unsuru, bir üst yüzeye sahip değilse ve uç yüzeylere sahipse, O ZAMAN “Kör Kanaldır”
- EĞER “Kanal” unsuru, bir üst yüzeye sahip değilse ve uç yüzeylere sahip değilse, O ZAMAN “Açık Kanaldır”
- EĞER “Kanal” unsurunun, üst ve alt yüzeyleri yoksa, O ZAMAN “Oyuk Kanaldır”
- EĞER “Kanal” unsurunun, sadece üst yüzeyi yoksa, O ZAMAN “Ceptir”
- EĞER “Kanal” unsurunun, hiçbir olamayan yüzeyi yoksa, O ZAMAN “İç Boşluktur”

3.4 Nesne-yönelimli modelleme

İmalat unsurlarının tanımlanmasında nesne-yönelimli bilgi tabanının kullanılması zorunlu bir adımdır (Chep ve ark. 1998). Unsur-tabanlı modelleme, parçanın BDT verisinin BDÜ ortamına bir model olarak sunulmasını sağlayarak BDT/BDÜ ve BDT/BDİP entegrasyonunda ürün tanımlamasını sağlar. İmalat ortamı bir sistem olarak düşünüldüğünde bir çok unsurdan oluşur. Örneğin; unsur modellemede kullanılan unsur unsurları, tezgah, takım, tertibat unsurları, işlem planlama, imalat stratejisi vs. sistemi oluşturan birer unsurdurlar. Bu durum imalat sisteminin yoğun ve karmaşık bir bilgi yapısına sahip olduğunu ortaya çıkarır. Bu nedenle sistem bilgisinin modüller şekilde ayrılıp, sınıflandırılmaları, aralarındaki ilişkilerin, birbirleriyle etkileşimlerinin, sınıf ilişkilerinin, arayüzlerinin belirlenmesi gereklidir. Nesne-yönelimli modelleme/programlama (NYM) bu konuda bir çözüm olarak görülmektedir ve imalat sistemlerinin otomasyonunda gereklidir.

Nesne-yönelimli yaklaşım sistemin yapısal, hiyerarşik ve fonksiyonel olarak sistematik şekilde oluşturulmasını sağlar. Bu tür yaklaşım bilginin daha etkin kullanılmasını sağlar (Cheolhan 1993; Won ve ark. 1990). Nesne-yönelimli modelleme; bilginin nesnel olarak kendi değişkenlerini ve metotlarını içerecek şekilde çerçevelenmesini (kapsülleme), nesne bilgilerinde ekleme, çıkarma ve modifikasyon yapılmasını (güncelleme), benzer tip nesnelere aynı sınıf içinde olacak şekilde alt-üst sınıflar olarak düzenlenmelerini (kalıtımsama), kalıt ilişkilerinin bir ağ içinde modellenmesini, ilişkilerinin ve iletişimlerinin (mesajlar) belirtilmesini sağlayarak sistemin iskelet yapısı oluşturulur. Bu özellikleri ve avantajları nedeniyle nesne-yönelimli yaklaşım, hem BDT sisteminden elde edilecek unsurların ve hem de BDİP sistemlerini oluşturan diğer bileşenlerin yapısal ve hiyerarşik bilgi tabanlarının

modellenmesinde kullanılabilir. BDT/BDÜ ve BDİP sistemleri yoğun ve karmaşık bilgi içerdiklerinden bu sistemlerin bilgi tabanlarının nesne-yönelimli yaklaşım ile modellenmesi ve programlanması, ürünün tam temsili ve otomasyona geçiş için gereklidir.

Niçin nesne-yönelimli programlama sorusuna daha açık bir cevap verebilmek için onu diğer programlama teknikleriyle karşılaştırmak gerekir. Bilgisayar programları oluşturulma tekniklerine bakıldığında genel olarak dört gruba ayrılırlar(<http://www.desy.de>):

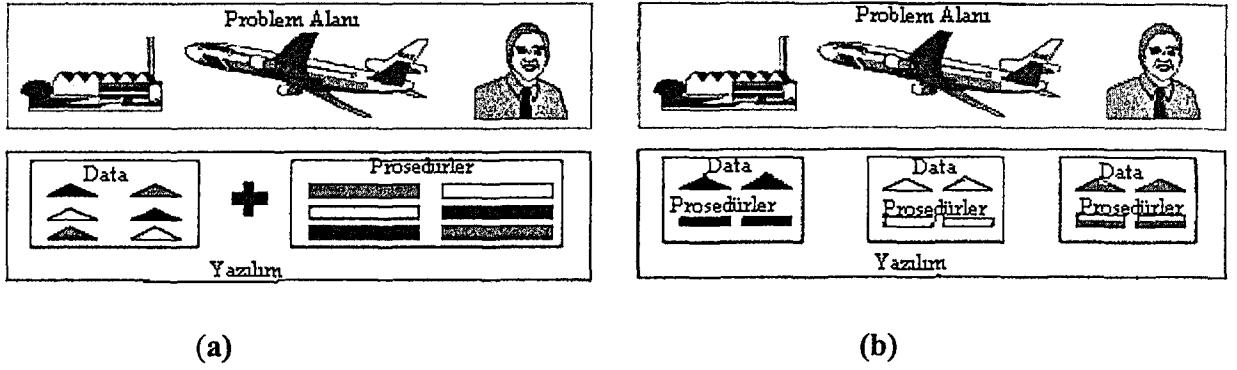
- Yapısal olmayan programlama
- Prosedürel programlama
- Modüler programlama
- Nesne-yönelimli programlama

Yapısal olmayan(Geleneksel) programlama, bir temel programdan oluşan ve program boyunca global olarak değişen program komutlarını, deyimleri ve ifadeleri içerir.

Prosedürel programlamada bilgi program içinde oluşturulan prosedürler tarafından işlenir. Başka bir ifadeyle temel program, prosedürlere ayrılır ve bilgi işlenir.

Modüler programlama tekniğinde ortak fonksiyonelliklere sahip prosedürler ayrı modüller şeklinde gruplanarak bir bütünü oluştururlar. Her grup kendi verisini ve prosedürlerini içeren ve modül adı verilen birimlerdir. Nesne-yönelimli programlamanın temelini oluşturur.

Nesne yönelimli programlamada, sistemi oluşturan unsurların her biri bir nesne olarak düşünülür. Bu unsurlar aslında modüllerdir. Her nesne değişkenler olarak verilerini ve metotlar olarak prosedürlerini içerecek şekilde paketlenir. Bu nesne yönelimli programlama tekniğinde “kapsülleme” olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca benzer veri ve metotlara sahip nesnelere aynı sınıf içinde yer alırlar. Sınıflar arasında alt sınıf ve üst sınıf ilişkileri belirlenir. Şekil 3.15 Geleneksel yaklaşım ile Nesne yönelimli yaklaşım arasındaki farkı açık bir şekilde göstermektedir.



Şekil 3.15 (a) Geleneksel ve (b) Nesne yönelimli yazılım yapısı (Hvam 2003)

Nesne-yönelimli modelleme ilgilenilen problemin sistematik yapısını oluşturacak şekilde bilgisayar programının yazılması ve sistem modelinin oluşturulmasıdır. Sistem, üzerinde çalışılan programlama konusudur.

3.4.1 Nesne-yönelimli modelleme kavramları

Nesne-yönelimli düşüncenin anlaşılabilmesi için nesne, mesaj, sınıf, kalıt ve arayüz kavramlarının bilinmesi gerekir.

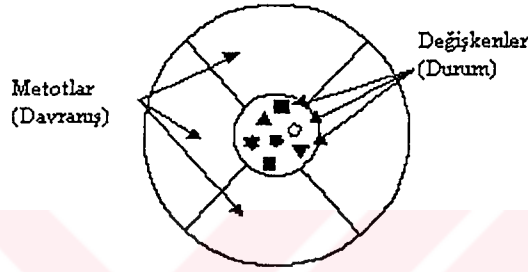
3.4.1.1 Nesne

Nesneler, nesne-yönelimli teknolojiyi anlamak için anahtarlardır. Etrafımızda gerçek dünyanın bir çok nesne örneğini görebiliriz. Örneğin; bir köpek, televizyon, bisiklet vs. birer nesnedirler. Nesne; bilgiye dayalı, sistemin bir veya birkaç özelliikle karakterize edilebilen elemanıdır (Allahverdi 2002).

Gerçek dünyanın nesnelere iki karakteri paylaşılır: durum (state) ve davranış (behavior). Örneğin köpek durum olarak bir ada, renge, cinse ve açlık tokluğa; davranış olarak havlamaya, alıp getirmeye ve kuyruk sallamaya sahiptir. Bisiklet ise

durum olarak dişliye, pedala, iki tekerleğe; davranış olarak frenlemeye, ivmelenmeye ve vites değiştirmeye sahiptir.

Yazılım nesnelere de gerçek dünya nesnelere gibi durumları ve davranışları belirlendikten sonra modellenirler. Bir yazılım nesnesi bir veya daha çok değişken (variable) şeklinde kendi durumunu içerir. Değişken, bir tanımlayıcı tarafından isimlendirilmiş bir veri nesnesidir. Bir yazılım nesnesi metotlar ile kendi davranışlarını belirtir. Bir metot, nesne ile ilişkili bir alt fonksiyondur (alt iş programıdır) (Şekil 3.16).

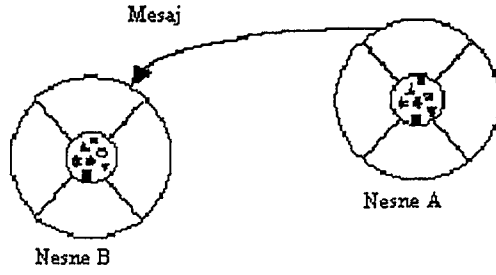


Şekil 3.16 Nesne

3.4.1.2 Mesaj

Bir nesne uygulamada yalnız başına değildir. Çünkü bir nesne, genelde diğer bir çok nesneyi içeren geniş bir programın veya uygulamanın bir bileşeni olarak görülür. Nesnelerin etkileşimi sayesinde programcılar, karmaşık fonksiyonları ve davranışları modelleyebilirler. Garajda bulunan bir bisiklet yalnızca çelik ve lastikten oluşan bir nesnedir ve sadece kendisi herhangi bir aktivite için yetersizdir. Bisiklet sadece onun ile ilişkili başka bir nesne (kullanıcı) olduğunda faydalıdır.

Yazılımın nesnelere mesajlar göndererek birbirlerini etkilerler ve iletişim kurarlar. A nesnesi, B nesnesinin metotlarından birisini işletmek istediğinde, A nesnesi B nesnesine bir mesaj gönderir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Nesnelar arası mesaj geçme

Nesneleri kavramak, ne yapacaklarını tam olarak bilmek için daha fazla bilgi gereklidir; örneğin bisikletinizde vites değiştirmek istediğinizde hangi vitesi istediğinizi belirtmelisiniz. Bu bilgi parametre olarak mesajın yanında belirtilmelidir.

Bir mesaj üç parçadan oluşur. Bunlar;

1. Gönderilecek mesaj nesnesi (bisiklet)
2. Yapılacak metodun adı (dişli değiştirme)
3. Metodun ihtiyaç duyduğu herhangi bir parametre (kaçıncı vites, vs)

3.4.1.3 Sınıf

Gerçek dünyada genelde bir çok benzer tip nesne vardır. Örneğin; bir bisiklet bütün dünyadaki bir çok bisikletten sadece birisidir. Nesne-yönelimli yaklaşıma göre, bir bisiklet, bisikletler olarak bilinen nesnelar sınıfının sadece bir örneğidir. Bisikletler genelde mevcut dişli, mevcut pedal döneşü, iki tekerlek gibi bir takım durumlara ve vites değiştirme, frenleme gibi davranışlara sahiptir. Bununla birlikte, her bisikletin durumu bağımsızdır ve diğer bisikletlerden farklı olabilir. Bir sınıf benzer unsurları, operasyonları, ilişkileri ve ağları paylaşan nesneların oluşturduğu bir gruptur (Hvam 2003). Aynı değişkenleri ve metotları paylaşan nesnelar grubu bir sınıf olarak ifade edilir (Shah ve ark. 2003)

Bisiklet örneğimiz için sınıf, her bisiklet nesnesi için geçerli dişliyi, geçerli pedal döneşünü vs. içeren gerekli örneğ değişkenlerini ifade edecektir. Sınıf aynı

zamanda vites değiştirme, frenleme ve pedal dđnüşünü değiştirme için biniciye olanak sağlayan nesnelere ait metotların uygulamalarını bildirecek ve sağlayacaktır.

Nesne değişkenlerine ilave olarak sınıflar, sınıf-değişkenlerini tanımlayabilir. Bir sınıf değişkeni sınıfın bütün örnekleri tarafından paylaşılan bilgiyi içerir. Örneğin bütün bisikletlerin aynı dişli sayısına sahip olduklarını varsayar. Bu durumda dişlilerin aynı sayısını gösteren bir örnek değişkeni tanımlamak yeterlidir; her varlık değişkeninin bir kopyasına sahip olacaktır ve her örnek için bir değeri olacaktır. Böyle durumlarda dişli sayısını veren bir sınıf değişkeni tanımlayabilirsiniz. Bütün nesnelere bu değişkeni paylaşırlar. Eğer bir nesne değişkeni değiştirirse, değişken diğer bütün nesnelere için değişir. Bir sınıf aynı zamanda sınıf metotlarını kapsar. Belirli bir örnek üzerinde örnek metotları istemek gerektiğinde doğrudan sınıftan bir sınıf metodu istemelisiniz (<http://java.sun.com>).

Nesne düşünceci, içerdiği örneklerinin yapılarını ve davranışlarını tanımlayan **sınıf** adı verilen bir soyut model sağlayarak geleneksel bilgi tabanlı sistemlerin gücünü önemli derecede artırır. **Sınıflar**, bir hiyerarşi içinde düzenlendiklerinde unsurları ve kodları düzenlemek için cazip, kullanışlı ve kolay bir yöntem sağlarlar. Nesne yönelimli modellerde bir nesne ve onun sınıfı arasında tek ve değişmeyen birleştirme, nesne yapısının ve davranışının dinamik evrimini veya bazı farklı yönlerden tanımlanmasını sıkıntıya sokar (Coulondre ve Libourel, 2002).

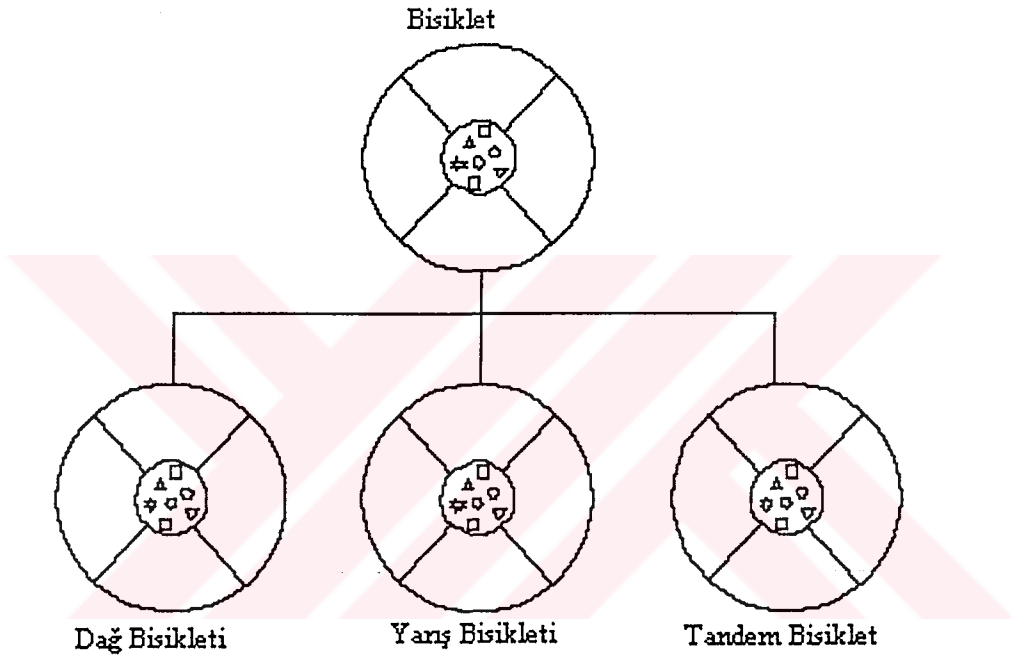
3.4.1.4 Kalıt

Nesneler sınıflara göre tanımlanırlar. Sınıfını biliyorsak bir nesne hakkında çok şey biliriz. Eğer torna tezgahının ne olduğunu hayalinizde bilmeseniz bile, size onun bir bisiklet olduğu söylenirse, onun iki tekerleğe, bir çubuk direksiyona ve pedallara sahip olduğunu düşünürsünüz.

Nesne yönelimli sistemler farklı sınıflar olarak tanımlanırlar. Örneğin; dağ bisikleti, yarış bisikleti ve tandem bisiklet, bisikletlerin çeşitli türleridirler. Nesne yönelimli terminolojide, dağ bisikletleri, yarış bisikletleri ve tandemler, genel bisikletler sınıfının alt sınıfıdır.

Benzer şekilde bisiklet sınıfı, dağ bisikletleri, yarış bisikletleri ve tandem bisikletlerin üst sınıfıdır. Bu ilişki Şekil 3.18’de gösterilmiştir.

Her alt sınıf, üst sınıftan durumları (değişkenler olarak) alarak kalıtsar. Dağ bisikleti, yarış bisikleti ve tandemler bazı durumları paylaşırlar: Pedal dönüşü, hız ve benzeri. Aynı zamanda her alt sınıf, üst sınıftan metotlar kalıtsar. Dağ bisikleti, yarış bisikleti ve tandemler bazı davranışları paylaşırlar: örneğin frenleme ve pedal dönüş hızını değiştirme gibi.

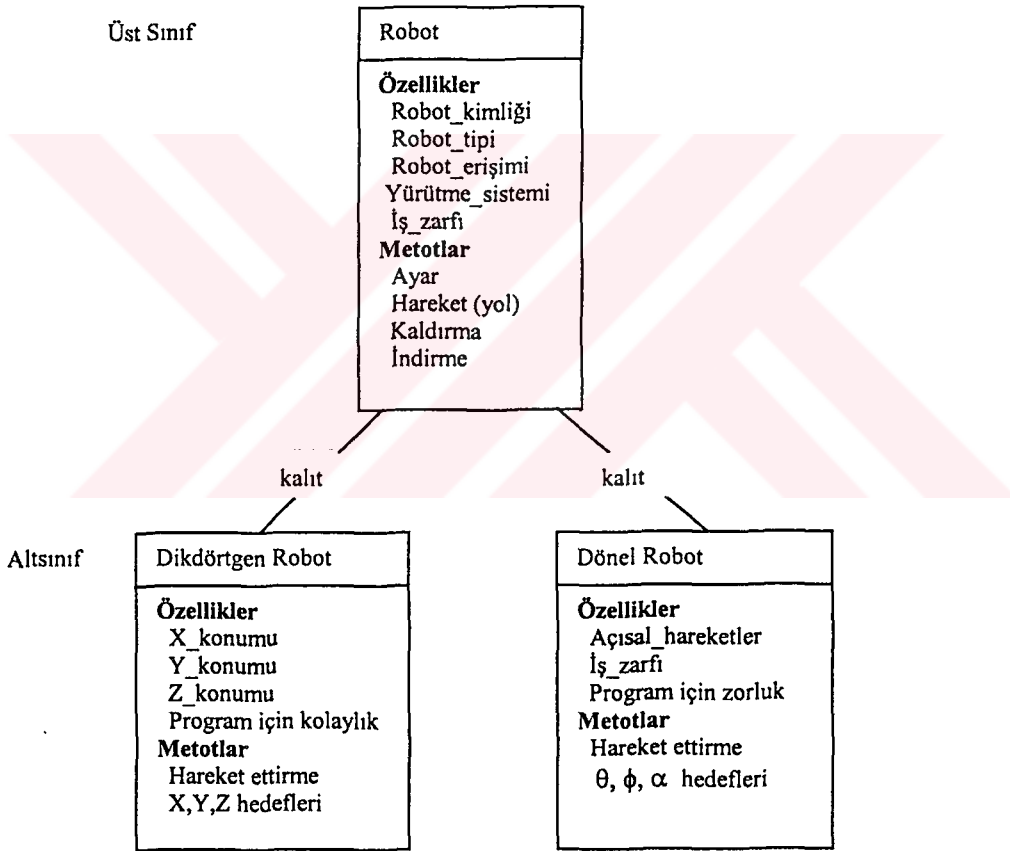


Şekil 3.18 Bisiklet sınıfı

Bir alt sınıf (subclass) üst sınıfından (superclass) özellikler ve metotlar alır (kalıtsar). İlişkiler bir kalıt hiyerarşisi şeklinde belirlenirler. Şekil 3.19 bir imalat hücreğine ait bilgi tabanında bulunan robot örneği için sınıf-kalıt düşüncesini açıklamaktadır (Sing 1996).

Dikdörtgen robot ve dönel robotun her ikisi, bir üst sınıf (superclass) robotun alt sınıflarıdır ve en son sınıfın geliştirilmesini sunarlar. Her iki sınıf kaldırma, indirme ve taşıma hareketlerini metotları olarak; robot_kimliği, robot_tipi, robot_erişimi ve sürme_sistemi olarak özelliklerini kalıtsar (miras alırlar). İlave olarak, hem dikdörtgen hem de dönel robot sınıfı Şekil 3.19’de görüldüğü gibi bazı

özelliklere ve metotlara sahiptir. Robot sınıfı içindeki taşıma metodu, bir giriş düşüncesi olarak sağlanacak ayrıntılı bir yol gerektirir. Dikdörtgen robot ve dönel robot sınıflarındaki taşıma metodu onların alt sınıflarında aynı metoda bağlı kalmayabilir. Bu metotlar robotun izleyeceği yolu elde etmek için, robot yapısına (dikdörtgen veya dönel) bağlı olarak belirlenirler. Robotun izleyeceği yol tespit edildikten sonra, üst sınıfkine benzer bir metot ile, robotun hareketini aktive etmek için metot oluşturulur. Bu, sınıflara fonksiyonel şekilde eklenebilen kalıtsallık kavramını ortaya çıkarır (Sing 1996).



Şekil 3.19 Sınıf yapıları ve kalıtlar (Sing 1996)

3.4.1.5 Arayüz

Bir arayüz, yapı olarak farklı varlıkların etkileşim için kullandıkları bir araç veya bir sistemdir. Bu tanımlamaya göre bir uzaktan kumanda televizyon ile aradaki bir arayüzdür. Türkçe, iki insan arasında anlaşmayı sağlayan bir arayüzdür. Askerlikte yapılan davranış protokolleri farklı sınıftaki insanlar arasında bir arayüzdür. Gerçekte nesne-yönelimli diller arayüzlerin fonksiyonelliğine sahiptirler ve arayüzlerinin protokollerini çağırırlar.

Arayüz, bilgilerin soyutlanmasıyla oluşturulan nesnelere dışarıya verdikleri operasyonlardır. Nesnelere bilgi yapısında tanımlanan operasyonlar ile arayüzlerine ulaşılır. Nesnenin dışarıdan görülen kısmı arayüzdür.

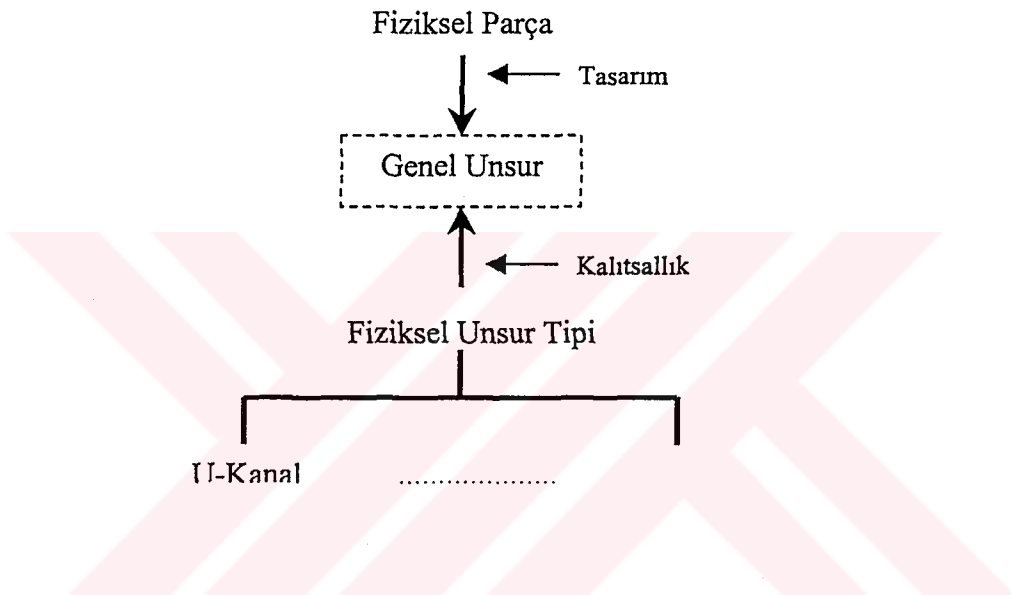
Bisiklet diğer dünya varlıkları ile etkileşim kurar. Örneğin; depoda bulunan bir bisiklet envanter programı şeklinde bir arayüz tarafından yönetilebilir. Envanter programı, her bisikletin fiyatı ve seri numarası gibi kesin bilgileri verir. Sınıf ilişkilerinden ziyade, envanter programı bir iletişim protokolü sağlar. Bu protokol bir arayüz içinde bulunan sabit değerlerin ve metod uygulamalarının bir seti formundadır. Envanter arayüzü düzen, perakende satışı belirleme, montaj ve seri numarası tahsis etme gibi metotları tanımlar fakat uygulamaz (<http://java.sun.com>).

3.4.2 Nesne-yönelimli unsur-tabanlı modelleme

Bir unsur-tabanlı modelde BDT verileri unsurlar olarak tanımlanabilir. Örneğin prizmatik parçalar için imalat unsurları; açık kanallar, kör kanallar, kademeler, cepler, delikler, vb. dir (Tseng ve Jiang 2000). Unsurların kolay tanımlanması için nesne-yönelimli düşünceleri kullanarak bir unsur-tanımlama birimi düşünmek gereklidir. Unsur tanıma, veri tabanında depolanan BDT geometrik modelini test ederek, bir geometrik modelde bulunan yüzeyler, kenarlar, köşeler ve temel katılar gibi basit varlıklardan kanallar, delikler, cepler ve faturalar gibi şekil unsurlarını çıkartmaya çalışır. Unsur tabanlı tasarımda unsurlar ve tüm diğer imalat bilgileri,

tasarım işlemi sırasında belirlenir (Yaldız 1996). Unsur modelleme, bilgi modellemenin özel bir uygulamasını temsil eder (Ma ve Tong 2003).

Nesne-yönelimli unsur modelleme, nesne-yönelimli düşünceleri kullanarak temel parça-konstrüksiyon elemanları şeklinde parça unsurlarını ve sistemin diğer bileşenlerini içerir. Aynı zamanda unsur-tabanlı parça tanımlama için bu birim içinde B-Rep/KKG karma temsil yapısı önerilir. Parça ve unsur tanımlamaları için nesne-yönelimli düşünceler uygulamalı olarak Şekil 3.20’de gösterilmiştir (Perng ve Chang 1997).



Şekil 3.20 Parça tasarımcısı açısından Nesne-yönelimli düşünceler ile “nesne” ve “sınıf” arasındaki ilişkiler (Perng ve Chang 1997)

3.4.2.1 Tasarımcı açısından nesne-yönelimli unsur modelleme

Nesne-yönelimli düşünce olarak Şekil 3.20 de, fiziksel parça ve genel unsur arasındaki ilişki ve genel unsurun içerdiği fiziksel unsur-tipleri arasında ki “kalıtsallık” ilişkisi görülmektedir. Parça tasarımcıları, unsurları talaş kaldırma operasyonları tarafından uzaklaştırılacak hacimler olarak; ve ham parçadan çıkartılacak bu unsurları (hacimleri) nesne kabul ederek unsur-tabanlı bir parçayı tanımlarlar. Böylece hacimsel nesnelere olarak unsurlar oluşturulurlar (Butterfield ve

ark. 1986). Fiziksel parça, genel unsurlardan elde edilen hacimler (nesnelere) olarak düşünülür.

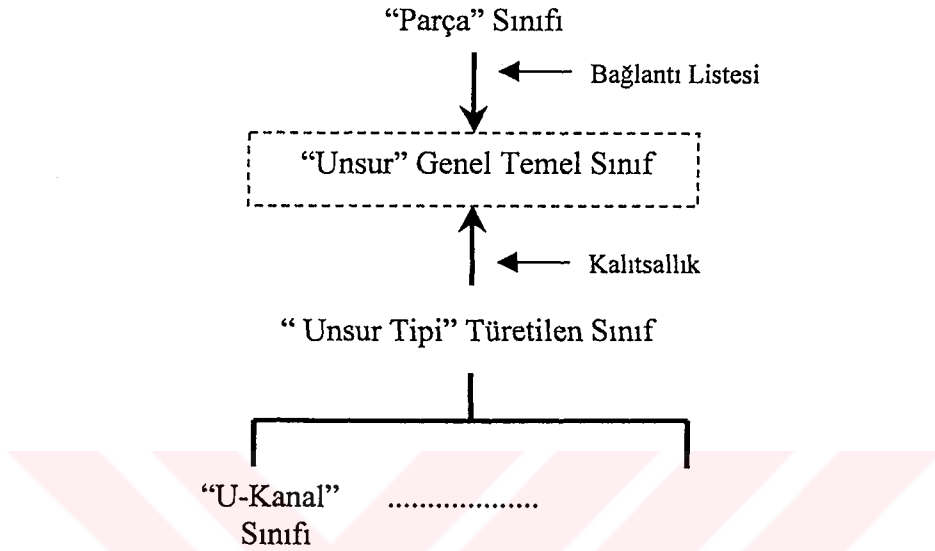
İmalat açısından parçaları, dış şekillerine göre genel olarak dönel ve prizmatik parçalar olmak üzere iki sınıfa ayırabiliriz. Prizmatik parça sınıfları; eğriler, kanallar, delikler, T-kanallar, U-kanallar, V-kanallar ve kama kanalları unsurlarına sahip olarak düşünülürler (Pern ve ark. 1990). Dönel parça sınıflarını oluşturan unsur tipleri ise silindirik unsur, delik, vida dişleri, radyüs, pah vb. olarak ele alınabilirler. Bütün unsurların yönelimleri koordinat eksenlerine paralel, dik veya belirli açıda kabul edilirler.

3.4.2.2 Programcı açısından nesne-yönelimli unsur modelleme

C++ programlama dili, fiziksel parçalar ve genel unsurlar arasındaki ilişkilerin; ve genel unsurlar ile fiziksel unsur tipleri arasındaki kalıtsallığın tanımlanmasını güçlü bir şekilde destekler (Perng ve Chang 1997). Şekil 3.21’de görüldüğü gibi bir parça, genel sınıf unsurlarının birleşimi ile oluşturulur. Örneğin bir kanal unsuru, genel temel sınıf olarak adlandırılır. Genel kanal sınıfının alt sınıfında ise türetilen U-Kanal, V-Kanal, T-Kanal gibi alt unsur tipleri yer alırlar (Tablo 3.2 (a)). Kanal unsurunun türetilen “U-Kanal” tipi, kanal unsuru ile kalıtsallık ilişkisine sahiptir (Tablo 3.2(b)).

C++ programlama dilinde “class” olarak genel bir sınıf tanımlandıktan sonra, ondan türetilen ve ortak değişkenlere ve metotlara sahip bir alt sınıf olarak tanımlayabileceğimiz “public” sınıfı oluşturulabilir. Diğer sınıflardan bağımsız olarak “class” ve “public” sınıfları program içinde işletilirler. Bu sınıflar içinde ortak kullanabilecekleri ve aralarında kalıtsadıkları değişkenler ve metotlar tanımlanır. Örneğin bu sınıflar arasına tanımlanan bir “x” değişkeni başka bir sınıf içinde tanımlansa bile herhangi bir karmaşıklığa neden olmaz çünkü her genel sınıf (class) ve alt sınıfı (public) kendi içinde bağımsız çalışırlar. Farklı sınıflar arasında iletişim arada kurulan mesajlar sayesinde gerçekleşir. Ayrıca her “public” sınıfı içerisinde özel değişkenlere ve metotlara sahip özel “private” sınıf ve bu sınıflara ait nesne

tanımlamaları yapılabilir. Özel sınıflar kendi özel değişkenlerini ve metotlarını kullanırlar elde ettikleri sonuçları arayüzleri içerisinde saklayarak diğer sınıfların kullanımına olanak sağlarlar.



Şekil 3.21 Programlamacı açısından Nesne-yönelimli düşünceler ile “nesne” ve “sınıf” arasındaki ilişkiler (Perng ve Chang 1997)

Şekil 3.22 bir programcı açısından parçanın sınır temsili (B-Rep) ve Konstrüktif Katı Geometri (KKG) karma yapısı olarak nasıl temsil edildiğini göstermektedir. Parçalar ve kendisini oluşturan unsur-tipleri şekilden görüldüğü gibi nesne-yönelimli programlama düşüncelerini kullanarak basit bir şekilde modellenirler. Bir parça kendisini oluşturan radyüs, delik, kanal gibi unsur tiplerinden meydana gelir. Bu unsur tipleri sınıflar içinde yapılandırılan sınıf nesnelidirler. Her nesne kendi unsur değişkenlerini kapsüller (kendi bilgisini paketler). Örneğin “Radyüs-1” nesnesine ait kendisinin kapsüllediği unsur değişkenleri; adı, radyüs değeri, yönü, derinliği gibi büyüklükleri ve sınır temsili (B-Rep) dir.

Tablo 3.2 Genel temel sınıfı “Unsuru” ve türetilmiş “U Kanal” ı tanımlama için tanımlamalar (Perng ve Chang 1997)

(a) Genel temel sınıf “Unsuru” tanımlama	(b) türetilmiş ‘U Kanal’ tanımlama
“Class” Unsur/* fiziksel unsur-tipi nesnesinin Genel unsurlarını içeren bir genel temel sınıfı*/ {	U Kanal sınıfı: “public” Unsur /* ‘Unsur’ temel sınıfının genel özelliklerini kalıtsayan ve türetilen bir fiziksel unsur-tipi*/ {
Genel unsur	Türetilmiş unsur
Unsur adı referans nokta yön boolean operatörü unsur B-Rep gösterimi parça B-Rep gösterimi unsur çizgisi liste gösterimi	Genişlik yükseklik derinlik tür
Fonksiyonlar	Fonksiyonlar
Unsur parametreleri girişi B-rep datası üretme Unsur dosya çıkışı	unsur parametreleri girişi B-rep datası üretme unsur dosyası çıkışı
};	};

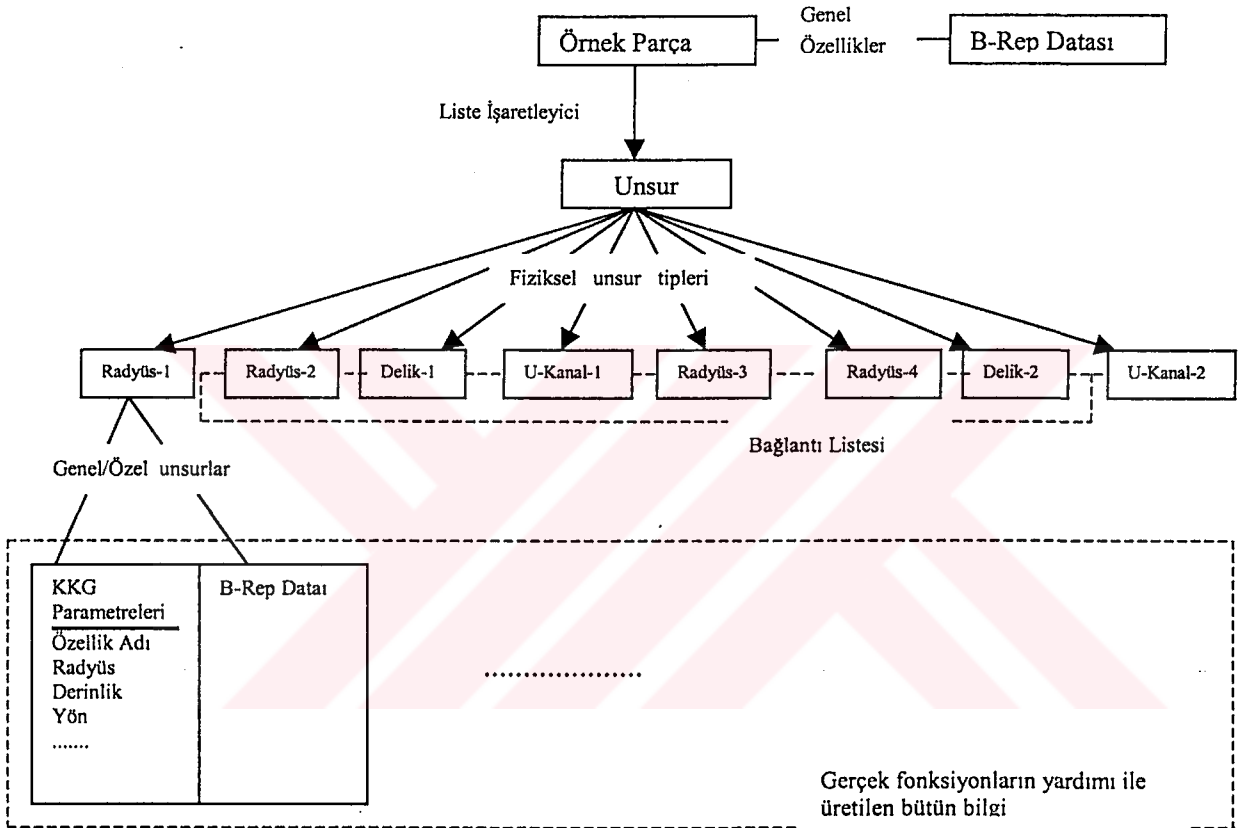
Aşağıda C++ programla dilinde “bilgi20” isimli bir genel sınıf ve ondan türetilen “esas işleme zamanı” isimli bir alt sınıf tanımlamasına ilişkin örnek verilmiştir. Türetilmiş sınıfın, “bilgi20” genel sınıfından kalıtsadığı ve ortak kullandıkları genel unsur değişkenleri parantez içinde belirtilen değerlerdir.

```
class bilgi20
{
    public :
        void esasislemezamani (float U, int uzunluk, float Us ,float
        IK,float IK2);
};
```

Daha sonra tanımlanan türetilmiş “esas işleme zamanı” alt sınıfı kalıtsadığı unsur değişkenleri ve metotları ile aşağıdaki gibi C++ da ifade edilir.

```
void bilgi20: esasislemezamani(float U,int uzunluk, float Us,float
    IK1, float IK2 )
{
    float Th;
    Th=(float) (IK1*IK2*uzunluk)/U+(float) (IK2*uzunluk)/Us;
    printf("ESAS ISLEME ZAMANI (dk) : ");
    printf("%f\n",Th);
}
```

Genel sınıftan kalıtılan unsur değişkenleri aynı zamanda türetilmiş sınıf içinde tanımlanmakta ve kullanılmaktadırlar. Burada türetilmiş “esas işleme zamanı” sınıfı içindeki “Th” varlığı bir nesne olarak kabul edilir ve genel sınıftan kalıtıldığı unsur değişkenleri ve kendi metotları ile diğer sınıflardan ve nesnelere ayırdır ve bu nesne yönelimli terminolojide kapsülleme olarak ifade edilir.



Şekil 3.22. Şekil 3.14'deki parça için KKG/Sınır temsil şeması (Perng ve Chang 1997)

Nesne-yönelimli yaklaşım kullanarak bir sistem tasarlandığında, aşağıdaki sistematik yöntem izlenmelidir (Sing 1996):

1. Anahtar nesnelere tanımlayarak kavramsal bir sistem modeli geliştirme,
2. 1 adımda tanımlanan her nesne ile ilgili özellikleri (değişkenleri) ve metotları belirleme,
3. Bir sınıf-kalıt hiyerarşisi içinde nesnelere düzenleme,

4. Yeniden kullanma, uzmanlaşma ve genelleştirmeyi belirterek hiyerarşiyi artırma,
5. Sistem dinamiklerini elde etmek için nesnelere arasındaki müşteri-hizmet ilişkilerini ve mesaj dönüşümlerini tanımlama,
6. Mevcut gereksinimler için bir prototip uygulama geliştirme,
7. Nesnelere, niteliklere, metotları veya ortaklıkları değiştirerek veya ilave ederek interaktif olarak sistem tasarımını artırma.

3.5 STEP Standartları

BTİ ortamlarında BDT-BDÜ ve BDT-BDİP entegrasyonunda karşılaşılan en önemli iki sorun; (i) bir ürünü geometrik, topolojik, şekil özellikleri, toleranslar, yüzey kalitesi ve malzeme bilgisi olarak tüm yönleriyle temsil edebilecek bir modelleme tekniğinin olmaması ve (ii) her sistem için oluşturulan ürün modellerinin sistemin kendine ait girdi/çıkış formatı şeklinde bağımsız olması sebebiyle sistemler arası dönüşümün mümkün olmamasıdır. Bu iki sorun ürün bilgi tanıtımı ve dönüşümü için standartlaşmanın önemini ortaya koyar.

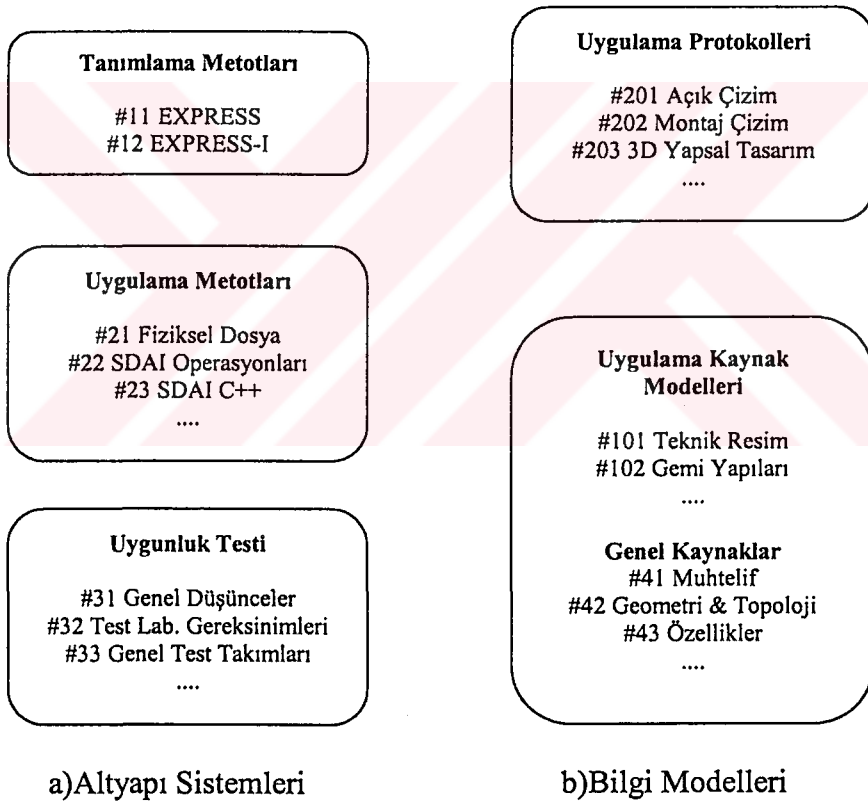
STEP, (STandard for the Exchange of Product Data), Ürün Verisinin Dönüşümü için Standart, bilgisayarda yorumlanabilecek tarzda ürün bilgi modelleri oluşturan metodolojileri tanımlayan kapsamlı bir ISO 10303 standardıdır. ISO 10303; Endüstriyel otomasyon Sistemleri ve Entegrasyonu Teknik Komitesi (ISO/TC184) ve Endüstriyel Veri Alt Komitesi (SC4) tarafından hazırlandı. STEP'in ilk versiyonu 1984 yılında ve gelişen versiyonları takip eden yıllarda yayınladılar ve hala STEP Standartları üzerinde çalışmalar devam etmektedir (ISO-10303 2000(E)).

Ürün bilgisi; tasarımdan analize, imalata, kalite kontrol testlerine, denetleme ve ürün destek fonksiyonlarına kadar bir ürünün bütün yönlerini içeren bütün bilgiyi içermelidir. STEP; geometri, topoloji, toleranslar, ilişkiler, nitelikler, montaj, şekil gibi bilgileri içermektedir.

STEP geliştirilmeye açık bir standarttır. EXPRESS dili tabanlıdır ve her endüstri alanı için geliştirilebilir. Uzmanlar, endüstri ürünlerini tanımlamak için EXPRESS dilini kullanırlar. EXPRESS, veri yapısı tanımlama dilidir.

STEP uluslararasıdır ve satıcı değil kullanıcı gereksinimlerine göre geliştirilmiştir. Satıcı işletimli standartlar teknoloji eğilimli iken, kullanıcı işletimli standartlar sonuçlara eğilimlidir. STEP, teknolojiye bağlı değişikliklere ayak uydurabilme ve ürün bilgisinin uzun bir süre arşivlenebilmesi ve tekrar kullanılabilmesi özelliklerine sahiptir.

STEP mühendislik ürün bilgisinin temsilini ve dönüşümünü sağlayan bir ISO standardıdır. Şekil 3.23, STEP standardını oluşturan parçaları göstermektedir (Loffredo).



Şekil 3.23 STEP Standartlarını oluşturan parçalar (Loffredo)

STEP her birisi ayrı oluşturulan parçalardan oluşur. Ürün tipleri sınıflandırılırlar ve bir alana yönelik ürün tiplerinin tanımlanması için Uygulama Protokolleri (APs) kullanılırlar. Örneğin; AP224, frezeleme ve tornalama işlemleri

tarafından üretilebilecek ürün bilgilerini tanımlar. AP224 ile oluşturulan şekil unsurları üretken işlem planlama için kullanılabilir (Bhandarkar ve Nagi 2000).

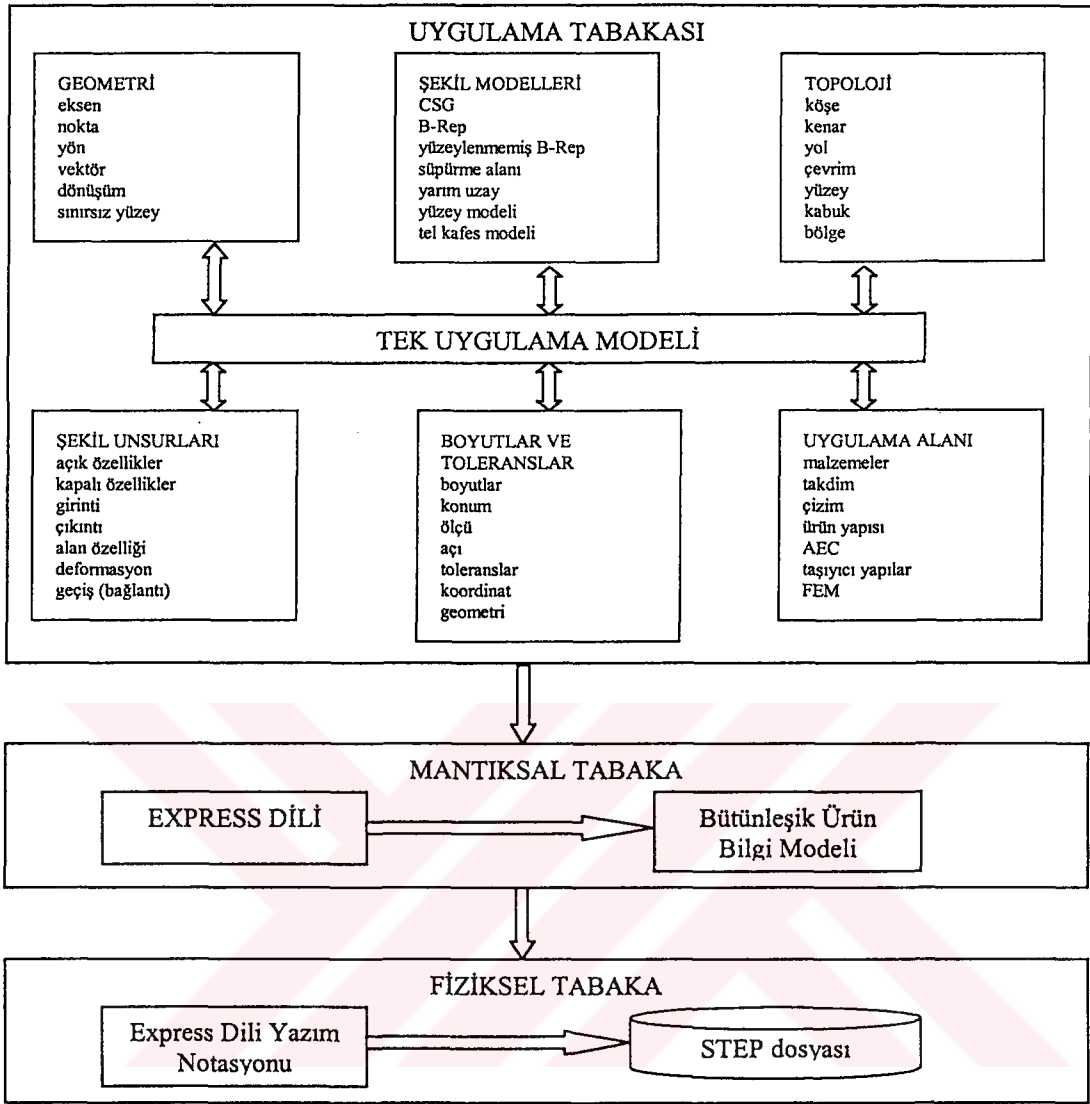
Parça 21 gibi fiziksel dosya formatı gibi altyapı sistemlerini oluşturan parçalar, bilgi modellerini uygulama protokolleri şeklinde belirli endüstriyel parçalar için ayrı ayrı oluşturulurlar. Altyapı sistemlerinin çoğu tamamlandılar fakat belirli endüstriyel parçalar için çalışmalar hala sürmektedir. Uygulama Protokolleri (APs), mekanik ve elektriksel uygulamalar için mevcuttur ve kompozit malzemeler, saç metal kalıplar, otomotiv tasarımı ve imalat, gemi yapımı, işlem tertibatları ve diğerleri için düzenlendiler. Gelecekte çeşitli endüstri alanlarının kendi AP'lerini geliştirecekleri düşünülmektedir. Örneğin; AP203, 3-Boyutlu yapısal tasarım için fonksiyonel olarak dokuz birim arasında paylaşılan 36 uygulama nesnesini içerir.

3.5.1 STEP'in yapısı

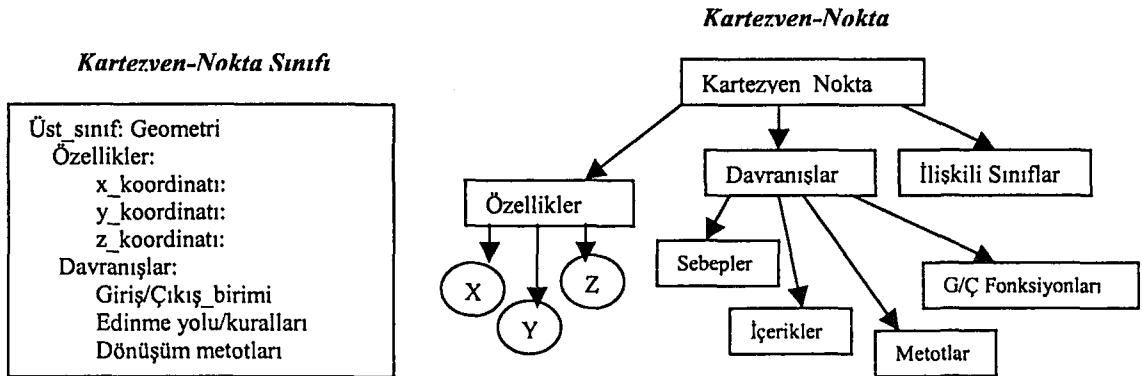
Şekil 3.24'te yapısı gösterilen STEP üç tabakadan meydana gelir; (i) uygulama tabakası, (ii) mantıksal tabaka ve (iii) fiziksel tabaka (Yaldız 1996).

Uygulama tabakasında geçerli uygulamalar için modellerin unsurları geliştirilirler. Mantıksal tabaka varlıkların ve ilişkilerinin tanımlanması için EXPRESS dilini kullanır ve bir plan olarak uygulamaların fiziksel bilgisini oluşturur. Fiziksel tabaka bilginin paylaşımı ve iletişimi için uygulama varlıklarını bilgisayarın işleyebileceği Wirth Syntax Notation (WSN)'da formatında oluşturularak fiziksel dosya şeklinde STEP Dosyasını oluşturur (Qiao ve ark. 1993).

EXPRESS, STEP (ISO 10303)'in bilgi ihtiyaçlarını tanımlamak için kullanılan resmi bilgi modelleme dilidir, bir programlama dili değildir. EXPRESS dili nesne-yönelimli ürün yapısını tanımlamak için uygulanabilir. Bilgi; bir varlık olarak belirlenen "özellikleri" ve kurallar olarak ifade edilen "davranışları" içerir. EXPRESS dili özellik ve davranışlardan oluşan veriyi tanımlayabilir. Nesne-yönelimli yapıya uygun olarak bir kartezyen noktanın EXPRESS tanımlaması Şekil 3.25'de gösterilmiştir.



Şekil 3.24 STEP Standardının yapısı (Yaldız 1996)



Şekil 3.25 Kartezyen nokta sınıf tanımlaması (An ve ark 1995)

Günümüzde yaygın olarak kullanılan BDT paket programları, tasarımı yapılan parçanın STEP dosyasının bazı fiziksel dosya formatlarını vermektedirler. Bu tez çalışmasında kullanılan BDT programı tasarlanan parça için STEP AP203, STEP AP214 formatında fiziksel dosyaları oluşturmaktadır. BDT ortamlarından alınan bu STEP dosyaları, oluşturulan BDİP sistemi tarafından tasarım verileri olarak alınırlar.

BDİP tarafından kullanılan STEP fiziksel dosya yapısı iki bölümden oluşmaktadır; (i) Başlık bölümü ve (ii) Veri bölümü:

- i. **BAŞLIK BÖLÜMÜ:** Ürünün yapısı hakkında genel bilgileri içerir. HEADER başlığı ile başlar ve ENDSEC ile sona erer. Temel olarak üç varlığı içerir. Bunlar; *file_description*, *file_name* ve *file_schema*'dır. FILE_DESCRIPTION; kullanılan ISO 10303'ün versiyonunu tanımlar. FILE_NAME; kullanıcı tarafından girilen ve ürünün adını belirtir. FILE_SCHEMA; data bölümünde yer alan EXPRESS planlarını tanımlar. Özetle bu bölüm, STEP versiyonu, ürün adı, kullanıcı profili, çizim tarih/saati gibi genel bilgileri tanımlar.
- ii. **VERİ BÖLÜMÜ:** Tanımlanan ve dönüşümü yapılacak ürün bilgisini içerir. EXPRESS planlarına uygun olarak ürünü oluşturan varlıkları tanımlar. DATA ile başlar ve ENDSEC ile sona erer. Aşağıda geometri ve topolojiyi tanımlayan Veri bölümünün varlıklarından önemli olanlar açıklanmıştır:

CLOSED_SHELL: Çizimi yapılan parçayı oluşturan düzlem yüzeyleri (PLANE) ve silindirik yüzeyleri (CYLINDRICAL_FACE) belirtir. Her yüzey için “#” işareti ile bir varlık numarası atanır. Örneğin altı düzlem yüzeye sahip bir dikdörtgen prizma parçayı ifade eden CLOSED_SHELL ifadesi aşağıda verilmiştir:

```
#386=CLOSED_SHELL(' ', (#277, #317, #339, #356, #373, #385));
```

ADVANCED_FACE: Her bir yüzeyi tanımlar. Sahip olduğu varlık numaraları yönüyle birlikte yüzeyin düzlem yada silindirik olduğunu, yüzeye ait koordinatları belirten diğer STEP dosyası varlıklarını belirtir. True (T) veya False (F) indikatörü yüzey yönünün STEP dosyasında yüzey ile ilgili belirtilen yön varlığı ile aynı veya

ters yönde olduğunu gösteren bir operatördür. STEP fiziksel dosyasından alınan `ADVANCED_FACE` örneği aşağıda verilmiştir:

```
#535=ADVANCED_FACE('', (#534), #528, .F.);
```

AXIS2_PLACEMENT_3D: Ortak dik iki eksenin üç boyutlu uzayda konumunu ve yönü ifade eden STEP dosyası varlığıdır. Bir nokta ve iki eksen olarak tanımlanır. Bir uzayda nesneyi yerleştirmek ve yönlendirmek için bir koordinat sistemi tanımlar. Bu varlık koordinat sisteminin yerleşim orijinini gösteren bir nokta içerir. Koordinat sistemi yerleşimini tamamlamak için iki yön vektörü gereklidir. **axis**; z-eksenin yönü ve **ref_direction**; x-ekseninin yerleşimi için uygun bir yöndür. Örneğin, bir silindirik yüzeye ait bir noktanın ve yüzeyin yerleşme yönünü gösteren `AXIS2_PLACEMENT_3D` varlığının STEP'de kullanımı aşağıdaki gibidir;

```
#136=CARTESIAN_POINT('', (50.0, 5.0, 0.0));
#137=DIRECTION('', (-1.0, 0.0, 0.0));
#138=DIRECTION('', (0.0, 1.0, 0.0));
#139=AXIS2_PLACEMENT_3D('', #136, #137, #138);
#140=CYLINDRICAL_SURFACE('', #139, 15.0);
```

EDGE: İki köşe arasındaki bağlantının topolojik yapısını verir. Bağlantı bir doğrusal çizgi, bir yay vb. olabilir. `EDGE`'nin sınırları iki köşedir (vertex). `EDGE`, birinci köşeden ikinci köşeye doğru, yön belirtilerek ifade edilir.

FACE: `LOOP`'lar tarafından sınırlı yüzeyin bir parçasını gösteren notasyonuna uygun 2-boyutlu topolojik bir varlıktır. Bir yüzey alanında delik mevcutsa delik bir `LOOP` tarafından sınırlanır ve bu tip delikler `FACE_BOUND` olarak tanımlıdır.

FACE_OUTER_BOUND: `ADVANCED_FACE`'in belirttiği yüzeyin `EDGE_LOOP` varlık numarasını ve yön indikatörünü içerir. Bir `LOOP`, yüzeyin dış `LOOP`'unu temsil ederek `FACE_OUTER_BOUND` olarak inceler. STEP dosyasında bulunan bir `FACE_OUTER_BOUND` örneği aşağıda verilmiştir;

```
#161=VERTEX_POINT('', #160);
#162=CARTESIAN_POINT('', (50.0, -10.0, -1.836910E-015));
#163=DIRECTION('', (-1.0, 0.0, 0.0));
#164=VECTOR('', #163, 100.0);
#165=LINE('', #162, #164);
#166=EDGE_CURVE('', #161, #152, #165, .T.);
#167=ORIENTED_EDGE('', *, *, #166, .F.);
#168=CARTESIAN_POINT('', (50.0, 5.0, 0.0));
#169=DIRECTION('', (-1.0, 0.0, 0.0));
#170=DIRECTION('', (0.0, 1.0, 0.0));
#171=AXIS2_PLACEMENT_3D('', #168, #169, #170);
```

```
#172=CIRCLE('',#171,15.0);
#173=EDGE_CURVE('',#144,#161,#172,.T.);
#174=ORIENTED_EDGE('',*,*,#173,.F.);
#175=EDGE_LOOP('',(#150,#159,#167,#174));
#176=FACE_OUTER_BOUND('',#175,.T.);
```

LOOP: Bir köşeden başlayarak birbirlerine belirli bir yön çevriminde bağlanarak izleyen eğrilerden veya aynı noktada başlayan ve biten doğru parçacıklarından oluşan topolojik bir varlıktır. Bir loop, eğrilerin veya noktaların düzenli bir birleşimi olarak temsil edilir.

EDGE_LOOP: FACE_OUTER_BOUND'un belirttiği yüzeyin EDGE_LOOP larını temsil eder. Uzunlukları sıfır olmayan EDGE'lerden oluşan bir çevrimdir. Başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan bir yoldur. Örneğin bir dörtgen düzlem yüzey dört EDGE_CURVE'den oluşur. Burada EDGE_CURVE yüzeyin bir kenarını temsil eder. Alanı kapalı bir CURVE'dir. Bir EDGE_LOOP, başka bir EDGE_LOOP ile çakışabilir. STEP dosyasının alınan ve bu terimleri içeren bir örneği aşağıda verilmiştir;

```
#141=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,20.0,0.0));
#142=VERTEX_POINT('',#141);
#143=CARTESIAN_POINT('',(50.0,20.0,0.0));
#144=VERTEX_POINT('',#143);
#145=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,20.0,0.0));
#146=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#147=VECTOR('',#146,100.0);
#148=LINE('',#145,#147);
#149=EDGE_CURVE('',#142,#144,#148,.T.);
#150=ORIENTED_EDGE('',*,*,#149,.F.);
#151=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,-10.0,-1.836910E-015));
#152=VERTEX_POINT('',#151);
#153=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,5.0,0.0));
#154=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#155=DIRECTION('',(0.0,1.0,0.0));
#156=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#153,#154,#155);
#157=CIRCLE('',#156,15.0);
#158=EDGE_CURVE('',#152,#142,#157,.T.);
#159=ORIENTED_EDGE('',*,*,#158,.F.);
#160=CARTESIAN_POINT('',(50.0,-10.0,-1.836910E-015));
#161=VERTEX_POINT('',#160);
#162=CARTESIAN_POINT('',(50.0,-10.0,-1.836910E-015));
#163=DIRECTION('',(-1.0,0.0,0.0));
#164=VECTOR('',#163,100.0);
#165=LINE('',#162,#164);
#166=EDGE_CURVE('',#161,#152,#165,.T.);
#167=ORIENTED_EDGE('',*,*,#166,.F.);
#168=CARTESIAN_POINT('',(50.0,5.0,0.0));
#169=DIRECTION('',(-1.0,0.0,0.0));
#170=DIRECTION('',(0.0,1.0,0.0));
#171=AXIS2_PLACEMENT_3D('',#168,#169,#170);
#172=CIRCLE('',#171,15.0);
#173=EDGE_CURVE('',#144,#161,#172,.T.);
```

```
#174=ORIENTED_EDGE('',*,*,#173,.F.);
#175=EDGE_LOOP('',(#150,#159,#167,#174));
```

ORIENTED_EDGE: EDGE_LOOP'un ifade ettiği eğri/kenar çevriminin eğri/kenar yön çevrim yönünü ve EDGE_CURVE varlık numarasını gösterir. Her ORIENTED_EDGE, orijinal EDGE'nin yönüne göre, mevcut bir EDGE'nin yönünün aynı olup olmadığını gösteren bir BOOLEAN yön işaretini içerir ve diğer EDGE'ye göre oluşturulan bir EDGE'dir. Gerçek yön dışında, ORIENTED_EDGE orijinal EDGE'ye eşittir. Örneğin;

```
#141=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,20.0,0.0));
#142=VERTEX_POINT('',#141);
#143=CARTESIAN_POINT('',(50.0,20.0,0.0));
#144=VERTEX_POINT('',#143);
#145=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,20.0,0.0));
#146=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#147=VECTOR('',#146,100.0);
#148=LINE('',#145,#147);
#149=EDGE_CURVE('',#142,#144,#148,.T.);
#150=ORIENTED_EDGE('',*,*,#149,.F.);
```

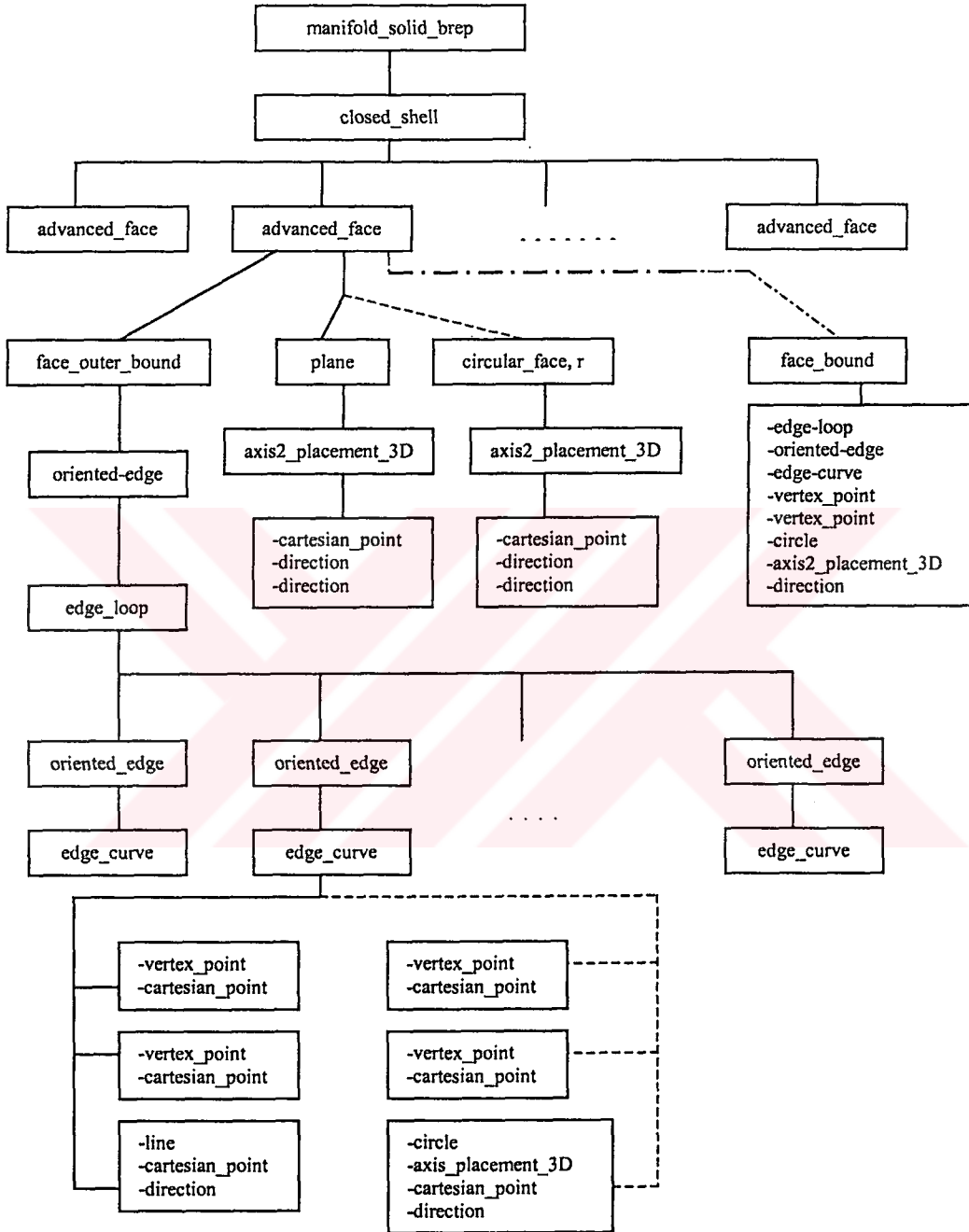
CURVE: Curve, koordinat uzayında, bir nokta hareketinin yolu olarak tasvir edilir.

EDGE_CURVE: Tam olarak tanımlanmış bir geometriye sahip olan bir EDGE'dir. Geometri, bir eğri ile tanımlanır. Topolojik ve geometrik yönler zıt olabilir ve bir indikatör ("F" or "T") EDGE ve CURVE'nin yönlerinin aynı yada zıt olup olmadığını tanımlamak için kullanılır. EDGE'nin köşeleri ile çakışan diğer mevcut eğriler EDGE geometrisi ile uyumlu olmalıdır. EDGE'ler aynı eğri olarak karşımıza çıkabilirler. Kenar eğrisini tanımlayan bir EDGE_CURVE; kenarın başlangıç ve bitiş noktalarını ifade eden VERTEX_POINT varlıklarını ve kenar çizgisinin kenar başlangıç (CARTESIAN_POINT) noktasını ve kenar çizgisi yönünü (DIRECTION) ifade eden ifade eden LINE varlık numarasını içerir

STEP fiziksel dosyasından alınan ve EDGE_CURVE'yi içeren bir örnek aşağıda verilmiştir:

```
#141=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,20.0,0.0));
#142=VERTEX_POINT('',#141);
#143=CARTESIAN_POINT('',(50.0,20.0,0.0));
#144=VERTEX_POINT('',#143);
#145=CARTESIAN_POINT('',(-50.0,20.0,0.0));
#146=DIRECTION('',(1.0,0.0,0.0));
#147=VECTOR('',#146,100.0);
#148=LINE('',#145,#147);
#149=EDGE_CURVE('',#142,#144,#148,.T.);
```

Tez çalışmasında kullanılan BDT ortamında oluşturulan ürün verisinin STEP AP203 (veya 214) formatında tanımlanma yapısı Şekil 3.26 da verilmiştir.



Şekil 3.26 STEP AP203/214 (ISO 10303-Part 21) formatında bir parçanın tanımlanması

Şekil 3.26 incelenecek olursa STEP standartlarına göre parçanın tanımlanması sınır temsiline (Boundary Representation) dayanır. Bir katı model (manifold_solid_brep), kendisini kaplayarak örten kapalı kabuktan (closed_shell) oluşur. Kapalı kabuk kendisini oluşturan bir takım yüzeylerden (advanced_face) meydana gelir. Yüzeyler, silindirik veya düzlem yüzey olabilir. Eğer yüzey, düzlem ise tanımlanması, ayırım noktalarından itibaren düz çizgiler takip edilerek Şekil 3.26'da gösterilmiştir. Eğer düzlem, yüzey silindirik ise ayırım noktalarından itibaren kesikli çizgilerden devam edilerek yüzeyler Şekil 3.26'da gösterilmiştir. Şekil takip edilerek kabuğu oluşturan her yüzeyin yerleşim noktası ve yerleşim yönü (direction) tespit edilebilir.

Bir yüzey üzerinde yerleşmiş delik veya silindirik unsur varsa yüzey (advanced_face), şekilde eksen çizgileri ile yönlendirilen hat takip edilerek yüzey üzerine yerleşmiş olan unsur hakkındaki bilgilere ulaşılır. Eksen çizgileri takip edilerek, yüzey üzerinde yerleşmiş olan özelliğin yüzey sınırlarını ifade eden sınır yüzey (face_bound) tanımlanır. Face_Bound, yüzey üzerine yerleşen özelliğin yönünü, koordinatlarını ve boyutlarını tanımlar

Bir yüzeyi oluşturan kenar çevrimlerine (loop) ulaşabilmek için dış yüzey sınırlarına (face_outer_bound) gidilir. Burada her yüzeyin çevrimi için bir yön indikatöründen (oriented_edge) devam edilerek, yüzeyin kenar çevrimine (edge_loop) ulaşılır ve buradan çevrimi oluşturan her bir kenar eğrisine (edge_curve) ulaşılır. Daha sonra kenar eğrisini oluşturan köşe noktalarına (vertex_point) ve köşe noktalarını tanımlayan kartezyen noktalara (cartesian_point) ulaşılabilir. Kenar eğrisinden eğrinin tipi (line veya circle) bu aşamada belirlenebilir.

Tez çalışmasında oluşturulan ve C++ dili ile yazılan İM-BDİP programı BDT ortamından elde edilen STEP AP203 formatındaki ürün verisini, Şekil 3.26'da gösterilen ve açıklanan yapısına göre analiz ederek parçayı tanımlar ve unsurları çıkartır.

STEP ile parçaların tanımlanması EK I'de verilmiştir.

4. GELİŞTİRİLEN İM-BDİP SİSTEMİ

İşleme merkezlerinde işlenecek parçalar için geliştirilen bilgi tabanlı işlem planlama sistemi, üretken işlem planlama yaklaşımıyla çalışır. Parça modelleme için unsur-tabanlı yaklaşım kullanılmıştır. Sistemin ve unsurların yapılandırılması nesne-yönelimli yaklaşım ile yapılmıştır. Sistem işleme merkezi tezgahlarında işlenecek parçalar için geliştirilmiştir. Endüstride dik işleme merkezleri yaygın olarak kullanılmaktadırlar ve BSD yapıdadırlar. Bu tez çalışmasında İM-BDİP (İşleme Merkezi-Bilgisayar Destekli İşlem Planlama) olarak adlandırılan sistem BDT programları ile entegre edilebilecek yapıdadır. Sistem girdileri aşağıdaki bilgilerdir;

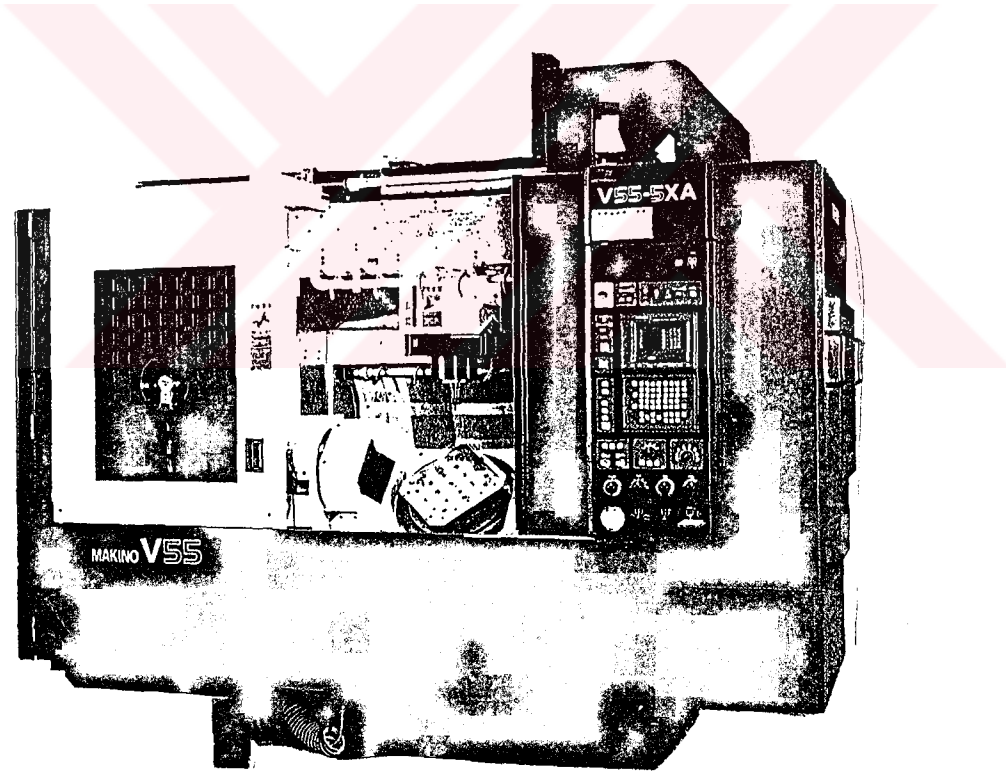
- BDT ortamından alınan üç boyutlu yapısal tasarım uygulama protokolleri olan STEP AP203 veya STEP AP214 formatında **BDT Veri Modeli**,
- Kullanıcı tarafından iş parçası malzemesi cinsinin **Parça Bilgi Modeli**'ne girilmesi,
- Kullanıcı tarafından her unsur için boyut toleranslarının **Parça Bilgi Modeli**'ne girilmesi,
- Kullanıcı tarafından her unsur yüzeyleri için **Parça Bilgi Modeli**'ne yüzey pürüzlülük değerlerinin girilmesi.

Sistemden elde edilen işlem planlama bilgileri ise; bağlama yüzeyleri, atanan ve sıralanan operasyonlar, her işleme karşılık gelen takım tipleri ve tezgah, her işlem için operasyon parametreleri (kaba ve bitirme işlemleri için devir sayıları, ilerleme hızları, paso sayıları), her operasyon için işleme zamanı, toplam işleme zamanı ve her bir işlemi yapabilmek için gerekli tezgah ana mil gücüdür. EK K'da verilen parçalar için sistemin ürettiği işlem planı çıkış bilgileri EK L'de verilmiştir.

Sistem işleme merkezleri için geliştirilmiş olmasına rağmen frezeleme ve delme tezgahları için de kullanılabilir. Bilgi modellerine gerekli eklemeler yapılarak diğer takım tezgahları için kullanılabilir duruma getirilebilir.

4.1 İşleme Merkezi

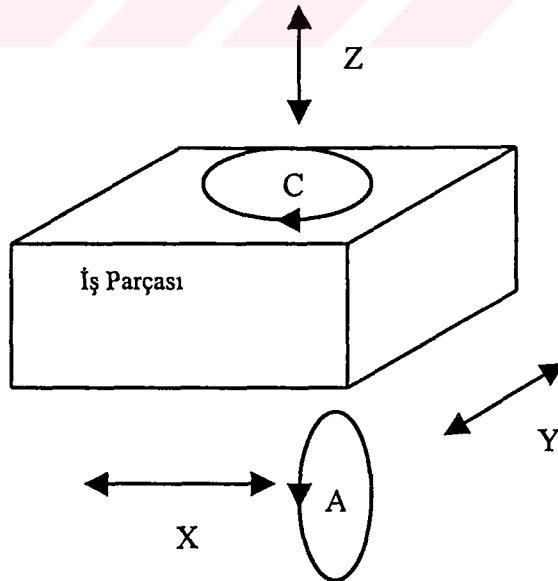
İşleme Merkezleri (Machining Center) frezeleme ve delme işlemlerini yapabilen takım tezgahlarıdır. Temel özelliği; parça bir bağlama yüzeyinden bağlandıktan sonra bağlama yüzeyi değiştirilmeden, tablanın ve takımın yapacağı eksen hareketleri ile parçanın birden fazla yüzeyinin işlenebilmesidir. Şekil 4.1’de, 5-Eksenli bir dik işleme merkezi verilmiştir.



Şekil 4.1 İşleme Merkezi

Bu tezgahlarda takım dönme hareketi ile beraber bağlı bulunduğu konsolun kızak sistemi yardımıyla aşağı-yukarı hareket (Z); ve parçanın bağlandığı tabla yatay düzleme paralel enine (Y) ve boyuna (X) hareketlerini yapabilir. İşleme Merkezleri, prodüktif olmayan zamanları azaltmak için tüm takımları taşıyan bir takım magazinine sahiptirler. İşlemleri biten takımlar otomat bir kolun yardımı ile ana milden alınıp takım magazinine; işlem sırası gelen takım da takım magazininden alınıp ana mile bağlanır. Bu tip tezgahlar çeşitli yönlerde parçayı hareket ettirme imkanına sahip olduklarından parça bir kez bağlandıktan sonra parçanın bir çok yüzeyini ve bu yüzeylerde bulunan unsurları işleyebilirler. Parçalar tezgahın dışında palet adı verilen sehpalara bağlanırlar. İşleme sırası geldiğinde üzerinde parça bulunan bu paletler elle veya robot arabacılarla tezgaha taşınırlar ve orada işlemi bitmiş olan parça yerine yeni parça konulur. Bu tip tezgahlar genelde bilgisayar denetimli (BSD) yapıdadırlar (Akkurt 1996).

5 Eksenli İşleme Merkezi operasyonlar için X, Y ve Z yönlerinde doğrusal hareketleri yaparken aynı zamanda parçaya X ekseninde A dönme hareketini ve Z ekseninde C dönme hareketini yapabilir. Bu hareketler sayesinde bir yüzeyinden bağlanan iş parçasının bağlama yüzeyi değiştirilmeden beş yüzeyi işlenebilir. 5-eksenli işleme merkezinin eksenleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 İşleme merkezi eksenleri (5-Eksenli)

İM-BDİP sisteminde kullanılan 5 eksenli tezgah için bu değerler (Makino V55-5XA):

X kursu: 900 mm

Z kursu: 450 mm

A döndürme açısı: 120°

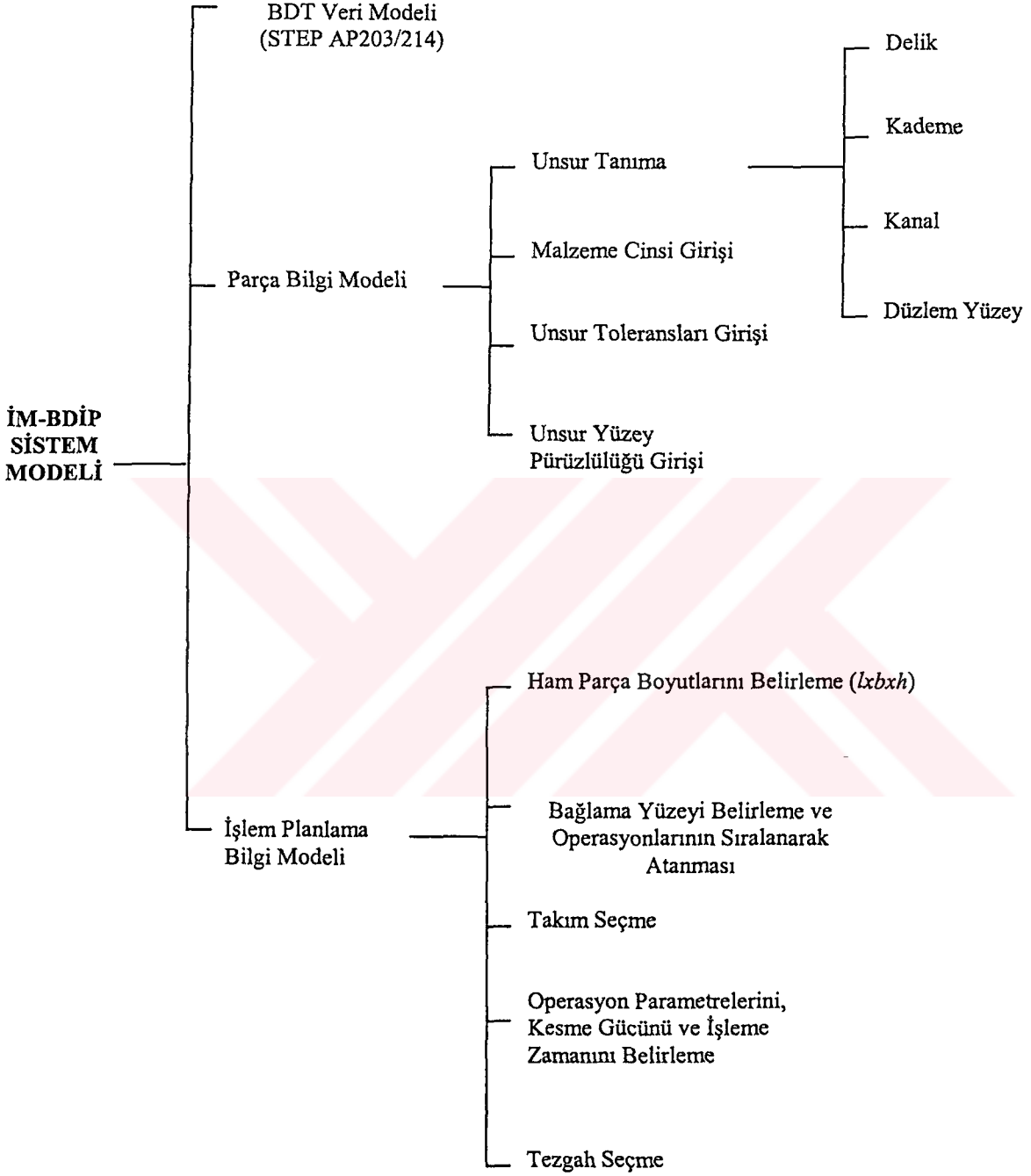
Y kursu: 500 mm

C döndürme açısı: 360°

4.2 İM-BDİP Sisteminin Yapısı

Sistemi oluşturan unsurlar, nesne-yönelimli yaklaşım benimsenerek alt/üst sınıf yapıları ile hiyerarşik modüller şeklinde oluşturulmuşlardır. Sistemi oluşturan bilgi modellerine eklemeler yapılabilir, kullanılmayan bilgiler silinebilir ve değişiklikler yapılabilir. Ayrıca yeni unsurlar, takım, tezgah bilgileri modüler şekilde oluşturulan sisteme eklenebilirler. Sistemin nesne-yönelimli modüler yapısı Şekil 4.3'te görülmektedir.

Sistemde nesne-yönelim metoduyla yapılandırılan bilgi modellerinin ve modüllerinin aralarındaki iletişim mesajlar şeklinde gerçekleşir. Bir bilgi modeli, diğer bilgi modeline mesaj göndererek onun içinde kapsüllenen ve metodunun elde ettiği sonuçlarını (değişkenlerini) alabilir ve kendi iç metodunda kullanarak kendi unsur değişkenlerini oluşturabilir. Bu sistemin karmaşıklığını çözen, nesne-yönelimli metodun anahtar özelliğidir.



Şekil 4.3 Nesne-Yönelimli Oluşturulan İM-BDİP Sistemi Bilgi Modeli

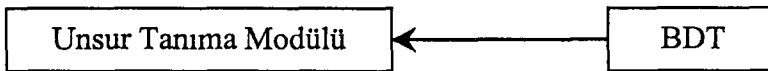
Aşağıda sistemi oluşturan bilgi modellerinin mesajlar ile kurdukları fonksiyonel ilişkileri gösterilmiştir. Ok yönleri; bir modülden diğer modüle mesajlar olarak gerçekleşen veri transfer yönünü gösterir.

Kullanıcı BDT ortamında parçanın geometrik tasarımını yapar ve parça verisi **BDT Veri Modeli** içinde STEP AP203/214 dosyası formatında elde edilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 BDT Veri Modelinin fonksiyonel iletişimi

BDT Veri Modeli içinde STEP dosyası şeklinde olan BDT verisi, **Parça Bilgi Modeli** içinde bulunan **Unsur Tanıma Modülü**'nün Unsur Tanıma modülleri tarafından yorumlanarak mevcut delik, kademe, kanal ve düzlem yüzey unsur tipleri ve bu unsur tiplerinin değişkenleri belirlenirler. Unsur-tabanlı modelleme ile düzenlenen unsur tipleri ve değişkenleri **Parça Bilgi Modeli** içinde toplanırlar (Şekil 4.5). Unsur tabanlı modelleme düşüncesine göre örneğin bir kanal unsuru için; kanalın tipi, genişliği, yüksekliği, uzunluğu ve işlenmesinde alınacak referans noktası kanal unsurunun geometrik unsur değişkenleridirler. Bu değişkenler imalat için gerekli geometrik bilgiyi ifade ederler. **Parça Bilgi Modeli**'nde unsurların tanınması Bölüm 4.2.2.1 de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

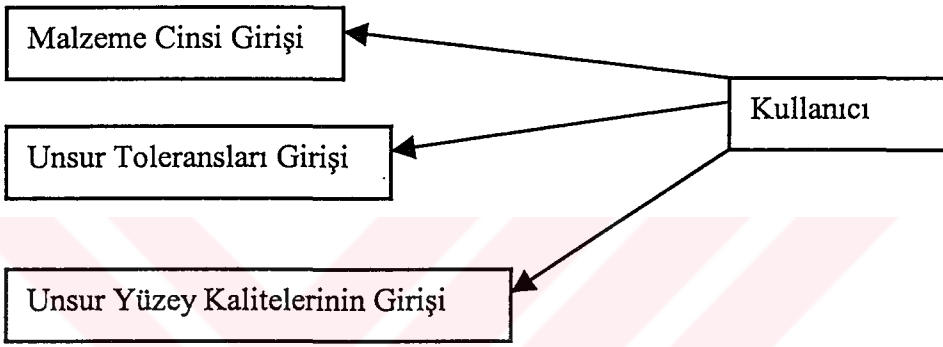


Şekil 4.5 BDT Veri Modeli ve Unsur Tanıma Modülü fonksiyonel iletişimi

Kullanıcı, parça malzemesinin cinsini, belirlenen parça üzerindeki mevcut unsurlara ilişkin boyut toleranslarını ve yüzeylere ilişkin yüzey pürüzlülük değerlerini sırasıyla **Malzeme Cinsi Girişi**, **Unsur Toleransları Girişi** ve **Unsur Yüzey Pürüzlülüğü Girişi** modüllerine girer. Bu değerler parçanın imalatı için gerekli olup, her unsur, modülün kendi içinde özelliğe ait değişkenler olarak atanırlar

ve parça bilgisi **İşlem Planlama Bilgi Modeli** içindeki modüller tarafından kullanılmak üzere unsur tabanlı bir model olarak oluşturulur (Şekil 4.6).

Ham Parça Boyutlarını Belirleme Modülü, **Parça Bilgi Modeli** ile mesajlaşarak düzlem yüzey değişkenlerini alır ve sınır yüzeylere göre maksimum ürün parça boyutlarını belirler ve bilgi tabanında kayıtlı standart malzeme boyutlarına uygun olarak ham parça boyutlarını ($l \times b \times h$) otomatik olarak hesaplar ve atar. Modül ham parça boyutlarını unsur değişkenlerine atayarak saklar (Şekil 4.7).

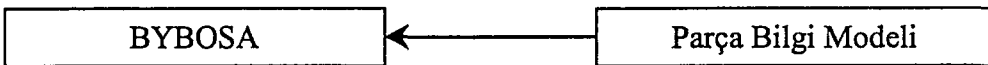


Şekil 4.6 Malzeme Cinsi, Unsur Toleransları ve Unsur Yüzey Pürüzlülüğü Giriş Modüllerinin fonksiyonel iletişimleri



Şekil 4.7 Ham Parça Boyutları Bilgi Modeli fonksiyonel iletişimi

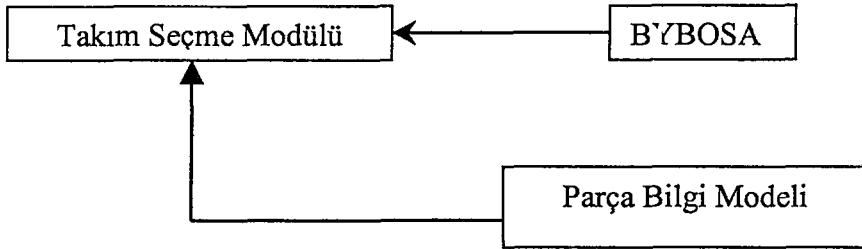
Bağlama Yüzeyi Belirleme ve Operasyonları Sıralayarak Atama Modülü (BYBOSA), **Parça Bilgi Modeli** ile iletişim kurarak belirlenmiş unsurlara göre parça bağlama yüzeyini belirler ve unsurlara karşılık gelen işlemleri atar (Şekil 4.8).



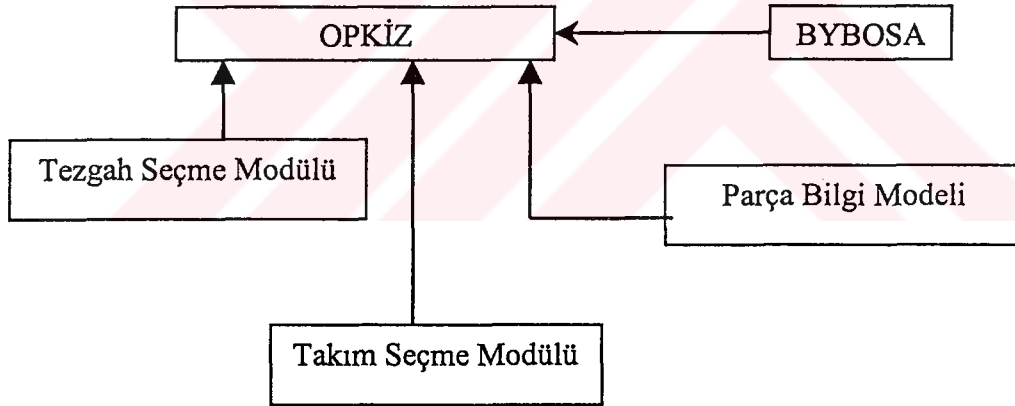
Şekil 4.8 BYBOSA Modeli fonksiyonel iletişimi

Takım Seçme Modülü, BYBOSA Modülü ve Parça Bilgi Modeli ile iletişim kurarak atanmış operasyonlara ve unsurların değişkenlerine göre takım seçimini yapar (Şekil 4.9).

Operasyon Parametrelerini, Kesme Gücünü ve İşleme Zamanını Belirleme Modülü (OPKİZ), operasyon parametrelerini, kesme gücünü ve esas işleme zamanını belirlerken **BYBOSA Modülü, Parça Bilgi Modeli, Takım Seçme Modülü ve Tezgah Seçme Modülü** ile fonksiyonel iletişim kurar (Şekil 4.10).



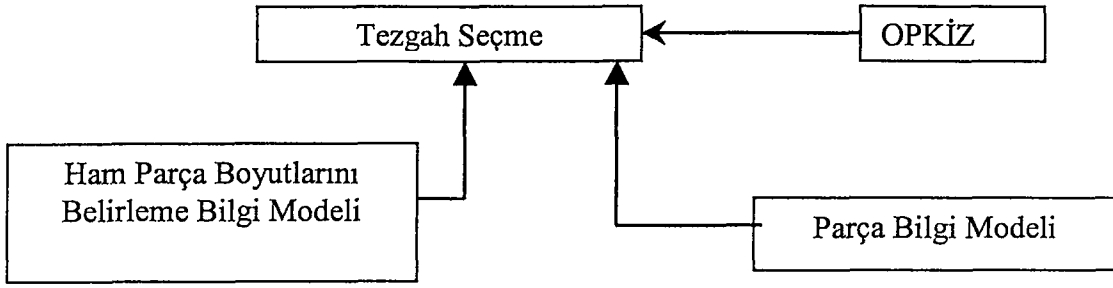
Şekil 4.9 Takım Seçme Modülü fonksiyonel iletişimleri



Şekil 4.10 OPKİZ Modülü fonksiyonel iletişimleri

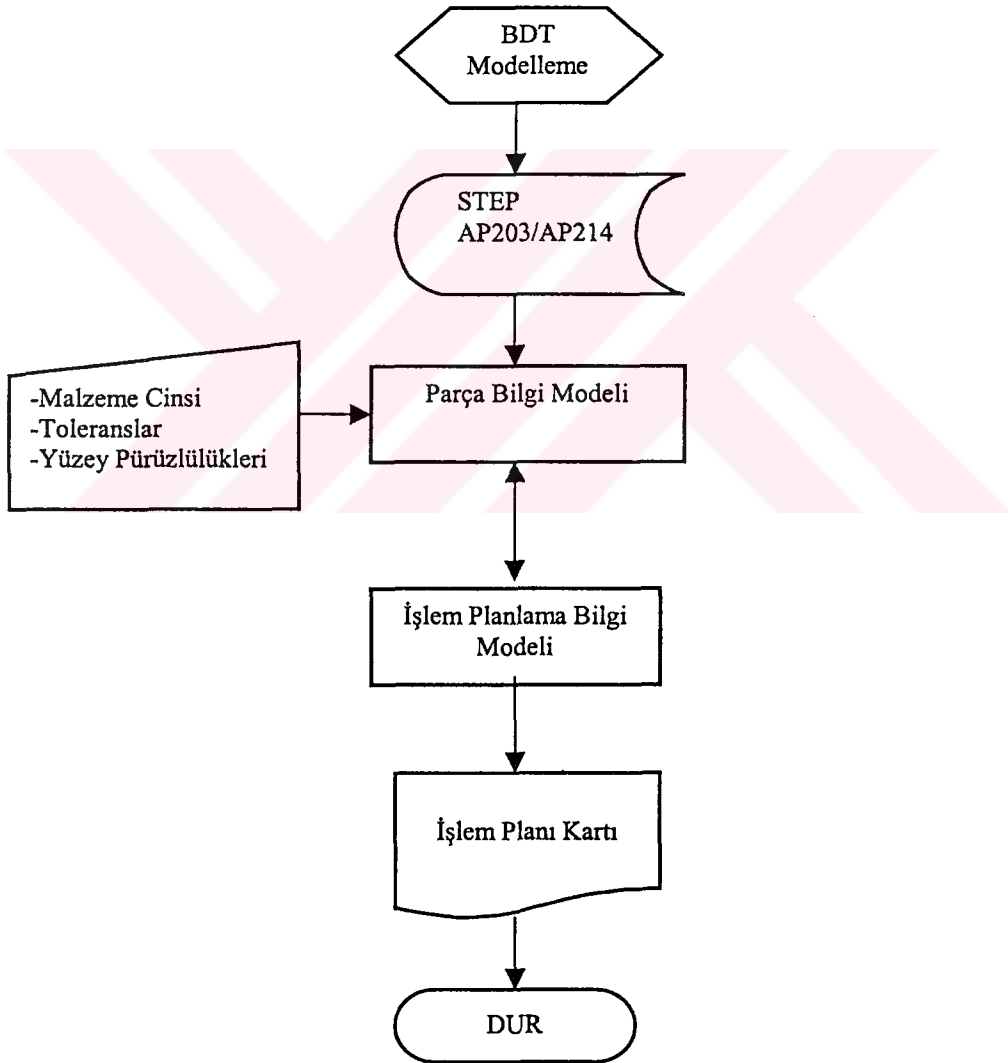
Tezgah Seçme Modülü ise **Ham Parça Boyutlarını Belirleme Modülü, OPKİZ Modülü ve Parça Bilgi Modeli** ile iletişim kurarak tezgahı belirler (Şekil 4.11).

Sonuç çıkarma mekanizması unsurları belirlerken ileriye zincirleme metodunu, unsurlara ilişkin imalat operasyonlarını belirlerken geriye zincirleme metodunu kullanarak çalışır.



Şekil 4.11 Tezgah Seçme Modülü fonksiyonel iletişimleri

Şekil 4.12 sistem programının işlem akış şemasını göstermektedir.



Şekil 4.12 Sistemin işlem akış kartı

Sistemin çalışması genel hatları ile dört aşamada gerçekleşir.

- 1- **BDT Veri Modelin'**den STEP AP203 veya AP214 uygulama protokolü formatında parçanın geometrik ve topolojik verisi depolanır.
- 2- Sonuç çıkarma mekanizması **Parça Bilgi Modeli** içindeki **Unsur Tanıma Modülü**, **BDT Veri Modeli'**ndeki parça STEP dosyasını araştırarak parça üzerinde mevcut olan kanal, kademe, düzlem yüzey veya delik unsur tiplerini ve değişkenlerini belirler ve bünyesinde her unsur tipini ve sahip olduğu değişkenlerini depolar.
- 3- **Parça Bilgi Modeli** içindeki **Malzeme Cinsi Giriş**, **Unsur Toleransları Giriş** ve **Unsur Yüzey Pürüzlülüğü Giriş Modülleri** sırasıyla iş parçası malzemesi cinsinin, belirlenen unsurların boyut toleranslarının ve unsurların yüzey pürüzlülük değerlerinin **Parça Bilgi Modeli** içine kullanıcı tarafından etkileşimli olarak girilmesini sağlarlar. Bu işlemlerden sonra **Parça Bilgi Modeli** içinde parçayı oluşturan bütün unsur tipleri ve bu unsur tiplerine ait imalat için gerekli bilgiler depolanır ve parça bir model şeklinde BDİP sistemine sunulur.
- 4- Sonuç çıkarma mekanizması daha sonra **İşlem Planlama Bilgi Modeli** bilgi tabanı içinde bulunan **Ham Parça Boyutlarını Belirleme**, **Bağlama Yüzeyi Belirleme-Operasyonların Sıralanarak Atanması**, **Takım Seçme**, **Operasyon Parametrelerini**, **Kesme Gücünü ve İşleme Zamanını Belirleme** ve **Tezgah Seçme Modüllerini**, **Parça Bilgi Modeli** içinde unsur tabanlı olarak modellenmiş parça bilgileri ile iletişim ve etkileşim halinde işleterek işlem planlama için gerekli kararları alır, hesaplamaları yapar ve elde ettiği sonuçları işlem planı kartına yansıtır.

4.2.1 BDT Veri Modeli

BDT Veri Modeli, BDT programından elde edilen STEP AP203 veya STEP AP214 uygulama protokolleridir. Tasarımı yapılan parça "parça adı.STEP" olarak kaydedilir. Kayıt sırasında dosya uzantısı kayıt iletişim kutusundan STEP-AP214 veya STEP-AP203 olarak seçilir. Oluşturulan İM-BDİPP programı STEP formatında kaydedilen BDT dosyasını işleyerek yorumlar, çizim üzerinden unsur tiplerini ve

değişkenlerini belirler ve işlem planlama programını çalıştırarak işlem planı kartını üretir.

Sistem BDT programından aldığı STEP fiziksel dosya formatındaki BDT Veri Modelini işleyerek bütün silindirik ve düzlemsel yüzeylerin (i) yönlerini ve (ii) koordinatlarını belirleyerek bir arayüz dosyası şeklinde saklar. Daha sonra **Parça Bilgi Modeli**'ndeki unsur tabanlı kurallar ile bu arayüz dosyası işlenerek unsurlar çıkartılır. **BDT Veri Modeli**, unsur-tabanlı modelleme için gerekli bütün parça verisini bir model şeklinde parça bilgisini BDİP sistemine sunmalıdır. Kullanılan mevcut BDT sistemleri henüz bu işlemi yapamamaktadır. Bunu başarmak için gerekli diğer malzeme cinsi bilgisi, toleranslar ve yüzey kalitesi bilgileri, kullanıcıdan, sistemin **Parça Bilgi Modeli** tarafından istenir ve bu veriler kullanıcı tarafından girilir.

4.2.2 Parça bilgi modeli

Parça Bilgi Modeli; Unsur Tanıma, Malzeme Cinsi Girişi, Unsur Toleransları Girişi ve Unsur Yüzey Pürüzlülükleri Girişi Modüllerinden oluşur. Unsur Tanıma Modülü, BDT Veri Modeli ile iletişim kurup unsurları tanıdıktan sonra Parça Bilgi Modeli kullanıcıya malzeme cinsini, belirlenen unsurlara ait unsur toleranslarını ve unsur yüzey pürüzlülük değerlerini girebilmesi için diyalog ortamı sağlar ve kullanıcının bu değerleri girmesi sağlanır. Parça Bilgi Modeli'nin bütün modülleri işletildikten sonra parçanın imalatı için gerekli bütün bilgilerin unsur tiplerinin ve unsur değişkenlerinin bir model şeklinde BDİP sistemine sunulması sağlanır. Parça Bilgi Modeli parçayı unsur-tabanlı olarak modeller.

4.2.2.1 Unsur tanıma modülü

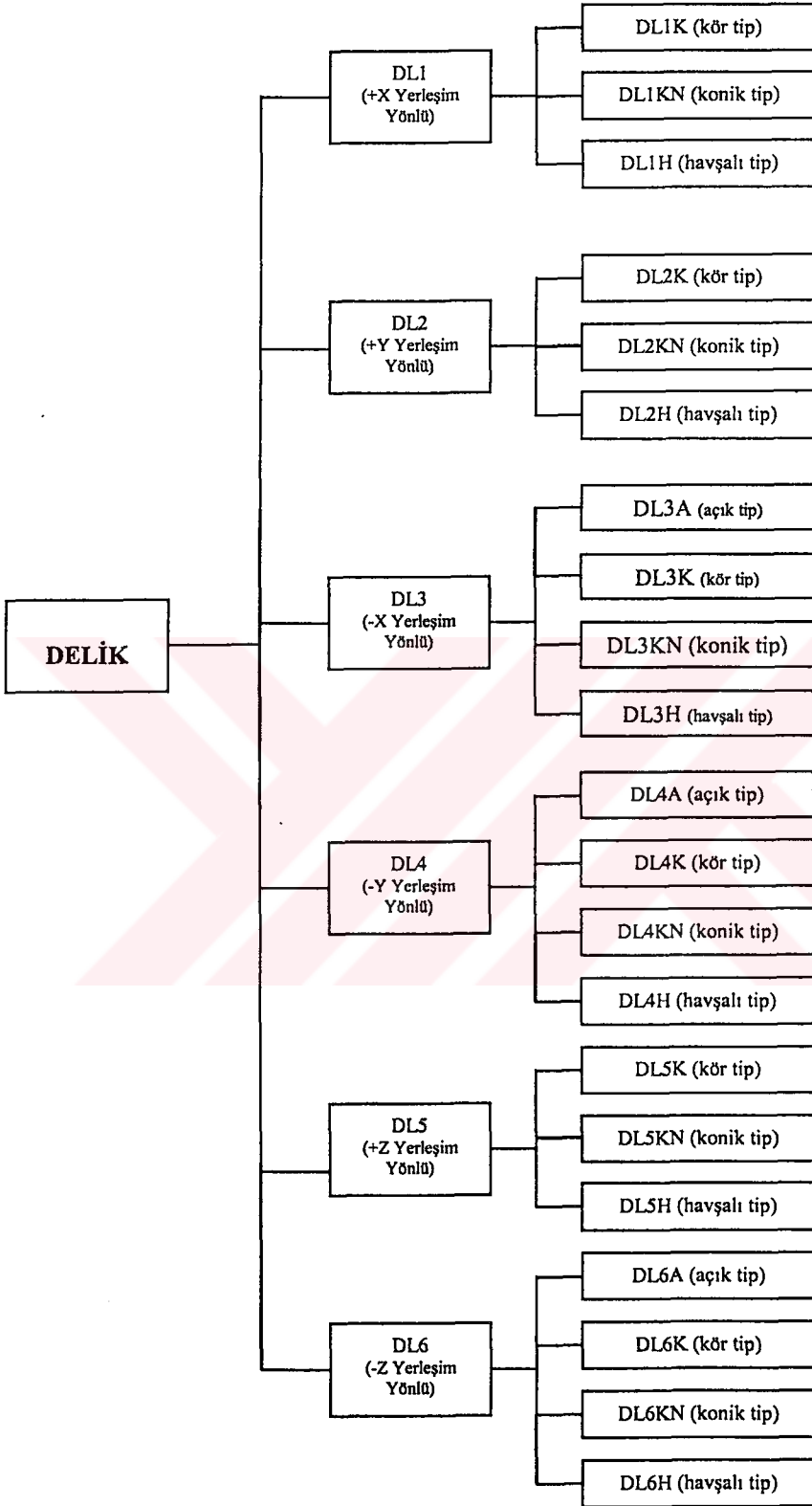
Unsur Tanıma Modülü; delik, kademe, kanal, yatay ve dikey düzlem yüzeylerin **BDT Veri Modeli**'nden çıkartılmasını sağlayan modüldür. Unsur-tabanlı

modelleme yaklaşımında geometrik profillerin her birisi bir unsurdur ve her bir unsur için atanmış imalat metotları, sistemin **İşlem Planlama Bilgi Modeli** içinde bulunan **Bağlama Yüzeyi Belirleme ve Operasyonların Sıralanarak Atanması Modülü** bilgi tabanında mevcuttur. Sistem, unsurları belirlemede ileriye zincirleme sonuç çıkarma metodunu kullanır ve üretken işlem planlama yaklaşımıyla **BDT Veri Modeli** arayüzünden alınan STEP dosyası verileri **Unsur Tanıma Modülü**'nde unsurların belirlenmesi için gerekli kurallar tarafından işlenerek unsurlar belirlenir. **Unsur Tanıma Modülü** içinde her unsurun nesne yönelimli yaklaşım ile hiyerarşik olarak yapılandırılması sağlanmıştır ve unsur-tabanlı modelleri oluşturulmuştur. **Unsur Tanıma Modülü**, **BDT Veri Modeli** arayüzüne “mesaj” göndererek aldığı geometrik veriler ile kendi metotlarını işletir ve parça üzerindeki unsurları ve unsurlara ait değişkenleri belirler. **Unsur Tanıma Modülü** içinde bulunan delik, kanal, kademe ve düzlem yüzey tanıma modülleri aşağıda açıklanmıştır.

Delik tanıma modülü:

Modül, delik unsurunu araştırmak için **BDT Veri Modeli** ile iletişim kurar. Elde edilen veriler işlenir varsa delik unsuru ve tipi belirlenir ve kodu atanır. Yerleşim yönüne ve tipine göre atanan kodlar, **İşlem Planlama Bilgi Modeli** içinde bulunan modüllerin, işlem planını oluşturmalarında büyük avantaj sağlarlar. Çünkü verilen kod sayesinde örneğin bir deliğin hangi yüzeyde olduğu, tipi, yerleşim yönü gibi bilgiler kolayca belirlenebilirler. Delik unsurlarına ilişkin yerleşim yönüne ve tipine göre İM-BDİP sistemi tarafından verilen kodlar EK A'da gösterilmiştir. **Delik Tanıma Modülü** delik tipini belirleyip kodladıktan sonra delik çapı, boyu ve imalat işlemleri için referans noktası gibi unsur değişkenlerini de BDT verisinden çıkartır ve değerlerini atayarak **Parça Bilgi Modeli** içinde depolar.

Unsur-tabanlı olarak tasarlanan “delik” unsuru tipleri nesne-yönelimli yaklaşım ile yapılandırılmışlardır. Delik unsurunun nesne-yönelimli yapılandırılması Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Delik unsurunun nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi

Şekil 4.13'te görüldüğü gibi delik unsuru için “Delik” üst sınıfının birinci dereceden alt sınıfı, delik yönüne göre delik sınıflarının oluşturulmasıdır. Örneğin “+X yönlü delikler DL1 sınıfı içinde kodlanırlar. İkinci dereceden alt sınıflar ise birinci dereceden alt sınıf içindeki delik tiplerinin “Kör Tip (DL1K)”, “Konik Tip (DL1KN)” ve “Havşalı Tip (DL1H)” olmasına bağlı olarak üç alt sınıf şeklinde oluşturulurlar. Delik üst sınıfından delik çapı, delik uzunluğu, delik tipi ve delik referans noktası “unsur değişkenleri” olarak alt sınıflar tarafından miras alınırlar (kalıtısanırlar). DL1 üst sınıfından alt sınıflara kalıtısanan genel unsur değişkeni delik tiplerinin +X yönlü olmalarıdır. Aynı zamanda delik çapını, boyunu, tipini belirleyen kurallardan oluşan “metotlar” da her delik alt sınıfı içinde kapsüllenirler. Diğer yön ve tipe sahip delikler, benzer şekilde sınıflandırılırlar.

Şekil 4.13'e bakıldığında DL1, DL2 ve DL5 sınıfına ait delik tiplerinde açık tipleri verilmemiştir. Çünkü bunların açık delik tipleri karşı yönleri olan DL3A, DL4A ve DL6A tipleri ile aynıdır. Delik unsurunun her sınıfında bulunan delik tipleri için *delik çapı*, *delik uzunluğu*, *delik tipi* ve *imalatında alınacak referans noktası* olarak genel unsur değişkenleri vardır. Belirli sınıflarda bulunan tipler için özel unsur değişkenleri de vardır. Örneğin “Konik Delik” unsur tipleri için ikinci bir yarıçap unsur değişkeni olacaktır. Aynı zamanda her unsur değişkeninin değerini belirleyen ve bir arayüz şeklinde bu unsur değişkenlerini diğer sınıflarla etkileşim için hazırlayan sınıfın “metotları” vardır.

Sınıflara ait her unsur tipi için unsur değişkenleri ve metodları, sınıfın içinde oluşturularak sınırları belirlenmiştir. Bu durum nesne-yönelimli yaklaşımda “kapsülleme” olarak adlandırılmaktadır. Metodlar işletilirken aynı unsurun, farklı unsurların veya sistemin diğer modüllerine ait sınıfları ile iletişim ve etkileşim kurabilirler.

Sınıflar arasında gerçekleşen etkileşim “mesaj” olarak adlandırılır. Bir sınıfın metodu çalışırken doğrudan etkileşim kuracağı sınıf ile mesajlaşıp oradan gerekli unsur değişkenlerini alabilir. Nesne-yönelimli yaklaşım ile sistem modellenirken yapı bu iletişime uygun olarak oluşturulur. Her sınıfın, unsur değişkenlerinin ve metodlarının sınırları ve iletişimleri net olarak belirlenmiştir.

Unsur Tanıma Modülü'nün delik tanıma modülü içinde bulunan ve BDT Veri Modeli'ne mesaj gönderip "delik" unsurunu ve unsur değişkenlerini araştırır. Sınıfın bu metoduna ilişkin prosedürler aşağıda verilmiştir:

- a) 3 varlık içeren ADVANCED_FACE ler araştırılır.
- b) Bu ADVANCED_FACE lerin 3. varlık numarasından PLANE 1. varlığının AXIS2_PLACEMENT_3D varlığının 2 varlığından yönüne göre deliğin ait olduğu yüzey tipi belirlenir (DYZ1, DYZ2, DYZ3, DYZ4, DYZ5 veya DYZ6).
- c) ADVANCED_FACE varlığının 1. veya 2. varlık numarasından FACE_BOUND \Rightarrow EDGE_LOOP 1. varlık numarasından ORIENTED_EDGE \Rightarrow EDGE_CURVE'nin 3. varlığından CIRCLE'nin 2. varlığından silindirik özelliğin yarıçapı (DLR1) belirlenir.
- d) CIRCLE 1 varlığından AXIS2_PLACEMENT_3D'in 1 varlığından yüzey ile kesişen silindirik özelliğin CARTESIAN POINT ilk yüzeyinin merkez noktası koordinatları (M1) ve 2 varlığından deliğin yönü bulunur (X, Y veya Z).
- e) EDGE_LOOP'un 2. varlığından ORIENTED_EDGE \Rightarrow EDGE_CURVE 3. varlığından CIRCLE 2. karakterinden silindirik özelliğin diğer yarıçapı (DLR2) belirlenir.
- f) CIRCLE'nin 1 varlığından AXIS2_PLACEMENT_3D'in 1 varlığından silindirik özelliğin diğer yüzeyinin merkez noktası koordinatları (M2) belirlenir.
- g) İlk bulunan 3 varlığa sahip ADVANCED-FACE ile ters yöne bakan diğer bir ADVANCED_FACE varlığı araştırılır.
- h) Bu ikinci ADVANCED_FACE varlığının 1. veya 2. varlık numarasından FACE_BOUND \Rightarrow EDGE_LOOP 1. varlık numarasından ORIENTED_EDGE \Rightarrow EDGE_CURVE'nin 3. varlığından CIRCLE'nin 2. varlığından silindirik özelliğin karşı diğer yarıçapı (DLR2) belirlenir ve e şıkında bulunan DLR2 ile karşılaştırılır.
- i) CIRCLE 1 varlığından AXIS2_PLACEMENT_3D'in 1 varlığından yüzey ile kesişen silindirik özelliğin CARTESIAN POINT karşı yüzey merkez noktası koordinatları (M2) ve 2 varlığından deliğin yönü bulunur (X, Y veya Z).
- j) M1 ve M2 noktaları ve yönler karşılaştırılarak deliğin tipi belirlenir.
- k) Deliğin M1 ve M2 noktalarının koordinatları arasında ki değişen koordinatlar arasındaki farktan deliğin boyu (DLUZ) bulunur.
- l) Deliğin uzunluğu ile yerleşim yönündeki parçanın sınır yüzeyleri karşılaştırılarak deliğin açık veya kör olduğu ve tipi belirlenir.

Örneğin; "DL3A (X yönlü Açık Silindirik Delik)" unsurunu araştıran metot aşağıdaki gibidir:

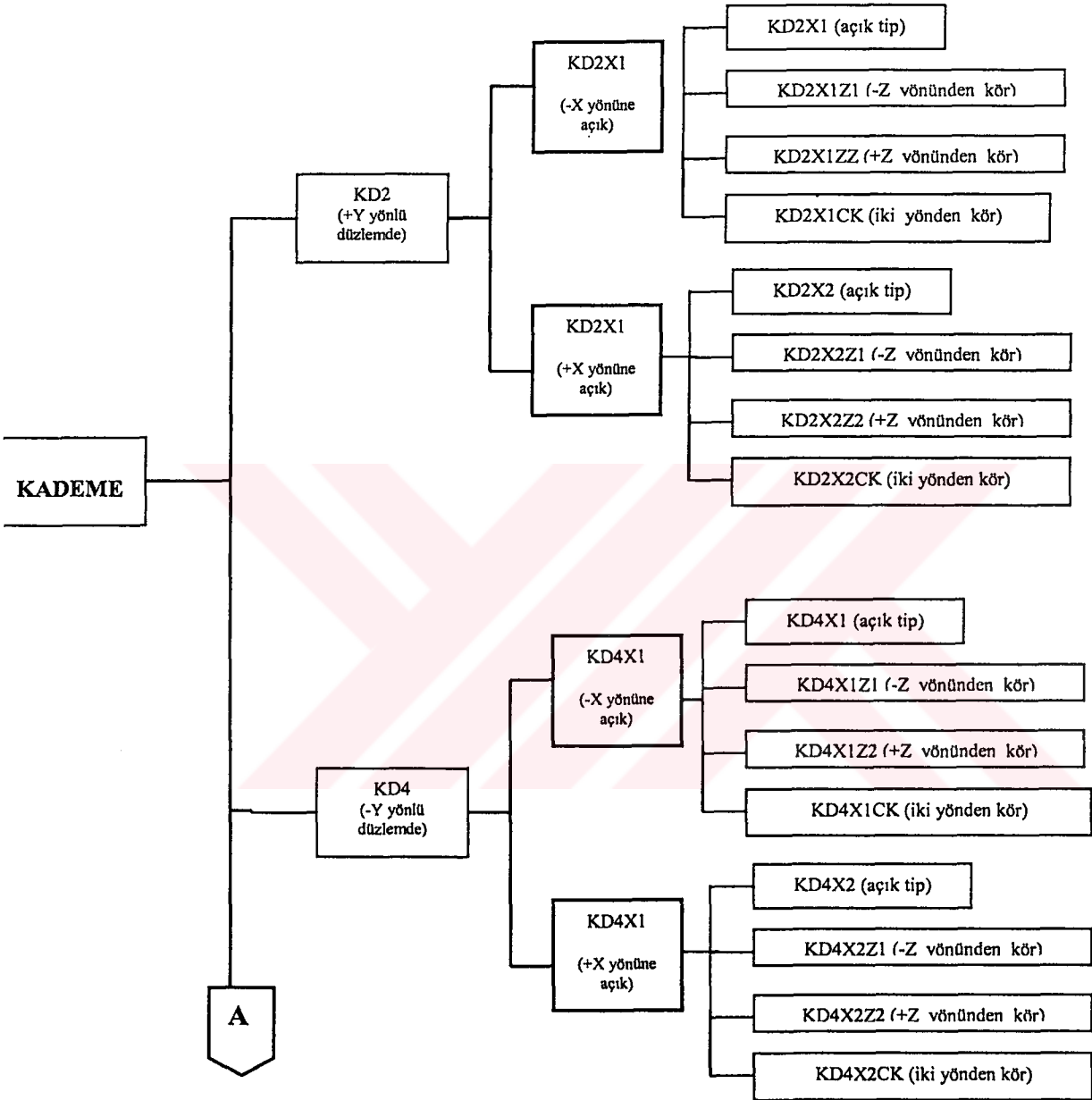
- a- EĞER DYZ1 ve DYZ3 düzlemlerinde X yönlü delik varsa DL3 özellik tipi vardır ve
- b- EĞER DL3 unsuru var ve
- c- EĞER delik boyu parçanın boyuna eşit ve
- d- EĞER delik LOOP'undaki DLCP1=DLCP2 ise
- e- O HALDE delik "DL3A (X yönlü açık silindirik delik)" tipi vardır.
- f- EĞER Birden fazla DL3A tipi varsa
- g- O HALDE DL3Ai olarak her birisini ata

Kademe tanıma modülü:

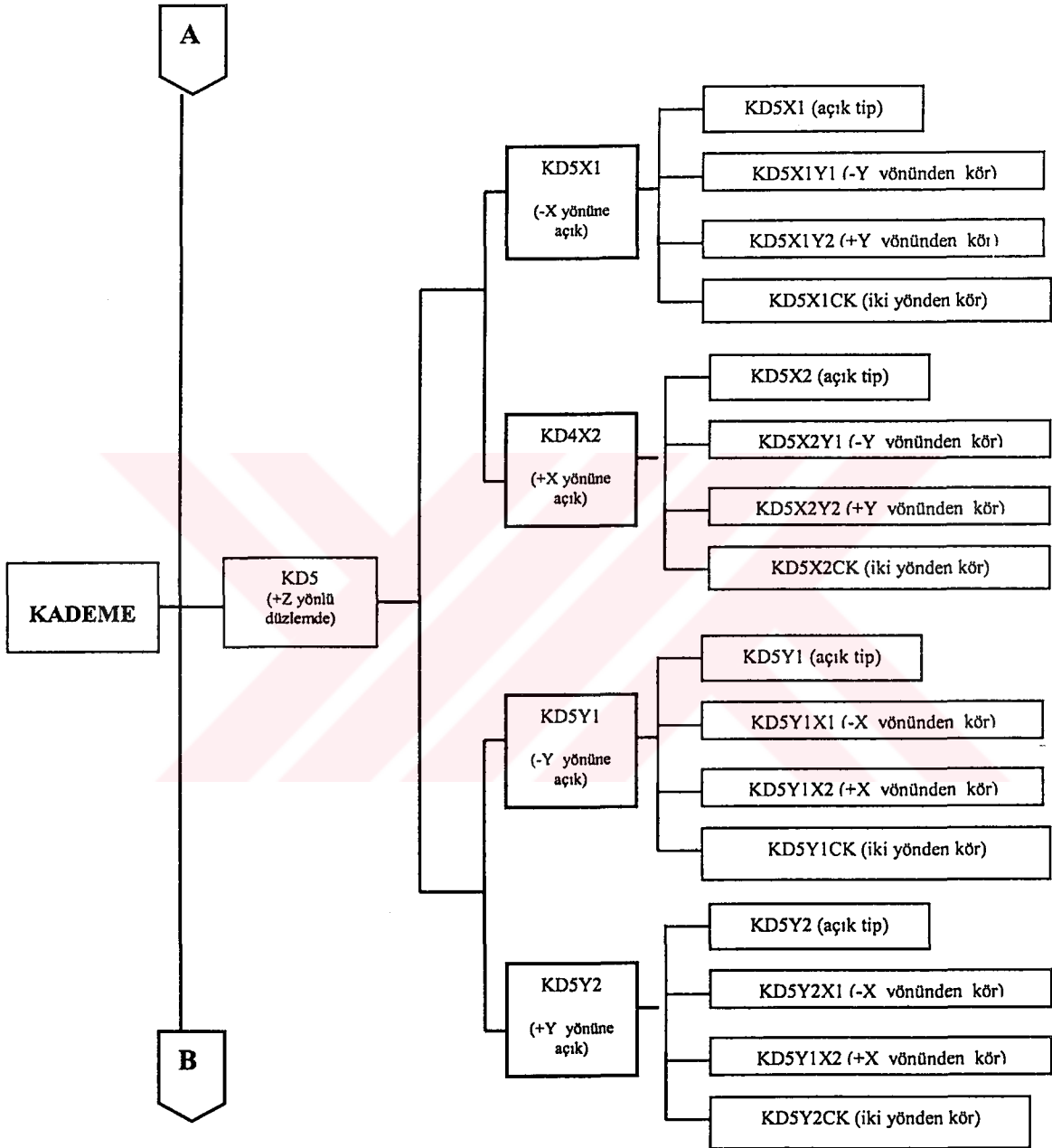
Talaşlı imalat işlemlerinde bir parça üzerinde yönlerine ve yüzeylerine göre karşılaşılabilecek toplam 48 tip kademe unsur tipi belirlenmiştir ve bunlar nesne-yönelimli yaklaşım ile modellenmiştir (Şekil 4.14). Yönlerine ve yüzeylerine göre unsurlar tasarlanarak her unsur, tipine göre kodlandığında işlem planlamada çok büyük avantajlar elde edilmiştir. Bağlama yüzeyi seçiminde ve operasyonların sıralanmasında kodlanmış unsur tipleri işlemlerin karmaşıklığını ortadan kaldırmaktadır.

Kademe unsurunu belirlemek için Kademe üst sınıfı içindeki genel ilk metot **BDT Veri Modeli** arayüzü ile etkileşim kurularak kademe için gerekli dört yüzeyin yönünün ve komşuluk özelliklerinin araştırılmasıdır. Bu işlem için; (i) kademe sınıfı içindeki kademe unsuru tanıma metotları işletilir ve metot **BDT Veri Modeli** ile iletişim kurularak (mesaj geçme) bütün düzlem yüzey unsurlarının yönlerini ve koordinatlarını belirler ve daha sonra (ii) tespit edilen yüzeylerin yönlerini ve yüzeylere ait koordinatların komşuluk ilişkilerini araştırarak kademe tipini belirler.

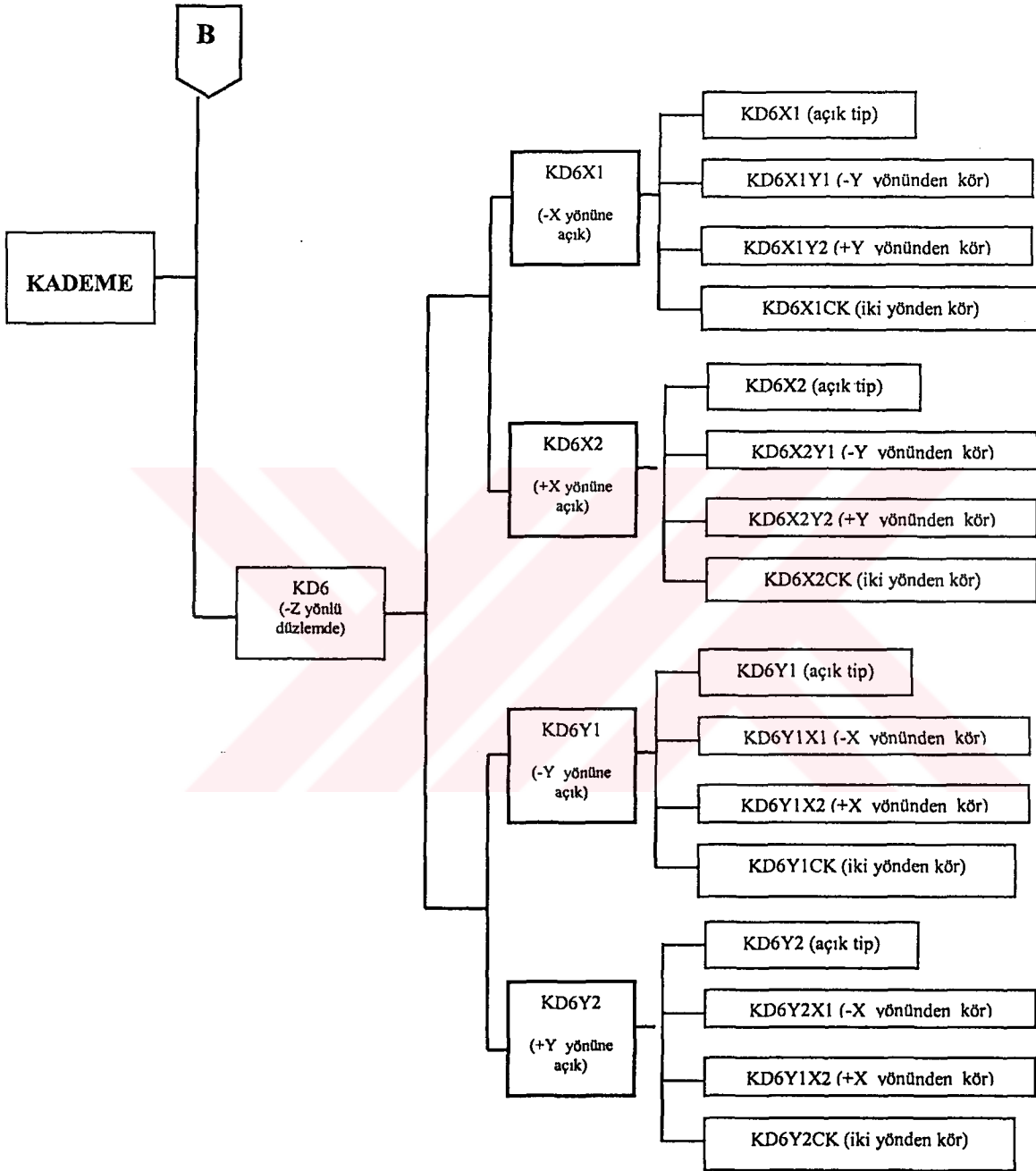
Şekil 4.14'te görüldüğü gibi toplam 48 kademe tipi sınıf hiyerarşisine göre nesne-yönelimli olarak yapılandırılmıştır. Yapıya göre yönler esas alınarak kademe unsurları temel olarak altı sınıfa ayrılmıştır. Örneğin Şekil 4.15'de görüldüğü gibi KD5Y1 tipi; X-ekseni doğrultusunda yerleşmiş, +Z ve -Y yönlerine bakan bir kademedir. Her kademe tipinin unsur değişkenleri; *kademe tipi*, *kademe genişliği*, *kademe yüksekliği*, *kademe uzunluğu* ve *imalatı için esas alınacak kademe referans noktasıdır*. Her kademe tipinin metotları ise belirtilen unsur değişkenlerini **BDT Veri Modeli**'nden araştıran ve belirleyen kurallardır. Benzer şekilde yüzeyler üzerinde yerleşebilecek diğer tüm kademe tipleri nesne yönelimli yapıda sınıflandırılmışlardır.



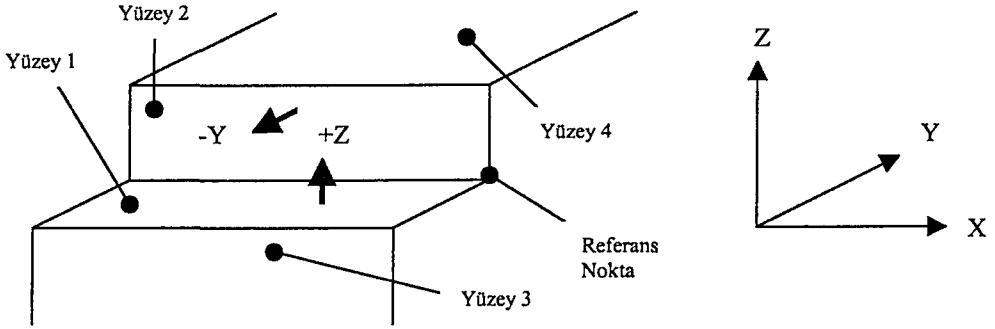
Şekil 4.14 Kademe unsur tiplerinin nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi



Şekil 4.14 Kademe unsur tiplerinin nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi (Devamı)



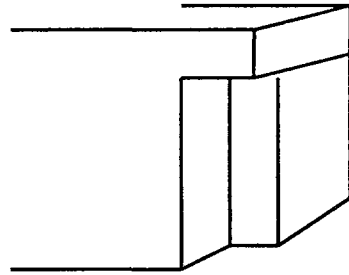
Şekil 4.14 Kademe unsur tiplerinin nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi (Devamı)



Şekil 4.15 KD5Y1 Unsur tipi

Yerleşme yüzeylerine ve yönlerine göre sınıflandırılan kademeler daha alt sınıfta ise açık kademe, iki yönden kör kademe ve herhangi bir yönden kör (2 tip) kademe olmak üzere dört alt kademe tipinden birisine sahip olabilir. Kademe tipleri kademe tanıma modülü tarafından çıkartılırken, bu unsur tiplerine göre kodlama yapılmıştır. Örneğin Şekil 4.16'da gösterilen kademe örneği ve kod örneği aşağıda açıklanmıştır:

Kodu: KD4 X2 Z2



Şekil 4.16 KD4X2Z2 Kademe tipi

Kod temel olarak üç parçadan oluşur. KD4; kısmı bu kademelerin 4 numaralı (-Y yönünde) düzlem yüzey üzerinde olduğunu, X2; kademelerin büyük x koordinatları tarafından +X yönüne açık olduğunu ve Z2; kademelerin büyük z koordinatları yönünden kör olduğunu gösterir.

Kademe tanıma modülü metodunun, yüzeylerin yönlerini ve koordinatlarını belirleme prosedürleri aşağıda verilmiştir;

Her yüzey için;

- a) CLOSED_SHELL den ADVANCED_FACE'e ait 2. varlık numarasından PLANE varlığının araştırılması
- b) PLANE mevcutsa, yönlendirdiği AXIS2_PLACEMENT_3D varlığının 2. varlığından yüzey yönünün saptanması
- c) ADVANCED_FACE'in 1. varlığından FACE_OUTER_BOUND'dan EDGE_LOOP bulunur.
- d) EDGE_LOOP 1. varlığından ORIENTED_EDGE'den EDGE_CURVE'nin 1. ve 2. varlıklarından VERTEX_POINT'lerden CARTESIAN_POINT'lerden yüzeye ait birinci çizginin 2 noktasının koordinatları bulunur
- e) EDGE_LOOP 2. varlığından ORIENTED_EDGE'den EDGE_CURVE'nin 1. ve 2. varlıklarından VERTEX_POINT'lerden CARTESIAN_POINT'lerden yüzeye ait önceki bulunan birinci çizgiyi takip eden ikinci çizginin 2 noktasının koordinatları bulunur (noktanın birisi ilk çizgi ile ortak koordinatlara sahiptir).
- f) EDGE_LOOP 3. varlığından ORIENTED_EDGE'den EDGE_CURVE'nin 1. ve 2. varlıklarından VERTEX_POINT'lerden CARTESIAN_POINT'lerden yüzeye ait önceki bulunan ikinci çizgiyi takip eden üçüncü çizginin 2 noktasının koordinatları bulunur (noktanın birisi ikinci çizgi ile ortak koordinatlara sahiptir).
- g) Benzer şekilde düzlem yüzeyi oluşturan bütün kenarların köşe noktalarının koordinatları belirlenirler.
- h) Her yüzeyin yönü ve koordinatları bir arayüz içinde belgelenirler

Metot STEP AP203 ve STEP AP214 fiziksel dosya formatlarını okuyabilir. Kademe tipleri, kademe sınıfı içinde çalışan kademe tipi belirleme metotları işletilerek bulunabilirler. Bu metotlar ile düzlemsel yüzeylerin yönleri ve koordinatları ilişkilendirilerek mevcut kademe tiplerini tespit ederler ve kodlarlar. Örneğin KD5Y1 (X-yönlü yerleşmiş ve +Z, -Y yönlerine açık) kademe tipi varlığını araştıran metot aşağıda verilmiştir;

KD5Y1 araştırma: (Şekil 4.15'e bakınız)

- a) +Z yönlü yüzeyler referans alınarak, z koordinatları daha küçük olan +Z yönlü yüzeylerin (1 nolu yüzey) varlığı araştırılır.
- b) 1 nolu yüzey ile y koordinatları aynı ve büyük olan ortak kenara sahip -Y yönlü yüzey (2 nolu yüzey) varlığı araştırılır. 1 nolu yüzey ile -Y yönünde ve önceki y koordinatlarından daha küçük aynı y koordinatlarına sahip ortak kenara sahip yüzey (3 nolu yüzey) araştırması yapılır. 2 numaralı yüzeyin büyük z koordinatlarına sahip kenarı ile ortak kenar oluşturan +Z yönlü yüzey varlığı araştırılır (4 no'lu yüzey).
- c) a ve b sağlanıyorsa "KD5Y1 (+Z,-Y yönlü Açık Kademe unsuru)" vardır.

Kademe genel (üst) sınıfının temel alt sınıfları mevcut kademelerin yerleşme ve açık yönleri esas alınarak yapılandırılırlar. Temel alt sınıfın kademe temel unsur değişkenleri bu yönler, metotları ise bu yönleri belirleyen prosedürlerdir. Kademe sınıfı unsur tipleri EK B’de verilmiştir.

Kademe temel alt sınıfının takip eden alt sınıfları ise bu unsurun açık yada kör olmasına göre yapılandırılmışlardır. Buna göre bir kademe; “açık kademe”, “çift yönden kör kademe”, “birinci yönden kör kademe” veya “ikinci yönden kör kademe” olabilir. KD5Y1 kademe unsuru için “KD5Y1”; açık kademeyi, “KD5Y1CK”; iki yönden kör kademeyi, “KD5Y1X1”; x koordinatları küçük olan yönünden kör kademeyi ve “KD5Y1X2”; x koordinatları büyük olan yönünden kör kademeyi temsil eden tipleridirler. Şekil 4.14’te bütün kademe tiplerinin hiyerarşik yapısı verilmiştir.

KD5Y1 kademe temel sınıfının alt sınıflarında kademenin “açık kademe” veya “kör kademe” unsur tiplerini araştıran metotları aşağıda verilmiştir;

- Hem 1 ve 2 no’lu yüzeylerin küçük x koordinatlı noktalarına sahip +X yönlü bir yüzey ve hem de 1 ve 2 no’lu yüzeylerin büyük x koordinatlı noktalarına sahip -X yönlü bir yüzey varsa kademe iki yönden (-X ve +X yönlerinden) kör kademedir. Kademe tipi KD5Y1CK dir
- Sadece 1 ve 2 no’lu yüzeylerin küçük x koordinatlı noktalarına sahip +X yönlü bir kenara sahip bir yüzey varsa kademe küçük x yönünden kör kademedir. Durum mevcutsa kademe tipi KD5Y1X1.
- Sadece 1 ve 2 no’lu yüzeylerin büyük x koordinatlı noktalarına sahip -X yönlü bir yüzey varsa kademe +X yönünden kör kademedir. Durum mevcutsa kademe tipi KD5Y1X2 dir.
- a, b ve c şıklarından hiç birisi mevcut değilse kademe açık kademedir ve kademe tipi KD5Y1 dir.

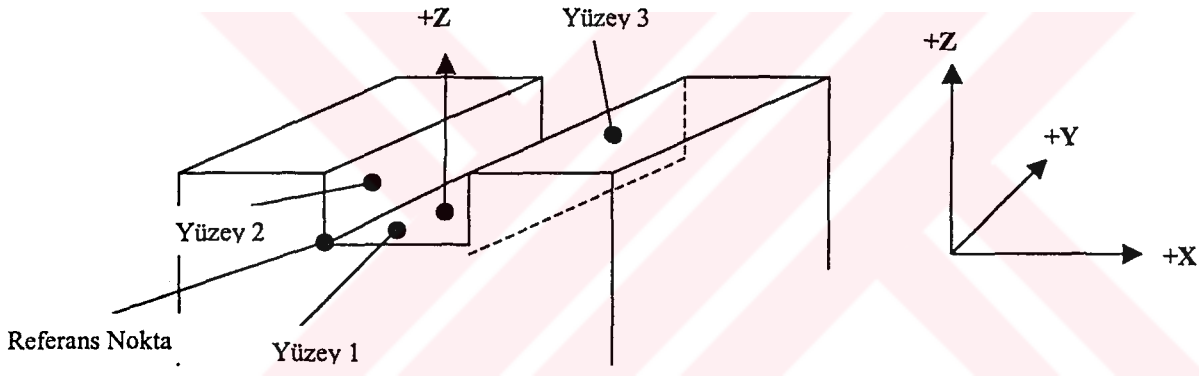
Kademe unsuru için bulunması gereken diğer unsur değişkenleri ise imalat işlemleri için *Kademe Referans Noktası (KDRF)*, *Kademe Genişliği (KDGN)*, *Kademe Yüksekliği (KDYG)* ve *Kademe Uzunluğu (KDUZ)* unsur değişkenleridir. Bunlar aynı zamanda genel sınıf unsur değişkenleridir. Şekil 4.15’te verilen KD5Y1 için bu unsur değişkenlerini belirleyen ve KD5Y1 arayüz dosyasına yerleştirilen kademe metotları aşağıda verilmiştir:

KDRF: 2 no’lu yüzeyin büyük x ve büyük z koordinatına sahip noktası
 KDMYK: 2 no’lu yüzeyde max.z-min.z
 KDMGN: 1 no’lu yüzeyde max.y-min.y
 KDMUZ: 1 veya 2 no’lu yüzeylerde max.x-min.x

Kanal tanıma modülü:

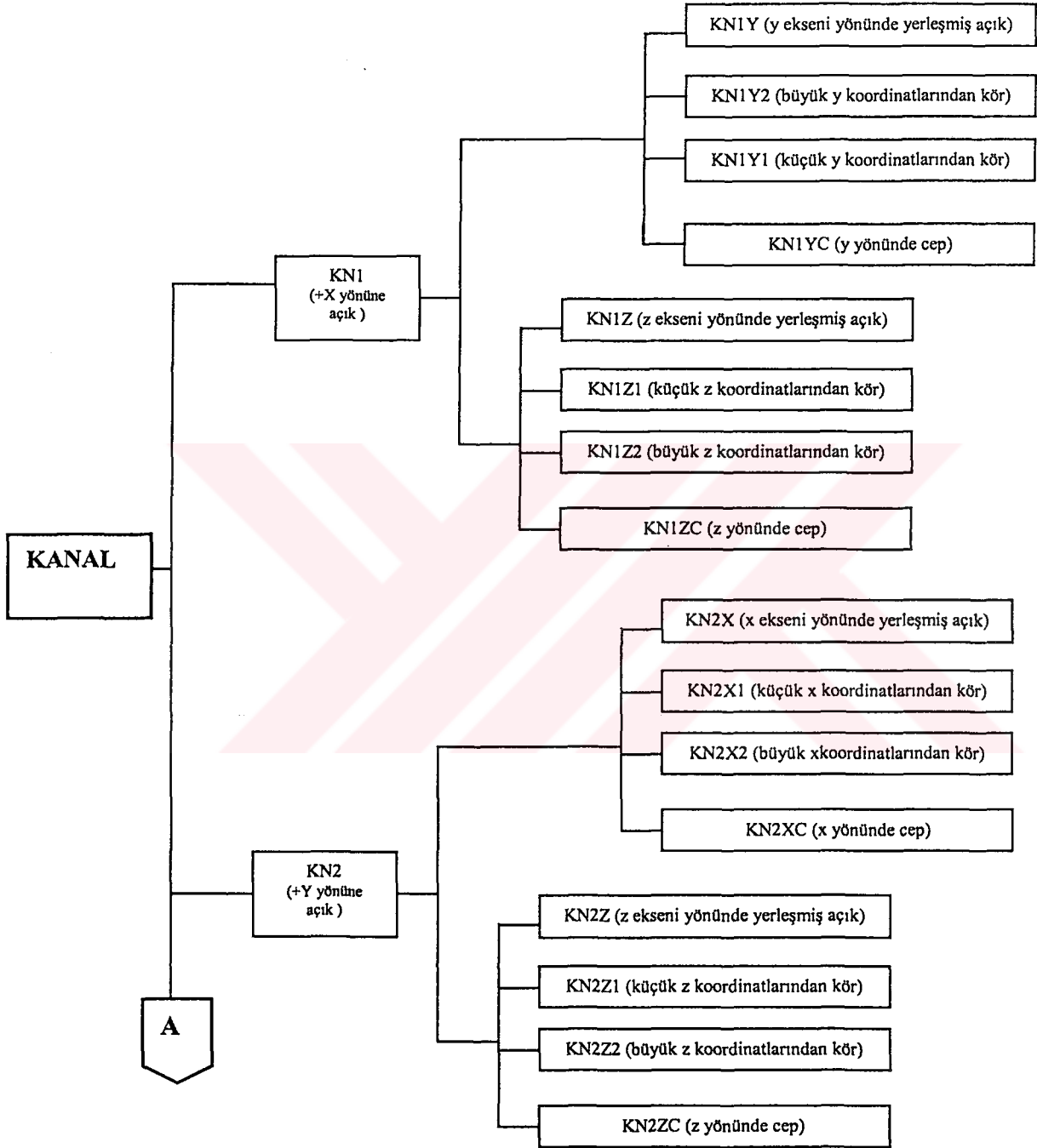
Kanal unsurunu belirlemek için kanal üst sınıfı içindeki genel ilk metot **BDT Veri Modeli** ile etkileşim kurularak kanalı oluşturan yüzeylerin yönlerinin ve yüzeye ait noktaların komşuluk ilişkilerinin araştırılmasıdır. Bu işlem için; (i) kanal sınıfı içindeki unsur tanıma metotları **BDT Veri Modeli** ile iletişim kurarak (mesaj geçme) bütün düzlem yüzey yönlerinin ve koordinatlarını araştırır. Bu işlemin metotları kademe sınıfının yüzey yönlerini ve koordinatlarını araştırın metotları ile aynıdır. Daha sonra (ii) tespit edilen yüzeylerin yönleri ve komşuluk ilişkileri araştırılarak kanal tipi belirlenir ve kodlanır.

Örnek olarak Y-ekseni yönünde yerleşmiş ve +Z yönüne açık ve KN5Y kodlu kanal tipi ve Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

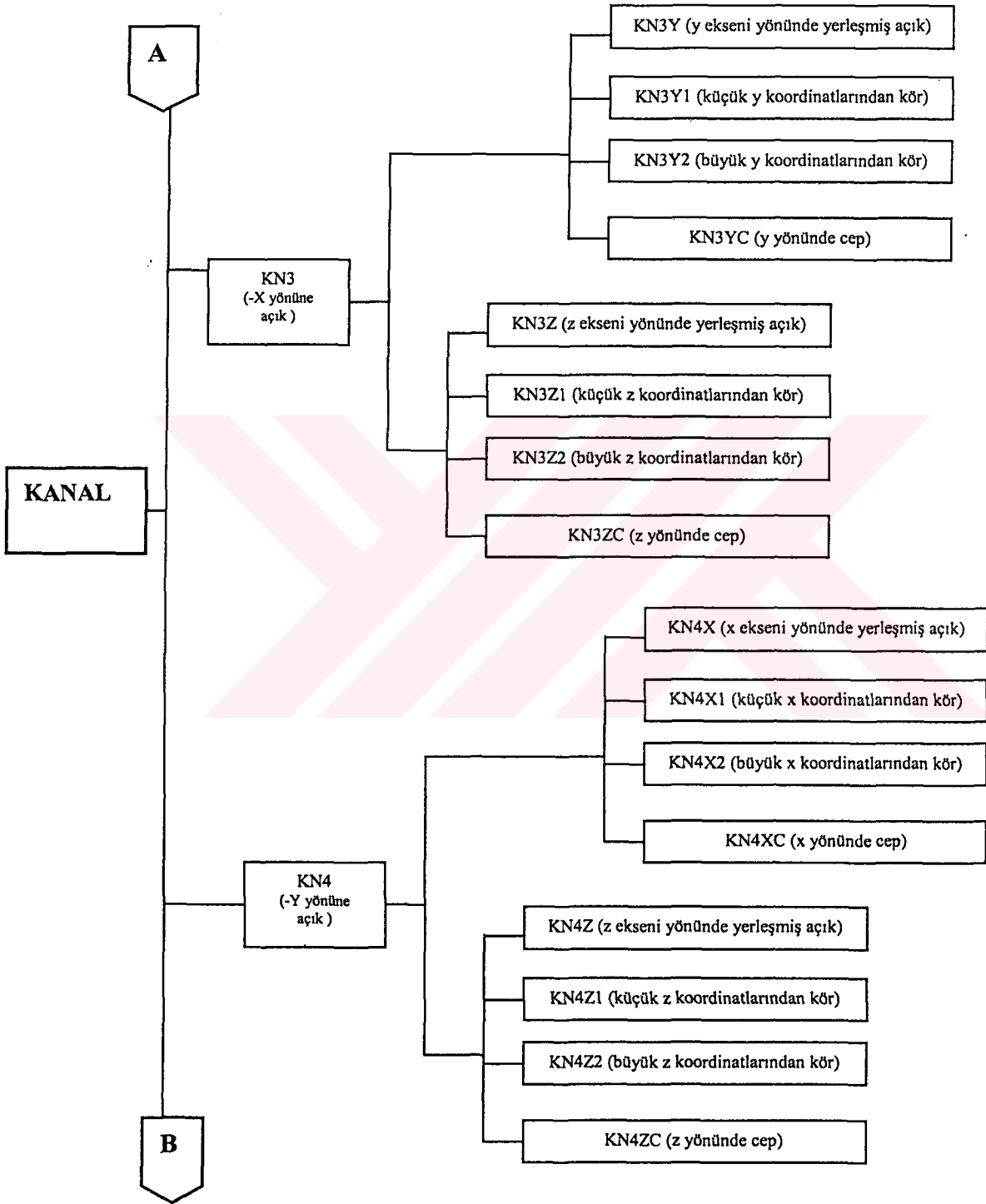


Şekil 4.17 KN5Y unsur tipi

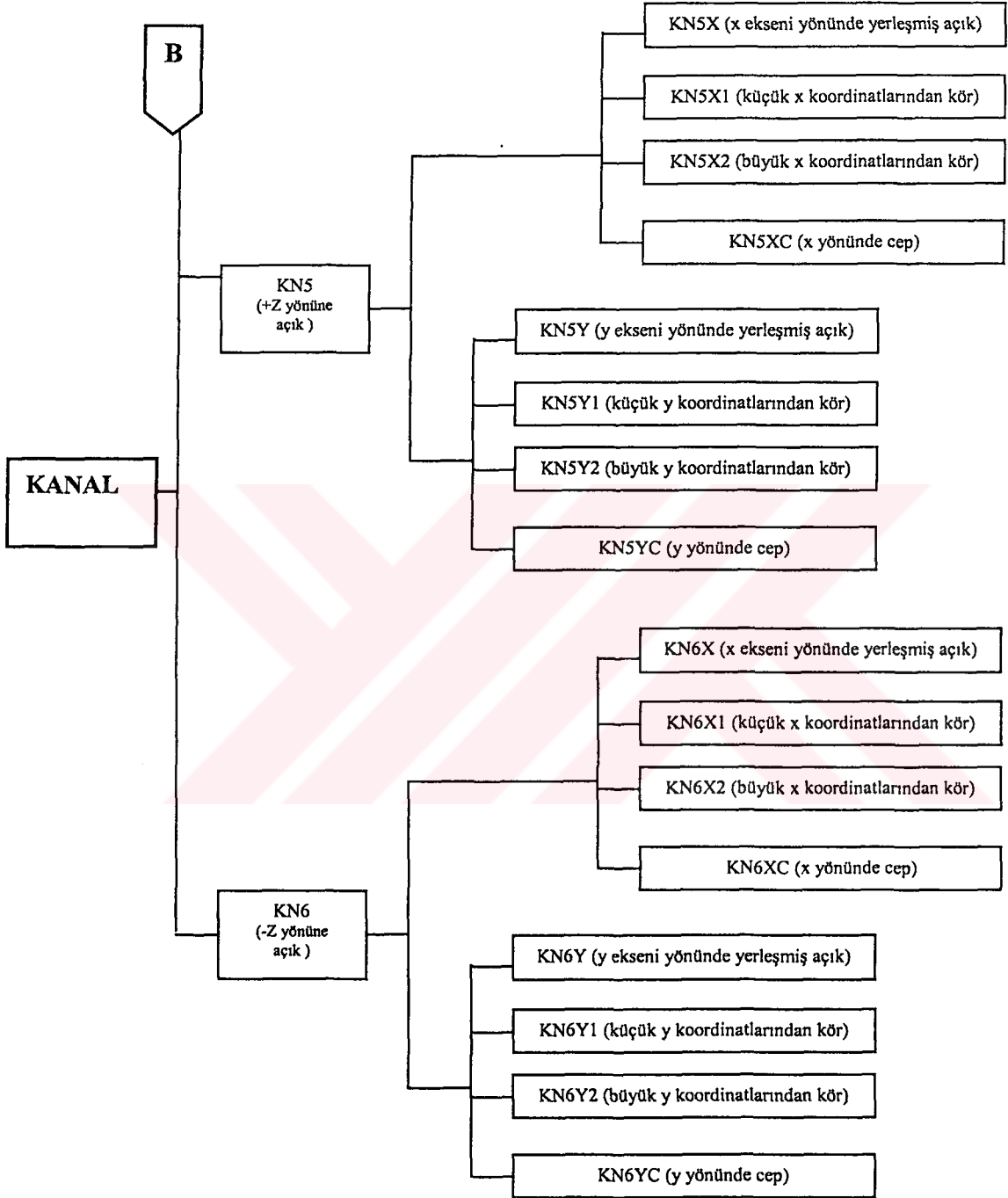
Şekil 4.18’de nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi gösterilen ve bir parça üzerinde karşılaşılabilecek kanal tipleri; kademe unsurunda olduğu gibi yerleşme yönüne ve kanalın açık olduğu yöne göre altı temel kanal alt sınıfına ayrılmışlardır.



Şekil 4.18 Kanal unsurunun nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi



Şekil 4.18 Kanal unsurunun nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi (Devamı)



Şekil 4.18 Kanal unsurunun nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi (Devamı)

Talaşlı imalat işlemlerinde bir parça üzerinde kademeye benzer şekilde yerleşim yönüne, yerleştiği yüzeye, açık veya kör olmalarına göre karşılaşılabilecek

toplam 48 tip kanal unsur tipi belirlendi ve bunlar nesne-yönelimli yaklaşım ile modellenmiştir. EK C’de kanal sınıfı unsur tipleri verilmiştir.

KN5Y unsur tipini araştıran temel alt sınıf metodu aşağıda verilmiştir;

- +Z yönlü yüzeyler referans alınarak, z koordinatları daha küçük olan +Z yönlü yüzeylerin (1 nolu yüzey) varlığı araştırılır.
- 1 nolu yüzey ile x koordinatları büyük olan noktaları ile aynı ortak kenara sahip -X yönlü yüzey (2 nolu yüzey) varlığı araştırılır. 1 nolu yüzey ile x koordinatları küçük olan noktaları ile aynı ortak kenara sahip +X yönlü yüzey (3 nolu yüzey) varlığı araştırılır.
- a ve b sağlanıyorsa "KN5Y (5 numaralı düzlem yüzeyde, ve Y eksenini yönünde yerleşmiş) kanal tipi" vardır.

Kanal tipi temel sınıfı belirlendikten sonra kanal unsurunun; "açık kanal", "cep (kör kanal)", "birinci yönden kör kanal" veya "ikinci yönden kör kanal" unsur tiplerinden hangisine ait olduğunun belirlenmesi gerekir. KN5Y unsuru için nesne-yönelimli metodolojiye göre sınıf içerisinde kapsüllenmiş ve KN5Y unsurunun tipini belirlemeye ilişkin metotlar aşağıda verilmiştir:

- Hem 1, 2 ve 3 no’lu yüzeylerin küçük y koordinatlarına sahip +Y yönlü ve hem de 1, 2 ve 3 no’lu yüzeylerin büyük y koordinatlarına sahip -Y yönlü bir yüzey varsa kanal iki yönden (-Y ve +Y yönlerinden) kör kanaldır. Kanal tipi KN5YC dir
- Sadece 1, 2 ve 3 no’lu yüzeylerin küçük y koordinatlarına sahip +Y yönlü bir yüzey varsa kanal -Y yönünden kör kanaldır. Durum mevcutsa kanal tipi KN5Y1.
- Sadece 1, 2 ve 3 no’lu yüzeylerin büyük y koordinatlarına sahip -Y yönlü bir yüzey varsa kanal + Y yönünden kör kanaldır. Durum mevcutsa kanal tipi KN5Y2 dir.
- a, b ve c şıklarından hiç birisi mevcut değilse kanal açık kanaldır ve kanal tipi KN5Y dir.

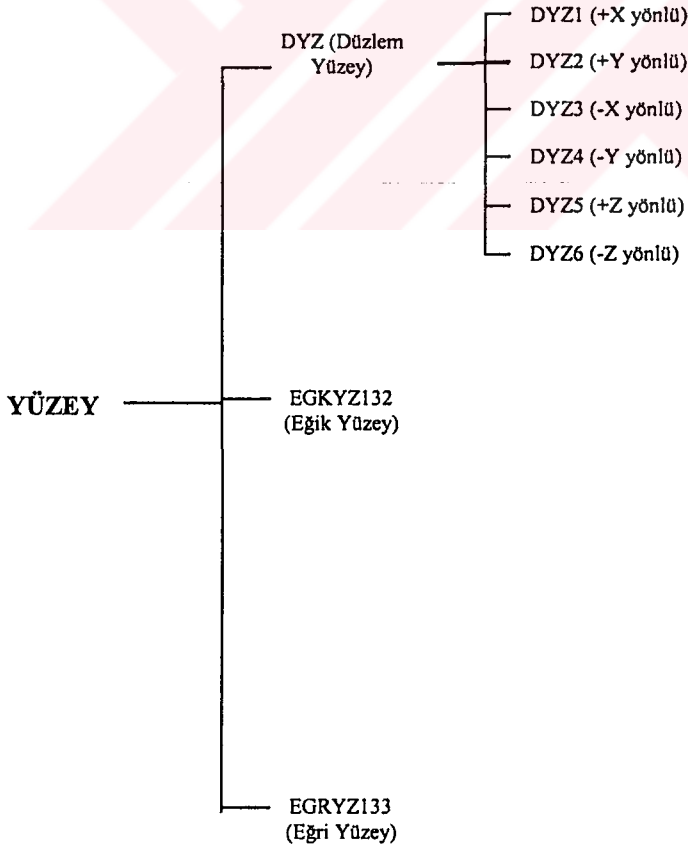
Kanalın tipi belirlendikten sonra kanal unsurunun imalatı için gerekli *Kanal Referans Noktası (KNRN)*, *Kanal Genişliği (KNGN)*, *Kanal Yüksekliği (KNYK)* ve *Kanal Uzunluğu (KNUZ)* unsur değişkenlerinin bulunması gerekir. KN5Y unsur tipine ilişkin nesne-yönelimli yaklaşımda kanal sınıfı içerisinde bulunan ve bu unsur değişkenlerini belirleyen KN5Y nesne metotları aşağıda verilmiştir.

KNLRF: 2 no’lu yüzeyin büyük y ve büyük z koordinatına sahip noktası
 KNLYK: 2 veya 3 no’lu yüzeylerde $max.z-min.z$
 KNLGN: 1 no’lu yüzeyde $max.x-min.x$
 KNLUZ: 1, 2 veya 3 no’lu yüzeylerde $max.y-min.y$

Düzlem yüzey tanıma modülü:

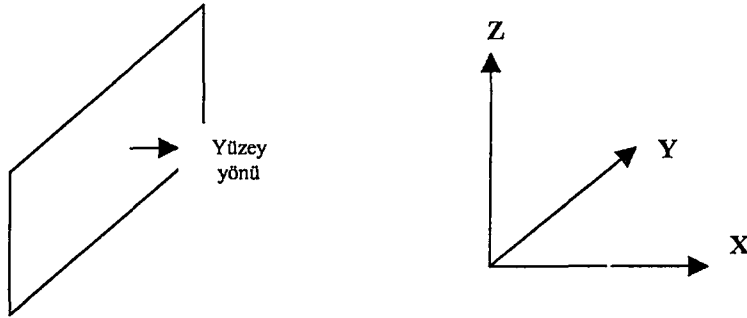
İmalat işlemlerinde karşılaşılan unsur tabanlı yüzeyler nesne-yönelimli düşünce ile “düzlem yüzeyler (DYZ1)”, “eğik yüzeyler (EGKYZ132)” ve “eğri yüzeyler (EGRYZ133)” olmak üzere 3 temel alt sınıfa ayrılmışlardır. İM-BDİP sistemi yalnızca düzlem yüzeyleri tanımaktadır. Ancak sistem nesne yönelimli, modüler yapıda olduğundan diğer yüzey tipleri de sisteme ilave edilebilirler. Düzlem yüzey unsur tiplerinin nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi Şekil 4.19’de gösterilmiştir.

Düzlem yüzeyler iki yatay yüzey ve dört dikey yüzey olmak üzere toplam altı alt sınıfa ayrılırlar. Bu yüzeyler yatay olarak “+Z yönlü (DYZ5)” ve “-Z yönlü (DYZ6)” olmak üzere iki; dikey düzlem yüzeyler olarak “+Y yönlü (DYZ2)”, “-Y yönlü (DYZ4)”, “+X yönlü (DYZ1)”ve “-X yönlü (DYZ3)” olmak üzere dört tip olmak üzere toplam altı alt sınıfa ayrılmışlar ve kodlanmışlardır. Düzlem yüzey sınıfı unsur tipleri EK D’de verilmiştir.



Şekil 4.19 Yüzey unsurlarının nesne-yönelimli sınıf hiyerarşisi

Şekil 4.20; düzlem dikey yüzeylerden +X yönlü, “DYZ1” unsurunu göstermektedir:



Şekil 4.20 DYZ1 unsur tipi

Düzlem yüzey tanıma modülünde nesne-yönelimli modelleme yaklaşım ile BDT Veri Modelinden bütün düzlem yüzeyleri bulup yüzeylere ait yönleri ve koordinatlarını belirleyen Düzlem Yüzey tanıma modülü içindeki metotlar aşağıda verilmiştir:

Her yüzey için;

- i) CLOSED_SHELL den ADVANCED_FACE'e ait 2. varlık numarasından PLANE varlığının araştırılması
- j) PLANE mevcutsa, yönlendirdiği AXIS2_PLACEMENT_3D varlığının 2. varlığından yüzey yönünün saptanması
- k) ADVANCED_FACE'in 1. varlığından FACE_OUTER_BOUND'dan EDGE_LOOP bulunur.
- l) EDGE_LOOP 1. varlığından ORIENTED_EDGE'den EDGE_CURVE'nin 1. ve 2. varlıklarından VERTEX_POINT'lerden CARTESIAN_POINT'lerden yüzeye ait birinci çizginin 2 noktasının koordinatları bulunur
- m) EDGE_LOOP 2. varlığından ORIENTED_EDGE'den EDGE_CURVE'nin 1. ve 2. varlıklarından VERTEX_POINT'lerden CARTESIAN_POINT'lerden yüzeye ait önceki bulunan birinci çizgiyi takip eden ikinci çizginin 2 noktasının koordinatları bulunur (noktanın birisi ilk çizgi ile ortak koordinatlara sahiptir).
- n) EDGE_LOOP 3. varlığından ORIENTED_EDGE'den EDGE_CURVE'nin 1. ve 2. varlıklarından VERTEX_POINT'lerden CARTESIAN_POINT'lerden yüzeye ait önceki bulunan ikinci çizgiyi takip eden üçüncü çizginin 2 noktasının koordinatları bulunur (noktanın birisi ikinci çizgi ile ortak koordinatlara sahiptir).
- o) Benzer şekilde düzlem yüzeyi oluşturan bütün kenarların köşe noktalarının koordinatları belirlenirler.
- p) Her yüzeyin yönü ve koordinatları bir arayüz içinde belgelenirler

Parçayı oluşturan bütün sınır-kabuk yüzeylere ait koordinat noktaları ve yüzey yönleri belirlendikten düzlem yüzey nesne tipinin belirlenmesi gerekir. Örneğin; bulunan yönler ve koordinatlar incelenerek, DYZ1 (+X yönüne bakan bir düzlem yüzeydir) nesne tipinin belirlenmesi düzlem yüzey tanıma sınıfı içerisinde bulunan aşağıdaki metotlar ile yapılır:

- a) +X yönlü yüzeyler referans alınarak, KANAL ve KADEME ye ait olmayan yüzeylerin varlığı araştırılır.
- b) a sağlanıyorsa "DYZ1 (+X yönlü DİK DÜZLEM YÜZEY unsuru)" vardır.

Bütün yüzey tipleri belirlendikten sonra imalat işlemleri için gerekli *Yüzey Referans Noktası (DYZRF)*, *Yüzey Genişliği (DYZGN)* ve *Yüzey Uzunluğu (DYZUZ)* unsur değişkenleri belirlenir. Nesne yönelimli metodolojide düzlem yüzey sınıfı içerisinde kapsüllenen ve "DYZ1" unsur tipine ait bu değişkenleri belirleyen metotlar aşağıda verilmiştir:

DYZRF: yüzeyin büyük z, küçük y koordinatlarına sahip noktası
 DYZGN: yüzeyde $max.z-min.z$
 DYZUZ: yüzeyde $max.y-min.y$

Belirlenen unsur değişkenleri DYZ1 nesnesinin arayüz dosyasına yerleşerek işlem planlama programının diğer sınıflarının kullanımına hazır hale gelirler.

4.2.2.2 Malzeme cinsini girme modülü

Parçayı oluşturan bütün unsur tipleri belirlendikten sonra parça malzemesi cinsinin **Parça Bilgi Modeli** içinde tanımlanması gerekir. İM-BDİP sisteminde iş parçası malzemeleri malzeme kodları ile tanımlanırlar. Malzeme kodları endüstride kullanılan kodlama sistemine uygun olarak çelikler (P), paslanmaz çelikler (M), ısıl dirençli alaşımlar (S), dökme demirler (K), ekstra sert çelikler (H) ve alüminyum alaşımları (N) sınıflarında kodlanırlar. EK E'de, malzemelerin kodlarını gösteren tablo verilmiştir (Sandvik). Kullanıcı program çalıştırıldığında ekrana gelen

“malzeme cinsini girin” mesajını aldıktan sonra, iş parçası malzemesini bu tabloda belirtilen koduna uygun olarak girer.

4.2.2.3 Unsur toleranslarını girme modülü

İşlem planlama programı sonuç çıkarma mekanizması, ileriye zincirleme yöntemiyle **BDT Veri Modeli**'nden parçayı oluşturan unsur nesnelere belirlendikten sonra unsur nesnelere ait boyutların toleransları sisteme girilebilir. **Unsur Toleranslarını Girme Modülü**, kullanıcı ile iletişim kurarak **Unsur Tanıma Modülü** tarafından belirlenen ve kodlanan her unsur nesnesi ile ilişkili boyutların toleranslarının kullanıcı tarafından girilmesini sağlar ve girilen tolerans değerlerini **Parça Bilgi Modeli** içinde nesne değişkeni olarak saklar. Tolerans değerleri tasarım sırasında belirlenir; ancak BDT programlarının STEP-Translator (STEP-Dönüştürücü) programları toleransların STEP dosyası formatına dönüştürülmesi işlemini henüz yapamamaktadırlar. Bu konuda STEP-Translator programları üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Sonuca ulaşıldığı takdirde, bu tez çalışmasında yapılan modelleme tekniğinde olduğu gibi ayrıca kullanıcı ile etkileşim gerektiren unsur toleranslarını girme modülüne gerek olmayacaktır. Doğrudan **BDT Veri Modeli**'nden tolerans verileri elde edilecektir.

Program, tespit ettiği nesne boyutlarının toleranslarını “mm” değerleri cinsinden kullanıcıdan alarak bilgi tabanında nesnelere ait unsur değişkenleri olarak bu değerleri saklar.

Bir delik unsuru için nesnelere boyut unsur değişkenleri *Delik Çapı (DLCP)* ve *Delik Uzunluğu (DLUZ)* dur. Açık delik tipi için sadece *Delik Çapı Toleransı (TDLCP)*, kör delikler için ise çap toleransının yanında ve *Delik Uzunluk Toleransı (TDLUZ)* kullanıcı tarafından modüle girilir

Bir kademe sınıfına ait nesnelere boyutları değişkenleri *Kademe Yüksekliği (KDYK)*, *Kademe Genişliği (KDGN)* ve *Kademe Uzunluğu (KDUZ)*'durlar. Bu üç boyutun tolerans değerlerinin sırasıyla *TKDYK*, *TKDGN* ve *TKDUZ* olarak kullanıcı

tarafından girilmesi İM-BDİP sisteminin **Unsur Toleransları Girişi Modülü** tarafından sağlanır.

Bir kanal sınıfına ait nesnelerin kademe sınıfına benzer şekilde *Kanal Yüksekliği (KNYK)*, *Genişliği (KNGN)* ve kanal kör ise ek olarak *Kanal Uzunluğu (KNUZ)* için toleransların sırasıyla *TKDYK*, *TKDGN* ve *TKDUZ* değerleri kullanıcı tarafından girilirler ve tolerans nesne unsur nesne değişkenleri olarak parça bilgi modeli içinde saklanırlar.

Bir düzlem yüzey sınıfına ait nesne tipleri için boyut değişkenleri *Yüzey Genişliği (DYZGN)* ve *Yüzey Uzunluğu (DYZUZ)* dur. Bu değerlerin toleransları da **Unsur Toleransları Girişi Modülü** tarafından sırasıyla *TDYZGN* ve *TDYZUZ* olarak kullanıcı tarafından **Parça Bilgi Modeli**'ne girilirler.

Eğer toleransı kullanıcı tarafından girilmeyen unsur boyutları varsa bu değerler, toleransı verilmeyen ölçüler için verilen tolerans standartlarına göre sistem tarafından otomatik olarak atanırlar. Toleransı verilmeyen ölçüler için tolerans standartları EK F de verilmiştir (Türkdemir 2000).

Sınıflara ait her nesne için tip, konum, boyut ve tolerans unsur değişkenleri nesne içinde kapsülленir. Bir nesneye koduyla ulaşıldığında bütün unsur değişkenlerine de ulaşılabilmektedir.

4.2.2.4 Unsur yüzey pürüzlülüklerini girme modülü

Tanımlanan sınıflara ait unsur nesnelерinin yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri, **Unsur Yüzey Pürüzlülüğü Girişi Modülü** aracılığı ile sisteme girilebilirler. İşleme merkezlerinde üretilecek parçalar için bu değerler $0.8 \mu\text{m}$ ile $12.5 \mu\text{m}$ arasında değişmektedir. Kullanıcı bir yüzeye ait pürüzlülük değerini belirtmez ise sistem yüzeyin pürüzlülük değerini $6.3 \mu\text{m}$ kabul ederek operasyon parametrelerini belirler ve yüzeyi işler.

Bir delik sınıfına ait unsur nesnesi için girilen yüzey kalitesi değeri *YKDL* olarak nesne içerisine unsur değişkeni olarak yerleştirilir.

Bir kademe sınıfına ait unsur nesnesi için girilen yüzey kalitesi değeri *YKKD* olarak nesne içerisine unsur değişkeni olarak yerleştirilir.

Bir kanal sınıfına ait unsur nesnesi için girilen yüzey kalitesi değeri *YKKN* olarak nesne içerisine unsur değişkeni olarak yerleştirilir.

Bir düzlem yüzey sınıfına ait unsur nesnesi için girilen yüzey kalitesi değeri *YKDYZ* olarak nesne içerisine unsur değişkeni olarak yerleştirilir.

Sınıflara ait bütün nesnelere ve kodları parça üzerine yerleşme durumlarına göre ve belirli bir hiyerarşik yapılanmaya göre oluşturuldukları için kodu ile bir nesneye ulaşıldığında, unsur tabanlı ve nesne yönelimli yaklaşım ile modellenen nesnenin imalatı için gerekli bütün bilgiye ulaşılmış olur.

BDT ortamından alınan veriler ve kullanıcı tarafından girilen veriler ile sınıfa ait her nesne kendi bilgileri ile kapsülendir. Sistem içindeki nesnelere için en ayırt edici unsur nesne kodlarıdır. Kodları sayesinde bir nesnenin sahip olması gereken unsur değişkenleri bilinebilir. Şekil 4.21'de delik, kademe, kanal ve düzlem yüzey sınıflarına ait örnek nesnelere için bilgi yapıları gösterilmiştir.

4.2.3 İşlem planlama bilgi modeli

Parça Bilgi Modeli'nden aldığı parça üzerinde tespit edilen nesne verileri ile kapsamında bulunan modüllerini işleterek işlem planını üretir. İşlem planlama için gerekli bütün imalat ilişkili unsur bilgileri **Parça Bilgi Modeli** bilgi tabanlarında mevcuttur. Çünkü parçayı oluşturan unsur tiplerine ait nesnelere, unsur tabanlı nesne yönelimli yaklaşım olarak modeller olarak Şekil 4.21'deki gibi **Parça Bilgi Modeli** içinde modellenmişlerdir.

İM-BDİP sistemi, **İşlem Planlama Bilgi Modeli** içinde bulunan modüllerin yardımı ile parçanın üretimi için gerekli işlem planlamasını yapar ve işlem planı kartını oluşturur. **Parça Bilgi Modeli**'nden, tespit edilmiş unsur nesnelere ve onların unsur değişkenleri alınarak **İşlem Planlama Bilgi Modeli** içinde bulunan modüller içindeki imalat ilişkili kurallar ve bilgiler ile sonuç çıkarma mekanizmasının ileriye

ve geriye zincirleme yöntemleri ile işletilerek sonuçlara ulaşılır. **İşlem Planlama Bilgi Modeli** içinde yer alan modüller aşağıda açıklanmışlardır.

<p>Nesne Kodu: DL3A</p> <p>Özellik Değişkenleri: DLRF= 70.0,30.0,25.0 mm DLCP= 16 mm DLUZ= 70 mm TDLCP1= +0.5 mm TDLCP1= -0.3 mm TDLDLUZ1= +0.5 TDLDLUZ1= -0.2 YKDL=6.3 µm</p>	<p>Nesne Kodu: KN5Y</p> <p>Özellik Değişkenleri: KNRF= 25.0,60.0,50.0 mm KNGN= 20 mm KNUZ= 50 mm KNYK= 22 mm TKNGN1= +0.3 mm TKNGN2= -0.3 mm TKNUZ1 = +0.5 mm TKNUZ2 = -0.5 mm TKNYK1 = +0.2 mm TKNYK2 = -0.2 mm YKKN=6.3 µm</p>
Delik	Kanal
<p>Nesne Kodu: KD5X2</p> <p>Özellik Değişkenleri: KDRF= 70.0,0.0,50.0 mm KDGN= 15 mm KDUZ= 60 mm KDYK= 23 mm TKDGN1= +0.3 mm TKDGN2= -0.3 mm TKDUZ1 = +0.5 mm TKDUZ2 = -0.5 mm TKDYK1 = +0.5 mm TKDYK2 = -0.5 mm YKKD=6.3 µm</p>	<p>Nesne Kodu: DYZ5</p> <p>Özellik Değişkenleri: DYZRF= 70.0,60.0,50.0 mm DYZGN= 60 mm KDUZ= 70 mm TDYZGN1= +0.3 mm TDYZGN2= -0.3 mm TDYZUZ1 = +0.5 mm TDYZUZ2 = -0.5 mm YKDYZ=6.3 µm</p>
Kademe	Düzlem Yüzey

Şekil 4.21 Delik, kanal, kademe ve düzlem yüzey nesne yapıları ve kapsüllenen unsur değişkenleri

4.2.3.1 Ham parça boyutlarını belirleme modülü:

Parça Bilgi Modelinden alınan veriler ile ürün parçanın maksimum sınır boyutları belirlenirler. Daha sonra parçanın maksimum x mesafesi l_0 , maksimum y mesafesi b_0 ve maksimum z mesafesi h_0 olarak atanırlar. Ham parçanın b ve h boyutları bu modülün içinde bulunan standart malzeme boyutları bilgi tabanına göre

seçilirler. Standartlara göre stokta kabul edilen standart malzeme boyutları EK G de verilmiştir. Ham parça uzunluğu olan l boyutu ise sistem tarafından otomatik olarak $l = l_0 + 10mm$ atanır. Ham parça boyutları atanırken $l > l_0$, $b > b_0$ ve $h > h_0$ olmalıdır. Kullanıcı istediği zaman **Ham Parça Boyutlarını Belirleme Modülüne** girerek bilgi tabanında kayıtlı standart malzeme boyutlarını güncelleyebilir.

Aşağıda ürün parça boyutlarını belirleyen modül içindeki metotlar verilmiştir.

- a- DYZ3 ve DYZ1 yüzeylerinin koordinatlarına bakılır ve bu yüzeylerden maksimum x koordinatları ve min x koordinatları arasındaki fark l_0 olarak atanır
- b- DYZ2 ve DYZ4 yüzeylerinden maksimum y ve min y koordinatlarına sahip yüzeylerin maksimum y ve min y koordinatları arasındaki fark b_0 olarak alınır.
- c- DYZ5 ve DYZ6 yüzeylerinden maksimum z ve min z koordinatlarına sahip yüzeylerin maksimum z ve min z koordinatları arasındaki fark h_0 olarak alınır.

Belirlenen l_0, b_0 ve h_0 a göre ham parça boyutları olan l, b ve h belirleyen bir metot örneği aşağıda verilmiştir:

Eğer $70 \text{ mm} \leq h_0 < 80 \text{ mm}$ ve $40 \leq b_0 < 60$ ise

o halde $h = 80mm$, $b = 60mm$, $l = l_0 + 10mm$

4.2.3.2 Bağlama yüzeyi belirleme ve operasyonların sıralanarak atanması modülü

Bağlama Yüzeyi Belirleme:

Bağlama yüzeyleri belirlenirken ham parça (i) boyutları ve (ii) parça üzerindeki unsurlar dikkate alınır. Ham parçanın en büyük alanını oluşturan boyutlarına sahip düzlem yüzeyi ilk bağlama yüzeyi olarak kabul edilir ve bu düzlem yüzey üzerinde delik, kanal ve/veya kademe unsur tiplerinin varlıkları araştırılırlar. Unsur araştırması için **Parça Bilgi Modeli** içinde belirlenen nesne kodlarının kontrolü yeterlidir. Ham parça boyutları **Ham Parça Boyutlarını Belirleme Modülü**'nden kolayca elde edilirler Eğer en büyük alana sahip düzlem yüzey üzerinde delik, kanal ve/veya

kademe unsur tipleri tespit edilirse bu yüzey 5-eksenli işleme merkezi tezgahı için 1. bağlama yüzeyidir, karşısındaki yüzey 2. bağlama yüzeyidir.

Karşılıklı iki büyük düzlem yüzey üzerinde unsurlar bulunursa o zaman önce +Z ve -Z yönlü düzlem yüzeyler için önce 1. bağlama yüzeyi DYZ5 olarak ve 2. bağlama yüzeyi DYZ6 olarak atanırlar. Eğer büyük alan sahip düzlem yüzeyler +X yönlü DYZ1 ve -X yönlü DYZ3 ise ve delik, kanal ve/veya kademe unsurlarına sahipler ise 1. bağlama yüzeyi DYZ1 olarak ve 2. bağlama yüzeyi DYZ3 olarak atanırlar. Büyük alan sahip düzlem yüzeylerin +Y yönlü DYZ2 ve -Y yönlü DYZ4 olmaları ve her ikisinin de delik, kanal ve/veya kademe unsurlarını içermeleri durumunda ise 1. bağlama yüzeyi DYZ2 olarak ve 2. bağlama yüzeyi DYZ4 olarak atanırlar. Bu kurallar 5-eksenli işleme merkezi içindir ve iki bağlama ile parçanın tamamı işlenebilmektedir. Unurlara ait nesne kodlarının bağlama yüzeyi seçiminde ne kadar avantaj sağladığı açıkça görülmektedir.

Ham parça boyutları ($l \times b \times h$) ve parça üzerindeki bütün kanal, kademe ve/veya delik nesne kodları ilgili sınıflardan alındıktan sonra 5-eksenli tezgah için bağlama yüzeyinin seçilmesine ilişkin bilgi tabanında yer alan kurallardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Eğer $l > b > h$ ise ve DL5, KD5 ve/veya KN5 ve DL6, KD6 ve/veya KN6 var ise 1. bağlama yüzeyi DYZ5 tir, 2. bağlama yüzeyi DYZ6 dır. 1. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın l boyutu tezgahın X eksenine doğrultusunda ve b boyutu tezgahın Y eksenine yönünde gelecek şekildedir. 2. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın l boyutu tezgahın Y eksenine doğrultusunda ve b boyutu tezgahın X eksenine yönünde gelecek şekildedir.
- Eğer $l > b > h$ ise ve sadece DL5, KD5 ve/veya KN5 var ise 1. bağlama yüzeyi DYZ5 tir, 2. bağlama yüzeyi DYZ6 dır. 1. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın l boyutu tezgahın X eksenine doğrultusunda ve b boyutu tezgahın Y eksenine yönünde gelecek şekildedir. 2. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın l boyutu tezgahın Y eksenine doğrultusunda ve b boyutu tezgahın X eksenine yönünde gelecek şekildedir.

- Eğer $l > b > h$ ise ve sadece DL6, KD6 ve/veya KN6 var ise 1. bağlama yüzeyi DYZ6 tir, 2. bağlama yüzeyi DYZ5 dir. 1. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın l boyutu tezgahın X eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın Y eksenini yönünde gelecek şekildedir. 2. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın l boyutu tezgahın Y eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın X eksenini yönünde gelecek şekildedir.
- Eğer $h > b > l$ ise ve DL1, KD1 ve/veya KN1 ve DL3, KD3 ve/veya KN3 var ise veya DL1, KD1, KN1, DL3, KD3, KN3 yok ise 1. bağlama yüzeyi DYZ1 tir, 2. bağlama yüzeyi DYZ3 dir. 1. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın h boyutu tezgahın X eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın Y eksenini yönünde gelecek şekildedir. 2. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın h boyutu tezgahın Y eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın X eksenini yönünde gelecek şekildedir.
- Eğer $h > b > l$ ise ve sadece DL1, KD1 ve/veya KN1 var ise 1. bağlama yüzeyi DYZ1 tir, 2. bağlama yüzeyi DYZ3 dir. 1. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın h boyutu tezgahın X eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın Y eksenini yönünde gelecek şekildedir. 2. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın h boyutu tezgahın Y eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın X eksenini yönünde gelecek şekildedir.
- Eğer $h > b > l$ ise ve sadece DL3, KD3 ve/veya KN3 var ise 1. bağlama yüzeyi DYZ3 tir, 2. bağlama yüzeyi DYZ1 dir. 1. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın h boyutu tezgahın X eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın Y eksenini yönünde gelecek şekildedir. 2. bağlama yüzeyi için bağlama yönü; parçanın h boyutu tezgahın Y eksenini doğrultusunda ve b boyutu tezgahın X eksenini yönünde gelecek şekildedir.

Eğer tezgah 3-eksenli ise o zaman bağlama yüzeyi seçme kuralları bu tezgah için düzenlenir. Parça üzerinde mevcut olan unsurlar esas alınarak bağlama yüzeyleri belirlenir ve sıralanır. 1. bağlama yüzeyi parça üzerinde en fazla delik, kanal ve/veya kademe içeren düzlem yüzeydir. Parça 1. bağlama yüzeyinden bağlandıktan sonra bu yüzeyin karşısındaki yüzey öncelikle işlenir. Daha sonra parçanın yüksekliğine

bakılır. Parça yüksekliği parçayı çevresel olarak işleyebilecek helisel frezenin işleme derinliğinden küçük ise ve yan yüzeyler üzerinde delik, kanal ve/veya kademe gibi unsur nesnelere yok ise 2. bağlama yüzeyi 1. bağlama yüzeyinin karşısındaki düzlem yüzeydir.

3-eksenli tezgahın işleyeceği bir parça için parça en çok delik, kanal ve/veya kademe içeren düzlem yüzeyi 1. bağlama yüzeyi olarak atanır. Parça bağlandıktan sonra 1. bağlama yüzeyine göre parçanın yüksekliğine karşılık gelen kenarı, tezgahın çevresel olarak helisel frezeleme ile işleyebileceği kesme derinliğinden büyük ise veya yan yüzeyler delik, kanal ve/veya kademe gibi unsurlar içeriyorsa parçanın bağlama yüzeylerinin seçimi değişir. Bu durumda 2. bağlama yüzeyi en çok delik, kanal ve/veya kademe delik içeren 2. sıradaki düzlem yüzey; 3. bağlama yüzeyi en çok delik, kanal ve/veya kademe delik içeren 3. sıradaki düzlem yüzey; 4. bağlama yüzeyi en çok delik, kanal ve/veya kademe delik içeren 4. sıradaki düzlem yüzey; 5. bağlama yüzeyi en çok delik, kanal ve/veya kademe delik içeren 5. sıradaki düzlem yüzey ve 6. bağlama yüzeyi en çok delik, kanal ve/veya kademe delik içeren 6. sıradaki düzlem yüzey olmak üzere altı bağlama yüzeyi ile parça işlenebilir. Eğer düzlem yüzeylerin içerdiği unsur yönünden sıralamalarında eşitlik olanlar var ise sıralama, karşılıklı yüzeylerin bağlama yüzeyleri ardışık gelecek şekilde bağlama yüzeyleri atanırlar.

Parça Desteklenme Yüzeylerini Belirleme:

Parça tezgah tablasına, 1. bağlama yüzeyinden bağlanırken bağlama yüzeyinin büyük kenarı tezgah X ekseni yönünde, diğer kenarı ise tezgah Y ekseni yönünde olacak şekilde yerleştirilir. 2. bağlama yüzeyinden parça bağlanırken bağlama yüzeyinin büyük kenarı tezgah Y ekseni yönünde, diğer küçük kenarı ise tezgah X ekseni yönünde olacak şekilde yerleştirilir. Parça tezgah tablasının X ekseni yönlerinden desteklenir. Parça desteklenme yüzeyleri bağlama yüzeyine göre parça bağlandıktan sonra +X ve -X yönlerine bakan yüzeyleridir.

Operasyonların Sıralanması:

Bağlama yüzeyleri belirlendikten sonra yapılacak işlem parça üzerinde yapılacak imalat operasyonlarının sıralanmasıdır. **Parça Bilgi Modeli**'ne mesaj gönderilip buradan elde edilecek daha önceden tespit edilmiş unsur nesne kodlarına göre imalat işlemleri atanır. Belirlenen ve sıralanan bağlama yüzeylerine göre yapılabilecek operasyonlar sıralanır. Geriye zincirleme ile bir bağlama yüzeyine göre işlenebilecek bütün unsurların parça üzerinde var olduğu kabul edilir ve parça bilgi modelinden alınan nesne kodları ile karşılaştırılırlar ve olmayanlar yok edilirler. Bütün bağlama yüzeyleri için bu işlem yapıldıktan sonra bağlama yüzeyleri esas alınarak sıralanmış operasyonlar elde edilir. Aşağıda 5-eksenli tezgah için bağlama yüzeylerine göre atanmış operasyonların belirlenmesine ait bilgi tabanında yer alan kurallara örnekler verilmiştir:

1. Bağlama Yüzeyi: DYZ5 için

<u>Op.No.:</u>	<u>Operasyon Adı:</u>
i=1	"DYZ6 alın frezeleme"
i=i+1	KN6X tipleri varsa "KN6X kanal frezeleme"
i=i+1	KN6Y tipleri varsa "KN6Y kanal frezeleme"
i=i+1	KD6X2 nesne tipleri varsa "KD6X2 kademe frezeleme"
i=i+1	KD6X1 nesne tipleri varsa "KD6X1 kademe frezeleme"
i=i+1	DL6 tipleri varsa "DL6 delme"

Parça x eksenini etrafında (tezgah A eksenini) saat ibresine karşı yönde 90° döndürülür

i=i+1	"DYZ4 alın frezeleme"
i=i+1	KN4X tipleri varsa "KN4X kanal frezeleme"
i=i+1	KN4Z tipleri varsa "KN4Z kanal frezeleme"
i=i+1	KD6Y1 tipleri varsa "KD6Y1 kademe frezeleme"
i=i+1	DL4 tipleri varsa "DL4 delme"

Parça tabla Z eksenini etrafında (tezgah C eksenini) saat ibresi yönünde 180° döndürülür

İ=i+1 "DYZ2 alın frezeleme"
 i=i+1 KN2X tipleri varsa "KN2X kanal frezeleme"
 i=i+1 KN2Z tipleri varsa "KN2Z kanal frezeleme"
 i=i+1 KD6Y2 tipleri varsa "KD6Y2 kademe frezeleme"
 i=i+1 DL2 tipleri varsa "DL2 delme"

2.Bağlama Yüzeyi:DYZ6

İ=i+1 "DYZ5 alın frezeleme"
 i=i+1 KN5X tipleri varsa "KN5X kanal frezeleme"
 i=i+1 KN5Y tipleri varsa "KN5Y kanal frezeleme"
 i=i+1 KD5Y1 tipleri varsa "KD5Y1 kademe frezeleme"
 i=i+1 KD5Y2 tipleri varsa "KD5Y2 kademe frezeleme"
 i=i+1 DL5 tipleri varsa "DL5 delme"

Parça x ekseni etrafında (tezgah A ekseni) saat ibresine karşı yönde 90° döndürülür

i=i+1 "DYZ3 alın frezeleme"
 i=i+1 KN3Y tipleri varsa "KN3Y kanal frezeleme"
 i=i+1 KN3Z tipleri varsa "KN3Z kanal frezeleme"
 i=i+1 KD5X1 tipleri varsa "KD5X1 kademe frezeleme"
 i=i+1 KD2X1 tipleri varsa "KD2X1 kademe frezeleme"
 i=i+1 KD4X1 tipleri varsa "KD4X1 kademe frezeleme"
 i=i+1 DL3 tipleri varsa "DL3 delme"

Parça tabla Z ekseni etrafında (tezgah C ekseni) saat ibresi yönünde 180° döndürülür

İ=i+1 "DYZ1 alın frezeleme"
 i=i+1 KN1Y tipleri varsa "KN1Y kanal frezeleme"
 i=i+1 KN1Z tipleri varsa "KN1Z kanal frezeleme"
 i=i+1 KD5X2 tipleri varsa "KD5X2 kademe frezeleme"
 i=i+1 KD2X2 tipleri varsa "KD2X2 kademe frezeleme"
 i=i+1 KD4X2 tipleri varsa "KD4X2 kademe frezeleme"
 i=i+1 DL1 tipleri varsa "DL1 delme"

Endüstride dik frezelerde parçanın yan yüzeylerinin işlenmesine olanak sağlayan helisel freze çakıları yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu tip freze

çakılarının delme özellikli olan ve “**U-Max Helisel Freze**” adı verilen takımların maksimum işleme derinliği **66 mm**; ve sadece yan yüzeylerden parçayı işleme özellikli olan ve “**T-Max Helisel Freze**” adı verilen çakıların maksimum işleme derinliği **88 mm**’ dir (Sandvik Coromant). Eğer tezgah üç eksenli tezgah olarak seçilmiş ise aşağıdaki kurallara göre işlemler sıralanır ve atanırlar;

- İşlemlerin atanması için parçanın h mesafesi **helisel freze** çakısının işleme derinliğinden büyük ise her yüzeyin işlenebilmesi için karşı yüzeyi bağlama yüzeyi olarak atanır. Bağlama yüzeylerin atanması sırasıyla DYZ5, DYZ4, DYZ2, DYZ6, DYZ1 ve DYZ3 tür. Bu yüzeylerin tam karşına gelen yüzeylerdeki unsur tipleri araştırılarak var olan unsur tiplerine karşılık gelen operasyonlar atanırlar.
- h mesafesi **T-Max Helisel Freze** çakısının işleme derinliğinden küçük ise; ilk bağlama yüzeyi DYZ5 olarak atanmış ise önce karşısında olan DYZ6 düzlemi ve varsa bu yüzeyde bulunan diğer unsurlar işlenirler. Sonra DYZ2 düzlemi üzerine bakılır ve bu düzlem üzerinde ilgili unsurlar yok ise “**DYZ2 Helisel Frezeleme**” işlemi atanır. Daha sonra DYZ4 düzlemi için üzerinde unsur kontrolü yapılır ve unsur yok ise “**DYZ4 Helisel Frezeleme**” işlemi atanır. Bu düzlemler üzerinde unsurlar varsa karşılardaki yüzeyler bağlama yüzeyi olarak atanarak üzerindeki unsurlar işlenirler. Burada sıralama önce DYZ4 ve üzerindeki unsurların işlemleri sonra DYZ2 ve üzerindeki unsurların işlenmesidir. DYZ1 ve DYZ3 yüzeyleri ve sahip oldukları unsurlar içinde benzer işlemler yapılır. Son olarak bağlama yüzeyi DYZ6 atanarak DYZ5 yüzeyi ve üzerindeki unsurlar için karşılık gelen operasyonları atanır.

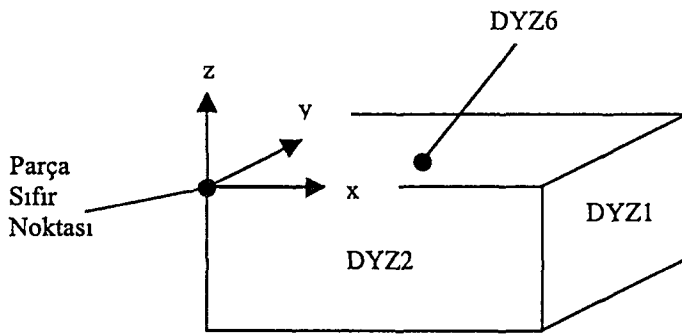
Atanan her operasyon hem kaba hem de bitirme işlemlerini içerir.

Parçanın İmalatı Sırasında Bağlama Yüzeylerine Göre Referans Noktaların Dönüşümü:

Operasyonlar bağlama yüzeyleri esas alınarak sıralanıp atandıktan sonra yapılacak işlem her unsur nesnesinin imalat operasyonu için referans noktaların belirlenmesidir. Unsur nesnelere **Parça Bilgi Modeli** içinde BDT ürün bilgisi verilerine göre referans noktalar atanmış ve unsur değişkeni olarak her nesnenin

içerisinde kapsüllenmişlerdir. Her unsur nesnesine ait referans noktalar EK A, B, C ve D'de unsur tipleri üzerinde gösterilmiştir. Ancak bu referans nokta koordinatları, BDT ortamının orijin noktasına ve koordinat eksenlerine göredir. Halbuki parçanın üretimi sırasında bağlama yüzeyine ve tezgah eksenlerine göre bu referans noktaları değişirler. Bu değişim aynı zamanda parçanın önceki operasyonlar ile işlenmiş olan yüzeylerdeki boyut değişiminden de etkilenir. Referans noktalar her unsur için bağlama yüzeyine göre yeniden düzenlenirler ve unsurun imalat operasyonlarında esas alınır. Aşağıda DYZ5 1. bağlama yüzeyi ve DYZ6 ikinci bağlama yüzeyi olarak atanmış ve ham parça boyutları için $l > b > h$ unsuruna sahip bir parçanın imalatında referans noktaların dönüşümü açıklanmıştır:

Parça DYZ5 (tabanda kalan düzlem) den bağlandıktan sonra parçanın öncelikle DYZ6 yüzeyi işleneceğinden bu yüzey üzerinde parça sıfır noktası belirlenir tezgaha girilir (Şekil 4.22). Parça üzerinde bulunan unsur nesnelere **Parça Bilgi Modeli**'nden ulaşılarak her nesne tipinin BDT ortamında çizim konumlarına göre atanmış referans noktaları (x, y, z) alınır. Ham parça boyutları (l, b, h) ve parça sınır boyutları (l_0, b_0, h_0) **Ham Parça Boyutları Belirleme Modülü**'nden alınarak her unsur nesnesinin referans noktası dönüşümü yapılır. DYZ6 düzlem yüzey nesnesi ve bu yüzeyde bulunan diğer unsur nesnelere imalatı için referans nokta dönüşümleri Tablo 4.1 de gösterilmiştir:

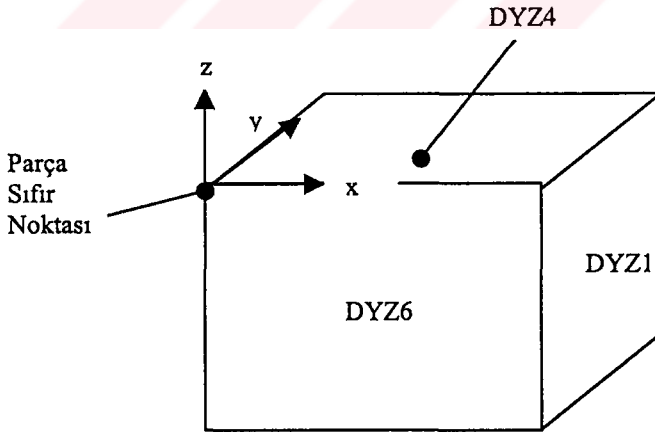


Şekil 4.22 DYZ5 Bağlama yüzeyine göre DYZ6'nın parça sıfır noktası ve operasyon eksenleri

Tablo 4.1 DYZ6, KN6, KD6 ve DL6 nesneleri için referans nokta dönüşümleri

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
DYZ6 Alın Frezeleme	$x; y; z$	$l; 0; 0$
KN6X Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{b-b_0}{2}\right) + (b_0 - y); -\frac{h-h_0}{2}$
KN6Y Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{b-b_0}{2}\right) + (b_0 - y); -\frac{h-h_0}{2}$
KD6X2 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{b-b_0}{2}\right) + (b_0 - y); -\frac{h-h_0}{2}$
KD6X1 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{b-b_0}{2}\right) + (b_0 - y); -\frac{h-h_0}{2}$
DL6 Delme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{b-b_0}{2}\right) + (b_0 - y); -\frac{h-h_0}{2}$

Tablo 4.1’de belirtilen mevcut operasyonlar ile işlenen parça, tezgah tablasının A dönme ekseninde saat ibresine karşı 90° döndürülmesi ile DYZ4 düzlemi ve üzerindeki unsurlar işlenme konumuna gelir. Parça sıfır noktası atanır (Şekil 4.23) ve DYZ4, KN4, KD4 ve DL4 nesnelere ait operasyonlar için BDT ortamındaki başlangıç x, y, z referans nokta koordinatları Tablo 4.2’de verildiği gibi dönüştürülürler:



Şekil 4.23 DYZ5 Bağlama yüzeyine göre DYZ4’ün parça sıfır noktası ve operasyon eksenleri

Tablo 4.2 DYZ4, KN4, KD6 ve DL4 nesnelere için referans nokta dönüşümleri

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
DYZ4 Alın Frezeleme	$x; y; z$	$l; 0; 0$
KN4X Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
KN4Z Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
KD6Y1 Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
DL4 Delme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + x; \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$

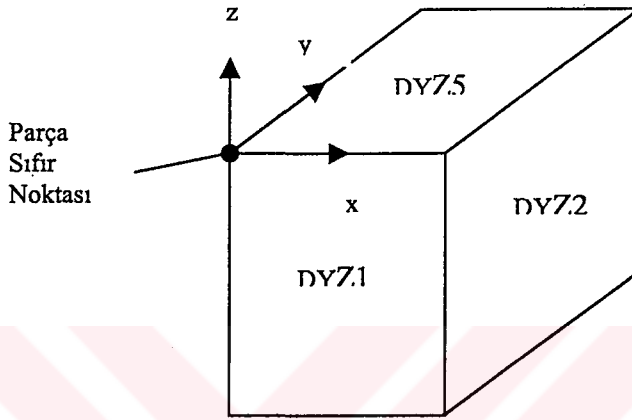
Parça tezgah Y ekseninde saat ibresine karşı yönde 180° döndürüldüğünde DYZ2 düzlem yüzeyi ve bu düzlem üzerinde bulunan unsurlar takımın işleme konumuna gelirler. Parça sıfır noktası DYZ6 ve DYZ4 düzlemlerine benzer şekilde atandıktan sonra, imal edilecek her unsur için başlangıç x , y ve z referans koordinat noktalarının dönüşümü Tablo 4.3’de verildiği gibi yapılır:

Tablo 4.3 DYZ2, KN2, KD6 ve DL2 nesnelere için referans nokta dönüşümleri

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
DYZ2 Alın Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
KN2X Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
KN2Z Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
KD6Y2 Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$
DL2 Delme	$x; y; z$	$\left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); \left(\frac{h-h_0}{2}\right) + z; -\frac{b-b_0}{2}$

1. bağlama yüzeyinden parça bağlanırken ham parçanın l boyutu tezgah X eksenine ve ham parçanın b boyutu tezgah Y eksenine yönünde gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Parçanın destekleme yüzeyleri, sırasıyla tezgahın eksenlerinin $-X$ ve $+X$ yönlerine bakan DYZ3 ve DYZ1 yüzeyleridir. 2. bağlama yüzeyi DYZ5 yüzeyinin karşısındaki DYZ6 yüzeyidir. 2. bağlama yüzeyinden parça yerleştirilirken ham parçanın l boyutu tezgah Y eksenine ve ham parçanın b boyutu tezgah X eksenine yönünde gelecek şekilde yerleştirilir. Parçanın destekleme yüzeyleri, sırasıyla tezgah eksenlerinin

-X ve +X yönlerine bakan ve önceki operasyonlar ile işlenmiş DYZ4 ve DYZ2 yüzeyleridir (Şekil 4.24). 2. bağlama yüzeyine göre parçanın takıma bakan işlenecek ilk yüzeyi DYZ5'tir. Parçanın sıfır noktası Şekil 4.24'de görüldüğü gibi atanır. DYZ yüzeyi ve üzerinde bulunan unsur tipleri işlenirken her unsur nesnesi için BDT ortamındaki x, y ve z koordinatlarına sahip referans noktalarının dönüşümü Tablo 4.4'de görüldüğü gibi yapılır:



Şekil 4.24 DYZ6 Bağlama yüzeyine göre DYZ5'in parça sıfır noktası ve operasyon eksenleri

Tablo 4.4 DYZ5, KN5, KD5 ve DL5 nesneleri için referans nokta dönüşümleri

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
DYZ5 Alın Frezeleme	$x; y; z$	$b_0; 0; 0$
KN5X Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$y; \left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); -\frac{h-h_0}{2}$
KN5Y Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$y; \left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); -\frac{h-h_0}{2}$
KD5Y1 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$y; \left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); -\frac{h-h_0}{2}$
KD5Y2 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$y; \left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); -\frac{h-h_0}{2}$
DL5 Delme	$x; y; z$	$y; \left(\frac{l-l_0}{2}\right) + (l_0 - x); -\frac{h-h_0}{2}$

DYZ5 ve bu yöndeki unsurlar işlendikten sonra parça tezgah A dönme ekseninde etrafında saat ibresine karşı yönde 90° döndürülerek DYZ3 ve üzerindeki unsurlar işleme konumuna gelirler. DYZ3'e göre parça sıfır noktası atanır ve buna göre

işlenecek unsurların BDT ortamında alınan referans noktalarının x,y,z koordinatlarının dönüşümü Tablo 4.5’de görüldüğü gibi yapılır:

Tablo 4.5 DYZ3, KN3, KD2, KD5, KD4 ve DL3 nesneleri için referans nokta dönüşümleri

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
DYZ3 Alın Frezeleme	$x; y; z$	$b_0; 0; 0$
KN3Y Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
KN3Z Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
KD5X1 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
KD4X1 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
DL3 Delme	$x; y; z$	$y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$

DYZ4 ve üzerindeki diğer unsurlar işlendikten sonra parça, tezgah tablasının Y ekseninde saat ibresine karşı yönde 180° döndürülerek DYZ1 yüzeyi ve üzerindeki unsurlar işleme konumuna gelirler. DYZ1 düzlemi üzerinde diğer düzlemlerde olduğu gibi parça sıfır noktası atanır ve buna göre işlenecek unsurların referans noktaları Tablo 4.6 da görüldüğü gibi dönüştürülürler:

Tablo 4.6 DYZ1, KN1Z, KN1Y, KD5X2, KD4X2, KD2X2 ve DL1 nesneleri için referans nokta dönüşümleri

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
DYZ1 Alın Frezeleme	$x; y; z$	$b_0; 0; 0$
KN1Z Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$b_0 - y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
KN1Y Kanal Frezeleme	$x; y; z$	$b_0 - y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
KD5X2 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$b_0 - y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$

<u>Operasyon:</u>	<u>Başlangıç Ref. Noktası:</u>	<u>Dönüştürülen Ref. Noktası:</u>
KD4X2 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$b_0 - y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
KD2X2 Kademe Frezeleme	$x; y; z$	$b_0 - y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$
DL1 Delme	$x; y; z$	$b_0 - y; h_0 - z; -\frac{l-l_0}{2}$

4.2.3.3 Takım seçme modülü

İM-BDİP sisteminde **Takım Seçme Modülü**, daha önceden atanmış işlemlere göre takımları belirler. Atanmış işlem, o işlemi gerçekleştirecek takım hakkında gerekli karakteristikleri vermektedir. Atanmış işlem düzlem alın frezeleme ise takım “alın freze takımı”, işlem kanal frezeleme ise takım “parmak freze takımı” veya “alın freze takımı” olmaktadır. Kanal freze işleminde iki takım tipinden herhangi birini belirleyen faktör kanal genişliğidir. Kanal genişliği 20 mm ve altında ise parmak freze takımı aksi taktirde diğeri seçilir. İşlem kademe frezeleme ise takım “alın freze takım” olarak atanmaktadır. Takım seçiminde endüstride yaygın olarak kullanılan takımlar esas alınmışlardır. Takım malzemesi olarak Sert Metal (HM) takımlar kullanılmıştır (Sandvik). Bu takım malzemeleri endüstride yaygın olarak kullanılmaktadırlar. EK H de malzeme türüne, BRINELL sertliğine ve kimyasal yapısına göre kodları verilen malzemelerin işleme parametreleri ve EK M’de kullanılan takım tipleri ve özellikleri verilmiştir. Aşağıda takım seçme modülü içinde takımı seçen prosedür örneği verilmiştir:

Eğer Operasyon;

DYZ1 alın frezeleme veya

DYZ2 alın frezeleme veya

DYZ3 alın frezeleme veya

DYZ4 alın frezeleme veya

DYZ5 alın frezeleme veya

DYZ6 alın frezeleme ise

O halde

Takım “Alın Freze Takımı”

Eğer Operasyon

DYZ2 helisel frezeleme VEYA
 DYZ5 helisel frezeleme VEYA
 DYZ3 helisel frezeleme VEYA
 DYZ1 helisel frezeleme ise VE
 $h \leq 66$ mm ise

O Halde

Takım "U-Max Helisel Freze Takımı"

Değilse

Takım "T-Max Helisel Freze Takımı"

Modül daha sonra atanan takım tipine göre ve **Parça Bilgi Modeli** ile mesajlaşarak belirlenmiş nesne unsur değişkenlerinden unsurun genişliğine göre takım çapını, takım diş sayısını, maksimum takımın kaldırabileceği talaş kaldırma derinliğini belirler. Bu işlemler için gerekli kurallar ve takım kataloğundan (Sandvik) elde edilen takım bilgileri ile bilgi tabanı içine yerleştirilmişlerdir. Kanal frezeleme için modülün örnek prosedürü;

EĞER

Takım "Kanal Freze Takımı" ise

O HALDE

EĞER

$32 \leq KNGN < 40$ ise

O HALDE

$D_c = 25$ mm, $z_n = 2$, $a_p = 10$

EĞER

$40 \leq KNGN < 50$ ise

O HALDE

$D_c = 32$ mm, $z_n = 2$, $a_p = 10$

D_c : Takım çapı (mm), z_n : diş sayısı, a_p = max talaş derinliği

4.2.3.4 Operasyon parametrelerini, kesme gücünü ve işleme zamanını belirleme modülü

Bu modül atanmış ve sıralanmış her operasyon için kesme hızını (v -m/dk), devir sayısını (n -dev/dak), ilerleme hızını (u mm/dev), paso sayısını (i -adet) ve talaş kalınlığını (a -mm) belirler. Bitirme işlemleri için bırakılan en az 1 mm lik kesme derinliğinin işlenmesinde yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri dikkate alınır.

Modül her operasyon için kesme hızını (v) ve özgül kesme kuvvetini (k_c) belirlemek için **Takım Seçme Modülü** ve **Malzeme Cinsi Girme Modülü** ile iletişim kurarak bu değerleri belirler. Malzeme cinsine ve BRINELL sertlik değerine göre kesme hızı (v) ve diş başına ilerleme (s_z) değerlerinin seçildiği tablo EK H da verilmiştir. Bu tablo değerleri bilgi tabanına yerleştirilmiştir. Kanal frezeleme operasyonu için prosedür;

EĞER

Takım "Kanal Freze Takımı" ise

O HALDE

EĞER

MK=1 ise

O HALDE

$$v=365 \text{ m/dk}, \quad k_c=1500 \text{ N/mm}^2, \quad s_z=0.1 \text{ mm/diş}$$

EĞER

MK=2 ise

O HALDE

$$v=325 \text{ m/dk}, \quad k_c=1600 \text{ N/mm}^2, \quad s_z=0.1 \text{ mm/diş}$$

.....

MK: Malzeme Kodu,

v : kesme hızı,

k_{cl} : spesifik kesme kuvveti ,

s_z : diş başına kesme kalınlığı,

s : diş başına ilerleme

Takım Seçme Modülü ile iletişim kurularak her unsur için takım çapı (D_c) alınır ve daha sonra her operasyon için kaba paso (n) ve ince paso (n_s) için ana mil devir sayıları Denklem 1-2 ile, ilerleme hızı kaba paso için (u) Denklem 3 ile ve gerekli talaş kaldırma gücü (P_c) Denklem 4 ile belirlenirler. Denklem 4’de D_c nin 1.25’e bölünmesi kesici ucun sıfır talaş kalınlığı ile işleme yüzeyine girmesini önlemek içindir. Aksi taktirde takım parça yüzeylerini kanal işlerken ezecektir (Çakır 2000). Formüllerde her operasyon için yukarıda belirlenmiş parametrelerden yararlanılır. Prosedürlerin kullandığı formüller:

$$n = \frac{v \times 1000}{\pi \times D_c} \quad (1)$$

$$n_s = \frac{v \times 1000}{\pi \times D_c} \times 1.2 \quad (2)$$

$$u = n \times s_z \times z_n \quad (3)$$

$$P_c = \frac{a_p \times \left(\frac{D_c}{1.25} \right) \times u \times k_{cl}}{60 \times 10^6} \quad (4)$$

P_c : Gerekli ana mil gücü (KW),

n_s : Bitirme işlemi için gerekli devir sayısı (dev/dk).

Talaş kaldırma gücü belirlendikten sonra **Tezgaah Seçme Modülü** ile mesajlaşılarak, operasyon için gerekli talaş kaldırma gücü ile mevcut tezgahın gücü karşılaştırılır ve tezgahın yeterliliği saptanır. Gerekirse diğer tezgah seçilir.

Son paso için ilerleme hızı değeri, unsur için girilen yüzey pürüzlülüğüne (R_a), takım çapına (D_c), ve son paso devir sayısına (n_s) bağlı olarak belirlenir. Denklem 5’de ince paso ilerleme değerinin (u_s) hesaplanması için gerekli formül verilmiştir (Boothroyd 1989):

$$u_s = \sqrt{\frac{0.0642 \times n^2}{R_a \times D_c}} \quad (5)$$

Denklem 5’de,

u_s : son paso ilerleme hızı (mm/dk)

R_a : Parça Bilgi Modeliden alınan ilgili unsur için yüzey pürüzlülüğü değeri (mm),

n_s :son paso için ana mil devir sayısı (dv/dk), D_c : Freze takımın çapı (mm)

Modül içinde takip eden işlem kesme derinliklerinin belirlenmesi ve paso sayılarının hesaplanmasıdır. **Parça Bilgi Modeli** ile mesajlaşarak işlenecek unsur nesnesinin genişlik, yükseklik unsur değişkenleri alınır ve tahsis edilmiş her operasyon için unsur tipine göre toplam kesme derinlikleri (a_{pT}) Denklem 6, 7 veya 8 ile hesaplanırlar. Unsurlar için bilgi tabanında yer alan kurallar ve denklemler aşağıda verilmiştir:

EĞER

Operasyon "Kanal Frezeleme" ise

O HALDE

$$a_{pT} = KNYK \quad (6)$$

EĞER

Operasyon "Kademe Frezeleme" ise

O HALDE

$$a_{pT} = KDYK \quad (7)$$

EĞER

Operasyon "düzlem yüzey alın Frezeleme" ise

O HALDE

$$a_{pT} = DYZYK \quad (8)$$

KNYK:Kanal yüksekliği (mm), **KDYK**:Kademe yüksekliği(mm),

DYZYK:Düzlem yüzey yüksekliği (mm)

Modül içinde takip eden işlem, her işlem için gerekli kaba paso ve ince paso operasyon sayılarının belirlenmesidir. Kaba paso sayısının birinci bileşenini (i_{K1}) belirlemek için toplam kaldırılacak talaş kalınlığı (a_{pT}) ve takımın bir pasoda alabileceği maksimum kesme derinliği (a_p) esas alınarak Denklem 9 ile hesaplanır:

$$i_{K1} = \frac{a_{pT}}{a_p} \quad (9)$$

Değer ondalıklı çıkarsa bir üst sayıya yuvarlanır. Bu değer parçadan kesme derinliği yönünde alınacak paso sayısıdır. İşlenecek unsurun genişliği ise takım çapı genişliğine bağlı olarak işlenir. Genişlik yönünde paso sayısı kaba paso sayısının

ikinci bileşenine (i_{K2}) bağlıdır. Örneğin kanal unsurunu işlemek için genişlik yönünden gerekli paso sayısı (i_{K2}) Denklem 10 ile hesaplanır:

$$i_{K2} = \frac{KNGN}{D_c} \quad (10)$$

$KNGN$: Kanalın genişliği (mm),

D_c : Takım çapı (mm)

Değer ondalıklı çıkarsa bir üst sayıya yuvarlanır. Kaba paso için gerekli toplam paso sayısı (i_K) ise (i_{K1}) ve (i_{K2}) ye bağlı olarak Denklem 11 ile hesaplanır:

$$i_K = i_{K1} \times i_{K2} \quad (11)$$

Kaba pasolardan sonra bitirme işlemleri için en az 1 mm'lik kesme derinliği bırakılır. Son pasoda, unsur düzlem yüzey ise taban yüzeyinde kalan en çok 1 mm'lik kesme derinliği için kaba paso sayısının ikinci bileşeni (i_{K2}) sayısı kadar operasyon sayısı gerekir. Eğer unsur kademe ise kademe tabanında bırakılan yüzeyin işlenmesi için kaba paso sayısının ikinci bileşeni (i_{K2}) kadar operasyon sayısı ve bu taban yüzeye dik olan bir adet yan yüzeyin işlenmesi için kaba operasyon sayısının birinci bileşeni (i_{K1}) kadar operasyon gerekir ve kademe işlemleri için bitirme işlemleri paso sayısı Denklem 12 ile hesaplanır. Eğer unsur kanal ise taban yüzeye iki dik yan yüzey olduğu için kesme derinliği yönünde olan kaba paso sayısının birinci bileşeninin iki katı kadar ($2 \times i_{K1}$) operasyon sayısına ek olarak, kanal tabanının işlenmesi için kaba paso operasyon sayısının ikinci bileşeni kadar (i_{K2}) operasyon gereklidir ve Denklem 13 ile kanal için gerekli bitirme işlemleri operasyon sayısı hesaplanır.

$$i_S = i_{K1} + i_{K2} \quad (12)$$

$$i_S = (2 \times i_{K1}) + i_{K2} \quad (13)$$

Son olarak her operasyon için esas işleme zamanı (T_h) hesaplanır ve daha sonra toplam işlem zamanı (T_{HT}) hesaplanır. Talaşlı imalatta takımın iş parçası ile temas halinde talaş kaldırdığı zamanlardan oluşan esas işleme zamanını belirlemek için **Parça Bilgi Modeli** ile iletişim kurularak unsur işleme uzunluğu her operasyon için elde edilir ve Denklem 14,15 ve 16 yardımıyla esas işlem zamanları hesaplanırlar.

UNSURLARA AIT BU İŞLEMLER İÇİN BİLGİ TABANINDA YER ALAN KURAL VE DENKLEMLER AŞAĞIDA VERİLMİŞTİR:

EĞER

Operasyon "Kanal frezeleme" ise

O HALDE

$$l = \text{KNUZ}$$

EĞER

Operasyon "Kademe frezeleme" ise

O HALDE

$$l = \text{KDUZ}$$

EĞER

Operasyon "Düzlem yüzey alın frezeleme" ise

O HALDE

$$l = \text{DYZUZ}$$

Denklemler:

$$T_{hK} = \frac{l \times i_K}{u} \quad (14)$$

$$T_{hS} = \frac{l \times 3}{u_s} \quad (15)$$

$$T_T = \sum T_{hK} + \sum T_{hS} \quad (16)$$

Denklemlerde;

T_{hK} : kaba paso için işleme zamanı (dk), T_{hS} : ince paso işleme zamanı (dk)

T_T : toplam işleme zamanı (dk), l : işleme uzunluğu (mm)

4.2.3.5 Tezgah seçme modülü

Sistemde yer alan 5-eksenli diğer işleme merkezinin özellikleri aşağıda verilmiştir (Makino V55-5XA):

Ana mil motor gücü	:22 KW
X,Y ve Z stroklar	: 900×500×450 mm
C(z-ekseninde) dönme hareketi:	360°
A(x-ekseninde) dönme hareketi:	120°
Maksimum takım çapı (D_c)	:70 mm
Takım kapasitesi	:40 adet
Pozisyon doğruluğu	: μ 0.003 mm

İşlemleri gerçekleştirmek için belirlenen ana mil kesme gücüne, maksimum takım çapına, ham parça boyutlarına, bağlama yüzeyi sayısına, işlenecek yüzeylerin eğim açısına göre tezgah seçme işlemi gerçekleşir. 5 eksenli tezgah seçimine ilişkin **Tezgah Seçme Modülü** içinde kapsüllenen kurallar aşağıda verilmiştir:

Eğer

- (i) ham parçanın l, b, h boyutları, tezgahın sırasıyla X,Y ve Z kurslarından küçük veya eşit ise ve/veya,
- (ii) operasyonlar için hesaplanan gerekli kesme gücü tezgahın ana mil gücünden küçük veya eşit ise ve /veya,
- (iii) seçilen takım çapı tezgahın maksimum kullanabileceği takım çapından küçük yada eşit olursa ve /veya,
- (iv) parça iki bağlama yüzeyi kullanılarak işlenecekse ve/veya
- (v) tezgahın A ve C dönme eksen hareketlerinden yararlanılarak işlenmesi gereken eğik yada eğri yüzeyler var ise ve/veya
- (vi) operasyonlar ile ilişkili boyutların tolerans aralıkları tezgahın pozisyon doğruluğundan büyük ise

O Halde

Operasyon İçin Geçerli Tezgah:V55-5XA

İkinci tezgah olarak kullanılan 3 eksenli tezgah özellikleri (Makino V77) aşağıda verilmiştir:

Ana mil motor gücü	:15 KW
X,Y ve Z strokları ($l \times b \times h$)	:1200×700×650 mm
Maksimum takım çapı (D_c)	:120 mm

Takım kapasitesi	:20 adet
Pozisyon doğruluğu	: μ 0.003 mm

5 eksenli (V55-5XA) tezgah nesnesi içindeki kurallar işletildiğinde bu tezgah seçilemiyorsa o zaman 3 eksenli (V77) nesnesi içinde kapsüllenen tezgah seçilme kuralları işletilirler. Kurallar karşılanırsa 3 eksenli tezgah seçilir. 3 eksenli tezgah seçimine ilişkin bu kurallar aşağıda verilmiştir:

Eğer;

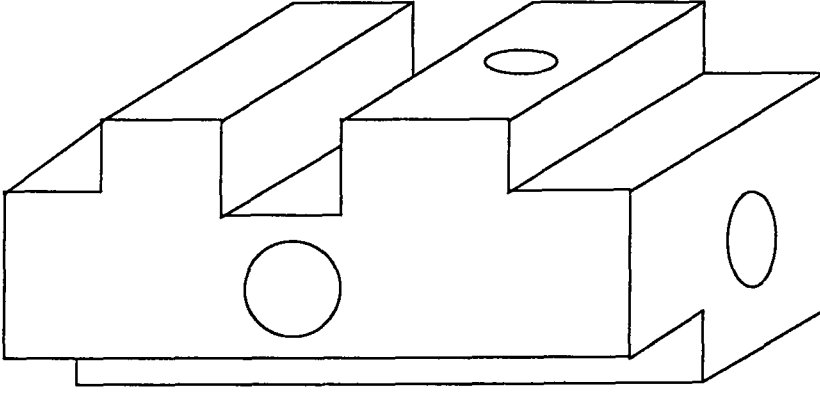
- (i) belirlenen ham parçanın l, b, h boyutları, V55-5XA tezgahın sırasıyla X ve/veya Y ve/veya Z kurslarından büyük ise ve 3 eksenli V77 tezgahın karşılık gelen kurslarından küçük ise ve/veya
- (ii) seçilen takım çapı 5-eksenli V55-5XA marka tezgahın kullanabileceği maksimum takım çapından büyük ise ve 3 eksenli V77 tezgahın kullanabileceği maksimum takım çapından küçük ise ve/veya,
- (iii) operasyonlar için hesaplanan gerekli kesme gücü 3 eksenli tezgahın ana mil gücünden küçük veya eşit ise ve /veya,
- (iv) parça ikiden fazla bağlama yüzeyi kullanılarak işlenecekse ve/veya
- (v) tezgahın A ve C dönme eksen hareketlerinden yararlanılarak işlenmesi gereken eğik yada eğri yüzeyler yok ise ve/veya
- (vi) operasyonlar ile ilişkili boyutların tolerans aralıkları 3 eksenli tezgahın pozisyon doğruluğundan büyük ise

O halde

Operasyon İçin Geçerli Tezgah:V77

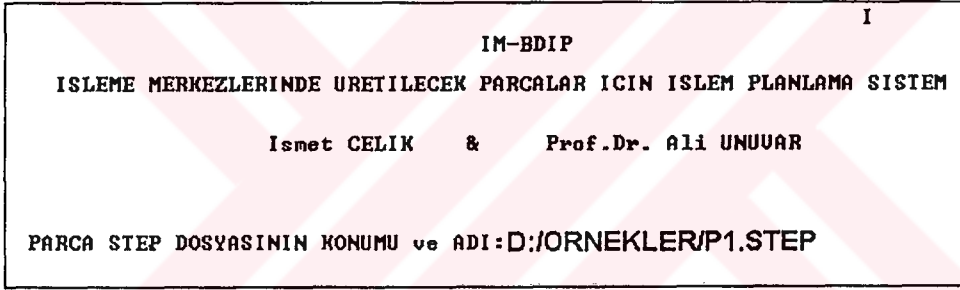
4.3. Sistemin Çalıştırılması

Şekil 4.25'te verilen örnek parça için İM-BDİP sisteminin çalışması aşağıda açıklanmıştır. Parçanın BDT ortamında tasarımı yapıldıktan sonra STEP AP203 formatında tasarım verisinin dönüşümü yapılır. Bu bir çok BDT tasarım ortamının STEP Dönüştürücüleri tarafından yapılmaktadır. Tasarımı ve STEP dosyası dönüşümü yapılan parça P1.STEP adıyla kaydedilmiş olsun.



Şekil 4.25 Örnek Parça (P1.STEP)

İM BDİP sistemi çalıştırıldığında Şekil 4.26'da görülen iletişim kutusu ekrana gelir.



Şekil 4.26 Programın çalıştırılmasıyla ortaya çıkan iletişim kutusu

İletişim kutusundan tasarımın yapıldığı parçanın dosya konumu ve STEP dosyası adı girildikten sonra program çalışır ve Bölüm 4.2.2.1 de "Parça Bilgi Modelinin" "Unsur Tanıma Modülü", parçanın STEP dosyasından verileri alır. Veriler işlenerek, yüzeylerin yönlerine ve komşuluk ilişkilerine göre parça üzerindeki bulunan bütün unsur tipleri belirlenir ve nesne kodları atanır. Şekil 4.25'te verilen parça üzerinde tespit edilen unsur tipleri ve atanan nesne kodları aşağıda verilmiştir. Unsur tipleri belirlendikten sonra her unsur nesnesinin kendi içinde kapsüllenen unsur değişkenlerini belirleme metotları işletilerek, unsur değişkenleri belirlenirler. Unsur değişkenleri genişlik, uzunluk, derinlik, çap ve referans nokta değerleridir.

<u>Unsur tipi</u> :	<u>Nesne kodu:</u>	<u>Unsur tipi</u> :	<u>Nesne kodu:</u>
Düzlem Yüzey	DYZ1	Kanal	KN5Y
Düzlem Yüzey	DYZ2	Kademe	KD5X1
Düzlem Yüzey	DYZ3	Kademe	KD5X2
Düzlem Yüzey	DYZ4	Kademe	KD6Y1
Düzlem Yüzey	DYZ5	Delik	DL3A
Düzlem Yüzey	DYZ1	Delik	DL4A
		Delik	DL6A

Parça üzerinde bulunan unsur tipleri belirlendikten sonra parçanın sınır boyutları belirlenir (Şekil 4.27). Daha sonra Bölüm 4.2.3.1’de açıklanan “Ham Parça Boyutlarını Belirleme Modülü” parça sınır boyutlara bağlı olarak ham parça boyutlarını belirler ve ekrana yazar (Şekil 4.27). Sistem çalışmaya devam ederek Bölüm 4.2.2.2’de açıklanan “Malzeme Cinsini Girme” modülünü işletir ve işlenecek parçanın malzeme cinsini kullanıcıdan ister (Şekil 4.27). Tespit edilen unsurların yüzey kalitelerinin girilmesini sağlamak için sistem daha sonra Bölüm 4.2.2.4’de açıklanan “UnsurYüzey Pürüzlülüklerini Girme Modülünü” işletir ve kullanıcıdan tespit edilen her unsur nesnesine ait yüzey pürüzlülük değerlerinin girilmesi istenir (Şekil 4.27). BDT ortamından alınan STEP verisinden unsur tanıma ile elde edilen elde edilen unsur tiplerine ilave olarak, burada açıklandığı gibi, malzeme cinsi ve her unsur yüzey pürüzlülük değerleri de sisteme girildiğinde parça bir model şeklinde meydana getirilmiş olur.

Şekil 4.27’de verilen iletişim kutusunda görülen değerler girildikten sonra sistem çalışmaya devam eder ve Bölüm 4.2.3’te açıklanan “İşlem Planlama Bilgi Modelini” işletir. İM-BDİP sistemi son olarak “İşlem Planlama Bilgi Modeli” içinde bulunan işlem planlama modülleri ile “Parça Bilgi Modeli” içinde modellenen parça bilgisini işleyerek Şekil 4.28’de görüldüğü gibi işlem planı kartını oluşturur.

EK K’da sistem tarafından işlem planı üretilen örnek parçalar ve EK L’de işlem planı kartları verilmiştir.

KN5Y TİPİ AÇIK KANAL VARDIR
 KN6Y1 TİPİ AÇIK KADEME VARDIR
 KD5X1 TİPİ AÇIK KADEME VARDIR
 KD5X2 TİPİ AÇIK KADEME VARDIR
 DL1A TİPİ AÇIK DELİK VARDIR
 DL4A TİPİ AÇIK DELİK VARDIR
 DL6A TİPİ AÇIK DELİK VARDIR

MALZEME SINIR BOYUTLARI
 UZUNLUK = 91
 GENİSLİK = 55
 YUKSELİK(H) = 42

Ham Parça Boyutları (L,b,h)
 101,60,60

MALZEME CİNSİNİ GIRİN :

GİRİS KODU	MALZEME	CMC KODU
1	Ck45	01.1
2	Cf35, Cf53	01.2
3	Ck60	01.3
4	16MnCr5	02.1
5	41Cr4, 42CrMo4	02.2

DYZ6 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DYZ4 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DYZ3 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DYZ2 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DYZ1 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DYZ5 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>

KN5Y YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN <Ra>
 KD5X1 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN <Ra>
 KD5X2 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN <Ra>
 KD6Y1 YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN <Ra>
 DL1A YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DL4A YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>
 DL6A YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN<Ra>

Şekil 4.27 Sistemin çalıştırılmasıyla ortaya çıkan iletişim kutusu

OP NO : 1	OP NO : 4
OP.ADI : DYZ6 ALIN FREZELEME	OP.ADI : DYZ5 ALIN FREZELEME
TEZGAH : U55-5XA	TEZGAH : U55-5XA
TAKIM : ALIN FREZELEME TAKIMI	TAKIM : ALIN FREZELEME TAKIMI
REFERANS NOKTA : 101,0,0	REFERANS NOKTA : 55,0,0
KABA PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 1942.000	KABA PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 971.0000
İNCE PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 2330.000	İNCE PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 1165.000
İLERLEME HIZI (mm/dk) : 300.0000	İLERLEME HIZI (mm/dk) : 242.0000
SON PASO İLERLEME HIZI (mm/dk) : 48.00000	SON PASO İLERLEME HIZI (mm/dk) : 17.00000
GEREKLİ KESME GUCU(kw) : 9.00000	GEREKLİ KESME GUCU(kw) : 11.00000
TOPLAM PASO SAYISI : 4.00000	TOPLAM PASO SAYISI : 4.000000
ESAS İŞLEME ZAMANI(dk) : 4.72895;	ESAS İŞLEME ZAMANI(dk) : 7.554691
OP NO : 2	KANAL YÜZEY KALİTESİNİ GIRİN : 33
OP.ADI : DYZ4 ALIN FREZELEME	OP. NO : 5
TEZGAH : U55-5XA	OP.ADI : KN5Y KANAL FREZELEME
TAKIM : ALIN FREZELEME TAKIMI	TEZGAH : U55-5XA
REFERANS NOKTA : 101,0,0	TAKIM : PARMAK FREZE TAKIMI
KABA PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 1942.000	REFERANS NOKTA : 55,42,-9
İNCE PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 2330.000	KABA PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 8094.
İLERLEME HIZI (mm/dk) : 300.0000	İNCE PASO DEVİR SAYISI(dev/dk) : 9712.
SON PASO İLERLEME HIZI (mm/dk) : 48.00000	KABA PASO İLERLEME HIZI (mm/dk) : 809.0
GEREKLİ KESME GUCU(kw) : 9.00000	İNCE PASO İLERLEME HIZI (mm/dk) : 123.0
TOPLAM PASO SAYISI : 4.00000	KESME GUCU(kw) : 5.000
ESAS İŞLEME ZAMANI(dk) : 4.72895;	TOPLAM PASO SAYISI : 10.00
	ESAS İŞLEME ZAMANI (dk) : 2.254

Şekil 4.28 Sistemden elde edilen işlem planı kartının bir bölümü

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Sistem dört aşamada işlem planlamayı gerçekleştirir.

Birinci aşamada; tasarım ortamında oluşturulan parça verisi, sistemin **BDT Veri Modeli** olarak tasarlanan modül içinde STEP AP203 veya AP214 uygulama protokolü formatında elde edilir. Ancak buradaki parça verisi sadece geometrik ve topolojik verileri içerir. Çünkü mevcut BDT tasarım sistemlerinden elde edilen ve STEP formatlı parça verisi yalnızca bu formatta alınabilmiştir.

İkinci aşamada; sistemin sonuç çıkarma mekanizması **Parça Bilgi Modeli** içindeki **Unsur Tanıma Modülü**'nün içerisindeki **Unsur Tanıma** modülleri, **BDT Veri Modeli**'ndeki parça STEP dosyasını araştırarak parça üzerinde mevcut olan kanal, kademe, düzlem yüzey veya delik unsur tiplerini ve bu unsurlara ait değişkenleri belirler. Unsur tipi nesneleştirilerek, tipine göre kodu ve değişkenleri her nesnenin içinde depolanırlar. Bu nesne yönelimli terminolojide kapsülleme olarak adlandırılır.

Delik Tanıma Modülü, delik unsurunu araştırmak için **BDT Veri Modeli** ile iletişim kurar. Elde edilen veriler işlenir varsa delik unsuru ve tipi belirlenir ve kodu atanır. Delik tanıma modülü düzlem yüzeyler üzerine yerleşmiş silindirik varlıkları ve kenar çevrimlerini araştırarak delik tanıma işlemini gerçekleştirir. Eksen yönlerine, açık veya kör olmalarına, silindirik veya konik olmalarına ve havşalı olmalarına göre, 21 tip delik unsuru sistem içinde nesneleştirilmiştir. Delik unsuru sınıfında bulunan delik tipleri için *delik çapı*, *delik uzunluğu*, *delik tipi* ve *imalatında alınacak referans noktası* olarak genel unsur değişkenleri vardır.

Kademe Tanıma Modülü, talaşlı imalat işlemlerinde bir parça üzerinde yönlerine ve yüzeylerine göre karşılaşılabilecek toplam 48 tip kademe unsur tipine ait bilgileri içerir ve sistem içinde bunlar nesne-yönelimli yaklaşımı ile modellenmiştir. Bakış yönleri ve kör açık olmalarına göre kademe unsurları araştırılarak nesneleştirilir. Her kademe nesnesi içinde kapsüllenen unsur değişkenleri; *kademe tipi*, *kademe genişliği*, *kademe yüksekliği*, *kademe uzunluğu* ve *imalatı için esas alınacak kademe referans noktasıdır*. Kanal içinde benzer

nesneleştirme ve kanal tanıma **Kanal Tanıma Modülü** tarafından gerçekleştirilir. Sistem içinde modellenen kanal sınıfı içinde yer alan kanal nesnelere içerdikleri unsur değişkenleri; *kanal tipi, kanal referans noktası, kanal genişliği, kanal yüksekliği ve kanal uzunluğu*'dur. Kademe ve kanal tanıma modülleri düzlem yüzeylerin yönlerini ve komşuluk ilişkilerini belirleyerek kanal ve kademe tanıma işlemini gerçekleştirirler. Kanal ve kademeye ait olmayan düzlem yüzeyleri araştırarak parçanın diğer düzlem yüzeylerini bulan unsur tanıma modülü ise **Düzlem Yüzey Tanıma Modülü**'dür. **Düzlem Yüzey Tanıma Modülü**; 2 yatay ve 4 dikey olmak üzere toplam 6 düzlem yüzey tipini nesneleştirir ve sistem içinde bu nesnelere kullanılırlar. Düzlem yüzey nesnelere için nesnelere içinde kapsüllenen unsur değişkenleri *düzlem yüzey tipi, referans noktası, genişliği ve uzunluğu*'dur

Üçüncü aşamada; parça malzemesi cinsinin **Parça Bilgi Modeli** içinde tanımlanması gerekir. Bunu gerçekleştirmek için, sistemin **Malzeme Cinsini Girme Modülü** çalışır ve koduna göre parça malzemesi cinsi sisteme girilir. **BDT Veri Modeli**'nin unsur tanıma modülleri, parçayı oluşturan unsur nesnelere belirledikten sonra unsur nesnelere ait boyutların toleransları ve unsur yüzeylerinin pürüzlülük değerleri sisteme girilebilir. **Unsur Toleranslarını Girme Modülü**, kullanıcı ile iletişim kurar ve **Unsur Tanıma Modülü** tarafından belirlenerek kodlanan her unsur nesnesi ile ilişkili boyutların toleranslarının kullanıcı tarafından girilmesini sağlar ve girilen tolerans değerleri **Parça Bilgi Modeli** içinde nesne değişkeni olarak saklanır. Benzer şekilde unsur nesnelere yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri, **Unsur Yüzey Pürüzlülüğü Giriş Modülü** aracılığı ile sisteme girilebilirler ve girilen yüzey pürüzlülük değerleri **Parça Bilgi Modeli** içinde ilgili nesnenin değişkeni olarak saklanır.

Dördüncü aşamada; sonuç çıkarma mekanizması daha sonra İşlem Planlama Bilgi Modeli bilgi tabanı içinde bulunan Ham Parça Boyutlarını Belirleme, Bağlama Yüzeyi Belirleme-Operasyonların Sıralanarak Atanması, Takım Seçme, Operasyon Parametrelerini, Kesme Gücünü ve İşleme Zamanını Belirleme ve Tezgah Seçme Modüllerini, **Parça Bilgi Modeli** içinde unsur tabanlı olarak modellenmiş parça bilgileri ile iletişim ve etkileşim halinde işleterek işlem planlama için gerekli kararları alır, hesaplamaları yapar ve elde ettiği sonuçları işlem planı kartına yansıtır. Her modül içinde bilgi tabanı kuralları ve gerçekler şeklinde bilgiyi saklar. Kurallar;

üretim kuralları şeklinde ve gerçekler; uzman, kitap, katalog vb. kaynaklardan elde edilen bilgiler şeklindedir.

Sistem, işlem planlamada BDT arayüzü olarak STEP standartlarını, iş parçasını oluşturan unsurlar için unsur-tabanlı modellemeyi ve sistemi oluşturmak için nesne-yönelimli bilgi tabanını kullanmıştır.

ISO STEP standartları ürün verisinin tanımlanmasında ve transferinde dünya standardı olduğu için tasarım arayüzünde ancak bu standartlar kullanılarak diğer sistemler ile bütünleşme başarılabilir. Sistemde kullanılan BDT ortamı üç boyutlu yapısal tasarım için kullanılan STEP AP203 formatını parça verisi temsili ve dönüşümü için verebilir. Parça tasarımı yapıldıktan sonra bu formata parça verisi dönüştürülür.

İş parçasını oluşturan unsurlar, unsur-tabanlı yaklaşım ile modeller şeklinde sistemde kullanılmıştır. Parçayı oluşturan unsurlar; parça üzerinde yerleşim durumlarına, kör ve açık olmaları özelliklerine göre ve nesne yönelimli yapıya uygun olarak sınıflandırılmışlar ve sınıfları içinde nesneleştirilmişlerdir.

Unsurları temsil eden her nesneye sınıfına ve unsuruna göre kod atanmıştır. Parçayı oluşturan her unsur, işlem planlama sistemi içinde, nesne kodları ve unsur değişkenleri ile kullanılmıştır. Unsurların kodlanarak nesne yönelimli yapı içinde kullanılmaları çok sayıda unsurdan oluşan parçalar için kullanılabilecek işlem planlama programlarının oluşturulması ve sistem karmaşıklığının çözülmesi için umut vericidir.

Nesne-yönelimli yaklaşım BDİP sistemlerinin karmaşık olan bilgi yapısını sistematik olarak düzenlemiş ve bilgi karmaşıklığını ortadan kaldırmıştır. C++ programlama dili ile sistem programı yazılmıştır. C++, nesne-yönelimli programlama için en uygun diller arasındadır.

Sistemin BDT modelinden alınan STEP arayüzü sadece geometrik veriyi içerir. Çünkü kullanılan BDT programının STEP-Dönüştürücüsü parçanın geometrik verilerini, parçanın sınır temsiline (B-Rep) göre STEP fiziksel dosya formatına dönüştürmektedir. Bu dönüşüm sırasında toleranslar, STEP fiziksel dosyasına dönüştürülememektedir. İmalat için gerekli diğer bilgiler olan parça malzemesi cinsi ve her unsur için yüzey kalitesi bilgileri de STEP dosyasından alınamadığı için nesne-yönelimli bilgi tabanında oluşturulan ve kullanıcı etkileşimli çalışan bilgi

modülleri sayesinde bu veriler sistemin parça modeline kazandırılmaktadır. Böylece parçayı oluşturan unsurlar unsur tabanlı modellemeye uygun şekilde tam olarak modellenmektedirler.

Her özelliğe BDT ortamındaki konumu esas alınarak, imalatında esas alınacak referans noktalar atanmıştır. Parçanın imalatı sırasında bağlama yüzeyine, yerleşim yönlerine, atanan parça sıfır noktasına göre ve önceki operasyonlar ile işlenmiş yüzeyler nedeniyle meydana gelen koordinat dönüşümleri göz önüne alınarak bu referans noktaların dönüşümü gerçekleştirilmiş ve referans noktası dönüşüm tabloları oluşturulmuştur.

Sistem; özellik tabanlı modelleme-nesne yönelimli modelleme tekniklerini ve STEP Standartlarını (AP203) kullanması, unsurların nesneleştirilmesi ve unsurlar içinde tanımlanan referans noktalarının imalat sırasında parçanın durumuna göre dönüştürülmelerinin sağlanması gibi özellikleri nedeniyle işlem planlama sistemlerinin geliştirilmesinde yeni ve farklı ufuklar açmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

BDT ile BDİP ve BDÜ sistemlerinin bütünleşmesinde en çok zorluk çekilen iki konu vardır. Bunlar:

1. Ürünü tam olarak modelleyecek bir BDT veri tabanının olmaması
2. Ürün veri tabanlarının BDT/BDİP/BDÜ sistemleri arasında ürün bilgisi transferini ve iletişimi sağlayacak yeterli kapasitede olmamalarıdır.

Bu engelleri aşmak için ISO, 1980'li yıllardan itibaren STEP standartlarını oluşturmuş ve ürün verisini modellemenin bu standartlara uygun olarak yapılmasını önermiştir. BDT sistemlerinde bulunan STEP-Dönüştürücüler (STEP-Translator) EXPRESS veri tanımlama dilini kullanarak ürün verisini STEP formatına dönüştürürler. Ürün verisinin tam olarak tanımlanması ve BTİ sistemleri arasında veri dönüşümü için ürün verisini tanımlamada ISO STEP standartlarının kullanılması BTİ sistemlerinin entegrasyonu için umut vericidir.

Sistem BDT verisi olarak STEP Uygulama Protokolü 203 (AP203) formatını kullanmıştır. Çünkü mevcut BDT sistemleri parça verisini henüz sadece STEP AP203 veya onunla aynı yapıda olan STEP AP214 formatına dönüştürebilmektedirler. AP203 ve AP214 formatları genel 3 boyutlu tasarım için geliştirilen STEP standartlarıdır ve sadece geometrik ve topolojik bilgiyi içermektedir. ISO'nun tornalama ve frezeleme işlemleri için parça verisini modellemede ve veri dönüşümünde geliştirdiği Uygulama Protokolü 224 (AP224) tür. Üstelik STEP AP224 parçanın geometrik ve topolojik verilerinin dışında toleranslar, yüzey kalitesi vb. gibi geometrik olmayan verilerini de temsil etmektedir. Bu tip STEP uygulama protokollerini veren BDT verisi ile çalışan BDİP sistemleri gerçek uygulama alanında daha da geliştirilmiş olacaktır.

Ürün verisinin BDİP/BDÜ sistemlerine bir model olarak verilmesi tam otomasyona geçmek için gereklidir. Bunu sağlamak için BDT tasarım ortamından alınan ürün verisinin unsur tanıma yaklaşımı ile analiz edilmesi ve unsur tabanlı modelleme ile parçayı oluşturan unsurların modellenmesi gereklidir. BDT verisinden prizmatik parçaların düzlem yüzey, kademe, kanal ve delik gibi unsurlarını, unsur

tabanlı modelleme ile tanımlanarak sistem tarafından kullanılmıştır. Ayrıca iş parçası malzemesinin cinsi, her unsur için toleranslar ve yüzey kalitesi verileri sisteme kullanıcı tarafından girilirler. Böylece ürün tam temsili ve parçayı oluşturan unsurların modellenmesi sağlanmıştır. BDT tasarım ortamında çizilen parçanın geometrik ve topolojik verileri dışında diğer geometrik olmayan (malzeme cinsi, toleranslar, yüzey kalitesi, sertlik vb.) verilerini STEP dosyasına dönüştürebilen STEP-Dönüştürücülere sahip BDT ortamlarında tasarım yapıldığı takdirde, işlem planlama sistemlerinin BDT ortamı dışında kullanıcı etkileşimi gerektiren diğer modüllerine gerek olmayacaktır.

Oluşturulan işlem planlama programı sadece düzlem yüzey, kanal, kademe ve delik unsurları için çalışmaktadır. Sistemin yapısı, diğer farklı unsurların sisteme eklenebilmesi için uygun şekilde oluşturulmuştur. Sistem yapısı gereği geliştirilmeye açık olduğundan düzlem yüzey, kanal, kademe ve delik unsurları dışında olan diğer unsurlar sisteme kazandırılabilirler. Özellikle eğik, eğrisel yüzeylerden unsurlar (rampa, fatura, ada vb.) ve iç içe unsurlar (kanal içinde delik, kademe üzerinde kademe vb.) için sistemin kullanılabilir duruma getirilmesi, endüstrinin ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilmeyi sağlayacaktır.

İşlem planlama sistemlerinde; BDT verisi, tezgah bilgisi, takım bilgisi, bağlama yüzeylerinin ve imalat operasyonlarının seçilmesi ve sıralanması bilgisi, operasyon parametrelerinin, işleme zamanlarının belirlenmesi vb. bilgiler ve veriler rastgele düzenlendiklerinde kompleks ve yığın halde bir bilgi yapısı oluştururlar. İşlem planlama sistemleri bu bilgileri ve verileri işleterek parçanın imalatı ile ilgili işlem planını oluştururlar. Sistemi oluşturan bütün bu unsurlara ait bilgilerin belirli sınırlar ile birbirlerinden ayrılmaları ve aralarında ilişkiler ve iletişimler belirlenerek sistemin çalışması gereklidir. Bu sonuç işlem planlamacıları nesne yönelimli sistem modelleme tekniğine yönlendirmektedir.

Karmaşık ve yoğun bilgi içeren bilgi tabanlı sistemlerin nesne yönelimli yaklaşım ile yapılandırılmaları sistemin karmaşıklığını çözmede ve tam otomatik BDİP sistemleri geliştirmede son yıllarda üzerinde durulan bir konudur. Nesne yönelimli yaklaşıma göre bir sistemi oluşturan unsurlar ayrı ayrı sınıflar halinde yapılandırılırlar. Bir sınıf içinde ortak özelliklere ve metotlara sahip nesnelere yer alırlar. Sınıflar arasındaki ve nesnelere arasındaki ilişkilere ve hiyerarşilerine göre

uygun olarak sistem modellemesi yapılır. Böylece nesne-yönelimli sistem ve ürün modelleme yaklaşımı BDİP sistemlerini tamamlamak için gereklidir.

C++ programlama dili nesne-yönelimli programlama ve mühendislik uygulamaları için uygundur. Program içerisinde oluşturulan genel sınıflar (class), türetilmiş sınıflar (public) ve özel sınıflar (private) kendilerine ait değişkenleri ve metotları kapsülleyerek sınırları ayrılırlar ve karmaşıklıkları ortadan kaldırılır. Farklı sınıflar ve farklı nesnelere aralarında mesaj olarak veri iletişimi yapılabilirler.

İşlem planlama sistemleri bilgi tabanlı (uzman) sistem mantığı ile ve nesne yönelimli yaklaşım ile oluşturulmalıdır. Çünkü bilgi tabanlı sistemler işlem planlama ile ilgili uzman kararlarını, kullanılacak imalat bilgisini, tezgah ve takım bilgilerini farklı bir yaklaşım ile oluştururlar. Bilgi tabanlı sistemler; kurallar ve verilerden oluşan bilgiyi sonuç çıkarma mekanizması ile işlerler ve sistemde tüm yapıya müdahale etmeden güncelleme yapabilmeye olanak sağlarlar. Her uzman kendi alanı ile ilgili bilgi tabanına müdahale edebilir ve bu sayede farklı uzmanlık alanları birleşebilir.

Sistemde oluşturulan bilgi tabanlı kural tabanlıdır. Sistem bilgi tabanı; ayrı dosyalardan verilerin ve bilgilerin alındığı veri tabanlı hale getirilir ise sistemin güncellenmesi daha kolay olacaktır. Örneğin takım verilerinin işlenmesini sağlayan takım sınıfı içindeki nesnelere, takım verilerini veri tabanlı oluşturulmuş veri dosyasından alabilirler.

Sistem, BDT tasarım ortamları ile bütünleştirilebilecek yapıda geliştirilmiştir. BDT yazılım yapısına girilerek, geliştirilen sisteme doğrudan BDT ortamından geçilebilir veya işlem planlama sistemini geliştirilerek sistem içinde BDT ortamına geçilip parça tasarımı yapılabilir.

Sistemin; unsur tabanlı modelleme ve unsur tanımada, nesne yönelimli sistem ve unsur modellemede, unsurları nesneleştirmede, unsurlara referans noktası atamada ve unsurun imalat sırası geldiğinde parçanın durumuna göre bu noktayı dönüştürmede kullandığı yeni yaklaşımlar ve teknikler ile, temel yapısı oluşturulmuştur. Yeni unsurlar, tezgah, takım vb. bilgi tabanları ile sistemin zenginleştirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- 1- Akkurt, M., 1996, "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", Birsen Yayınevi, İstanbul.
- 2- Allahverdi, N., 2002, "Uzman Sistemler", Atlas Kitabevi, İstanbul.
- 3- Amaitik, S.M. and KILIÇ, E.S., 2002, "STEP: A Key to CAD/CAM Systems Integration", Mechanical Engineering Department, Middle East Technical University, Ankara.
- 4- An, D., Leep, H.,R., Parsaei, H.,R., and Nyaluke, A.,P., 1995, "A Product Data Exchange Integration Structure Using PDES/STEP for Automated Manufacturing Applications", Computers in Industrial Engineering, vol.29, no.1-4, pp.711-715.
- 5- Aslan, E., 1992, "İki Eksenli CNC Torna Tezgahları İçin İşlem Planlaması; AUTOCAPP-TOR Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 6- Aslan,E., 1995, "Uzman Sistem Yaklaşımıyla Son İşlemci Tasarımı", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 7- Barr, A., and Feigenbaum, E., 1982, "The Handbook of Artificial Intelligence", vol.1, William Kaufmann.
- 8- Barber, K.,S., 1994, "A Feature-Based CAD Representation Enabling Case-Based Planning Across Multiple Manufacturing Applications", IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.142-147.
- 9- Bedworth, D.,D., Henderson, M.,R. and Wolfe, P.,M., 1991, Computer Integrated Design and Manufacturing, McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- 10- Bhandarkar, M., P. and Nagi, R., 2000, "STEP-Based Feature Extraction from STEP Geometry for Agile Manufacturing", Computers in Industry, vol.41, pp.3-24.
- 11- Boothroyd, G.,W., Knight, A., 1989, "Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools", McGraw-Hill, USA.

- 12- Butterfield, W.B., Green, M.K., Scott, D.C. and Stoker, W.J., Nov.1986, "Part Features for Process Planning", Report R-86-PPP-01, CAM-I, Incorporated, 611, Ryan Plaza Drive, Suite 1107, Arlington, TX 76011.
- 13- Chep, A. and Tricarico, L., 1999, "Object-Oriented Analysis and Design of a Manufacturing Feature Representation", International Journal of Production Research, vol.37, no.10, pp.2349-2376.
- 14- Chep, A., Tricarico, L., Bourdet, P. and Galantucce, L., 1998, "Design of Object-Oriented Database for The Definition of Machining Operation Sequences of 3D Workpieces", Computers in Industrial Engineering, vol.34, no.2, pp.257-279.
- 15- Cheolhan, K., Kwangsoo, K., and Choi, I., 1993, "An Object-Oriented Information Modeling Methodology for Manufacturing Information System", Computers in Industrial Engineering, vol.24, no.3, pp.337-353.
- 16- Cheung, Y.P., and Dowd, A.L., 1988, "Artificial Intelligence in Process Planning", Computer Aided Engineering Journal.
- 17- Coulondre, S. and Libourel, T., 2002, "An Integrated Object-Role Oriented Database Model", Data & Knowledge Engineering, Vol.42, pp.113-141.
- 18- Cugini, U., Mandorli, F. And Vicini, I., 1992, "Using Features as Knowledge Formalization for Simultaneous Engineering", Humans Aspects in Computer Integrated Manufacturing, IFIP, pp.337-349.
- 19- Çakır, M.C., 2000, "Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri" Uludağ Üniversitesi
- 20- Çelik, I., 1998, "CNC Torna Tezgahlarında İşlenecek Parçaların Grafik Simulasyonu ve İşlem Planlaması", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 21- Descotte, Y., and Latombe, J.,C., 1981, "GARI: A Problem Solver that Plans how to Machine Mechanical Parts", Proceedings of International Journal of Computer Integrated Manufacturing, pp.766-772, Canada.
- 22- <http://www.desy.de/gna/html/cc/Tutorial/node1.html>
- 23- Dong, X., De Vries, W.R. and Wozny, M.J., 1991, "Feature-Based Reasoning in Fixture Design", Annals of the CIRP, no.40, pp.111-114
- 24- Eimaraghy, H.,A., 1993, "Evolution and Future Perspectives of CAPP", Ann CIRP, vol.2, pp.42.

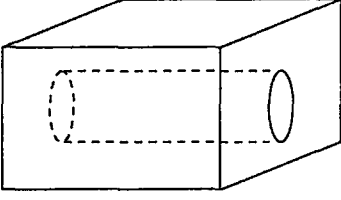
- 25- Gavankar, P., and Henderson, M.R., 1989, "Graph-Based Extraction of Protrusions and Depressions from Boundary Representations, Computer Aided Design, pp. 442-450.
- 26- Ghad, R. and Prinz, F., 1992, "Recognition of Geometric Forms Using Differential Depth Filter", Computer Aided Design, pp.538-598.
- 27- Gayretli, A., and Abdalla, H.,S., 1999, " A Feature-Based Prototype System for The Evaluation and Optimisation of Manufacturing Processes", Computers & Industrial Engineering, vol.37, pp.481-484.
- 28- Huang, G.,X. and Ratchev, T.,M., 1993, "Feature-Based Component Model for Computer Aided Process Planning Systems", International Journal Computer Integrated Manufacturing, vol.6, pp.6-20.
- 29- Hvam, L., Riis, J. and Hansen, B.,L., 2003, "CRC Cards for Product Modelling", Computers in Industry, vol.50, pp.57-70.
- 30- ISO TC184/SC4, 1993, "ISO CDC 10303-213 (STEP-Part 213), Industrial Automation Systems-Product Data Representation and Exchange-Part 213: Application Protocols: Numerical Control (NC) Process Plans for Machined Parts".
- 31- ISO 10303-42, 2000(E), "Product Data Representation and Exchange: Integrated Generic Resource: Geometric and Topological Representation".
- 32- ISO 10303- 224 Mechanical Product Definition for Process Planning using Form Features, working draft.
- 33- <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/java/concepts/index.html>
- 34- Kahn, H., Filer, N., Williams, A. and Whitaker, N., 2001, "A Generic Framework for Transforming EXPRESS Information Models", Computer Aided Design, Vol.33, pp.501-510.
- 35- Law, H.W., Tam, H.Y., Chan, A.H.S. and Hui, I.K., 2001, "Object-Oriented Knowledge-Based Computer-Aided Process Planning System for Bare Circuit Boards Manufacturing", Computers In Industry, Elsevier.
- 36- Lee, D.H., Kiritsis, D. and Xirouchakis, P., 2001, "Branch and Fathoming Algorithms for Operation Sequences in Process Planning", International Journal of Production Research, vol.39, no.8, pp.1649-1669.

- 37-Link, C.H., 1976, "CAPP, CAM-I Automated Process Planning System", Proceedings of the 13th NC Society Annual Meeting & Technical Conference, Cincinnati.
- 38-Loffredo, D., "The Fundamentals of STEP Application", STEP Tools Inc., Rensselaer Technology Park, Troy, New York, 12180.
- 39-Ma, Y.,S. and Tong, T., 2003, "Associative Feature Modelling for Concurrent Engineering Integration", Computers In Industry.
- 40-Makino V55-5XA, 5-Axis Control Vertical Machining Center Catalogue.
- 41-Makino V77. Vertical Machining Center Catalogue.
- 42-Mandurai, S.,S., and Lin, L., 1992, "Ruled Based Automatic Part Feature Extraction and Recognition from CAD Data", Computers In Engineering, vol.22, no.1, pp.49-62.
- 43-Matsushima, K., Okada, N., and Sata, T., 1985, "The Integration of CAD and CAM by Application of Artificial Intelligence Techniques", The Annals of CIRP, vol.314(1), pp.329-332.
- 44-Ming, X., G., Mak, K., L., and Yan, J.,Q., 1998, "A PDES/STEP-Based Information Model for Computer-Aided Process Planning", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol.14, pp.347-361
- 45-Ming, X.,G., Mak, K.,L., Yan, J.,Q., M, D.,Z. and Zhang, H.,Q., 1997, "A hybrid Expert-Neural-Based Function Model for CAPP", International Journal of Computer Integrated Manufacturing, pp.105-106.
- 46-Motavalli, S., Cheraghi, S., H. and Shamsaasef, R., 1997, "Feature-Based Modelling; An Object-Oriented Approach", Computers in Industrial Engineering, Vol.33, no.1-2,pp.349-352.
- 47-Nau, D.,S., and Chang, T.,C., 1985, "SIPP Reference Manual", Technic report, Computer Science Department University of Maryland, Maryland.
- 48-Özdemir, A., Şeker, U. ve Aslan, E., 1992, "Yapay Zeka ve Uzman Sistemler", Gazi Üniversitesi Teknik eğitim Fakültesi Dergisi.
- 49-Perng, D.,B. and Chang, C.,F., 1997, "A New Feature-Based Design System with Dynamic Editing", Computers in Industrial Engineering, vol.32, no.2, pp.383-397.

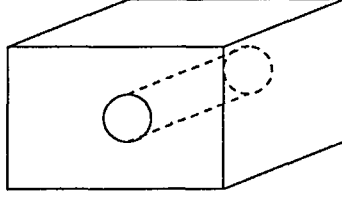
- 50- Pern,D.B., Chan, Z. and Li,R.K., 1990, "Automated 3D Machinig Feature Extraction from 3D CGS Solid Input", Computer Aided Design.
- 51- Sack, C., F., 1982, "Computer Managed Process Planning-A Bridge Between CAD and CAM", CASA/SME Autofact Conference.
- 52- Sack, C.F., 1983, "CAM-I's Experimental Planning System XPS-1", Autofact 5 Conference Proceedings, Detroit, Michigan, USA.
- 53- Sandvik Coromant Metal İşleme Ürünleri Frezeleme Takımları Kataloğu
- 54- Sargeant, R., 1990, "Expert Systems are Modifying 1992 Manufacturing Sector Strategies", Proc. 1st Conf. AI and Expert Systems in Manufacturing, pp.25-37.
- 55- Shah, A., Fotouhi, F., Grosky, W., Al-Muhtadi J., 2003, "Operators of the Temporal Object System and Their Implementation", Information Sciences.
- 56- Sing, M., 1996, "Systems Approach to Computer Integrated Design and Manufacturing", Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Wayne State University.
- 57- Steudel, H.,J., 1984, "Computer Aided Process Planning: Past, Present and Future", International Journal of Production Research.
- 58- Tseng, Y.J. and Jiang, B.C., 2000, "Evaluating Multiple Feature-Based Machining Methods Using an Activity Based Cost Analysis Model", International of Journal Advanced Manufacturing Technology, No.16, pp.617-623.
- 59- Türkdemir, K., 2000, "Teknik Resim I", Pamukkale Üniversitesi
- 60- Usher, J.,M., 1996, "A STEP-Based Object-Oriented Product Model for Process Planning" Computers in Industrial Engineering, vol.31, no.1/2, pp.185-188.
- 61- Usher, J.,M., and Fernandes, K.,J., 1999, "An Object-Oriented Application of Tool Selection in Dynamic Process Planning", International Jout,rmal of Production Research, vol.37, no13, pp.2879-2894.
- 62- Qiao, L.,H., Zhang, C., Liu, T.,H., Wang, B. and Fischer, G.,W., 1993, "A PDES/STEP-Based Product Data Preparation Procedure for Computer-Aided Process Planning", Computers in Industry, vol.21, pp.11-22, Elsevier.

- 63- Wang, H.,P., and Wysk,R.,A., 1988, "A Knowledge-Based Approach for Automated Process Planning", International Journal of Production Research, vol.26(6), pp.999-1014.
- 64- Wang, H.,P. and Li, J.,K., 1991, "Computer Aided Process Planning", Advanced In Industrial Engineering, Elsevier.
- 65- Won, K., et al, Oct. 1990, "Object-Oriented Database Support for CAD", Computer Aided Design, vol.22, no.8, pp.469-479.
- 66- Younis, M.,A., and Abdel Wahab , M.,A., 1997, "A CAPP Expert System for Rotational Components", Computers in Industrial Engineering, vol.33, pp.509-517.
- 67- Yıldız, S., 1996, "Uzman Sistem Yaklaşımıyla Prizmatik Parçalar İçin İşlem Planlama Sistemi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 68- Zhang, H.,C. and Alting, L., 1994, "Computerized Manufacturing Process Planning Systems", Chapman&Hall, New York.
- 69- Zhang, H.,C. and Alting, L., 1994, "Computerized Manufacturing Process Planning Systems", Chapman&Hall, New York.

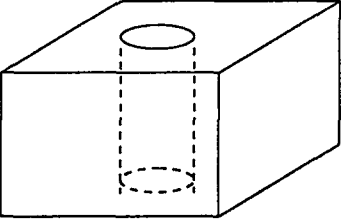
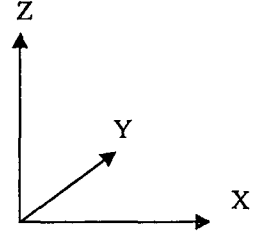
EK A
TANIMLANAN DELİK SINIFI ÖZELLİK TİPLERİ



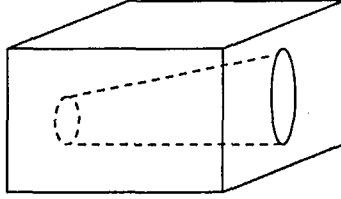
DL3A



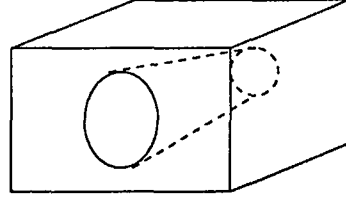
DL4A



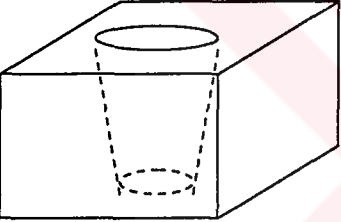
DL5A



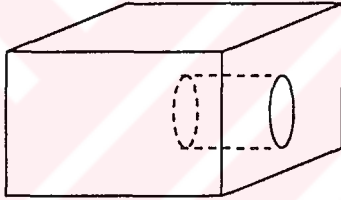
DL1KN



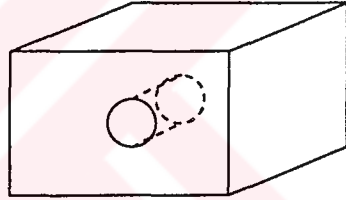
DL4KN



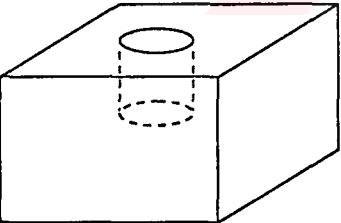
DL5KN



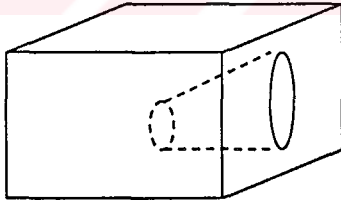
DL1K



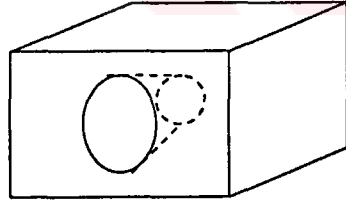
DL4K



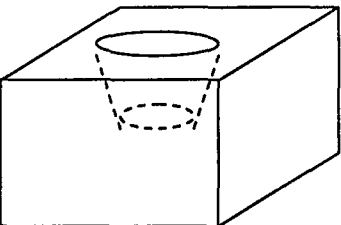
DL5K



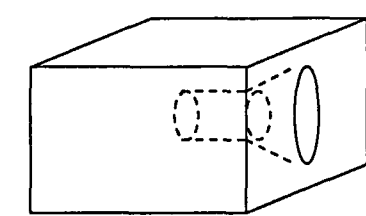
DL1KNK



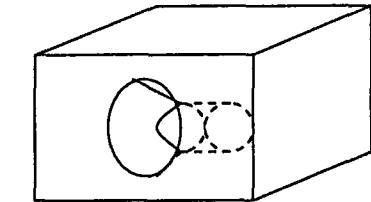
DL4KNK



DL5KNK



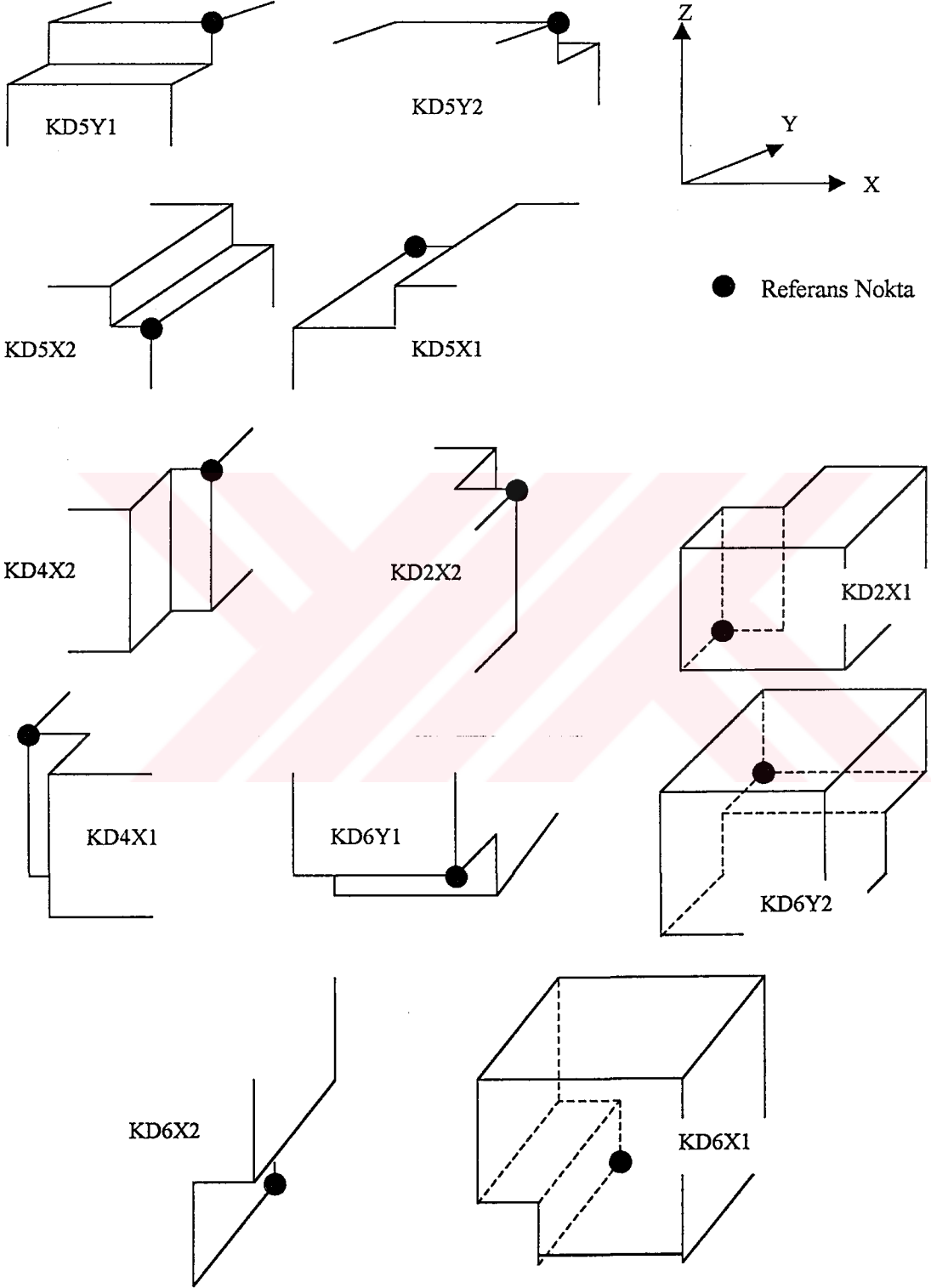
DL1HK



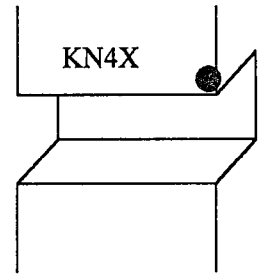
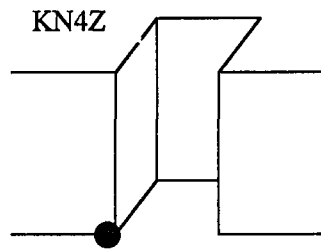
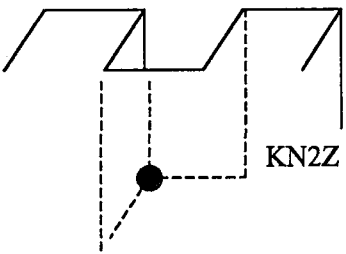
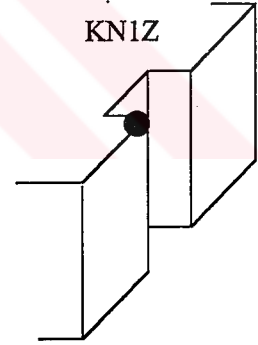
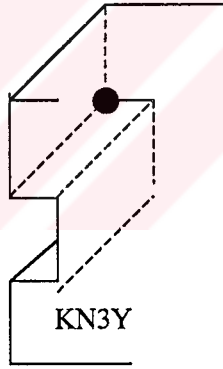
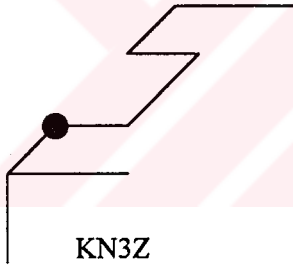
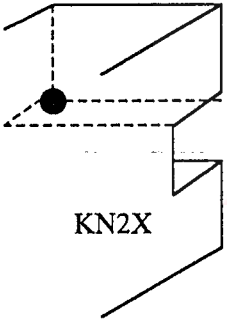
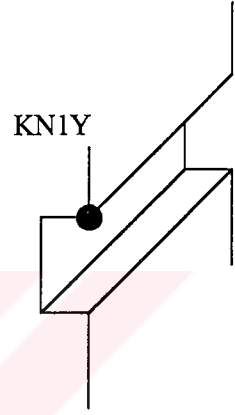
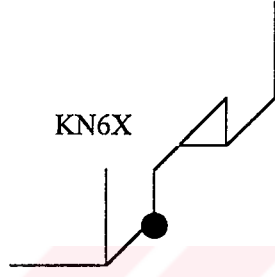
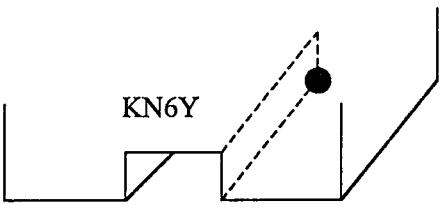
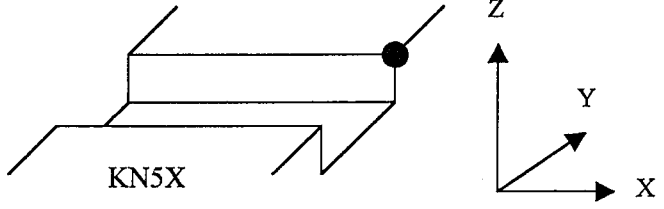
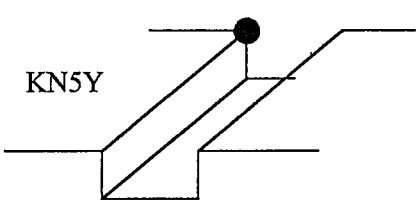
DL3HK

(Her delik nesnesi için referans nokta ait olduğu yüzeydeki kendi merkez koordinatlarıdır.)

EK B
TANIMLANAN KADEME SINIFI ÖZELLİK TIPLERİ

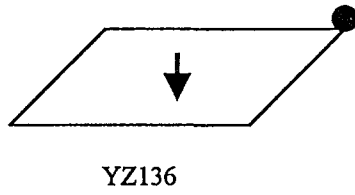
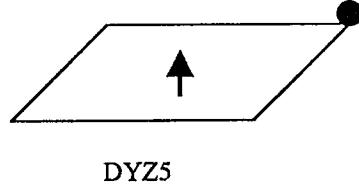
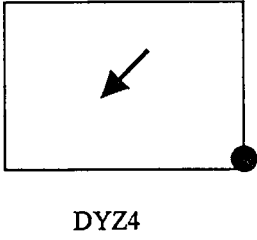
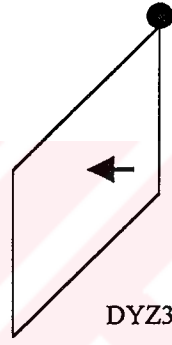
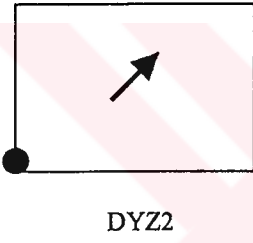
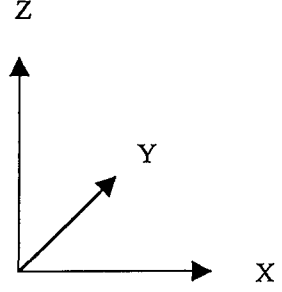
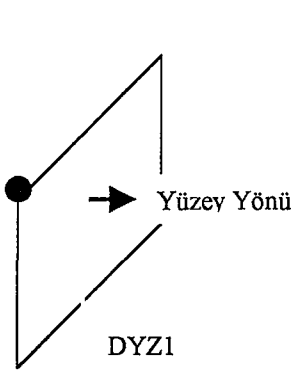


EK C
TANIMLANAN KANAL SINIFI ÖZELLİK TIPLERİ



● Referans Nokta

EK D
TANIMLANAN DÜZLEM YÜZEY SINIFI ÖZELLİK TİPLERİ



● Referans Nokta

E K E
İŞ PARÇASI MALZEMESİ KODLARI (MC)

Malzeme Sınıflandırması (CMC)	Büyük Britanya	İsveç	ABD	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya	Japonya	
	Standart								
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W.-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE

Alaşımsız çelikler										
01.1	4360 40 C		1311	A570.36	1.0038	RSt.37-2	E 24-2 Ne			STKM 12A,C
01.1	030A04	1A	1325	1115	1.0038	GS-CK16				
01.1	4360 40 B		1312	A573-81 65	1.0116	St.37-3	E 24-U	Fe37-3		
01.1	080M15		1350	1015	1.0401	C15	CC12	C15C16	F.111	
01.1	050A20	2C/2D	1450	1020	1.0402	C22	CC20	C20C21	F.112	
01.1	230M07		1912	1213	1.0715	9SMn28	S250	CF9SMn28	11SMn28	SUM22
01.1	-		1914	12L13	1.0718	9SMnPb28	S250Pb	CF9SMnPb28	11SMnPb28	SUM22L
01.1	-		-	-	1.0722	10SPb20	10PbF2	CF10SPb20	10SPb20	
01.1	240M07	1B	-	1215	1.0736	9SMn36	S 300	CF9SMn36	12SMn35	
01.1	-		1926	12L14	1.0737	9SMnPb36	S300Pb	CF96MnPb36	12SMnP35	
01.1	080M15	32C	1370	1015	1.1141	Ck15	XC12	C16	C15K	S15C
01.1	-		-	1025	1.1158	Ck25	-	-	-	S25C
01.1	4360 55 E		2145	A572-60	1.8900	StE 380	-	FeE390KG	-	
01.1	4360 55 E		2142	A572-60	-	17 MnV 6	NFA 35-501 E 36	-	-	
01.2	060A35		1550	1035	1.0501	C35	CC35	C35	F.113	
01.2	080M46		1677	1045	1.0503	C45	CC45	C45	F.114	
01.2	212M36	8M	1957	1140	1.0726	35S20	35MF4	-	F210G	
01.2	150M36	15	-	1039	1.1157	40Mn4	35M5	-	-	
01.2	-		2120	1335	1.1167	36Mn5	40M5	-	36Mn5	SMn438(H)
01.2	150M28	14A	-	1330	1.1170	28Mn6	20M5	C28Mn	-	SCMn1
01.2	060A35		1572	1035	1.1183	Ck35	XC38TS	C36	-	S35C
01.2	080M46		1672	1045	1.1191	Ck45	XC42	C45	C45K	S45C
01.2	060A52		1674	1050	1.1213	Ck53	XC48TS	C53	-	S50C
01.3	070M55		1655	1055	1.0535	C55	-	C55	-	
01.3	080A62	43D	-	1060	1.0601	C60	CC55	C60	-	
01.3	070M55		-	1055	1.1203	Ck55	XC55	C50	C55K	S55C
01.3	080A62	43D	1678	1060	1.1221	Ck60	XC60	C60	-	S58C
01.4	060 A 96		1870	1095	1.1274	Ck 101	XC 100	-	F-5117	
01.4	BW 1A		1880	W 1	1.1545	C 105 W1	Y105	C36KU	F-5118	SK 3
01.4	BW2		2900	W210	1.1545	C105W1	Y120	C120KU	F515	SUP4

Düşük-alaşimli çelikler (02.1 = Sertleştirilmemiş, 02.2 = Sertleştirilmiş ve temperlenmiş)

02.1	4360 43C		1412	A573-81	1.0144	St.44-2	E 28-3	-	-	SM 400A,B;C
02.1	4360 50B		2132	-	1.0570	St.52-3	E36-3	Fe52BFN/Fe52CFN	-	SM490A;B;C;YA;YF
02.1	150 M 19		2172	5120	1.0841	St.52-3	20 MC 5	Fe52	F-431	
02.1	250A53	45	2085	9255	1.0904	55Si7	55S7	55Si8	56Si7	
02.1	-		-	9262	1.0961	60SiCr7	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	
02.1	534A99	31	2258	52100	1.3505	100Cr6	100C6	100Cr6	F.131	SUJ2
02.1	1501-240		2912	ASTM A204Gr.A	1.5415	15Mo3	15D3	16Mo3KW	16Mo3	
02.1	1503-245-420		-	4520	1.5423	16Mo5	-	16Mo5	16Mo5	
02.1	-		-	ASTM A350LF5	1.5622	14Ni6	16N6	14Ni6	15Ni6	
02.1	805M20	362	2506	8620	1.6523	21NiCrMo2	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	SNCM220(H)
02.1	311-Type 7		-	8740	1.6546	40NiCrMo22	-	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	SNCM240
02.1	820A16		-	-	1.6587	17CrNiMo6	18NCD6	-	14NiCrMo13	
02.1	523M15		-	5015	1.7015	15Cr3	12C3	-	-	SCR415(H)
02.1	-		2245	5140	1.7045	42Cr4	-	-	42Cr4	SCR440
02.1	527A60	48	-	5155	1.7176	55Cr3	55C3	-	-	SUP9(A)
02.1	-		2216	-	1.7262	15CrMo5	12CD4	-	12CrMo4	SCM415(H)
02.1	1501-620Gr27		-	ASTM A182 F11;F12	1.7335	13CrMo4 4	15CD3.5	14CrMo4 5	14CrMo45	
02.1	1501-622		2218	ASTM A182 F22	1.7380	10CrMo9 10	15CD4.5	-	-	
02.1	Gr.31;45		-	-	-	-	12CD9. 10	12CrMo9. 10	TU.H	
02.1	1503-660-440		-	-	1.7715	14MoV6 3	-	-	13MoCrV6	
02.1	722 M 24		2240	-	1.8515	31 CeMo 12	30 CD 12	30CrMo12	F-1712	
02.1	897M39	40C	-	-	1.8523	39CrMoV13 9	-	36CrMoV12	-	
02.1	524A14		2092	L1	1.7039	34MoCrS4 G	-	105WCR 5	-	
02.1	605A32		2103	3620	1.5419	20McCrS4	-	-	F520.S	
02.1	922M30	33	2512	-	1.7228	55NiCrMoV6G	-	55CM31	-	
02.1	-		2127	-	1.7139	16MnCr5	-	-	-	
02.1	830 M 31		2534	-	-	31NiCrMo134	-	-	F-1270	
02.1	-		2550	L6	1.7271	50NiCr13	55NcV6	-	F-528	
02.2	640A35	111A	-	3135	1.5710	35NiCr6	35NC6	-	-	SNC236
02.2	-		-	3415	1.5732	14NiCr10	14NC11	16NiCr11	15NiCr11	SNC415(H)
02.2	655M13 A12	36A	-	3415 3310	1.5752	14NiCr14	14NC15	-	-	SNC815(H)
02.2	-		2290	9255	1.0904	55Si7	55S7	-	-	

E K E
İŞ PARÇASI MALZEMESİ KODLARI (MC)

Malzeme Sınıflandırması (CMC)	Büyük Britanya		İsveç	ABD	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya	Japonya	
	Standart									
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W.-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE	JIS
02.1/02.2	816M40	110	-	9840	1.6511	36CrNiMo4	40NCD3	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	-
02.1/02.2	817M40	24	2541	4340	1.6582	35CrNiMo6	35NCD5	35NiCrMo6(KB)	-	-
02.1/02.2	530A32	18B	-	5132	1.7033	30Cr4	30C4	30Cr4(KB)	35Cr4	SCr430(H)
02.1/02.2	530A40	18	-	5140	1.7035	41Cr4	42C4	41Cr4	42Cr4	SCr440(H)
02.1/02.2	(527M20)	-	2511	5115	1.7131	16MnCr5	16MC5	16MnCr5	16MnCr5	-
02.1/02.2	1717CDS110	-	2225	4130	1.7218	25CrMo4	25CD4	25CrMo4(KB)	55Cr3	SCM420;SCM430
02.1/02.2	708A37	19B	2234	4137;4135	1.7220	34CrMo4	35CD4	35CrMo4	AM26CrMo4	SCM432;SCCRM3
02.1/02.2	708M40	19A	2244	4140;4142	1.7223	41CrMo4	42CD4TS	41CrMo4	34CrMo4	SCM 440
02.1/02.2	706M40	19A	2244	4140	1.7225	42CrMo4	42CD4	42CrMo4	42CrMo4	SCM440(H)
02.1/02.2	722M24	40B	2240	-	1.7361	32CrMo12	30CD12	32CrMo12	F.124.A	-
02.1/02.2	735A50	47	2230	6150	1.8159	50CrV4	50CV4	50CrV4	51CrV4	SUP10
02.1/02.2	905M39	41B	2940	-	1.8509	41CrAlMo7	40CAD6, 12	41CrAlMo7	41CrAlMo7	-
02.1/02.2	BL3	-	-	L3	1.2067	100Cr6	Y100C6	-	100Cr6	-
02.1/02.2	-	-	2140	-	1.2419	105WC6	105WC13	10WC6	105WC6	SKS31
02.1/02.2	-	-	-	L6	1.2713	55NiCrMoV6	55NCDV7	-	107WC6SKU	SKS2, SKS3
02.1/02.2	-	-	-	-	-	-	-	-	F.520.S	SKT4

Yüksek-alaşımlı çelikler

03.11	1501-509;510	-	-	ASTM A353	1.5662	X8Ni9	-	X10Ni9	XBNi09	-
03.11	-	-	-	2515	1.5680	12Ni19	Z18N5	-	-	-
03.11	832M13	36C	-	-	1.6657	14NiCrMo134	-	15NiCrMo13	14NiCrMo131	-
03.11	BD3	-	-	D3	1.2080	X210Cr12	Z200C12	X210Cr13KU X250Cr12KU	X210Cr12	SKD1
03.11	-	-	2314	-	1.2083	-	-	-	-	-
03.11	BH13	-	2242	H13	1.2344	X40CrMoV5 1	Z40CDV5	X35CrMoV05KU X40CrMoV511KU	X40CrMoV5	SKD61
03.11	BA2	-	2260	A2	1.2363	X100CrMoV5 1	Z100CDV5	X100CrMoV51KU	X100CrMoV5	SKD12
03.11	-	-	2312	-	1.2436	X210CrW12	-	X215CrW12 1KU	X210CrW12	SKD2
03.11	BS1	-	2710	S1	1.2542	45WCv7	-	45WCv8KU	45WCvSi8	-
03.11	BH21	-	-	H21	1.2581	X30WCv9 3 X30WCv9 3KU	Z30WCV9	X28W09KU X30WCv9 3KU	X30WCv9	SKD5
03.11	-	-	2310	-	1.2601	X165CrMoV 12	-	X165CrMoV12KU	X160CrMoV12	-
03.11	401S45	52	-	HW3	1.4718	X45GrSi93	Z45CS9	X45GrSi8	F322	SUH1
03.11	4959BA2	-	2715	D3	1.3343	S6-5-2	Z40CSD10	15NiCrMo13	-	SUH3
03.13	BM 2	-	2722	M 2	1.3343	S6/5/2	Z 85 WDCV	HS 6-5-2-2	F-5603.	SKH 51
03.13	BM 35	-	2723	M 35	1.3243	S6/5/2/5	6-5-2-5	HS 6-5-2-5	F-5613	SKH 55
03.13	-	-	2782	M 7	1.3348	S2/9/2	-	HS 2-9-2	F-5607	-
03.21	-	-	2736	HNv3	1.2379	X210Cr12 G	-	-	-	-

Dökme çelikler

06.2	-	-	2223	-	-	-	-	-	-	-
06.33	Z120M12	-	-	-	1.3401	G-X120Mn12	Z120M12	XG120Mn12	X120Mn12	SCMnH1
06.33	BW 10	-	2183	-	1.3401	-	Z120 M12	GX120 Mn12	F-8251	SEMn H1

Ticari isimler

02.1	OVAKO 520M (Ovako Steel)
02.1	FORMAX (Uddeholm Tooling)
02.1	IMACRO NIT (Imatra Steel)
02.2	INEXA 482 (XM) (Inexa Profil)
	S355J2G3(XM)
	C45(XM)
	16MnCrS5(XM)
	INEXA280(XM)
	070M20(XM)
02.2	HARDOX 500 (SSAB - Swedish Steel Corp.)
02.2	WELDOX 700 (SSAB - Swedish Steel Corp.)

EK E
İŞ PARÇASI MALZEMESİ KODLARI (MC)

Malzeme Sınıflandırması (CMC)	Büyük Britanya	İsviçre	ABD	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya	Japonya	
	Standart								
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE

Paslanmaz çelikler
Ferritik / martensitik malzemeler (05.11, 12 = Dövülmüş, 15.11, 12 = Dökme)

05.11/15.11	403S17	-	2301	403	1.4000	X7Cr13	Z6C13	X6Cr13	F3110	SUS403
05.11/15.11	416 S 21	-	2380	416	1.4001	X7Cr14	-	-	F8401	-
05.11/15.11	430S15	960	2320	430	1.4005	X12CrS13	Z11CF13	X12 CrS 13	F-3411	SUS 416
05.11/15.11	410S21	56A	2302	410	1.4016	X8Cr17	Z8C17	X8Cr17	F3113	SUS430
05.11/15.11	430S17	60	2320	430	1.4006	X10Cr13	Z10C14	X12Cr13	F3401	SUS410
05.11/15.11	420S45	56D	2304	-	-	X8Cr17	Z8C17	X8Cr17	F3113	SUS430
05.11/15.11	420S45	-	-	-	1.4034	X46Cr13	Z40CM	X40Cr14	F3405	SUS420J2
05.11/15.11	405S17	-	-	405	1.4002	-	Z8CA12	X6CrAl13	-	-
05.11/15.11	420S37	-	2303	420	1.4021	-	Z20C13	X20Cr13	-	-
05.11/15.11	431S29	57	2321	431	1.4057	X22CrNi17	Z15CN16.02	X16CrNi16	F3427	SUS431
05.11/15.11	-	-	2383	430F	1.4104	X12CrMoS17	Z10CF17	X10CrS17	F3117	SUS430F
05.11/15.11	434S17	-	2325	434	1.4113	X6CrMo17	Z8CD17.01	X8CrMo17	-	SUS434
05.11/15.11	425C11	-	2385	CA6-NM	1.4313	X5CrNi13 4	Z4CND13.4M	(G)X6CrNi304	-	SCS5
05.11/15.11	403S17	-	-	405	1.4724	X10CrA113	Z10C13	X10CrA112	F311	SUS405
05.11/15.11	430S15	60	-	430	1.4742	X10CrA118	Z10CAS18	X8Cr17	F3113	SUS430
05.11/15.11	443S65	59	-	HNV6	1.4747	X80CrNiSi20	Z80CSN20.02	X80CrSiNi20	F320B	SUH4
05.11/15.11	-	-	2322	446	1.4762	X10CrA124	Z10CAS24	X16Cr26	-	SUH446
05.11/15.11	349S54	-	-	EV8	1.4871	X53CrMnNiN21 9	Z52CMN21.09	X53CrMnNiN21 9	-	SUH35, SUH36
05.11/15.11	-	-	2326	S44400	1.4521	X1CrMoTi18 2	-	-	-	-
05.11/15.11	-	-	2317	-	1.4922	X20CrMoV12-1	-	X20CrMoNi 12 01	-	-
05.12/15.12	-	-	-	630	1.4542/ 1.4548	-	Z7CNU17-04	-	-	-

Östenitik malzemeler (05.21, 22, 23 = Dövülmüş, 15.21, 22, 23 = Dökme)

05.21/15.21	304S11	-	2352	304L	1.4306	-	Z2CN18-10	X2CrNi18 11	-	-
05.21/15.21	304S31	58E	2332/2333	304	1.4350	X5CrNi189	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F3551	SUS304
05.21/15.21	303S21	58M	2346	303	1.4305	X12CrNiS18 8	Z10CNF 18.09	X10CrNiS 18.09	F3541	SUS303
05.21/15.21	304S15	58E	2332	304	1.4301	X5CrNi189	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F3504	SUS304
05.21/15.21	304C12	-	2333	-	-	-	Z3CN19.10	-	F3508	SUS304L
05.21/15.21	304S12	-	2352	304L	1.4306	X2CrNi18 9	Z2CN18 10	X2CrNi18 11	F3551	SUS304L
05.21/15.21	-	-	2331	301	1.4310	X12CrNi17 7	Z12CN17.07	X12CrNi17 07	F3503	SCS19
05.21/15.21	304S62	-	2371	304LN	1.4311	X2CrNi18 10	Z2CN18.10	-	F3517	SUS301
05.21/15.21	316S16	58J	2347	316	1.4401	X5CrNiMo18 10	Z6CND17.11	X5CrNiMo17 12	-	SUS304LN
05.21/15.21	-	-	2375	316LN	1.4429	X2CrNiMo18 13	Z2CND17.13	-	F3543	SUS316
05.21/15.21	316S13	-	2348	316L	1.4404	-	Z2CND17-12	X2CrNiMo1712	-	SUS316LN
05.21/15.21	316S13	-	2353	316L	1.4435	X2CrNiMo18 12	Z2CND17.12	X2CrNiMo17 12	-	-
05.21/15.21	316S33	-	2343	316	1.4436	-	-	-	-	SCS16
05.21/15.21	-	-	2347	-	-	-	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo1713	-	SUS316L
05.21/15.21	317S12	-	2367	317L	1.4438	X2CrNiMo18 16	Z2CND19.15	X2CrNiMo18 16	-	-
05.21/15.21	-	-	2562	UNS	1.4539	X1NiCrMo	Z2 NCDU25-20	-	-	SUS317L
05.21/15.21	321S12	58B	2337	321	1.4541	X10CrNiTi18 9	Z6CNT18.10	X6CrNiTi18 11	-	-
05.21/15.21	347S17	58F	2338	347	1.4550	X10CrNiNb18 9	Z6CNNb18.10	X6CrNiNb18 11	F3553	SUS321
05.21/15.21	320S17	58J	2350	316Ti	1.4571	X10CrNiMoTi18 10	Z6NDT17.12	X6CrNiMoTi17 12	F3523	-
05.21/15.21	-	-	-	318	1.4583	X10CrNiMoNb 18 12	Z6CNDNb17 13B	X6CrNiMoNb17 13	F3552	-
05.21/15.21	309S24	-	-	309	1.4828	X15CrNiS20 12	Z15CNS20.12	-	F3524	SUS347
05.21/15.21	310S24	-	2361	310S	1.4845	X12CrNi25 21	Z12CN25 20	X6CrNi25 20	F3535	-
05.21/15.21	301S21	58C	2370	308	1.4406	X10CrNi18.08	Z1NCDU25.20	-	F331	SUH309
05.21/15.21	-	-	2387	-	1.4418	X4 CrNiMo16 5	Z6CND16-04-01	-	F8414	SUH310
05.22/15.22	316S111	-	-	17-7PH	1.4568/ 1.4504	-	Z8CNA17-07	X2CrNiMo1712	-	SCS17
05.23/15.23	-	-	2584	NO8028	1.4563	-	Z1NCDU31-27-03	-	-	-
05.23/15.23	-	-	2378	S31254	-	-	Z1CNDU20-18-06AZ	-	-	-

Östenitik / ferritik malzemeler (Duplex) (05.51, 52 = Dövülmüş, 15.51, 52 = Dökme)

05.51/15.51	-	-	2376	S31500	1.4417	X2CrNiMoSi19 5	-	-	-	-
05.51/15.51	-	-	2324	S32900	-	X8CrNiMo27 5	-	-	-	-
05.52/15.52	-	-	2327	S32304	-	X2CrNiN23 4	Z2CN23-04AZ	-	-	-
05.52/15.52	-	-	2328	-	-	-	-	-	-	-
05.52/15.52	-	-	2377	S31803	-	X2CrNiMoN22 53	Z2CND22-05-03	-	-	-

EK E
İŞ PARÇASI MALZEMESİ KODLARI (MC)

Malzeme Sınıflandırması (CMC)	Büyük Britanya	İsveç	AŞD	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya	Japonya	
	Standart								
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE

Isıl dirençli süper alaşımlar

20.11	-	-	-	330	1.4864	X12NiCrSi35 16	Z12NCS35.16	F-3313	-	SUH330
20.11	330C11	-	-	-	1.4865	G-X40NiCrSi38 18	-	XG50NiCr39 19	-	SCH15
20.21	-	-	-	5390A	2.4603	-	NC22FeD	-	-	-
20.21	-	-	-	5656	2.4856	NiCr22Mo9Nb	NC22FeDNB	-	-	-
20.21	HR5,203-4	-	-	-	2.4630	NiCr20Ti	NC20T	-	-	-
20.22	-	-	-	5660	LW2.4662	NiFe35Cr14MoTi	ZSNCDT42	-	-	-
20.22	3146-3	-	-	5331	LW2.4670	S-NiCr13A16MoNb	NC12AD	-	-	-
20.22	HR8	-	-	5333	LW2.4668	NiCr19Fe19NbMo	NC19eNB	-	-	-
20.22	3072-76	-	-	4676	2.4375	NiCu30Al	-	-	-	-
20.22	HR401,601	-	-	-	2.4631	NiCr20TiAk	NC20TA	-	-	-
20.22	-	-	-	AMS 5399	2.4973	NiCr19Co11MoTi	NC19KDT	-	-	-
20.22	-	-	-	AMS 5544	LW2.4668	NiCr19Fe19NbMo	NC20K14	-	-	-
20.24	-	-	-	AMS 5397	LW2.4674	NiCo15Cr10MoAlTi	-	-	-	-
20.32	-	-	-	5537C	LW2.4964	CoCr20W15Ni	KC20WN	-	-	-
-	-	-	-	AMS 5772	-	CoCr22W14Ni	KC22WN	-	-	-

Titanyum alaşımları

23.22	TA14/17	-	-	AMS R54520	-	TiAl5Sn2.5	T-A5E	-	-	-
23.22	TA10-13/TA28	-	-	AMS R56400	-	TiAl6V4	T-A6V	-	-	-
23.22	TA11	-	-	AMS R56401	-	TiAl6V4ELI	-	-	-	-
23.22	-	-	-	-	-	TiAl4Mo4Sn4Si0.5	-	-	-	-

Ticari isimler

Paslanmaz çelikler

05.21/15.21	SANMAC 304 (Sandvik Steel)
05.21/15.21	SANMAC 304L (Sandvik Steel)
05.21/15.21	SANMAC 316 (Sandvik Steel)
05.21/15.21	SANMAC 316L (Sandvik Steel)
05.23/15.23	254 SMO
05.23/15.23	654 SMO
05.23/15.23	SANMAC SANICRO (Sandvik Steel)
05.52/15.52	SANMAC SAF 2205 (Sandvik Steel)
05.52/15.52	SANMAC SAF 2507 (Sandvik Steel)

Isıl dirençli süper alaşımlar

Demir esaslı
Incoloy 800

Nikel esaslı

Haynes 600
Nimocast PD16
Nimonic PE 13
Rene 95
Hastelloy C
Incoloy 825
Inconel 600
Monel 400
Inconel 700
Inconel 718
Mar-M 432
Nimonic 901
Waspaloy
Jessop G 64

Kobalt esaslı

Air Resist 213
Jetalloy 209

EK E
İŞ PARÇASI MALZEMESİ KODLARI (MC)

Malzeme Sınıflandırması (CMC)	Büyük Britanya	İsviçre	ABD	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya	Japonya	
	Standart								
	BS	EN	SS	AISI/SAE	W.-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNE

Temper dökümler

07.1	B 290/6		0814							
07.1	B 340/12		0815	32510		GTS-35	MN 32-8 MN 35-10			FCMB310 FCMW330
07.2	P 440/7		0852	40010	0.8145	GTS-45	Mn 450	GMN 45		FCMW370
07.2	P 510/4		0854	50005	0.8155	GTS-55	MP 50-5	GMN 55		FCMP490
07.2	P 570/3		0858	70003		GTS-65	MP 60-3			FCMP540
07.2	P570/3		0856	A220-70003	0.8165	GTS-65-02	Mn 650-3	GMN 65		FCMP590
07.3	P690/2		0862	A220-80002	0.8170	GTS-70-02	Mn700-2	GMN 70		FCMP690

Gri dökme demirler

08.1			0100							
08.1			0110	No 20 B		GG 10	Ft 10 D			FC100
08.1	Grade 150		0115	No 25 B	0.6015	GG 15	Ft 15 D	G 15	FG 15	FC150
08.1	Grade 220		0120	No 30 B	0.6020	GG 20	Ft 20 D	G 20		FC200
08.2	Grade 260		0125	No 35 B	0.6025	GG 25	Ft 25 D	G 25	FG 25	FC250
				No 40 B						
08.2	Grade 300		0130	No 45 B	0.6030	GG 30	Ft 30 D	G 30	FG 30	FC300
08.2	Grade 350		0135	No 50 B	0.6035	GG 35	Ft 35 D	G 35	FG 35	FC350
08.2	Grade 400		0140	No 55 B	0.6040	GG 40	Ft 40 D			
08.3	L-NiCuCr202		0523	A436 Type 2	0.6660	GGL-NiCr202	L-NC 202	-	-	

Sfero dökme demirler

09.1	SNG 420/12		0717-02	60-40-18	0.7040	GGG 40	FCS 400-12	GS 370-17	FGE 38-17	FCD400
09.1	SNG 370/17		0717-12	-		GGG 40.3	FGS 370-17			
09.1	-		0717-15	-	0.7033	GGG 35.3	-			
09.1	SNG 500/7		0727-02	80-55-06	0.7050	GGG 50	FGS 500-7	GS 500	FGE 50-7	FCD500
09.1	Grade S6		0776	A43D2	0.7660	GGG-NiCr202	S-NC 202	-	-	
09.2	SNG 600/3		0732-03	-		GGG 60	FGS 600-3			FCD600
09.2	SNG 700/2		0737-01	100-70-03	0.7070	GGG 70	FGS 700-2	GS 700-2	FGS 70-2	FCD700

Sertleştirilmiş malzemeler

04.1	-	-	2258-08	440A	1.4108	X100CrMo13	-	-	-	C4BS
04.1	-	-	2534-05	610	1.4111	X110CrMoV15	-	-	-	AC4A
04.1	-	-	2541-06	0-2	-	X65CrMo14	-	-	-	AC4A

Alüminyum alaşımları

30.21	-	-	4251	SC64D	3.2373	G-AISI9MGWA	A-S7G	-	-	C4BS
30.21	LM5	-	4252	GD-AISI12	-	G-ALMG5	A-SU12	-	-	AC4A
30.21/30.22	LM25		4244	356.1						A5052
			4247	A413.0						AGC61
	LM24		4250	A380.1		GD-A.S.12				A7075
	LM20		4260	A413.1		GD-AISI8Cu3				ACC12
	LM6		4261	A413.2		G-AISI12(Cu)				
	LM9		4253	A360.2		G-AISI12				
						G-AISI10Mg(Cu)				

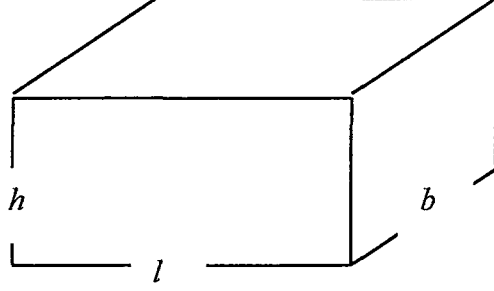
EK F
TOLERANSI VERİLMİYEN ÖLÇÜLER İÇİN STANDART TOLERANS
DEĞERLERİ

Anma Boyutları		3-6 (mm)	6-30 (mm)	30-120 (mm)	120-315 (mm)
Müsaade edilebilir sapma (mm)	İnce	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2
	Orta	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5
	Kaba	-	±0.5	±0.8	±1.2

EK G
STANDART MALZEME BOYUTLARI

$$l = \Delta x + 10 \text{ mm}$$

Δx : Ürün parça sınır x boyutları



<i>DIN2395</i>		<i>DIN2395</i>		<i>DIN5941</i>	
<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>
25	30	25	40	60	60
30	30	30	40	70	70
20	35	40	40	80	80
25	35	25	50	90	90
30	35	30	50	100	100
35	35	40	50	150	150
		50	50	50	70
		30	60	40	80
		40	60	60	80
				50	90
				140	100
				60	120

EK H
MALZEME ÖZELLİKLERİNE GÖRE İŞLEME PARAMETRELERİ
TABLOSU

SO	CMC No.	Malzeme	Spesifik kesme kuvveti k_c 1	Brinel sertliği	mc	4020		4030							
						Maks. talaş kalınlığı, h_{ex} mm									
						0,1 - 0,2 - 0,3		0,1 - 0,2 - 0,3							
						Kesme hızı, v_c m/dak									
P	01.1	Çelikler Alaşımız	C = 0,10 - 0,25 %	1500	125	0,25	490- 405- 330	365 - 295 - 245							
	01.2		C = 0,25 - 0,55 %	1600	150	0,25	440- 360- 295	325 - 265 - 220							
	01.3		C = 0,55 - 0,80 %	1700	170	0,25	415- 340- 280	305 - 255 - 205							
	01.4			1800	210	0,25	365- 295- 245	265 - 220 - 180							
	01.5			2000	300	0,25	265- 220- 180	195 - 165 - 135							
	02.1	Düşük alaşımlı (alaşım elemanları $\leq 5\%$)	Sertleştirilmemiş	1700	175	0,25	345- 285- 230	255 - 210 - 170							
	02.2		Sertleştirilmiş ve temperlenmiş	2000	275	0,25	245- 195- 165	180 - 145 - 120							
	02.2			2300	350	0,25	195- 160- 130	145 - 115 - 95							
	03.11	Yüksek alaşımlı (alaşım elemanları $> 5\%$)	Tavlınmış	1950	200	0,25	295- 245- 200	195 - 155 - 130							
	03.13		Sertleştirilmiş takım çelikleri	2150	200	0,25	215- 175- 145	160 - 130 - 105							
	03.21			2900	300	0,25	185- 155- 125	140 - 115 - 95							
	03.22			3100	380	0,25	115- 95- 75	85 - 70 - 55							
	06.1	Dökümler	Alaşımız	1400	150	0,25	350- 285- 235	260 - 215 - 175							
	06.2		Düşük-alaşımlı (alaşım malzemeleri $\leq 5\%$)	1600	200	0,25	275- 225- 185	205 - 170 - 140							
	06.3		Yüksek alaşımlı (alaşım elemanları $> 5\%$)	1950	200	0,25	205- 165- 135	150 - 125 - 100							
M	CMC No.	Malzeme	Spesifik kesme kuvveti k_c 1	Brinel sertliği	mc	2030		2040							
						Maks. talaş kalınlığı, h_{ex} mm									
						0,05 - 0,15 - 0,25		0,1 - 0,2 - 0,3							
												Kesme hızı, v_c m/dak			
						05.11	Paslanmaz çelikler Ferritik/martensitik	Sertleştirilmemiş	1800	200	0,21	240 - 190 - 155	235 - 190 - 155		
						05.12		PH-sertleştirilmiş	2800	330	0,21	170 - 135 - 105	165 - 130 - 105		
						05.13		Sertleştirilmiş	2300	330	0,21	175 - 140 - 115	175 - 135 - 110		
						05.21	Östenitik	Sertleştirilmemiş	2000	200	0,21	235 - 185 - 150	200 - 160 - 125		
						05.22		PH-sertleştirilmiş	2800	330	0,21	165 - 130 - 105	155 - 125 - 100		
						05.51	Östenitik-ferritik (Dupleks)	Kaynak yapılamaz $\geq 0,05\%C$	2000	230	0,21	195 - 155 - 125	165 - 135 - 105		
						05.52		Kaynak yapılabilir $< 0,05\%C$	2400	260	0,21	165 - 130 - 105	135 - 105 - 85		
						15.11	Paslanmaz çelikler - Dökme Ferritik/martensitik	Sertleştirilmemiş	1700	200	0,25	215 - 170 - 135	210 - 170 - 135		
						15.12		PH-sertleştirilmiş	2500	330	0,25	145 - 115 - 95	145 - 115 - 90		
						15.13		Sertleştirilmiş	2100	330	0,25	160 - 125 - 105	160 - 125 - 100		
						15.21	Östenitik	Östenitik	1800	200	0,25	225 - 175 - 145	190 - 155 - 125		
15.22	PH-sertleştirilmiş	2500	330	0,25	145 - 115 - 95	145 - 115 - 90									
15.51	Östenitik-ferritik (Duplex)	Kaynak yapılamaz $\geq 0,05\%C$	1800	230	0,25	185 - 145 - 115	155 - 125 - 100								
15.52		Kaynak yapılabilir $< 0,05\%C$	2200	260	0,25	150 - 120 - 95	125 - 100 - 80								
O	CMC No.	Malzeme	Spesifik kesme kuvveti k_c 1	Brinel sertliği	mc	H10F		2030							
						Maks. talaş kalınlığı, h_{ex} mm									
						0,1 - 0,15 - 0,2		0,05 - 0,15 - 0,2							
												Kesme hızı, v_c m/dak			
						20.11	Isıl dirençli süper alaşımlar Demir esaslı	Tavlınmış veya solüsyonla işlenmiş	2400	200	0,25	55 - 50 - 47	65 - 55 - 50		
						20.12		yaşlandırılmış veya solüsyonla işlenmiş ve yaşlandırılmış	2500	280	0,25	40 - 37 - 35	46 - 40 - 37		
						20.21	Nikel esaslı	Tavlınmış veya solüsyonla işlenmiş	2650	250	0,25	50 - 48 - 45	60 - 50 - 48		
						20.22		yaşlandırılmış ve solüsyonla işlenmiş	2900	350	0,25	32 - 30 - 27	37 - 32 - 30		
						20.24		Döküm veya yaşlandırılmış döküm	3000	320	0,25	40 - 37 - 34	45 - 39 - 36		
						20.31	Kobalt esaslı	Tavlınmış veya solüsyonla işlenmiş	2700	200	0,25	22 - 19 - 17	26 - 21 - 18		
						20.32		Solüsyonla işlenmiş ve yaşlandırılmış	3000	300	0,25	15 - 14 - 12	29 - 23 - 20		
						20.33		Döküm veya yaşlandırılmış döküm	3100	320	0,25	14 - 13 - 12	17 - 14 - 12		
						23.1		Titanyum alaşımları ¹⁾	Ticarî safıkta (99,5% Ti)	1300	400	0,23	115 - 105 - 95	130 - 115 - 105	
						23.21	α , α' ya yakın ve $\alpha + \beta$ alaşımları, tavlınmış		1400	950	0,23	55 - 53 - 50	65 - 55 - 55		
						23.22	yaşlandırılmış durumda $\alpha + \beta$ alaşımları, β		1400	1050	0,23	43 - 45 - 42	55 - 48 - 45		
23.22	alaşımları, tavlınmış veya yaşlandırılmış														

-60° giriş açısı, pozitif kesme geometrisi ve kesme sıvısı kullanılmalıdır.

n = Mpa cinsinden ölçülmüş maksimum çekme dayanımı.

EK H
MALZEME ÖZELLİKLERİNE GÖRE İŞLEME PARAMETRELERİ
TABLOSU

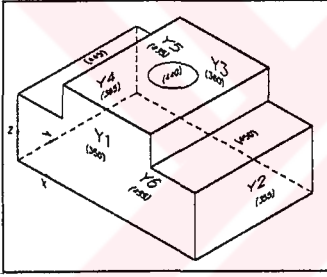
O	CMC No.	Malzeme	Spesifik kesme kuvveti k_c 1	Brinel sertliği	mc	4020		4030	
						Maks. talaş kalınlığı, h_{ex} mm			
						0,1 - 0,2 - 0,3			
						Kesme hızı, v_c m/dak			
07.1	07.2	Temper dökümler	Ferritik (kısa talaşlı) Perlitik (uzun talaşlı)	800 900	130 230	0,28 0,28	255 - 205 - 170 205 - 170 - 140	215 - 175 - 145 175 - 145 - 115	
08.1	08.2	Gri dökme demirler	Düşük gerilme dayanımı Yüksek gerilme dayanımı	900 1100	180 245	0,28 0,28	275 - 225 - 185 220 - 180 - 145	230 - 190 - 155 185 - 155 - 125	
09.1	09.2	Sfero dökme demirler	Ferritik Perlitik	900 1350	160 250	0,28 0,28	175 - 140 - 115 160 - 130 - 105	145 - 120 - 95 135 - 110 - 90	
	CMC No.	Malzeme	Spesifik kesme kuvveti k_c 1	Brinel sertliği	mc	CB50		6090	
						Maks. talaş kalınlığı, h_{ex} mm			
						0,07 - 0,12 - 0,2			
						Kesme hızı, v_c m/dak			
04.1		Ekstra sert çelikler	Sertleştirilmiş ve temperlenmiş	4200	59 HRC	0,25	160 - 140 - 115	85 - 75 - 60	
10.1		Su verilmiş dökme demirler	Döküm veya yaşlandırılmış döküm	2200	400	0,28	305 - 265 - 215	160 - 140 - 115	
	CMC No.	Malzeme	Spesifik kesme kuvveti k_c 1	Brinel sertliği	mc	CD10		H10	
						Maks. talaş kalınlığı, h_{ex} mm			
						0,1 - 0,15 - 0,2			
						Kesme hızı, v_c m/dak			
30.11	30.12	Alüminyum alaşımları	Dövme demirler veya dövme ve soğuk işlenmiş demirler, yaşlandırılmamış Dövme demirler veya dövme ve yaşlandırılmış	400 650	60 100		1875 - 1740 - 1615 1695 - 1565 - 1455	935 - 870 - 805 845 - 785 - 725	
30.21	30.22	Alüminyum alaşımları	Döküm, yaşlandırılmamış Döküm veya yaşlandırılmış döküm	600 700	75 90	0,25 0,25	1880 - 1745 - 1615 1695 - 1570 - 1455	940 - 870 - 805 845 - 785 - 725	
30.3		Alüminyum alaşımları	Al >99%	350	30		1890 - 1755 - 1625	945 - 875 - 810	
30.41	30.42	Alüminyum alaşımları	Döküm, 13-15% Si Döküm, 16-22% Si	700 700	130 130		755 - 700 - 645 565 - 525 - 485	375 - 350 - 325 285 - 265 - 245	
33.1	33.2	Bakır ve bakır alaşımları	Otomat alaşımları, $\geq 1\%$ Pb Pirinç, kurşunlu bronz, $\leq 1\%$ Pb Bronz ve elektrolitik bakır dahil kurşunsuz bakır	550 550 1350	110 90 100	0,25 0,25	945 - 875 - 810 940 - 875 - 805 655 - 610 - 565	470 - 435 - 405 470 - 435 - 405 325 - 305 - 285	

EK I STEP ile temel varlıkları tanımlama

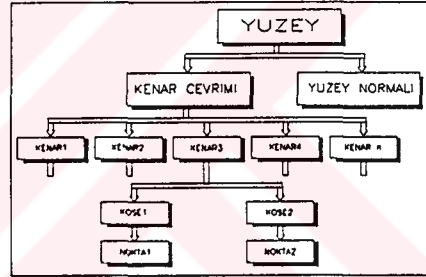
Nokta Tanımlama: STEP'te varlık tanımlaması "#" işareti ile başlayıp bunu varlığın özel numarası, ismi (varlık belirleyici) ve ilgili parametreleri takip eder. Nokta varlığı, üç boyutlu uzayda ise, üç koordinat değerine sahiptir ve EXPRESS dilinde gibi temsil edilir.

Örnek bir parçanın tüm yüzeylerinin köşelerine karşılık gelen noktalar Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 2 parçanın B-Rep temsili göstermektedir. Y1 yüzeyinin noktaları, fiziksel dosyaya, aşağıdaki şekilde yazılır.

```
#5 = POINT(0,0,0),    #10 = POINT(120,0,0),    #15 = POINT(120,0,60);  
#20=(100,0,60),      #25 =POINT(100,0,80), #30 =POINT(20,0,80),    #35 =POINT(0,0,60)
```



Şekil 1 STEP formatı hazırlanan örnek parça



Şekil 2 Bir yüzeyin B-Rep.'de topolojik temsili

```
*)  
ENTITY point  
  SUPERTYPE OF {ONEOF  
    (cartesian_point,  
    point_on_curve,  
    point_on_surface)}  
  SUBTYPE OF (geometry);  
END_ENTITY;  
(*
```

```
(*  
ENTITY cartesian_point;  
  SUBTYPE OF (point);  
  x coordinate : length_measure;  
  y coordinate : length_measure;  
  z coordinate : OPTIONAL  
  length_measure;  
END_ENTITY;  
(*
```

$x_coordinate$ yerleştirilen noktanın X , $y_coordinate$ Y , $z_coordinate$ Z koordinatıdır.

Köşe Tanımlama: Noktalar belirlendikten sonra köşeler tanımlanabilir (Şekil 3-4). Noktalar önce belirlendiği için, köşeler, noktaların özel varlık numaralarını, referans olarak kolayca tanımlanır. EXPRESS'te bir köşe şu şekilde tanımlanır:

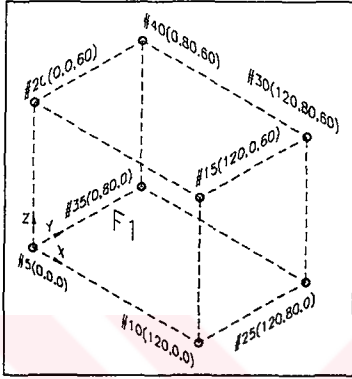
```

*)
ENTITY vertex
  SUBTYPE OF (topology);
  vertex_point: OPTIONAL point;
END_ENTITY;
(*

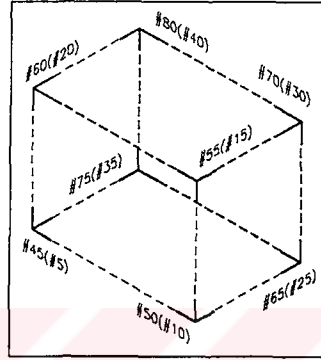
```

vertex_point köşe ile ilgili geometrik bir noktadır.

Şekil 3 dikdörtgen prizma şeklinde olan bir parçanın noktalarını, Şekil 4 ise köşelerini göstermektedir.



Şekil 3. Nokta tanımlama



Şekil 4. Köşe tanımlama

Kenar Tanımlama: Bir kenarı tanımlamadan önce kenarı yerleştirmek için koordinat uzayında ilgili geometrik eğri tanımlanmalıdır. Parçanın kenarlarına ait eğriler birer doğrudur. Bir doğru, bir nokta ve yönü ile tanımlanan sınırlanmamış bir eğridir. Doğrunun pozitif yönü, yön vektörünün yönündedir. Her doğru bir yön vektörüne sahip olduğundan, doğrudan önce bir yön vektörü tanımlanmalıdır. Örneğin bir uygulama için yön vektörleri EXPRESS'te aşağıdaki şekilde tanımlandılar.

```

*)
ENTITY vector
  SUPERTYPE OF (ONE OF (direction,
    vector_with_magnitude));
  SUBTYPE OF (geometry);
END_ENTITY;
(*

```

```

*)
ENTITY direction
  SUBTYPE OF (vector);
  X: REAL;
  Y: REAL;
  Z: OPTIONAL REAL;
END_ENTITY;
(*

```

#85(1,0,0): +X yönü,

#86(-1,0,0): -X yönü

#87(0,1,0): +Y yönü, #88(0,-1,0): -Y yönü
 #89(0,0,1): +Z yönü, #90(0,0,-1): -Z yönü

Yön vektörü belirlenen bir doğru, EXPRESS'te aşağıdaki şekilde temsil edilir.

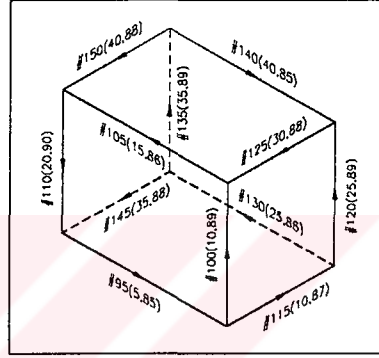
Örnek parçaya ait doğrular Şekil 5'de gösterilmiştir.

```

*)
ENTITY curve
  SUPERTYPE OF (ONE OF (line, conic,
    bounded_curve, curve_on_surface,
    offset_curve));
  SUBTYPE OF (geometry);
END_ENTITY;
(*

*)
ENTITY line
  SUBTYPE OF (curve);
  pnt: cartesian_point
  dir: direction;
DERIVE
  dim: INTEGER :=
  coordinate_space(pnt);
WHERE
  WR1: coordinate_space(pnt) =
  coordinate_space(dir);
  WR2: (NOT EXIST
  (pnt.local_coordinate_system)) AND(NOT
  EXIST (dir.local_coordinate_system)) OR
  pnt.coordinate_system =
  dir.local_coordinate_system
END_ENTITY;
(*)

```



Şekil 5. Doğru tanımlama

(*pnt* doğrunun konumu, *dir* yönü, *dim* koordinat uzayının boyutsallığıdır. *WR1* *Pnt* ve *dir*, her ikisi de 2-D veya 3-D varlıklardır. *WR2* *Pnt* ve *dir*, aynı koordinat sistemini kullanarak tanımlanır.)

Buna göre kenarlar, ilgili köşeleri ve doğruları referans olarak tanımlanır.

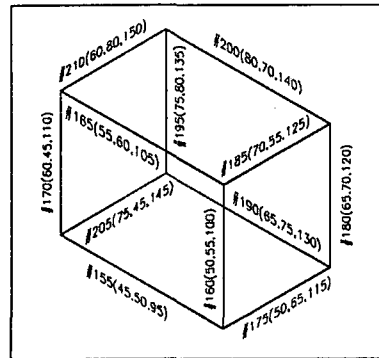
Örnek parçaya ait kenarlar Şekil 6'da gösterilmiştir. EXPRESS dilinde kenar tanımı şu şekildedir:

```

*)
ENTITY edge
  SUBTYPE OF (topology);
  dge_start : vertex;
  dge_end : vertex;
  dge_curve : OPTIONAL curve_
    or_LOGICAL;
END_ENTITY;
(*)

```

edge_start kenarın başlama noktası (köşe),
edge_end son noktası (köşe),
edge_curve isteğe bağlı eğri veya mantıksal varlıktır. Bu bir *eğri* veya *eğri_mantıksal_yapısı* olabilir.

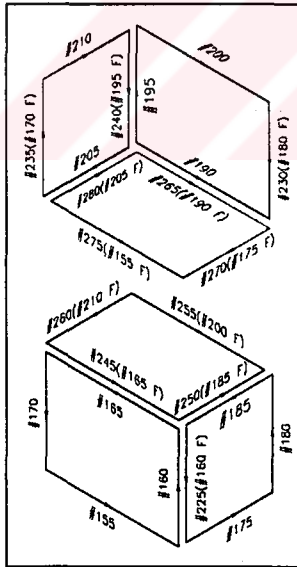


Şekil 6. Kenar tanımlama

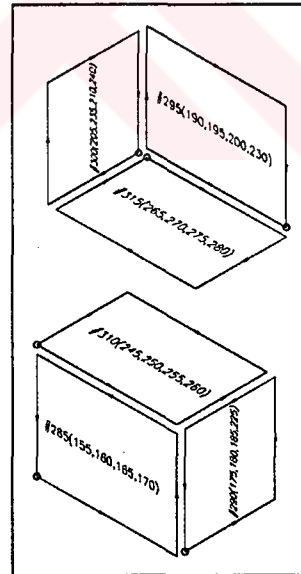
Kenar Çevrimi tanımlama: *komşu kenarlar veya kenar_mantık_yapıları (edge_logical_structures) listesiyle temsil edilir ve sınırsız bir yüzeyi sınırlandırmak için kullanılır.*

Bir *kenar* listede verilirse, bu durum kenarın pozitif yönü ile kenar çevriminin pozitif yönünün aynı yönde olduğunu gösterir. Eğer kenarın pozitif yönü, çevrimin pozitif yönüne karşı ise, o zaman bu FALSE mantık sembolü içeren *kenar_mantık_yapısında* ifade edilir. Şekil 3.30'da iki komşu yüzey tarafından paylaşılan ve parçayı oluşturan sekiz adet doğru, yönleriyle beraber tanımlanmıştır. Buna göre bir yüzeyin kenar çevrimi, ortak kenarların yönüyle ters olmadığı sürece, *kenar_mantık_yapısı* kullanılmaz. Bu açıklamalara göre, tüm yüzeylere ait kenar_mantık_yapıları, Şekil 7'de; kenar çevrimleri de, Şekil 8'de verilmiştir. EXPRESS'te kenar çevrimi aşağıdaki şekilde yapılır:

```
*)
ENTITY edge_loop
  SUBTYPE OF (loop); loop_edges: List [1:~] OF edge_or_logical;
END_ENTITY;
(*
```



Şekil 7. Kenar mantık yapısı



Şekil 8. Kenar çevrimi

loop_edges kenar veya mantıksal listedir. *loop_edges* kenar veya kenar_mantık_yapısı listesi olarak yerine getirilir.

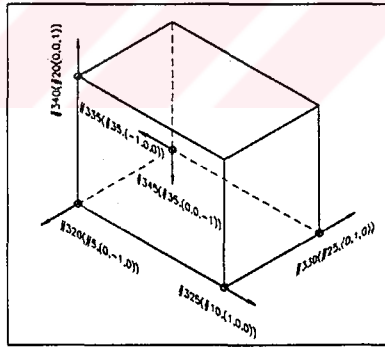
Şekil 8’de görüldüğü gibi her yüzeyin kenar çevrimi saat ibresinin tersine hareket ederek yüzeyin kenar çevrimini kapatmaktadır.

Sınırsız Düzlem Yüzey ve Yüzey Tanımlama: Geometrik bir yüzey, birden fazla yüzey tarafından kullanılabilir veya başka bir yüzey ile birleşik olabilir. *Sınırsız düzlem yüzey*, sınırsız yüzey üzerindeki bir nokta ve kendi normali ile tanımlanır. Bir düzlem yüzey, bir *nokta* ve bir *eksen* (axis2_placement) varlığı ile temsil edilir.

<pre>*) ENTITY plane SUBTYPE OF (elementary_surface); position: axis2_placement; END_ENTITY; (* <i>position yüzeyin uyumu ve konumudur.</i></pre>	<pre>*) ENTITY axis2_placement SUBTYPE OF (axis_placement); location : cartesian_point; axis : OPTIONAL direction; ref_direction:OPTIONAL direction; END_ENTITY; (*</pre>
---	---

(*location* ilgili lokal koordinat sisteminin orijini ve referans noktası, *axis* lokal Z ekseninin yönü, *ref_direction* lokal X ekseninin yönüdür.)

Bir yüzeye herhangi bir özellik yerleşirse, *location*, *axis* ve *ref_direction* parametreleri de kullanılır. Örnek parçanın yüzeylerine ait düzlemler Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Düzlem tanımlama

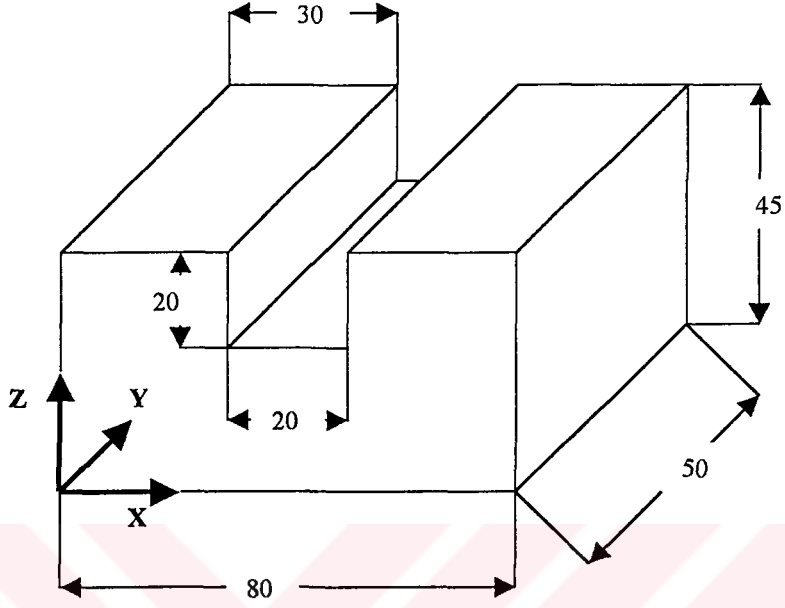
Bir düzlem yüzey, kendi sınırlarının çevrimi ile temsil edilir. Yüzeyin kenar çevrimi, yüzeyin çevresinde saat ibresinin tersinedir. Her yüzey dış sınır, sınırlar, sınırlı ve sınırsız yüzeyler takımı ile tanımlanır. EXPRESS’te yüzey varlığı aşağıdaki şekilde tanımlanır:

```
*)  
ENTITY face  
SUBTYPE OF (topology);  
outer_bound : OPTIONAL  
loop_or_logical;  
bounds : SET [1:#] OF  
    loop_or_logical;  
face_surface : OPTIONAL  
surface_or_logical;  
END_ENTITY;  
(*
```

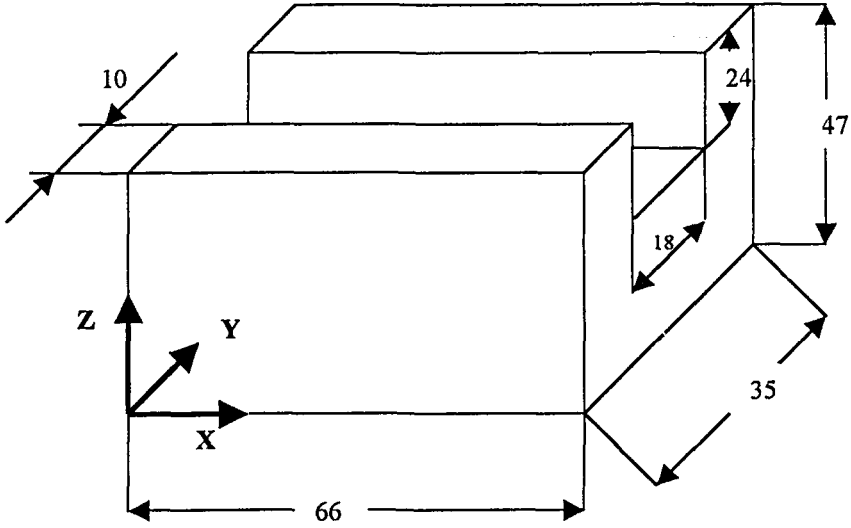
outer_bound: yüzeyin dış sınırı,
bounds: sınırlar listesi,
face_surface: yüzeyin altında uzanan geometrik yüzeydir.



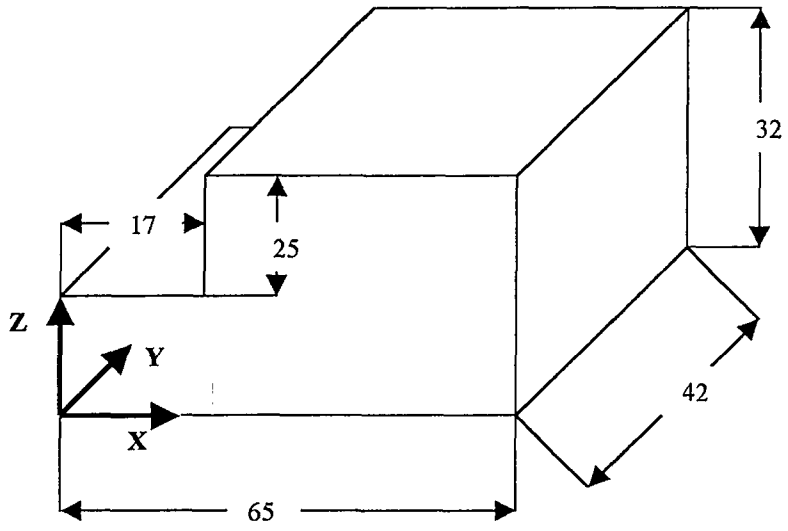
EK K
ÖRNEK PARÇALAR



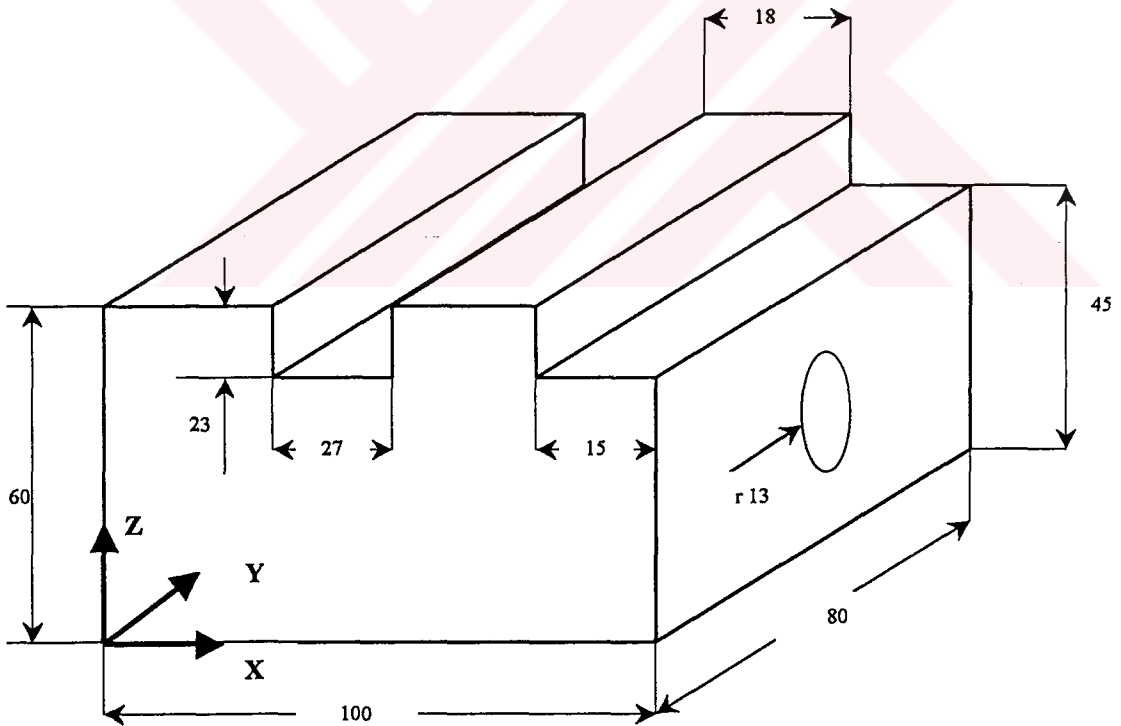
Parça 1



Parça 2



Parça 3



Parça 4

EKL
İŞLEM PLANI KARTLARI

PARÇA 1'in İMALATI İÇİN İM-BDİP TARAFINDAN ÜRETİLEN İŞLEM PLANI KARTI

Ham Parça Boyutları:90x60x60

BYZ	O.No.	Operasyon Adı	Tezgah	Takım	Ref.Nokt.	K.Ps(n)	Kb.Ps(u)	İ.Ps.(n _S)	İ.Ps(u _S)	Ks.Gc.	Ps.Sy.	İş.Zm(Th)
DYZ5	1	DYZ6 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	90,0,0	1687	337	2024	18	8	4	10.53
DYZ5	2	DYZ4 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	90,0,0	1687	337	2024	18	8	4	10.53
DYZ5	3	DYZ2 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	90,0,0	1687	337	2024	18	8	4	10.53
DYZ6	4	DYZ5 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	50,0,0	1054	210	1264	9	8	4	13.9
DYZ6	5	KN5Y Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	50,55,-7.5	7032	703	8438	195	4	10	1.93
DYZ6	6	DYZ3 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	50,0,0	1687	337	2024	18	8	4	7.02
DYZ6	7	DYZ1 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	50,0,0	1687	337	2024	18	8	4	7.02
Toplam İşleme Zamamı											54.75	

(Malzeme cinsi: 16MnCr5, Bütün düzlem yüzeyler için Ra=15 µm, Kanal için Ra=10 µm girildi, en küçük boyut toleransı >=±0.003 mm kabul edildi.)

PARÇA 2'nin İMALATI İÇİN İM-BDİP TARAFINDAN ÜRETİLEN İŞLEM PLANI KARTI

Ham Parça Boyutları:76x40x50

BYZ	O.No.	Operasyon Adı	Tezgah	Takım	Ref.Nokt.	K.Ps(n)	Kb.Ps(u)	İ.Ps.(n _S)	İ.Ps(u _S)	Ks.Gc.	Ps.Sy.	İş.Zm(Th)
DYZ5	1	DYZ6 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	76,0,0	1443	144	1731	21	2	4	8.29
DYZ5	2	DYZ4 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	76,0,0	1154	173	1384	15	4	4	11.01
DYZ5	3	DYZ2 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	76,0,0	1154	173	1384	15	4	4	11.01
DYZ6	4	DYZ5 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	35,0,0	732	146	878	7	5	4	11.97
DYZ6	5	KN5X Frezeleme	V55-XA	Prm. Fr.	28,5,-1.5	3448	384	4617	119	3	10	4.54
DYZ6	6	DYZ3 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	35,0,0	1154	173	1384	15	4	4	5.79
DYZ6	7	DYZ1 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	35,0,0	1154	173	1384	15	4	4	5.79
Toplam İşleme Zamamı											58.4	

(Malzeme cinsi: 41Cr4, Bütün düzlem yüzeyler için Ra=13 µm, Kanal için Ra=8 µm girildi, en küçük boyut toleransı >=±0.003 mm kabul edildi.)

BYZ: Bağlama Yüzeji, K.Ps(n): Kaba paso devir sayısı (dev/dk),

Kb.Ps(u): Kaba paso ilerleme hızı (mm/dk), İ.Ps.(n_S): İnce paso devir sayısı (dev/dk),

İ.Ps(u_S): İnce paso ilerleme hızı (mm/dk), Ks.Gc: Kesme gücü (Watt),

Ps.Sy.: Toplam paso sayısı (adet), İş.Zm.:Esas işleme zamamı (dk)

PARÇA 3'ÜN İMALATI İÇİN İM-BDİP TARAFINDAN ÜRETİLEN İŞLEM PLANI KARTI

Ham Parça Boyutları:75x50x50

BYZ	O.No.	Operasyon Adı	Tezgah	Takım	Ref.Nokt.	K.Ps.(n)	Kb.Ps(u)	İ.Ps.(n _s)	İ.Ps(u _s)	Ks.Gc.	Ps.Sy.	İş.Zm(T _h)
DYZ5	1	DYZ6 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	75, 0, 0	2906	435	3487	40	7	4	4.09
DYZ5	2	DYZ4 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	75, 0, 0	2906	435	3487	40	7	4	4.09
DYZ5	3	DYZ2 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	75, 0, 0	2906	435	3487	40	7	4	4.09
DYZ6	4	DYZ5 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	42, 0, 0	1845	369	2214	20	10	4	5.27
DYZ6	5	DYZ3 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	42, 0, 0	2906	435	3487	40	7	4	2.72
DYZ6	6	KD5X1 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	42, 25, -5	4649	464	5578	112	3	7	0.64
DYZ6	7	DYZ1 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	42, 0, 0	2906	435	3487	40	7	4	2.72
Toplam İşleme Zamamı											23.62	

(Malzeme cinsi: Ck45, Bütün düzlem yüzeyler için Ra=12 µm, Kanal için Ra=6.3 µm girildi, en küçük boyut toleransı >=±0.003 mm kabul edildi.)

PARÇA 4'ÜN İMALATI İÇİN İM-BDİP TARAFINDAN ÜRETİLEN İŞLEM PLANI KARTI

Ham Parça Boyutları:110x90x90

BYZ	O.No.	Operasyon Adı	Tezgah	Takım	Ref.Nokt.	K.Ps(n)	Kb.Ps(u)	İ.Ps(n _s)	İ.Ps(u _s)	Ks.Gc.	Ps.Sy.	İş.Zm(T _h)
DYZ5	1	DYZ6 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	110, 0, 0	1293	258	1551	13	9	4	17.77
DYZ5	2	DYZ4 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	110, 0, 0	1293	258	1551	13	9	4	17.77
DYZ5	3	DYZ2 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	110, 0, 0	1293	258	1551	13	9	4	17.77
DYZ6	4	DYZ5 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	80, 0, 0	1035	258	1242	9	11	4	20.69
DYZ6	5	KN5Y Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	80,45,-22.5	2070	414	2484	31	9	4	2.96
DYZ6	6	DYZ3 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	80, 0, 0	1293	258	1551	13	9	4	14.54
DYZ6	7	DYZ1 Frezeleme	V55-XA	Alın Fr.	80, 0, 0	1293	258	1551	13	9	4	14.54
DYZ6	8	DL1 Delme	V55-XA	Matkap	40, 20, -5	2817	366	-	-	7.5	1	0.3
DYZ6	9	KD5X2 Frezelm.	V55-XA	Alın Fr.	80, 15, -5	4140	414	4968	100	3	5	1.18
Toplam İşleme Zamamı											107.52	

(Malzeme cinsi: Cf35, Bütün düzlem yüzeyler için Ra=10 µm, Kanal için Ra=8 µm ve Kademe için Ra=6.3 µm girildi, en küçük boyut toleransı >=±0.003 mm kabul edildi.)

BYZ: Bağlama Yüzeği,

K.Ps(n) : Kaba paso devir sayısı (dev/dk),

Kb.Ps(u) : Kaba paso ilerleme hızı (mm/dk),

İ.Ps(n_s) : İnce paso devir sayısı (dev/dk),

İ.Ps(u_s) : İnce paso ilerleme hızı (mm/dk),

Ks.Gc:Kesme gücü (Watt),

Ps.Sy.: Toplam paso sayısı (adet),

İş.Zm.:Esas işleme zamamı (dk)

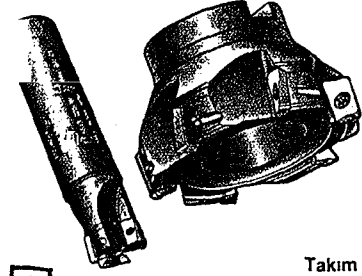
EK M KULLANILAN TAKIM TIPLERİ VE ÖZELLİKLERİ



FREZELEME

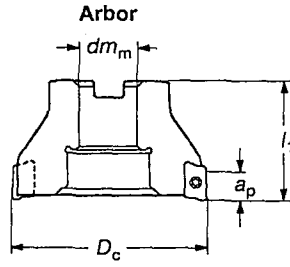
Parmak frezeleme ve 90° alın frezeleme

Çap 12 – 125 mm

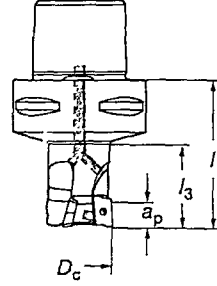


K_r 90°

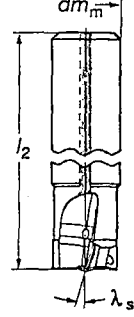
Takım tezgahları: Tüm tipler
Malzeme: Tüm tipler
Eğim açısı: λ_s°



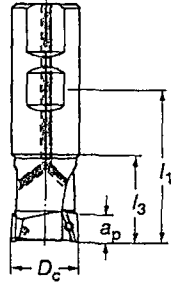
Coromant Capto®



Silindirik



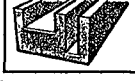
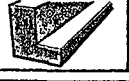
Weldon



l_1 = programlama boyu

Sap tipi	Sipariş kodu				Ölçüler, mm							Kesici uç ölçüsü		
	D_c Mm	Seyrek uç yerleştirmeli (L)	Sık uç yerleştirmeli (M)	Çok sık uç yerleştirmeli (H)	$\frac{K_r}{90^\circ}$	d_{m1}	l_1	l_2	l_3	λ_s°	Maks. a_p		η_{maks} 5)	
Silindirik	12	R390-012A16-11L ⁴⁾ 1	-	-	-	0,1	16	-	95	20	10-18	68600	11	
	16	016A16-11L 2	-	-	-	0,1	16	-	100	25	8-16	41500		
	20	020A20-11L 2	R390-020A20-11M 3	-	-	0,2	20	-	110	25	10-18	34600		
	25	025A25-11L 2	025A25-11M 3	R390-025A25-11H 4	-	0,4	25	-	120	32	12-20	36500		
	32	032A32-11L 2	032A32-11M ²⁾ 3	032A32-11H ²⁾ 5	-	0,8	32	-	130	40	14-22	31000		
	40	040A32-11L 2	040A32-11M ²⁾ 4	040A32-11H ²⁾ 6	-	1,2	32	-	170	50	14-22	27000		
	25	R390-025A25-17L 2	-	-	-	0,4	25	-	120	32	6-14	30800		17
	32	032A32-17L 2	R390-032A32-17M ²⁾ 3	-	-	0,7	32	-	130	40	8-16	25600		
	40	040A32-17L 2	040A32-17M ²⁾ 3	R390-040A32-17H ²⁾ 4	-	1,1	32	-	170	50	9-17	21900		
	Silindirik 3) ekstra uzun	16	R390-016A16L-11L 2	-	-	-	0,2	16	-	145	25	8-16		10900
18		018A16L-11L 2	-	-	-	0,2	16	-	145	25	9-17	12200		
20		020A20L-11L 2	-	-	-	0,3	20	-	170	40	10-18	9900		
22		022A20L-11L 2	-	-	-	0,3	20	-	170	30	11-19	10900		
25		025A25L-11L 2	-	-	-	0,7	25	-	210	50	12-20	8100		
30		030A25L-11L 2	-	-	-	0,8	25	-	210	35	13-21	9700		
32		032A32L-11L 2	-	-	-	1,3	32	-	250	65	14-22	7300		
40		040A32L-11L 2	-	-	-	1,7	32	-	250	65	14-22	9100		
25		R390-025A25L-17L 2	-	-	-	0,7	25	-	210	50	6-14	8100	17	
32		032A32L-17L 2	-	-	-	1,3	32	-	250	65	8-16	7300		
40	040A32L-17L 2	-	-	-	1,7	32	-	250	65	9-17	9100			
Weldon	12	R390-012B16-11L ⁴⁾ 1	-	-	-	0,1	16	44,5	68	20	10-18	68600	11	
	16	016B16-11L 2	-	-	-	0,1	16	49,5	68	25	8-16	41500		
	20	020B20-11L 2	R390-020B20-11M 3	-	-	0,2	20	56,5	81	25	10-18	34600		
	25	025B25-11L 2	025B25-11M 3	R390-025B25-11H 4	-	0,3	25	56,5	88	32	12-20	36500		
	32	032B32-11L 2	032B32-11M ²⁾ 3	032B32-11H ²⁾ 5	-	0,6	32	64,5	100	40	14-22	31000		
	40	040B32-11L 2	040B32-11M ²⁾ 4	040B32-11H ²⁾ 6	-	0,8	32	74,5	110	50	14-22	27000		
	25	R390-025B25-17L 2	-	-	-	0,3	25	56,5	88	32	6-14	30800		17
	32	032B32-17L 2	R390-032B32-17M ²⁾ 3	-	-	0,5	32	64,5	100	40	8-16	25600		
	40	040B32-17L 2	040B32-17M ²⁾ 3	R390-040B32-17H ²⁾ 4	-	0,7	32	74,5	110	50	9-17	21900		
	Arbor	40	-	R390-040Q16-11M ²⁾ 4	R390-040Q16-11H ²⁾ 6	-	0,2	16	40	-	-	14-22		27000
50		-	050Q22-11M ²⁾ 5	050Q22-11H ²⁾ 7	-	0,3	22	40	-	-	14-22	23700		
63		-	063Q22-11M ²⁾ 6	063Q22-11H ²⁾ 8	-	0,4	22	40	-	-	14-22	20700		
80		-	080Q27-11M ²⁾ 7	080Q27-11H ²⁾ 10	-	0,8	27	50	-	-	14-22	18200		
40		R390-040Q16-17L 2	R390-040Q16-17M ²⁾ 3	R390-040Q16-17H ²⁾ 4	-	0,2	16	40	-	-	9-17	21900	17	
50		050Q22-17L ²⁾ 3	050Q22-17M ²⁾ 4	050Q22-17H ²⁾ 5	-	0,3	22	40	-	-	11-19	19000		
63		063Q22-17L ²⁾ 4	063Q22-17M ²⁾ 5	063Q22-17H ²⁾ 6	-	0,4	22	40	-	-	12-20	16500		
80		080Q27-17L ²⁾ 4	080Q27-17M ²⁾ 6	080Q27-17H ²⁾ 8	-	0,8	27	50	-	-	12-20	14400		
100		100Q32-17L 5	100Q32-17M 7	100Q32-17H 9	-	1,1	32	50	-	-	12-20	12700		
125		125Q40-17L 6	125Q40-17M 8	125Q40-17H 11	-	1,7	40	50	-	-	12-20	11200		
Coromant Capto®	16	R390-016C4-11L 2	-	-	-	Ölçü	C4	50	-	25	8-16	39000	11	
	20	020C4-11L 2	-	-	-	0,3	C4	50	-	25	10-18	34600		
	25	025C4-11L 2	R390-025C4-11M 3	-	-	0,4	C4	55	-	32	12-20	36500		
	32	032C4-11L 2	032C4-11M ²⁾ 3	-	-	0,5	C4	65	-	40	14-22	31000		
	32	032C5-11L 2	032C5-11M ²⁾ 3	-	-	0,6	C5	65	-	40	-	-		
	40	-	040C4-11M ²⁾ 4	R390-040C4-11H ²⁾ 6	-	0,6	C4	70	50	14-22	27000			
	40	-	040C5-11M ²⁾ 4	040C5-11H ²⁾ 6	-	0,8	C5	75	50	14-22	27000			

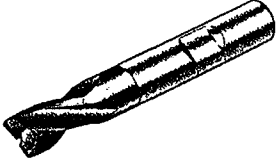
EK M
KULLANILAN TAKIM TIPLERİ VE ÖZELLİKLERİ



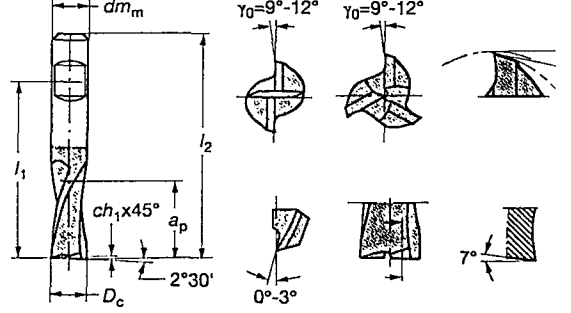
FREZELEME

Kanal açma parmak frezesi

Kama kanalı
Sertlik <48HRc



Helis açısı: ~30°
Toleranslar: D_c — h10/e8
 dm_m — h6



l_1 = programla

Sap tipi	Ağız tipi	Sipariş kodu	Ölçüler, mm							K:		
			D_c mm	l_1	l_2	Maks. $a_p^{1)}$	dm_m	Helis $l_{sh}^{2)}$ mm	ch_1		Tol. D_c	
Weldon 	 $z_n = 2$	2,0 R216.12-02030-BS30P	32	50	3	6	11,2	0,10	e8	☆		
		2,5 02530-BS30P	32	50	3	6	14	0,10	e8	☆		
		2,8 02830-BS40P	32	50	4	6	16	0,10	h10	☆		
		3,0 03030-BS04P	32	50	4	6	16	0,10	e8	☆		
		3,5 03530-BS04P	32	50	4	6	20	0,10	e8	☆		
		3,8 03830-BS05P	36	54	5	6	22,4	0,10	h10	☆		
		4,0 04030-BS05P	36	54	5	6	22,4	0,10	e8	☆		
		4,8 04830-BS06P	36	54	6	6	28	0,15	h10	☆		
		5,0 05030-BS06P	36	54	6	6	28	0,15	e8	☆		
		5,75 05830-BS07P	36	54	7	6	35,5	0,15	h10	☆		
		6,0 06030-BS07P	36	54	7	6	35,5	0,15	e8	☆		
		6,75 06830-BS08P	40	58	8	8	40,0	0,15	h10	☆		
		7,0 07030-BS08P	40	58	8	8	40,0	0,15	e8	☆		
		7,75 07830-BS09P	40	58	9	8	45,0	0,15	h10	☆		
		8,0 08030-BS09P	40	58	9	8	45,0	0,15	e8	☆		
		9,0 09030-BS10P	46	66	10	10	50,0	0,15	h10	☆		
		9,7 09730-BS11P	46	66	11	10	56,0	0,15	h10	☆		
		10,0 10030-BS11P	46	66	11	10	56,0	0,25	e8	☆		
		11,7 11730-BS12P	50,5	73	12	12	71,0	0,25	h10	☆		
		12,0 12030-BS12P	50,5	73	12	12	71,0	0,25	e8	☆		
		13,7 13730-BS14P	52,5	75	14	14	80,0	0,25	h10	☆		
		14,0 14030-BS14P	52,5	75	14	14	80,0	0,25	e8	☆		
		15,7 15730-BS16P	58	82	16	16	90,0	0,25	h10	☆		
		16,0 16030-BS16P	58	82	16	16	90,0	0,25	e8	☆		
		17,7 17730-BS18P	60	84	18	18	100	0,25	h10	☆		
		18,0 18030-BS18P	60	84	18	18	100	0,25	e8	☆		
		19,7 19730-BS20P	67	92	20	20	112	0,25	h10	☆		
		20,0 20030-BS20P	67	92	20	20	112	0,35	e8	☆		
			 $z_n = 3$	1,8 R216.13-01830-BS30P	32	50	3	6	10	0,10	h10	☆
				2,0 02030-BS30P	32	50	3	6	11,2	0,10	e8	☆
				2,8 02830-BS40P	32	50	4	6	16	0,10	h10	☆
				3,0 03030-BS04P	32	50	4	6	16	0,10	e8	☆
3,8 03830-BS05P	36			54	5	6	22,4	0,10	h10	☆		
4,0 04030-BS05P	36			54	5	6	22,4	0,10	e8	☆		
4,8 04830-BS06P	36			54	6	6	28	0,15	h10	☆		
5,0 05030-BS06P	36			54	6	6	28	0,15	e8	☆		
5,75 05830-BS07P	36			54	7	6	35,5	0,15	h10	☆		
6,0 06030-BS07P	36			54	7	6	35,5	0,15	e8	☆		
6,75 06830-BS08P	40			58	8	8	40,0	0,15	h10	☆		
7,0 07030-BS08P	40			58	8	8	40,0	0,15	e8	☆		
7,75 07830-BS09P	40			58	9	8	45,0	0,15	h10	☆		
8,0 08030-BS09P	40			58	9	8	45,0	0,15	e8	☆		
9,0 09030-BS10P	46			66	10	10	50,0	0,25	h10	☆		
9,7 09730-BS11P	46			66	11	10	56,0	0,25	h10	☆		
10,0 10030-BS11P	46			66	11	10	56,0	0,25	e8	☆		
11,7 11730-BS12P	50,5			73	12	12	71,0	0,25	h10	☆		
12,0 12030-BS12P	50,5			73	12	12	71,0	0,25	e8	☆		
13,7 13730-BS14P	52,5			75	14	14	80,0	0,25	h10	☆		
14,0 14030-BS14P	52,5			75	14	14	80,0	0,25	e8	☆		
15,7 15730-BS16P	58			82	16	16	90,0	0,25	h10	☆		
16,0 16030-BS16P	58			82	16	16	90,0	0,25	e8	☆		
17,7 17730-BS18P	60			84	18	18	100	0,25	h10	☆		
18,0 18030-BS18P	60			84	18	18	100	0,25	e8	☆		
19,7 19730-BS20P	67			92	20	20	112	0,25	h10	☆		
20,0 20030-BS20P	67			92	20	20	112	0,35	e8	☆		

EKM
KULLANILAN TAKIM TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

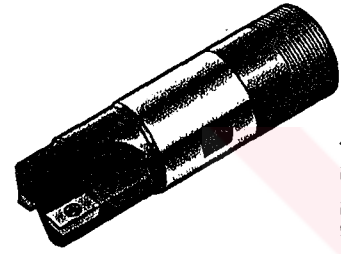


FREZELEME

U-MAX – delme özellikli parmak freze

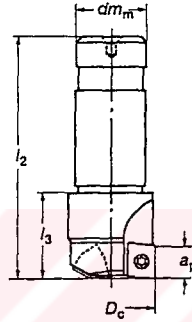
Delme özellikli parmak freze

Çap 12-40 mm

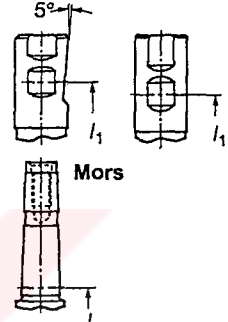


Takım tezgahları: Tüm tipler
Malzemeler: Tüm tipler
Eğim açısı: λ_s
Üst kesme açısı: γ_p

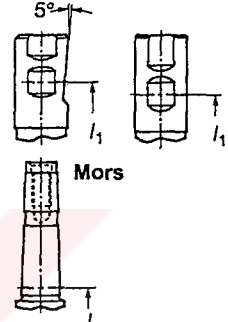
Silindirik/
diş açılmış



Weldon/
Whistle Notch



Weldon



Mors

l_1 = programlama boyu

Takım Tutucu tipi	Sipariş kodu	Ölçüler, mm	Kesici uçlar (Ayrıca sipariş edilmelidir.)									
			D_c mm	l_1	l_2	l_3	$d_{m,m}$	λ_s	γ_p	Maks. a_p	$n_{maks}^{2)}$	Çevresel
Silindirik	12 R216.2-712 ¹⁾	1	49	73	20	16	+2	-5	8	25200	R216.2-15 T3 08-1 15 T3 08-1 15 T3 12-2	R216.2-08 02 04-1A 10 02 04 17 03 08-2
	16 716 ¹⁾	1	54	78	25	16	+2	-4	10	18900		
	20 020	1	-	115	39,7	20	+3	-8	15	15120		
	25 R216.2-025	2	-	120	39,9	25	+3	-4	15	12095		
	32 032	2	-	130	39,9	32	+3	-4	15	9460		
	40 040	2	-	160	39,9	32	+3	-4	15	8460		
Diş açılmış	12 R216.2-112	1	-	65	20	16-20 W	+2	-5	8	25200	R216.2-15 T3 08-1 15 T3 08-1 15 T3 12-2	R216.2-08 02 04-1A 10 02 04 17 03 08-2
	16 116	1	-	70	25	16-20 W	+2	-4	10	18900		
	20 120	1	-	95	39,7	20-20 W	+3	-8	15	15120		
	25 R216.2-125	2	-	95	39,9	25-20 W	+3	-4	15	12095		
	32 132	2	-	95	39,9	32-20 W	+3	-4	15	9460		
	40 140	2	-	100	39,9	32-20 W	+3	-4	15	8460		
Weldon/ Whistle Notch	12 R216.2-712 ¹⁾	1	49	73	20	16	+2	-5	8	25200	R216.2-15 T3 08-1 15 T3 08-1 15 T3 12-2	R216.2-08 02 04-1A 10 02 04 17 03 08-2
	16 716 ¹⁾	1	54	78	25	16	+2	-4	10	18900		
	20 520	1	65	90	37,3	20	+3	-8	15	15120		
	25 R216.2-525	2	64	96	39,9	25	+3	-4	15	12095		
	32 532	2	64	100	40,3	32	+3	-4	15	9460		
	40 540	2	67	103	40,6	32	+3	-4	15	8460		
Mors	12 R216.2-212	1	25,3	89	20	2	+2	-5	8	25200	R216.2-15 T3 08-1 15 T3 08-1 15 T3 12-2	R216.2-08 02 04-1A 10 02 04 17 03 08-2
	16 216	1	30,3	94	25	2	+2	-4	10	18900		
	20 220	1	45,3	126	39,7	3	+3	-8	15	15120		
	25 R216.2-225	2	45,3	126	39,9	3	+3	-4	15	12095		
	32 232	2	48,3	129	39,9	3	+3	-4	15	9460		
	40 240	2	49,3	152	39,9	4	+3	-4	15	8460		
	40 240-3	2	48,3	129	39,9	3	+3	-4	15	8460		

EK M
KULLANILAN TAKIM TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

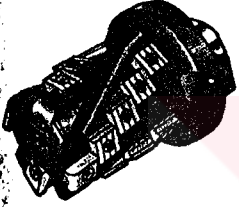
T-MAX – helisel freze

FREZELEME



Helisel freze

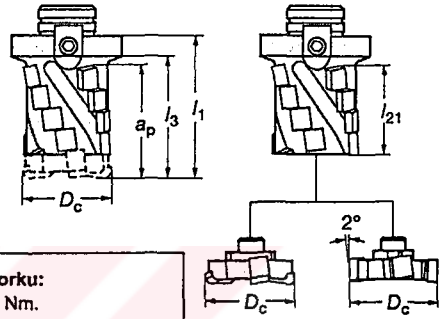
Çapı 50–80 mm
Pozitif geometri



Takım tezgahları: Tüm tipler
Malzemeler: Tüm tipler
Eğim açısı: - 5°
Üst kesme açısı: γ_p°

Varilock sıkma torqu:
Ölçü 50, 100-120 Nm.
Ölçü 63 – 80, 180-200 Nm.

Varilock



l_1 = programlama boy

Tip	Sipariş kodu	Ölçüler, mm	Kesici uçlar ¹⁾										
				Dc mm		l_1	l_3	l_{21}	Varilock ölçüsü	γ_p°	Efektif diş sayısı	a_p	$n_{maks}^{2)}$
Modüler ön yüzü olmayan yekpare takım	50	R215.3-50-V63-64	20	81	67,2	-	63	-4	2	64	7570	215.3-1211-1-1	
	63	63-V80-76	24	94	79,1	-	80	-1	2	76	6740	215.3-1211-1-1	
	80	80-V80-88	42	105	105	-	80	+2	3	88	5985	215.3-1211-1-1	
Komple takım -21 Ön yüz köşesi 88° 	50	R215.3-50-V63-64-21	20	81	67,2	-	63	-4	2	64	7570	215.3-1211-1-1	
	63	63-V80-76-21	24	94	79,1	-	80	-1	2	76	6740		
	80	80-V80-88-21	42	105	105	-	80	+2	3	88	5985		
Komple takım -23 Ön yüz radyüsü 4 mm	50	R215.3-50-V63-64-23	20	81,6	67,2	-	63	-4	2	64,6	7570	215.3-1211-1-1 215.3-061140	
	63	63-V80-76-23	24	94,6	79,1	-	80	-1	2	76,6	6740		
	80	80-V80-88-23	42	105,6	105	-	80	+2	3	88,6	5985		
Freze gövdesi 	50	R215.3-50-V63-50	16	-	53,4	50	63	-4	2	-	7570	215.3-1211-1-1	
	63	63-V80-62	20	-	66,3	62	80	-1	2	-	6740		
	80	80-V80-74	36	-	91,2	74	80	+2	3	-	5985		
Ön -21 Ön köşe 88° 	50	R215.3-50-14-21	4	-	-	-	-	-4	2	-	-	215.3-1211-1-1	
	63	63-14-21	4	-	-	-	-	-1	2	-	-		
	80	80-14-21	6	-	-	-	-	+2	3	-	-		
Ön -23 Ön radyüs 4 mm 	50	R215.3-50-14-23	4	-	-	-	-	-4	2	-	-	215.3-061140	
	63	63-14-23	4	-	-	-	-	-1	2	-	-		
	80	80-14-23	6	-	-	-	-	+2	3	-	-		