

**PROSES SEÇİMİNDE KULLANILACAK KARAR DESTEK
SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI**

Emre ARSLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2008

ANKARA

Emre ARSLAN tarafından hazırlanan PROSES SEÇİMİNDE KULLANILACAK KARAR DESTEK SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa YURDAKUL

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bedri TUÇ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Can ÇOĞUN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa YURDAKUL

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih 07/ 07/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Emre ARSLAN

**PROSES SEÇİMİNDE KULLANILACAK KARAR DESTEK SİSTEMİNİN
OLUŞTURULMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Emre ARSLAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2008**

ÖZET

Yakın zamana kadar imal usullerinin yetenekleri oldukça sınırlı olduğundan, bir ürünün imalatı için uygulanabilecek aday proses sayısı da sınırlı kalmaktaydı. Fakat gelişen teknolojiye paralel olarak hemen hemen bütün proseslerin yetenekleri geliştirilmiş ve istenilen kalitede imalat için aday proseslerin sayısı artmıştır. Bunların bir sonucu olarak da aday prosesler arasından en uygun olanını seçme işinin sistematik bir şekilde yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada bu ihtiyacın giderilmesine yönelik olarak; imalatı yapılacak bir ürün için alternatif prosesler arasından en uygun prosesin seçiminde kullanılacak bir karar destek sistemi (PROSEÇ) geliştirilmiştir. PROSEÇ oluşturulurken literatürde mevcut olan birbirinden bağımsız çalışmalar bir araya getirilerek IF-THEN formatında akış şemaları oluşturulmuştur. Daha sonra bu akış şemaları Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılmış ve seçim işleminde kullanılabilecek program niteliğinde bir veri tabanı oluşturulmuştur. Son aşamada ise geliştirilen program gerçek hayattan çeşitli uygulamalar ile test edilmiş ve programın proses seçiminde oldukça faydalı sonuçlar sağladığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 914.1.071
Anahtar Kelimeler : İmal Usulleri, Karar destek sistemi, Proses seçimi
Sayfa Adedi : 181
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Mustafa YURDAKUL

**DEVELOPMENT OF A DECISION-SUPPORT SYSTEM TO USE IN
MANUFACTURING PROCESS SELECTION PROBLEM**

(Master Thesis)

Emre ARSLAN

GAZI UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

July 2008

ABSTRACT

Developments in the capabilities of the manufacturing processes increased the number of processes that can produce any part within the part's requirements. Increased number of processes forced the factories develop systematic process selection procedures instead of depending on expertise of machine operators. In this thesis, such a process selection decision support system, which is named PROSEÇ in turkish, is developed. The developed selection program eliminates the unsuitable processes step by step by determining whether a process can produce the part's specified shape, material, thickness, vs. and presents the most economical process as the most appropriate process. The process selection support system is limited to iron and steel materials only. The program is written in Visual Studios 2008 and a database is also incorporated within the program. The developed decision support system is tested and it can be concluded that such a program is a very useful support tool for decision makers.

Science Code : 914.1.071

Key Words : Manufacturing Processes, Decision support system, Process selection

Page Number:181

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Mustafa YURDAKUL

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. Mustafa YURDAKUL'a, bilgisayar programının oluşturulmasında destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Fatma Didem BAC'a, oluşturulan karar destek sisteminin gerçek hayat uygulamalarındaki örnekler üzerinde denenmesinde yardımlarını esirgemeyen MAKONSAN A.Ş. sahibi Sayın Fatih DEMİR'e, elektrik-elektronik mühendisi değerli iş arkadaşım Fadime Arzu AKSOY'a, ayrıca destekleriyle beni yalnız bırakmayan başta Mustafa DEMİREL olmak üzere tüm yöneticilerim ve çalışma arkadaşlarıma, yoğun ve stresli günlerimde manevi destekleriyle her zaman yanımda olan çok değerli anneme, babama, kardeşim Emir ARSLAN ve Oğuzcan ARSLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. PROSEÇ PROGRAMININ OLUŞTURULMASI.....	18
5. UYGULAMA ÇALIŞMALARI	41
6. SONUÇ	63
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	68
EK-1 İmal usulleri yöntemleri	69
EK-2 Proseslerin özellikleri	87
EK-3 Parça sınıflandırması ve parça şeklinin proses seçimine etkisi.....	89
EK-4 Malzemenin proses seçimine etkisi	90
EK-5 Yıllık üretim miktarının proses seçimine etkisi	92
EK-6 Yüzey kalitesi ve yüzey kalitesinin proses seçimine etkisi.....	95
EK-7 Boyut Sınırlamalarının proses seçimine etkisi	96

Sayfa

EK-8 Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller	98
EK-9 (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları	111
EK-10 (Michael F.) ASHBY 'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler.....	119
EK-11 Demir ve üretim miktarı 1–100 için proses seçim akış şeması oluşturulurken maliyet analizinin yapılışı.....	126
EK-12 Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı	135
EK-13 Oluşturulan Proseç programının akış şeması	150
ÖZGEÇMİŞ	181

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Prima tablosu	5
Çizelge 2.2. Döküm prosesleri seçim çizelgesi.....	7
Çizelge 2.3. Şekillendirme prosesleri seçim çizelgesi	8
Çizelge 2.4. İşleme prosesleri seçim çizelgesi	9
Çizelge 3.1. Proseslerin proses seçim kriterlerinin optimum aralıkları.....	21
Çizelge 3.2. Proseslerin şekil maliyeti katsayıları	25
Çizelge 3.3. Proseslerin değişik üretim oranlarına göre kaba maliyeti	27
Çizelge 3.4. Proseslerin malzemeye uygunluk katsayıları.....	29
Çizelge 3.5. Proses seçim akış şemalarının oluşturulması için kriterlerin uygulanışı	31
Çizelge 3.6. Demir, 1-100 üretim miktarı, 1-5 kg parça ağırlığı, 2,5-6 mm kesit kalınlığı ve T0/1/2/7 parça şekli için maliyet analizi	35
Çizelge 4.1. Abkant pres parçasının seçim kriterleri	45
Çizelge 4.2. Abkant pres parçası için seçilen proses ile gerçekte üretilen prosesin göreceli maliyetlerinin karşılaştırılması.....	49
Çizelge 4.3. Vidanın seçim kriterleri	51
Çizelge 4.4. Diğer malzemeler için vida imalatında seçilen prosesler	52
Çizelge 4.5. Diğer malzemeler için seçilen proseslerin göreceli maliyetleri.....	52
Çizelge 4.6. Aktarma milinin proses seçim kriterleri	53
Çizelge 4.7. Kalça Kemiği Protezinde Kullanılan parçanın seçim kriterleri	56
Çizelge 4.8. Krank milinin seçim kriterleri.....	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. (A.) Radwan’a göre dış döner unsurlar için proses seçimi.....	12
Şekil 2.2. Proses seçimi yapılacak parça.....	13
Şekil 2.3. Kesit kalınlığı (KK=1-4 mm) kriterinin proseslere uygulanışı.....	14
Şekil 2.4. Parça ağırlığı (PA=0,05 kg) kriterinin proseslere uygulanışı	14
Şekil 2.5. Tolerans= 0,2 mm ve prizmatik-asimetrik-oyuk şekil sınırlamalarının proseslere uygulanışı.....	15
Şekil 2.6. Ekonomik miktarın (EM=100 000) azaltılmış proseslere uygulanışı.....	15
Şekil 3.1. Proses seçme akış şeması.....	19
Şekil 3.2. Parça şekli sınıflaması	22
Şekil 3.3. Maliyet parça şekli sınıflaması	24
Şekil 3.4. (0,0005-0,025) ve (>5000) parça ağırlığı için akış şemasında gösterilmesi	32
Şekil 3.5. Parça ağırlığı (1-5) kg ve kesit kalınlığı (2,5-6) mm için oluşturulan akış şeması	33
Şekil 3.6. Demir ve üretim miktarı 1–100 için seçim kriterlerine göre oluşturulan akış şemaları.....	37
Şekil 4.1. Seçim kriterleri penceresi	41
Şekil 4.2. Kesit kalınlığını açıklama penceresi	42
Şekil 4.3. Parça şekli sınıflaması penceresi	43
Şekil 4.4. Maliyet parça şekli sınıflaması	44
Şekil 4.5. Seçim yapıldıktan sonra ekrana gelecek olan proseslerden bir örnek	44

Şekil	Sayfa
Şekil 4.6. Abkant Pres Parçasının teknik resmi	46
Şekil 4.7. Abkant pres parçası için seçim kriterleri penceresi	47
Şekil 4.8. Abkant pres kesit kalınlığı penceresi	47
Şekil 4.9. Abkant pres parçası için seçilen proses	48
Şekil 4.10. Vidanın teknik resmi.....	50
Şekil 4.11. Vida için seçilen proses	51
Şekil 4.12. Aktarma milini teknik resmi	54
Şekil 4.13. Aktarma mili için seçilen proses.....	55
Şekil 4.14. Kalça kemiği protezinin teknik resmi	57
Şekil 4.15. Parça imalatı için seçilen proses	58
Şekil 4.16. Krank milinin teknik resmi	60
Şekil 4.17. Krank mili için seçilen proses.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
kg	Kilogram
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
Kısaltmalar	Açıklama
ÇEK	Çektirme
ÇEK + Oİ	Çektirme + Otomatik İşleme
DKD	Döner Kalıpta Dövme
DKD+Oİ	Döner Kalıpta Dövme + Otomatik İşleme
HD	Hassas Döküm
HD+Mi	Hassas Döküm + Manuel İşleme
HD+Oİ	Hassas Döküm + Otomatik İşleme
KD	Kabuk Döküm
KD+Mi	Kabuk Döküm + Manuel İşleme
KD+Oİ	Kabuk Döküm + Otomatik İşleme
KK	Kesit Kalınlığı
KKD	Kum Kalıba Döküm
KKD+Mi	Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme
KKD+Oİ	Kum Kalıba Döküm + Otomatik İşleme
KaKD	Kapalı Kalıpta Dövme
KaKD+Oİ	Kapalı Kalıpta Dövme + Otomatik işleme
MPŞ	Maliyet Parça Şekli

Kısaltmalar**Açıklama**

PA	Parça Ağırlığı
PŞ	Parça Şekli
SD	Savurma Döküm
SD + Mİ	Savurma Döküm + Manuel İşleme
SEKS	Soğuk Ektrüzyon
SEKS+Oİ	Soğuk Ektrüzyon + Otomatik İşleme
SHAD	Soğuk Haddeleme
SHAD+Oİ	Soğuk Haddeleme + Otomatik İşleme
SıHAD	Sıcak Haddeleme
SıD	Sıkıştırma Döküm
SıD+Oİ	Sıkıştırma Döküm + Otomatik İşleme
SıEKS	Sıcak Ekstrüzyon
SKD	Seramik Kalıba Döküm
SKD+Mİ	Seramik Kalıba Döküm + Manüel İşleme
SKD+ Oİ	Seramik Kalıba Döküm + Otomatik İşleme
SŞ	Soğuk Şekillendirme
SŞ+Oİ	Soğuk Şekillendirme + Otomatik İşleme
TM	Toz Metalürjisi
YK	Yüzey Kalitesi
YKD	Yerçekimsel Kılavuz Döküm
YKD+Oİ	Yerçekimsel Kılavuz Döküm + Otomatik İşleme

1. GİRİŞ

Proses seçimi, tasarımı ve pazar araştırması yapılmış bir ürünün üretilmesinde en uygun olan imal usulünün seçilmesi işlemidir. İmalatın tasarımlarda verilen tolerans, yüzey kalitesi ve pazar araştırması sonucu ortaya çıkan üretim miktarı gibi kriterlerde gerekli şartları sağlaması, toplam üretim süresini ve toplam üretim maliyetini optimize etmesi gerekmektedir. Proses seçimi işleminin, tasarım ve pazar araştırmasından sonra, makinelerin ve gerekli ekipmanların satın alınmasından önce yapılması gerekmektedir.

Proses seçimi sonucunda seçilen doğru prosesin sağladığı faydalar henüz tam olarak anlaşılmış değildir. Ancak proses seçiminde yapılan hatalar özellikle maliyet açısından büyük kayıplara sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı imalat yapan işletmeler için en uygun prosesin uygulanması gerekir.

Bu tezde demir ve çelik (karbon çeliği, alaşım-takım çeliği ve paslanmaz çelik) malzemelerinden üretilecek ürünler ile değişik yıllık üretim miktarlarında en uygun prosesin seçilmesi için kullanıcıyı doğru seçime götürecek proses akış şemaları oluşturulmuştur. Bu akış şemaları oluşturulurken malzeme ve yıllık üretim miktarının yanında parça ağırlığı, kesit kalınlığı, yüzey kalitesi ve parçanın şekli gibi kriterler de göz önüne alınmıştır. Ayrıca proseslerin bu kriter değerlerini gerçekleştirmek için gerekli maliyeti de göz önüne alınarak en uygun prosesi seçebilen akış şemaları elde edilmiştir. Oluşturulan akış şemaları daha sonra Visual Studio 2008 yazılım programına aktarılmıştır. Bu sayede seçimin daha hızlı takip edebilen bir Proses Seçimi Karar Destek Sistemi (PROSEÇ) oluşturulabilmiştir.

PROSEÇ; kum kalıba döküm, kabuk döküm, yerçekimsel kılavuz döküm, savurma döküm, hassas döküm, seramik kalıba döküm ve sıkıştırma döküm gibi döküm proseslerinin yanında kapalı kalıpta dövme, haddeleme, çektirme, soğuk şekillendirme, döner kalıpta dövme, ekstrüzyon ve toz metalürjisi gibi şekillendirme prosesleri ile oluşturulmuştur. Ayrıca yüzey kalitesi ve tolerans değerlerinin

iyileştirilmesi gereken imalatlarda bu proseslere ek olarak elle ya da otomatik işleme gibi ikincil işlemler de uygulanmıştır.

PROSEÇ'in denenmesi OSTİM'de çeşitli imalathanelerde üretimi gerçekleştirilen parçalar kullanılarak yapılmıştır. Uygulamalarda piyasada yapılan imalatların çoğunun teknik kriterleri sağlayabildiği, fakat bunun yanında imalatın oldukça pahalı gerçekleştirildiği görülmüştür. Bir başka deyişle işletmelerin en az maliyetli olan prosesi seçmeleri konusunda hatalar yapabildikleri görülmektedir. Bu hatalar küçük ölçekli işletmelerde özellikle küçük yıllık üretim miktarına sahip imalatlarda daha fazladır. Tezde oluşturulan karar destek sistemi ile bu hataların önüne geçilmesi hedeflenmiş ve firmalara imalat ve ürünlerine uygun prosesi seçmeleri konusunda yardımcı olabilecek bir bilgisayar programı (PROSEÇ) oluşturulmuştur.

Tezin içeriğinde öncelikle literatür araştırması yapılmış, ardından PROSEÇ akış şemalarının oluşturulmasına geçilmiştir. Akış şemaları bir program içeriğinde düzenlendikten sonra sonra, uygulamaya geçilerek oluşturulan akış şemaları gerçek hayattan örneklerle denenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Proses seçimi var olan imal usulleri yöntemlerinden en uygun olanını aday prosesler arasından seçme işi olarak tanımlanır. Bu nedenle proseslerin uygulandığının ve özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Bu amaçla, Ek 1’de farklı proseslerin detaylı açıklamaları, Ek 2’de ise proseslerin genel özellikleri detaylı olarak verilmiştir.

İmal usulleri yöntemlerinin yetenekleri yanında sınırlamaları da vardır [6]. Seçme işlemi bu yetenek ve sınırların karşılaştırılması sonucunda yapılır [10]. İmalatı gerçekleştirecek proseslerin sınırlarının mevcut olması, en uygun prosesi seçme fikrini ortaya koymuştur. Bu yüzden proses seçimi ile ilgili çalışmalar ilk önceleri proseslerin yetenek ve sınırlarını belirleme üzerine olmuştur. Özellikle (E.P) De Garmo ve (Serope) Kalpakjian imal usullerinin yetenek ve sınırlarının belirlenmesi konusunda çalışmalar gerçekleştirmiştir [6,7].

Proses seçimi konusunda yapılmış önemli çalışmalar (James G.) Bralla, (John A.) Schey, (Peter) Scallan, (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker, (A.) Radwan ile (Michael F.) Ashby’nin çalışmalarıdır. İlerleyen bölümlerde bu çalışmaların içerikleri proses seçimine katkıları açıklanmaktadır.

(James G.) Bralla, (Peter) Scallan ve (K.G.) Swift ile (J.D.) Booker yaptıkları çalışmalarda proseslerin avantajları, sınırlamaları üretim kapasiteleri ve işleme özelliklerini sınıflandırmışlardır. Bu çalışmalardan derlenen çizelgeler detaylı olarak Ek-2’de verilmiştir [5,10,12].

(James G.) Bralla proseslerin yetenek ve sınırlarının belirlenmesinin yanında, prosesler arasından en ucuz olanını seçme konusunda çalışmalar yaparak proses seçiminde maliyeti de ön plana çıkarmıştır [5]. Fakat bu çalışma gerçek bir maliyet analizinden çok, sadece proseslerin kendi aralarında karşılaştırma yapılarak en az maliyetli prosesi belirlemeyi hedeflemektedir.

(John A.) Schey ise prosesin sınırlamaları arasından parça şekli sınırlamasının üzerine yoğunlaşarak şematik hale getirmiş ve bir “parça şekli sınıflaması” oluşturmuştur. Bu tezde akış şemaları oluşturulurken Schey’in parça şekli sınıflaması esas alınmıştır. Parça şekli sınıflamasının nasıl yapıldığı ve proses seçimine etkisi Ek-3’te verilmiştir. Bu sınıflama sayesinde proseslerin üretebilecekleri karmaşıklık seviyeleri daha kolay ifade edilebilir hale getirilmiştir [11]. Ayrıca seçimi yapabilmek için gerekli kriterler arasından yine (John A.) Schey’in parça şekli sınıflamasından faydalanılmış ve özellikle malzeme, yıllık üretim miktarı, parça ağırlığı-parça boyutu, kesit kalınlığı, yüzey kalitesi kriterleri üzerinde yoğunlaşmıştır [10]. Bu kriterlerden malzemenin proses seçimindeki etkisi Ek-4’te, yıllık üretim miktarının proses seçimindeki etkisi Ek-5’te, parça boyutunun proses seçimindeki etkisi Ek-6’da, yüzey kalitesinin proses seçimine etkisi ise Ek-7’de detaylı olarak açıklanmıştır.

Diğer taraftan (Peter) Scallan çalışmasında fabrika tasarımının bütün işlevlerinden bahsetmiş ve bunlardan en önemlisi olan proses seçimine de yer vermiştir. (Peter) Scallan proses seçimi için sistematik bir sıralama geliştirmiş ve malzeme ve yıllık üretim miktarına göre PRİMA (Process Information Maps) çizelgesini oluşturmuştur. Prima çizelgesi malzeme ve yıllık üretim miktarına göre imalatı gerçekleştirecek aday prosesleri belirlemeye yardımcı olmaktadır [10]. Tez içeriğinde aday proseslerin belirlenmesi için oluşturulan PRİMA çizelgesi Çizelge 2.1’de gösterilmiştir. Bu çizelgede değişik malzemeler için (demir, çelik, bakır, alüminyum, magnezyum, çinko, kalay, kurşun, nikel, titanyum), yıllık üretim miktarlarına göre (1–100 adet, 100–1000 adet, 1000–10 000 adet, 10 000–100 000 adet, 100 000 adetten büyük) aday prosesler belirlenmiştir. Bu çizelgeye göre yıllık üretim miktarları ise şu şekilde sınıflandırılmıştır [10].

Çok küçük miktarlar	:	1-100 Adet
Küçük miktarlar	:	100-1000 Adet
Orta miktarlar	:	1000-10 000 Adet
Büyük miktarlar	:	10 000-100 000 Adet
Çok büyük miktarlar	:	>100 000 Adet

Çizelge 2.1. Prima (**PROCESS INFORMATION MAPS**) Çizelgesi [10]

Malzeme Üretim Miktarı	Demir	Karbon Çelikleri	Alaşım-Takım çelikleri	Paslanmaz Çelikler	Bakır ve alaşimleri	Alüminyum ve alaşimleri	Magnezyum ve alaşimleri	Çinko ve Alaşimleri	Kalay ve alaşimleri	Kurşun ve alaşimleri
1-100	[1.5] [1.6] [1.7] [4.M]	[1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6]	[1.1] [1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5] [5.6] [5.7]	[1.5] [1.7] [3.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1]	[1.5] [1.7] [3.7] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.6] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]	[1.1] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]	[1.1] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]	[1.1] [3.10] [4.M] [5.5]
100-1000	[1.2] [1.5] [1.6] [1.7] [4.M] [5.3] [5.4]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.1] [1.2] [1.7] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5] [5.6] [5.7]	[1.2] [1.7] [3.7] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [1.8] [3.5] [3.10] [4.M] [5.1] [5.3] [5.4]	[1.2] [1.5] [1.7] [1.8] [3.7] [3.10] [4.M] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.6] [1.7] [1.8] [3.10] [4.M] [5.5]	[1.1] [1.7] [1.8] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]	[1.1] [1.7] [1.8] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]	[1.1] [1.8] [3.10] [4.M] [5.1] [5.5]
1000-10 000	[1.2] [1.3] [1.5] [1.6] [1.7] [3.11] [4.A] [5.2]	[1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.1] [3.4] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.5] [1.7] [3.1] [3.3] [3.7] [3.10] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.2] [1.3] [1.5] [3.1] [3.3] [3.10] [3.11] [4.A] [5.2] [5.3] [5.4]	[1.2] [1.3] [1.8] [1.5] [3.1] [3.3] [3.7] [3.10] [3.11] [4.A] [5.3] [5.4] [5.5]	[1.3] [1.6] [1.8] [3.1] [3.3] [3.4] [3.10] [4.A] [5.5]	[1.3] [1.8] [3.3] [3.10] [4.A] [5.5]	[1.3] [1.8] [3.3] [3.10]	[1.3] [1.8] [3.3] [3.10]
10000-100000	[1.2] [1.3] [3.11] [4.A]	[1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2] [5.5]	[3.1] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.2]	[1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A]	[1.2] [1.4] [1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A]	[1.2] [1.3] [1.4] [1.9] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.11] [3.12] [4.A] [5.5]	[1.3] [1.4] [3.1] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[1.3] [1.4] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[1.4] [3.3] [3.4] [4.A]	[1.3] [1.4] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]
>100 000	[1.2] [1.3] [3.11] [4.A]	[1.9] [3.1] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [3.12] [4.A]	[4.A]	[1.9] [3.2] [3.3] [4.A]	[1.2] [1.9] [3.1] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [3.7] [3.8] [3.11] [3.12] [4.A]	[1.2] [1.3] [1.4] [1.9] [3.1] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [3.8] [3.12] [4.A]	[1.3] [1.4] [3.1] [3.3] [3.4] [3.8] [3.12] [4.A]	[1.4] [3.2] [3.3] [3.4] [3.5] [4.A]	[1.4] [3.3] [3.4] [4.A]	[1.4] [3.2] [3.3] [3.4] [4.A]
Bütün miktarlar	[1.1]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[1.6] [3.6]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9] [5.5]	[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]	[1.1] [3.6] [3.8] [3.9]	[3.6] [3.8] [3.9]		[1.1] [1.6] [3.6] [3.8] [3.9]

[1.1] Kum Kalıba Döküm
[1.2] Kabuk Döküm
[1.3] Yerçekimsel Klavuz Döküm
[1.4] Basıncılı Klavuz Döküm
[1.5] Savurma Döküm
[1.6] Hassas Döküm
[1.7] Seramik Kalıba Döküm
[1.8] Plastik Kalıba Döküm
[1.9] Sıkıştırma Döküm

[3.1] Kapalı Kalıpta Dövme
[3.2] Haddeleme
[3.3] Çektirme
[3.4] Soğuk Şekillendirme
[3.5] Baş Yapma
[3.6] Döner Kalıpta Dövme

[3.7] Süper-Plastik Şekillendirme
[3.8] Sac-Metal Kesme
[3.9] Sac-Metal Şekillendirme
[3.10] Spinleme
[3.11] Toz Metalurjisi
[3.12] Ekstrüzyon

[4.M] Manuel İşleme
[4.A] Otomatik İşleme

[5.1] Elektro-Erozyon ile İşleme
[5.2] Elektro-Kimyasal İşleme
[5.3] Elektro-Işın ile İşleme
[5.4] Lazer ile İşleme
[5.5] Kimyasal İşleme
[5.6] Ultrasonik İşleme
[5.7] Aşındırıcı Jet ile İşleme

Çizelge 2.1’de gösterilen PRİMA çizelgesi sadece parça üretimi için oluşturulan prima çizelgesidir. Bunun dışında literatürde montaj ve birleştirme prosesleri için de oluşturulan Prima çizelgeleri de mevcuttur [12].

Aday prosesler arasından en uygun prosesi seçmek için literatürde değişik tablo ve grafikler oluşturulmuştur. (Peter) Scallon da döküm, şekillendirme ve talaşlı imalat prosesleri için tablolar geliştirerek proses seçimi konusundaki çalışmalarını tamamlamıştır. Bu çizelgeler Çizelge 2.2’ de döküm, Çizelge 2.3’de İşleme prosesleri ve Çizelge 2.4’te ise talaşlı imalat için verilmiştir [10].

Çizelgeler incelendiğinde şekil kısmında bazı sembollerin olduğu görülmektedir. Bu semboller parça şekli sınırlamasından alınmıştır (Ek-3). Literatürde bulunan parça şekli sınıflaması proses seçim akış şemalarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Proses seçimi konusundaki önemli çalışmalardan bir diğerini gerçekleştiren (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker, (Peter) Scallon ile paralel çalışmış ve proseslerin sınırları ve yeteneklerini deneysel çalışmalar ile desteklemişlerdir. Çalışmada ayrıca birim parça maliyetine de yer verilmiştir [10,12].

Finansal başarı için proses üretimi boyunca imalatın maliyet hedeflerini gerçekleştirmesi gerekir [12]. Maliyet analizi teknik kriterler değerlendirildikten sonra geriye kalan aday prosesler arasından en az maliyetli olanını seçmede kullanıcıya fayda sağlar. Proses seçiminde parça başına maliyet oldukça önemlidir. (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker maliyet analizinde prosesin kaba maliyeti, malzemenin prosese uygunluğu, kesit kalınlığı, yüzey kalitesi ve parça şekli karmaşıklığının parça maliyetine etkisini araştırarak, bu konuda çizelge ve şekiller oluşturmuştur. Bu çizelge ve şekiller detaylı olarak EK-8’de verilmiştir.

(K.G.) Swift ve (J.D.) Booker’ın çalışmasında parçanın maliyeti; prosesin spesifik yapısından kaynaklanan kaba maliyeti ile üretilcek parçanın özelliklerinden kaynaklanan (parçanın tasarımına bağlı) bağlı maliyet katsayıları (malzemenin prosese uygunluğu katsayısı, şekil karmaşıklığı, kesit kalınlığı katsayısı, yüzey

Çizelge 2.2. Döküm Prosesleri Seçim Çizelgesi [10]

PROSES	AĞIRLIK (kg)	ŞEKİL ¹	KESİT KALINLIĞI(mm)		TOLERANS (mm)	YÜZEY KALİTESİ (mm)	MALİYET ¹¹			ÜRETİM ORANI (oran/saat)
			MİN	MAX			İşçilik	Ekipman	Takım	
Kum kalıba döküm	0,05-Limit yok	Bütün şekiller	2,5	Limit yok	±1,0	3,2–25	A-O	A	A	1–60
Kabuk döküm	0,05–100	Bütün şekiller	2,0	50	± 0,2	0,8–6,3	A-O	O-Ç	A-O	5–200
Alçı kalıba döküm	0,025–25	Bütün şekiller	1,0	Limit yok	± 0,05	0,8–3,2	Ç	O	A-O	1–10
Hassas döküm	0,005–100	Bütün şekiller	1	75	± 0,05	0,4–3,2	Ç	A-O	O-Ç	1000
Basıncılı döküm	0,05–300	T3-5; F5 haricindeki bütün şekiller	0,5	12	± 0,05	0,4–3,2	A-O	Ç	Ç	5–200
Savurma döküm	1–5000	T0/1/2/7	2	100	± 0,2	1,6–12,5	A-O	O-Ç	O	50
Püskürtme ile kalıplama	6–25	T3-5; F5 haricindeki bütün şekiller	0,4	13	± 0,05-8,0	0,2–0,8	A	O-Ç	Ç	60–360
Tepkili püskürtme ile kalıplama	6–25	T3-5; F5 haricindeki bütün şekiller	0,4	13	± 0,05-8,0	0,2-0,8	A	O-Ç	Ç	60–360
Sıkıştırma ile kalıplama	0,05–15	T3-5; F5 haricindeki bütün şekiller	0,25	25	± 0,05-9,0	0,2-0,8	A	O-Ç	Ç	5–200

¹ Ek-3'te Şekil 3.1'den alınmıştır.

¹¹ A: Az, A-O: Az-Orta, O: Orta, O-Ç: Orta-Çok, Ç: Çok

Çizelge 2.3. Şekillendirme Prosesleri Seçim Çizelgesi [10]

PROSES	AĞIRLIK (kg)	ŞEKİL ¹	KESİT KALINLIĞI (mm)		TOLERANS (mm)	YÜZEY KALİTESİ (mm)	MALİYET			ÜRETİM ORANI (oran/saat)
			MİN	MAX			İşçilik	Ekipman	Takım	
Profil Haddeleme	10-1000	R0, B0,T0	0,5	LİMİT YOK	± 0,5	0,8–25	A-O	O-Ç	O-Ç	20–500 m/saat
Profil Çekme	10-1000	R0, B0,T0, SO	0,1	10	± 0,1	0,2–0,8	A-O	O-Ç	O	10–2000 m/saat
Soğuk Dövme Ve Ekstrüzyon	0,001-50	R,B,S,SS,T1/4,Sp	1,0	LİMİT YOK	± 0,1	0,4–3,2	A-O	O-Ç	Ç	10–10000
Sıcak Ekstrüzyon	1-5000	R,B,S,SS,T1/4,Sp	1,0	LİMİT YOK	± 0,1	1,0–25	O	Ç	O	10–100
Sıcak Dövme (Açık Kalıplı)	0,1-200000	R0-3,B,T1/2,F0,Sp6	5	LİMİT YOK	± 0,5	1,0–25	Ç	O	A	1–50
Sıcak Dövme (Sıkıştırma)	0,01-100	R,B,T1/2/4,Sp	0,1	LİMİT YOK	± 0,5	1,0–25	O	Ç	O	10–300
Bükme	Bütün	R3,B3,S0/3/7,SS,T3, F3/6	0,1	100	± 0,2	0,2–0,8	A-O	O	O	100–100 000
Derin Çekme	Bütün	T4,F4/7	0,1	10	± 0,1	0,2–0,8	A-O	O-Ç	Ç	10–10 000
Vakumla Şekillendirme	20 m ²	T4,F4/7	0,05	3,0	± 0,25	İYİ	A-O	A-O	A-O	50–350
Püskürtme İle Şekillendirme	3 m ²	T4,F4/7	0,25	6,0	± 0,5	İYİ	A	O-Ç	O-Ç	100–2500
Kontak kalıplama	0,01-500m ²	B3;S0,2,5,7;F	1.5	30	±0.03–20,0	İYİ	Ç	A	A	1–10

¹ Ek-3'te Şekil 3.1'den alınmıştır.

¹¹ A: Az, A-O: Az-Orta, O: Orta, O-Ç: Orta-Çok, Ç: Çok

Çizelge 2.4. İşleme Prosesleri Seçim Çizelgesi [10]

PROSES	MALZEME	BOYUT	ŞEKİL ¹	TOLERANS (mm)	YÜZEY KALİTESİ (mm)	MALİYET			ÜRETİM ORANI (oran/saat)
						İşçilik	Ekipman	Takım	
TORNA İLE DELME	Bazı seramikler dışında bütün malzemeler	<ø3000 mm	R0-2,7; T0-2,5;P	± 0,05	0,05–12,5	Ç	A	O	1–50
FREZELEME	Bazı seramikler dışında bütün malzemeler	<1000 mm ²	B;S;SS;TO; F0-4,7	± 0,1	0,2–25	O-Ç	O	O-Ç	1–100
MATKAPLA DELME	Bazı seramikler dışında bütün malzemeler	<ø 250 mm	T0	± 0,05	0,4–6,3	A-O	A	A-O	10–500
PLANYALAMA/ ŞEKİL VERME	Bütün malzemeler	25 m uzunluk (P) 2 m uzunluk (S)	B;S0-2;F0	± 0,05	0,4–25	O-Ç	A	O-Ç	1–50
BROŞLAMA	Bütün malzemeler	25 mm – 3 m uzunluk	B0,2;S0,2,3;T0;F0	± 0,005	0,4–6,3	A-O	Ç	A-O	1–400
TAŞLAMA	Bütün malzemeler	Ø 0,5 mm-2 m 6 m uzunluk	R02,7 ;B;S;SS; T02,4,5;F0-4,7;Sp	± 0,005	0,025–6,3	A-Ç	O	O-Ç	1–100
HONLAMA	Bazı seramik ve plastikler hariç bütün metaller	Ø 6-750 mm 12 m uzunluk	R0-2; T0-2,4-7;F0-2;Sp	± 0,005	0,025–1,6	O	A-Ç	O	10–1000
PARLATMA	Bütün sert metaller	500 mm	R0-2; T0-2,4-7;F0-2;Sp	± 0,005	0,012-0,8	A-O	A-Ç	O	10-3000

¹ Ek-3'te Şekil 3.1'den alınmıştır.

¹¹ A: Az, A-O: Az-Orta, O: Orta, O-Ç: Orta-Çok, Ç: Çok

kalitesi katsayısı gibi) hesaba katılarak oluşur. Parçanın maliyeti Eş. 2.1 ile gösterilmiştir [12].

$$M_i = V \cdot C_{mt} + P_c \cdot R_c \quad (2.1)$$

Burada;

V: Parça üretimi için gereken gerekli malzemenin kaba hacmi

C_{mt} : Gerekli malzemenin birim hacminin maliyeti

P_c : Prosesin kaba maliyeti

R_c : Parçanın tasarımından kaynaklanan bağıl maliyet katsayılarının çarpımı

İkincil proseslerin de uygulandığı imalatlarda bu formül aşağıdaki hale gelir. Burada (n), imalat için gerekli proses sayısıdır.

$$M_i = V \cdot C_{mt} + (P_{c1} \cdot R_{c1} + P_{c2} \cdot R_{c2} + \dots + P_{cn} \cdot R_{cn})$$

ya da

$$M_i = V \cdot C_{mt} + \sum_1^n (P_{ci} \cdot R_{ci}) \quad (2.2)$$

Eşitlikte $V \cdot C_{mt}$ çarpımı malzeme maliyetidir ve formülde de görüldüğü gibi üretimi yapılacak parçanın ham hacminin birim hacmindeki malzeme maliyetiyle çarpımına eşittir. Maliyet analizi aday prosesler arasından en uygun olanını seçme işine yaradığından parçanın ne kadar üretileceği konusunda kesin bilgi vermesi gerekmez. Bu yüzden malzemenin hacmi, malzemenin maliyeti ve bunların çarpımına eşit olan malzeme maliyetinin proses seçimine etkisi yoktur. Çünkü hangi proses seçilirse seçilsin malzeme maliyeti değişmeyecektir [12].

Bağımlı maliyet katsayıları parça üretimi için parçanın tasarım özelliklerinden kaynaklanan maliyet katsayılarıdır. Bu katsayılar kesit kalınlığı, parça şeklinin karmaşıklığı, istenen yüzey kalitesi değerleri ve prosesin malzemeye uygunluğu katsayılarının çarpımıdır. Prosesin kaba maliyeti parçanın tasarımı ile ilgilenmez.

Kaba maliyet bağıl maliyet katsayıları (R_c) ile çarpılarak proses seçimi için gerekli bilgiyi verir. R_c katsayısını bulmak için aşağıdaki Eşitlik 2.3 kullanılır.

$$R_c = C_{mp} \cdot C_c \cdot C_s \cdot C_f \quad (2.3)$$

C_{mp} :Malzemenin prosese uygunluğu katsayısı

C_c :Parça şeklinin karmaşıklığının maliyet katsayısı

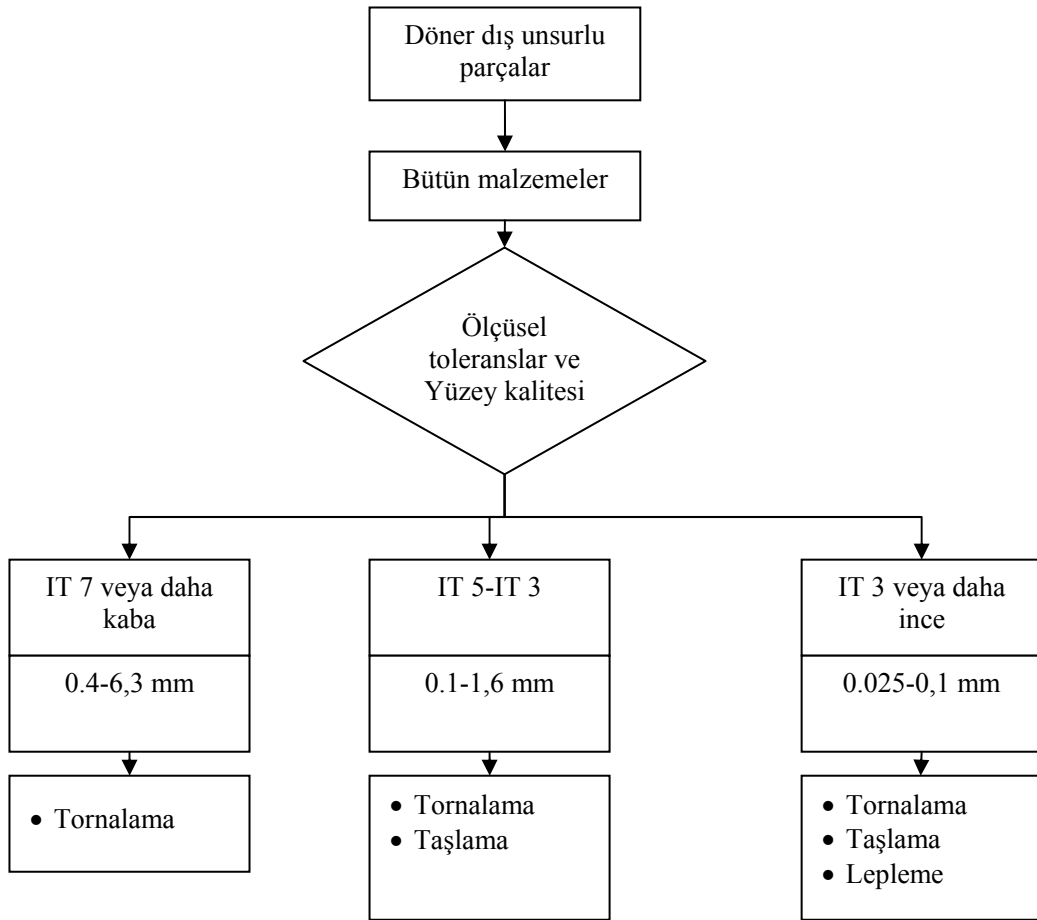
C_s :Kesit kalınlığının maliyet katsayısı

C_f :Yüzey kalitesi maliyet katsayısı

Maliyet analizi için gerekli P_c , C_{mp} , C_c , C_s ve C_f değerleri Ek-8 de verilen çizelge ve şekillerden elde edilebilir.

Proses seçimi konusunda bir diğer önemli çalışmayı (A.) Radwan yapmıştır. (A.) Radwan proses seçimi üzerine bir karar destek sistemini IF-THEN akış şemaları ile oluşturmuştur. (A.) Radwan'ın oluşturmuş olduğu akış şemalarından döner dış unsurlu parçalar için olanı ve tüm malzemelere göre proses seçimi Şekil 2.1' de diğer unsurlar için ise Ek-9'da verilmiştir [9].

(A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemalarına bakıldığında parçaların şeklini döner dış unsurlar, düz unsurlar, kabartmalı unsurlar, kontürlü unsurlar ve delikler olarak ayırdığı görülmektedir. Seçim işlemini de bu unsurlara göre yapmıştır. Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi dış döner unsurlarda ana proses tornalamadır. Fakat yüzey kalitesine göre tornalamaya ek işlemlerin seçimi konusunda bir akış şeması oluşturulmuştur. Parçaların dış döner unsur olduğunda tornalama ve yüzey kalitesi değerlerine ek işlemler eklemek tam anlamıyla bir seçimden söz etmekten uzaktır [9]. Bu yüzden bu tezde akış şemalarını oluştururken daha önce yapılan çalışmalarda olduğu gibi proses seçim metoduna uygun (proses seçim kriterlerini dikkate alarak) seçim yapılmış ve bunları (A.) Radwan'ın IF-THEN karar-destek sistemi oluşturarak meydana getirme yoluna gidilmiştir.



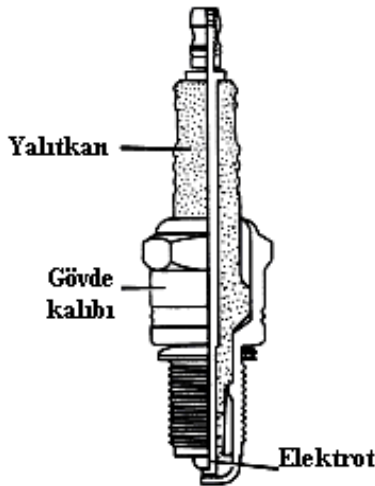
Şekil 2.1. (A.) Radwan’a göre dış döner Unsurlar için Proses seçimi [9]

Literatürde proses seçimine yönelik bir diğer çalışmayı da (Michael F.) Ashby yapmıştır. Bu çalışma aday proseslere seçim kriterlerini tek tek uygulayarak istenilen kriter değerlerini sağlayan prosesleri bulmaya yöneliktir. Bu çalışmada proses seçimini etkileyen (malzeme, parça ağırlığı, kesit kalınlığı, parça şekli, yüzey kalitesi, tolerans ve üretim miktarı) kriterlere göre seçim yapmak için aday proseslerin sınır aralıklarını belirleyen çizelge ve grafikler oluşturulmuştur. (Michael F.) Ashby’nin oluşturduğu çizelge ve grafikler Ek-10’da verilmiştir [3].

Bütün aday proseslerin proses seçim kriterlerinin sınır değerleri aşağıdaki grafiklerde gösterildiği gibi belirlenmiştir. (Michael F.) Ashby çalışmasında kriter değerlerini sağlayan prosesler bulunur ve sağlamayan prosesler elenerek seçim yapılmaktadır [3].

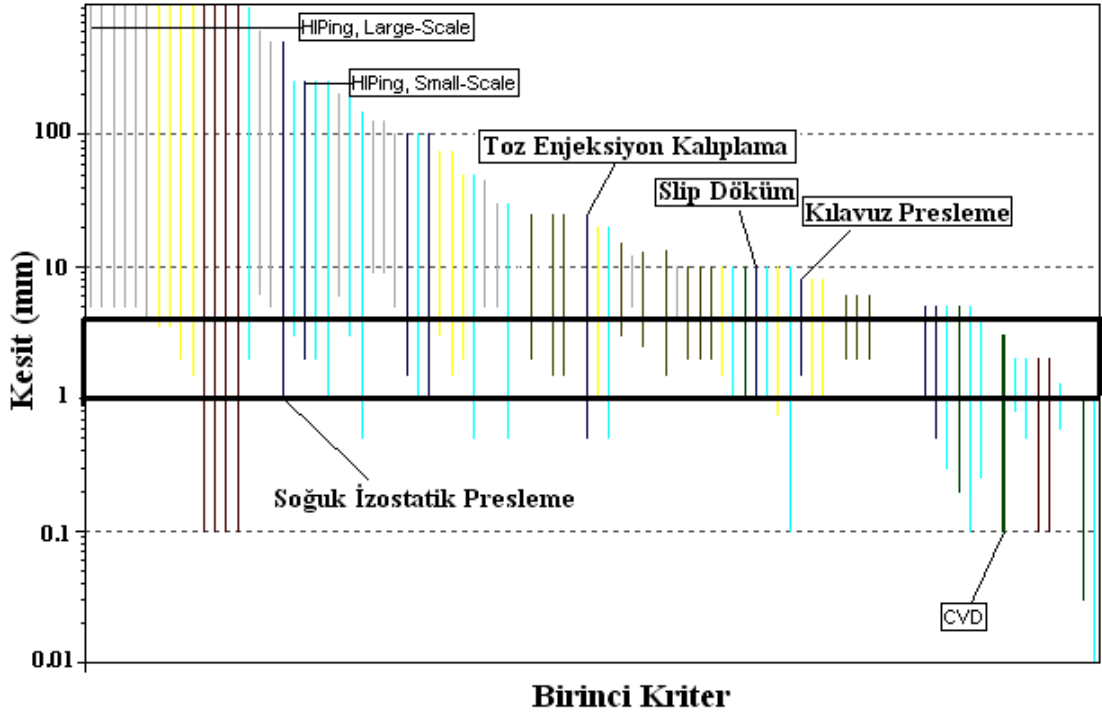
(Michael F.) Ashby'nin yaptığı çalışmaya bir örnek aşağıda verilmiştir [16]. Bujinin şekli Şekil 2.2'de verilmektedir. Parça seramik malzemesinden yapılmış olup şekli Prizmatik-Asimetrik-Oyuk şeklindedir. Ayrıca parça ağırlığı 0,05 kg, kesit kalınlığı 1,2 mm, yüzey kalitesi 10 μm 'dir. Parçadan 100 000 adet üretilmesi tasarlanmaktadır [16].

İlk önce parçanın kesit kalınlığı dikkate alınarak filtrasyon oluşturulur. Tasarım gereği kesit kalınlığı aralığı 1–4 mm'dir. Bu değerler Şekil 2.3'de görüldüğü gibi yatay çizgi çizildiğinde bu değerleri sağlayabilen prosesler kılavuz döküm, toz enjeksiyon kalıplama, slip döküm, soğuk izostatik presleme ve CVD'dir.

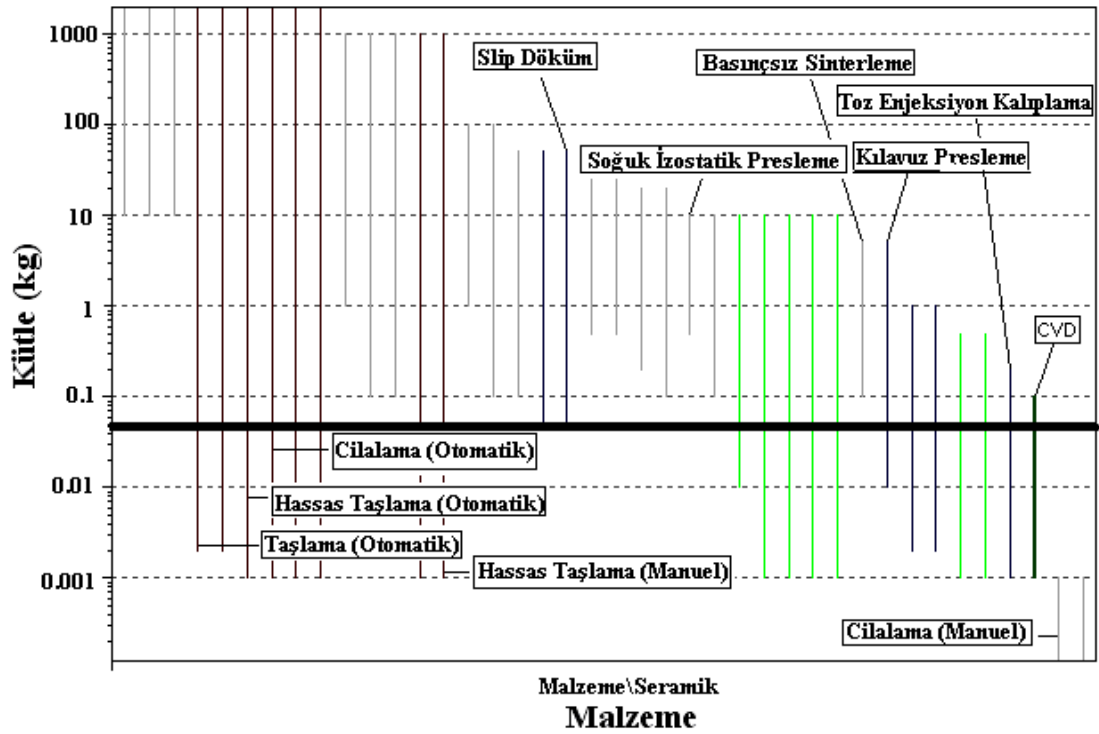


Şekil 2.2. Proses seçimi yapılacak parça

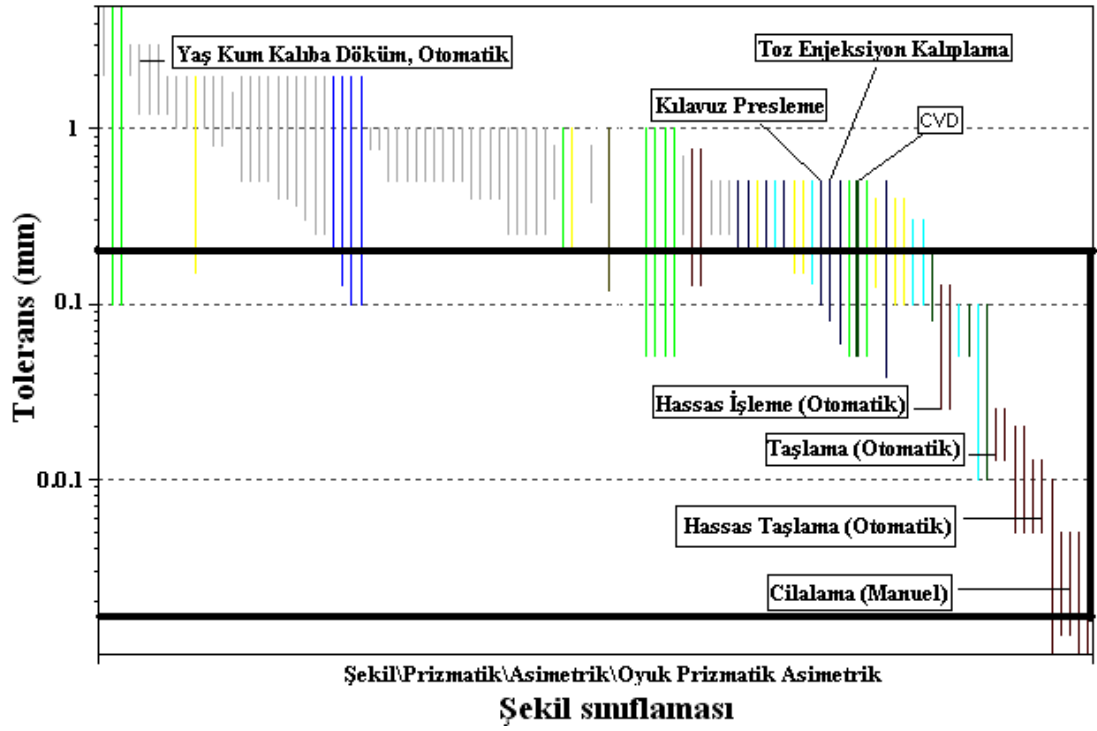
Aynı şekilde işlemler seramik malzemesine göre parça ağırlığı kullanarak ikinci filtrasyon oluşturulur. Şekilde 2.4'te de görüldüğü gibi seramik malzemesine göre 0,05 kg'dan yatay bir çizgi çizdiğimizde bu aralıkları sağlayan prosesler belirlenir. Böylece aday prosesler daha azalır. Aynı işlemler şekil sınıflaması prizmatik-asimetrik-oyuk şekil için ve 0.2 mm tolerans değerine göre Şekil 2.5'teki gösterildiği gibi uygulandığında aday prosesler kılavuz presleme ve sinterleme, toz enjeksiyon ile kalıplama ve CVD proseslerine iner. Bundan sonra da Şekil 2.6'da ekonomik miktar sınırlaması uygulanarak teknik tasarım şartlarını sağlayan ve ekonomik miktarı gerçekleştirebilecek proses olarak toz enjeksiyon ile kalıplama ve CVD prosesleri seçilir.



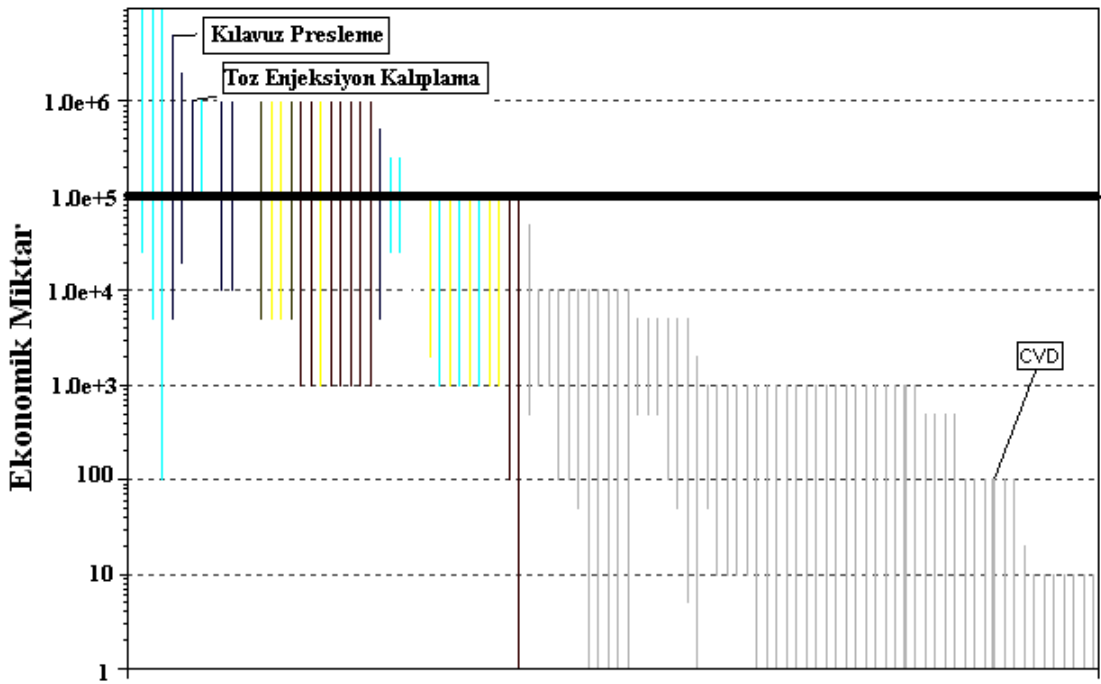
Şekil 2.3. Kesit kalınlığı (KK=1-4 mm) kriterinin proseslere uygulanışı [3]



Şekil 2.4. Parça ağırlığı (PA=0,05 kg) kriterinin proseslere uygulanışı [3]



Şekil 2.5. Tolerans= 0,2 mm ve prizmatik-asimetrik-oyuk şekil sınırlamalarının proseslere uygulanışı [21]



Şekil 2.6. Ekonomik miktarın (EM=100 000) azaltılmış proseslere uygulanışı [3]

Yukarıda açıklanan literatürdeki önemli proses seçimi çalışmaları aşağıda birbirleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir. Buna göre;

- (Peter) Scallan'un yaptığı çalışmalarda seçim, karar vericinin tecrübesine bağlıdır. Seçim için karar vericiyi yönlendirecek bir seçim mekanizması oluşturulmamıştır. Ayrıca seçim yapılırken maliyet analizinin göreceli olması seçimin hatalı olma olasılığını artmaktadır.
- (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker'ın çalışmalarında ise parça başına maliyetin önemi üzerinde durulmuştur. Fakat (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker da (Peter) Scallon gibi bir seçim mekanizması oluşturmamıştır.
- (A.) Radwan'ın çalışmasında ise seçim işleminde esas olarak parçanın unsur özellikleri dikkate alınarak yapılmaktadır. Seçimde unsur özellikleri dikkate alındığından alternatif birçok aday proses arasından en uygun olanı seçmeye yönelik değildir. Ek-9'da da görüldüğü gibi belli unsurlar için belli prosesler mevcuttur. Seçim işlemi yüzey kalitesine göre esas prosese ilave olacak işlemlerin seçimini belirlemektedir. Bu yüzden bu çalışma karar vericiye proses seçiminden daha çok seçilen proseslerin sıralanması konusunda yardımcı olmaktadır ve aday proseslerin çoğunu talaşlı imalat oluşturmaktadır. (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemalarında birçok döküm ve şekillendirme prosesleri seçilecek prosesler arasında bulunmamaktadır.
- (Michael F.) Ashby'nin çalışması ise sadece proseslerin teknik faktörlere uygunluğunu belirlemeye yönelik bir çalışmadır. Bu çalışma istenilen teknik değerlerde en az maliyetli prosesi seçmek için uygun değildir. Çünkü çalışma içerisinde birim parça maliyeti analizi bulunmamaktadır ve çalışma sadece teknik kriterleri sağlayan aday prosesleri belirlemeye yöneliktir.

Görüldüğü gibi literatürde yer alan proses seçim çalışmaları bir bütün olarak tüm faktörleri kapsayarak sistematik bir yaklaşımla proses seçim işlemini gerçekleştiren

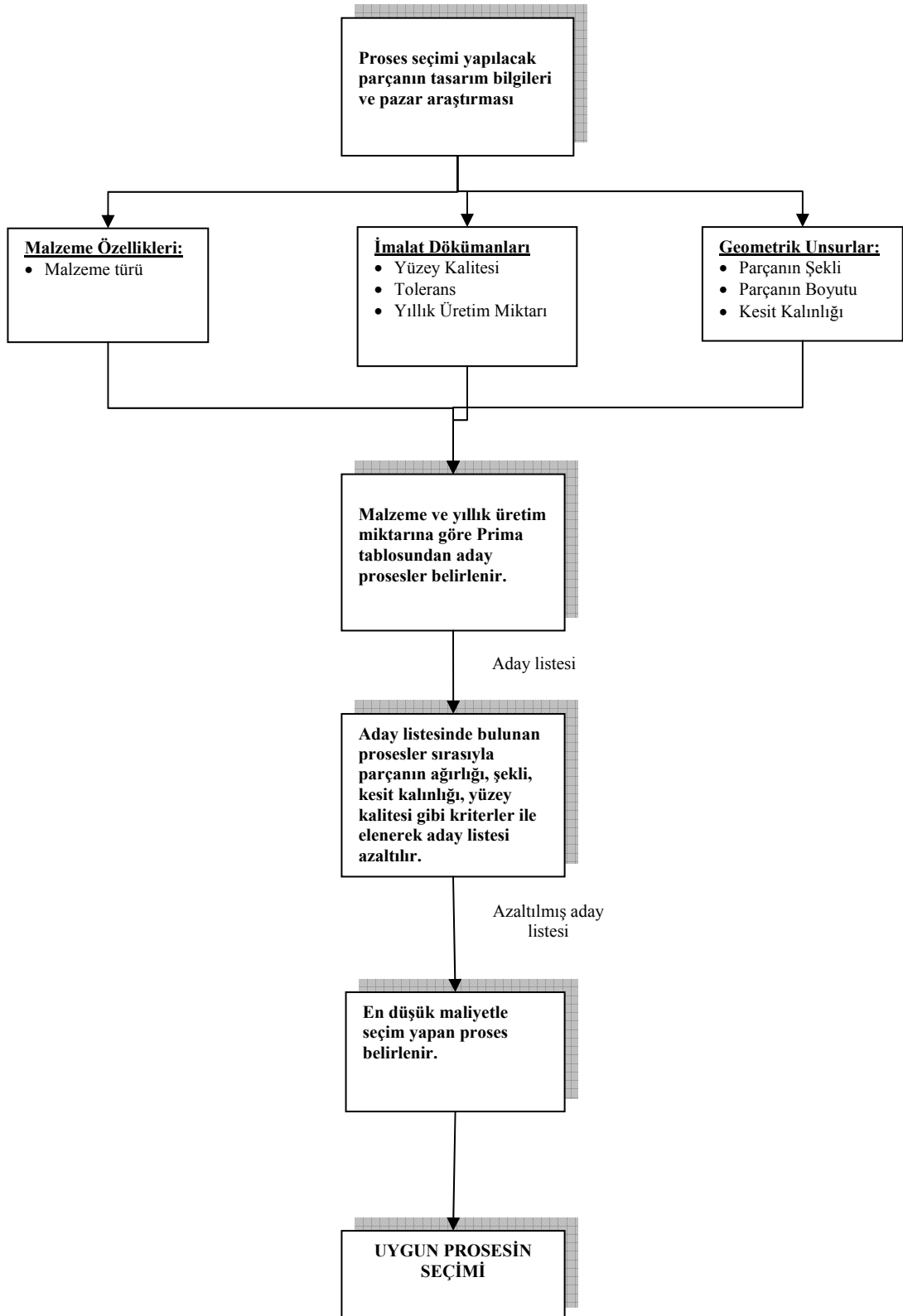
nitelikte değildirler. Bu tezde bu temel eksikliği gidermeye yönelik ve alternatif proseslerin içerisinde imalat sistemine ve üretilecek ürüne en uygun ve en az maliyetli olan prosesi seçebilen bir karar destek sistemi ortaya konmaya çalışılmıştır. Oluşturulan karar destek sistemine ilişkin açıklamalar bir sonraki bölümde anlatılmaktadır.

3. PROSEÇ PROGRAMININ OLUŞTURULMASI

Bu bölümde karar vericiye proses seçiminde yardımcı olmak için geliştirilen PROSEÇ karar destek sisteminin yapısı anlatılmaktadır. Oluşturulan PROSEÇ programı proses seçim metoduna göre oluşturulmuştur. Bu metot Şekil 3.1'deki algoritmadaki gibidir. Bu algoritmaya göre karar verici, seçim işlemine tasarım bilgilerini tasarımcıdan teknik resimler aracılığı ile almasıyla başlar. Tasarımcıdan aldığı bilgilerle proses seçimi için gerekli kriterler oluşturulur. Bu kriterleri üç gruba ayırmak mümkündür.

Bunlardan birincisi geometrik analizdir. Geometrik analiz parça şekli, parça boyutu ve kesit kalınlığından oluşur. Bütün proseslerin üretebilecekleri parça şekli, parça boyutu ve kesit kalınlıkları sınırlıdır [10].

İkinci grup kriterler, imalattan istenilen kalite özellikleri ve yıllık üretim miktarıdır. Yüzey kalitesi ve toleranslar olarak iki grupta toplanan kalite özelliklerinin her proses için sınır değerleri mevcuttur. Karar verici aday prosesler arasından seçimi yapabilmek için doğrudan istenilen tolerans ve yüzey kalitelerini sağlayan prosesleri seçme yoluna gitmemelidir. Çünkü bazen bazı parçaların üretiminde birden fazla proses bir arada kullanılarak daha ekonomik sonuçlar elde edilebilir. Örneğin hassas döküm yüzey kalitesi ve tolerans değeri iyi proseslerden biridir. Fakat otomasyona uygunluğu az olduğundan yüksek üretim miktarlarında maliyeti döner kalıpta dövmeye göre oldukça fazladır. Otomatik işleme proseslerinin maliyetinin de az olduğu durumlarda hassas döküm yerine döner kalıpta dövme prosesinin ardından, yüzey kalitesi ve tolerans değerlerini iyileştirmek için otomatik işleme uygulamak daha ucuz bir yöntemdir. Bu yüzden yüzey kalitesi ve tolerans değerleri imalat açısından çok önemli olmasına rağmen, proses seçiminde parça ağırlığı, kesit kalınlığı ve parçanın şeklinden sonra gelir. Yıllık üretim miktarı ise maliyet açısından oldukça önemlidir. Prosesler belirli üretim miktarlarında ekonomiktirler. Örneğin kum kalıba döküm yöntemi düşük üretim miktarlarında üretildiği zaman daha ekonomik olurken ekstrüzyonda ise çok yüksek üretim oranlarında ekonomik olan proseslerdendir.



Şekil 3.1. Proses seçme akış şeması [10-12]

Üçüncü ve sonuncu grup kriter ise malzeme türüdür. Prosesler bütün malzemeleri üretemezler. Kullanılacak malzeme türüne göre malzemeyi üretebilen aday prosesler seçilir [10].

Belirlenen kriterler doğrultusunda önce malzeme türüne ve yıllık üretim miktarına göre Prima çizelgelerinden aday prosesler seçilir (Bkz. Çizelge 2.1). Daha sonra parça boyutu, parça şekli, kesit kalınlığı, yüzey kalitesi gibi teknik faktörler dikkate alınarak aday prosesler arasından uygun olmayanlar elenir.

Eleme sonucu belirlenen aday proseslere maliyet analizi uygulanır. Maliyet analizi yapılırken proseslerin işçiliği, ekipman maliyeti, takım maliyeti, vardiya sayısı, denetleme maliyeti, genel masraflar, prosesin uygulama zamanı, parça şeklinin karmaşıklığının maliyeti, kesit kalınlığının maliyeti, yüzey kalitesi ve tolerans maliyetleri dikkate alınarak en az maliyetli aday prosesin seçimi yapılır [12].

Bu tezde demir, karbon çelikleri, alaşım-takım çelikleri ve paslanmaz çelikler için “1-100 adet, 100-1000 adet, 1000-10 000 adet, 10 000-100 000 adet ve 100 000 adet üstü” üretim miktarları için PROSEÇ akış şemaları oluşturulmuştur. Akış şemaları benzer işlemleri tekrarlamamak amacıyla sadece demir ve çelikler (karbon çelikleri, alaşım-takım çelikleri, paslanmaz çelikler) için oluşturulmuştur.

Proses seçimi için literatürde var olan bilgiler derlenip seçim akış şemaları bu bilgiler eşliğinde oluşturulmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi aday prosesler Prima çizelgeleri ile belirlenmiştir. Parça ağırlığı, kesit kalınlığı, parça şekli ve yüzey kalitesi değerleri (Peter) Scallan ve (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker’ın yaptıkları çalışmalardan derlenerek elde edilmiştir. Bu kriterlerin sınır değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu değerler oluşturulurken optimum aralıklar seçilmiştir. Prosesler bu sınır değerlerinin dışına çıktıklarında imalatın maliyeti göz ardı edilemeyecek kadar artar. Örneğin prosesler çok ince, küçük veya çok büyük olduklarında ekstra maliyet getirebilirler [10]. Toz metalürjisi ile 0,4 mm kesit kalınlığındaki parçaları üretmek mümkün olmasına rağmen bu değerdeki kesit kalınlıklı parçaların üretim maliyeti çok daha fazladır [12].

Çizelge 3.1. Proseslerin Proses Seçim Krtiterlerinin Optimum Aralıkları (P.Scallon ve K.G.Swift-J.D. Booker'dan derlenmiştir.)

PROSES	AĞIRLIK (kg)	ŞEKİL*	KESİT KALINLIĞI (mm)		YÜZEY KALİTESİ (µm)	MALİYET**		
			MİN	MAKS		İşçilik	Ekipman	Takım
Kum Kalıba Döküm (KKD)	0.025-Sınırsız	Bütün Şekiller	6	Sınırsız	3.2-25	E	A	A
Kabuk Döküm (KD)	0.01-20	Bütün Şekiller	1.5	50	0.8-6,3	B	D	B
Yerçekimsel Kılavuz Döküm (YKD)	0.05-5	T3/5,F5 dışında diğer şekiller	2	50	0.8-6,3	B	C	C
Savurma Döküm (SD)	1-5000	T0/1/2/7	25	125	1.6-12,5	B	B	C
Hassas Döküm (HD)	0.0005-5	Bütün Şekiller	1	75	0.4-3,2	E	B	B
Seramik Kalıba Döküm (SKD)	0.1-50	Bütün Şekiller	0.6	75	0.8-6,3	D	D	C
Sıkıştırma Döküm (SıD)	0.025-4,5	Bütün Şekiller	6	200	1.6-12,5	B	E	E
Kapalı Kalıpta Dövme (KaKD)	0.01-100	R,B,S-SS, T1/4,Sp	0.1	Sınırsız	1.6-25	C	E	E
Sıcak Haddeme (SıHAD)	10-1000	R0/B0/T0	1.6	1000	6.3-50	B	D	E
Soğuk Haddeme (SHAD)	10-1000	R0/B0/T0	0.0025	200	0.2-6,3	B	E	E
Çektirme (ÇEK)	10-1000	R0/B0/S0/T0	0.1	25	0.2-0,8	B	C	A
Soğuk Şekillendirme (SŞ)	-	R,B,S-SS, T1/4,Sp	0.09	Sınırsız	0.1-1,6	A	E	E
Döner Kalıpta Dövme (DKD)	-	R0/B0/S0/T0	2.5	50	0.8-6,3	B	C	E
Toz Metalürjisi (TM)	0.01-15	Bütün Şekiller	1.5	6	0.2-3,2	B	E	E
Soğuk Ekstrüzyon (SEKS)	1-5000	R,B,S-SS, T1/4,Sp	3	Sınırsız	0.4-3,2	A	E	C
Sıcak Ekstrüzyon (SıEKS)	1-5000	R,B,S-SS, T1/4,Sp	3	Sınırsız	1.0-25	A	D	C

*Şekil 2.1'den alınmıştır. **Maliyetin göreceli miktarını belirtir (A: Az, B: Az-Orta, C: Orta, D: Orta-Yüksek, E: Yüksek)

Dolayısıyla bu aralıktaki diğer prosesleri seçme yoluna gidilmiştir. Ayrıca maliyet analizindeki bilgiler de (K.G.) Swift ve (J.D.) Booker'ın maliyet üzerine yapmış olduğu çalışmalardan alınmıştır. İşlem kolaylığını sağlamak için bu çalışmalar çizelgeler haline getirilmiştir. Bu çizelgeler bu bölümde aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 3.1'de 'Şekil' kısmında belirtilen semboller Şekil 3.2'de parça şekli sınıflamasında açıklanmıştır. Bu kısımda şekli sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflamada proseslerin üretebilecekleri şekiller sembolik hale getirilerek daha kolay tanımlanması sağlanmıştır. Proses seçiminde parça şekli de önemli kriterler arasındadır. Örneğin döküm prosesleri bütün şekilleri üretebildiklerinden proses seçiminde daha avantajlıdır. Fakat şekillendirme prosesleri için bu durum söz konusu değildir. Buna rağmen şekillendirme prosesleri özellikle yüksek üretim miktarlarında maliyetleri çok azdır. Bu durumda eğer üretimi yapılacak parçanın geometrisi şekillendirme prosesleri ile üretilabiliyorsa şekillendirme proseslerini seçmek daha mantıklıdır. Proses seçim akış şemaları bütün şekiller için hangi proseslerin uygun olduğu hesaba katılarak oluşturulmuştur.

Sağa gidildikçe karmaşıklık artar

	0 Uniform Kesitli	1 Sonunda Değişen	2 Merkezde Değişen	3 Eğrilik Olan	4 Bir tarafı Kapalı	5 İki tarafı Kapalı	6 Aykırı	7 Düzensiz Karmaşık
Yuvarlak (R)								
Prizmatik (P)								
Açık Kesitli (S) Yarı Açık (SS)								
Tüp (T)								
Düz ince (F)								
Küresel (Sp)								

Şekil 3.2. Parça şekli sınıflaması [11]

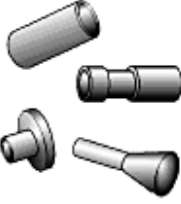
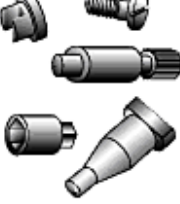
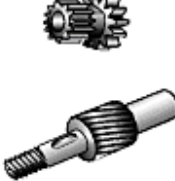
Parçanın şekil sınıflaması önce geometrisine göre daha sonrada karmaşıklık seviyesine göre yapılmıştır. Parçanın geometrisi yuvarlak, prizmatik, açık-yarı açık kesitli, tüp, düz ince ve küresel gibi gruplara ayrılmıştır. Daha sonra da bu grupların hepsi basitten karmaşığa doğru sınıflandırılmıştır. Karmaşıklık sınıflaması ise uniform kesit, parçanın sonunda değişen, merkezde değişen, eğrilik olan, bir tarafı kapalı, iki tarafı kapalı, aykırı ve karmaşık olarak yapılmıştır.

Bu tezde parça şeklinin yanında maliyet parça şekli diye ikinci bir sınıflama da kullanılmıştır. Bu sınıflama ise proseslerin değişik seviyedeki parça şekline göre imalat maliyetlerinin değişimi göz önüne alınmıştır. Bu şekil sınıflaması ise Şekil 3.3'te maliyet parça şekli hakkında detaylı bilgi ise Ek-8'de verilmiştir.

Maliyet parça şekli de parça şeklinin geometrisine ve üretim kolaylığına göre sınıflandırır. Parça şekli yuvarlak, prizmatik ve dar-ince şekillerden oluşur. Burada yuvarlak parçalar için A, prizmatik parçalar için B, dar-ince parçalar için ise C sembolleri verilmiştir. Ayrıca bu sınıflamada basitten karmaşığa doğru 1'den 5'e kadar semboller oluşturulmuştur. Basitlik ve karmaşıklık seviyeleri ise imalat kolaylığına göre yapılmıştır.

Parçanın imalatı yapılırken imalatın ucuz olabilmesi için bir temel eksen seçilir ve sınıflama bu doğrultuda yapılır. Basit parçalar için bu eksen bir adettir. Yuvarlak (A Tip) parçalar için sınıflama önce tek eksenli, ikincil eksenli ve karmaşık şekiller olmak üzere üç gruba ayrılır. Tek eksenli parçalar ise basit döner unsurlar ve düzenli ikincil unsurlar olmak üzere ikiye ayrılır. Basit döner unsurların imalatı için basit şekilli ve bir adet takıma ihtiyaç vardır. Düzenli ikincil unsurların üretiminde yine basit şekilli fakat birden fazla takım veya biraz daha kopleks bir adet takım kullanılır. Bu iki grupta da imalat gerçekleştirilirken eksen değişmez. İkincil eksenli parçalarda ise ikincil eksenler birinci eksene dik ya da paralel eksenlerdir. Bu kısımda iç ve dış- iç unsurların oluşturulması diye ikiye ayrılır. Temel eksenle paralel veya dik eksenler dışındaki eksenlerin de meydana geldiği parçalar ise karmaşık şekilli parçalardır. Bu parçaların üretiminde özel takımlar kullanılır.

A

Tek/Esas Eksen		İkincil Eksenler: Birinci eksene paralel ve/veya dik eksenlerdir.		Karmaşık Şekiller
Basit Döner Unsurlar	Düzenli İkincil Unsurlar	İç	İç ve/veya Dış Unsurlar	Düzensiz ve/veya Karmaşık Şekiller
A1	A2	A3	A4	A5
				

B

Tek Eksen/Düzlem		Çok Eksen		Karmaşık Şekiller
Basit Unsurlar	Düzenli İkincil Unsurlar	Ortogonal/Düz Unsurlar	Basit Düzlem Üzerinde Kavisli Unsurlar	Düzensiz ve/veya Karmaşık Şekiller
B1	B2	B3	B4	B5
				

C

Tek Eksenli	İkincil Tekrarlı Unsurlar		Düzenli Şekiller	Karmaşık Şekiller
Basit Unsurlar	Kesit/Kalınlık Uniform Unsurlar	Kesit/Kalınlık Uniform olmayan	Kap, Koni ve Kutu Tipi Unsurlar	Uniform olmayan ve/veya kontürlü unsurlar
C1	C2	C3	C4	C5
				

Şekil 3.3. Maliyet parça şekli sınıflaması [12]

Prizmatik (B Tip) parçalar da yuvarlak parçalardan farklı olarak temel eksenin yerini temel düzlem alır. Tek düzlemli parçalar basit unsurlar ve düzenli ikincil unsurlar diye ikiye ayrılır. Çok eksenli parçalar temel düzlem üzerine kavisli unsurların mevcut olup olmamasına göre iki kısımdır. Karmaşık parçalar ise temel düzleme aykırı şekillerin olduğu parçalardır.

Dar-ince (C Tip) parçalar ise dört kısma ayrılır. Bu kısımda tek eksenli parçalar bir adettir. İkincil eksenli parçalar kesit/kalınlık oranının uniform olmasına göre ikiye ayrılır. Kesit/kalınlık oranı uniform olmayan parçaların üretimi için kullanılan takımlar daha komplekstir. Düzenli şekiller kap, koni ve kutu gibi tanımlaması kolay şekillerdir. Son olarak karmaşık şekiller ise uniform olmayan ve kontürlü unsurlardır.

Akış şemaları oluşturulurken proseslerin A, B ve C tip parçaların 1’den 5’e kadar olan toplam 15 adet katsayıları bütün prosesler için hesaplanmış ve seçim akış şemaları ona göre belirlenmiştir. İşlemleri daha kolay hale getirmek için A, B ve C tip parçalar için 1’den 5’e kadar karmaşıklık seviyelerine göre maliyet katsayı değerleri bulunup çizelge haline getirilmiştir (Bkz. Çizelge 3.2). Bu çizelgedeki değerler Ek-8’deki Şekil 8.3, Şekil 8.4 ve Şekil 8.5’ten elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Proseslerin Şekil Maliyeti Katsayıları

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
KKD	1	1,15	1,3	1,8	3,2	1,1	1,2	1,4	1,8	2,6	2,1	2,2	2,7	3,7	5
KD	1	1,1	1,3	2,3	3	1	1,2	1,5	2	2,6	1	1,3	1,6	2,2	5
YKD	1	1,1	1,3	2	3,3	1	1,2	1,5	2,3	2,7	1	1,2	1,6	2,5	3,6
SD	1	1,15	1,3	3,2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD	1	1,15	1,3	1,7	2,3	1	1,2	1,2	1,7	2,2	1	1,2	1,4	1,7	2,6
SKD	1	1,15	1,3	1,8	3,2	1,1	1,2	1,4	1,8	2,6	2,1	2,2	2,7	3,7	5
SıD	1	1,65	1,725	2,2	3,1	1,05	1,65	1,8	2	2,65	1,55	1,7	2,15	3,1	4,2
KaKD	1	2,15	2,15	2,6	3	1	2,1	2,2	2,2	2,7	1	1,2	1,6	2,5	3,4
HAD	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ÇEK	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
SŞ	1	1	3	-	-	2	3	4,9	-	-	1,5	3	3,5	-	-
DKD	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
TM	1	1,1	1,3	2,6	4	1	1,3	1,6	1,8	3,5	1	1	1,4	2,4	4
SEKS	1	1	1,1	1,3	1,5	1	1	1,1	1,1	1,3	1	1	1,1	1,3	1,5
Mİ	1	1,3	3	5,6	6,5	1	1,4	2,7	2,9	3,2	1	1,5	3,4	5,7	6,85
Oİ	1	1	3	5,3	6,1	1	1,3	2,4	2,6	2,7	1	1,4	3,2	5,45	6,5

KKD:Kum Kalıba Döküm, KD: Kabuk Döküm, YKD: Yerçekimsel Kılavuz Döküm, SD: Savurma Döküm, HD:Hassas Döküm, SKD: Seramik Kalıba Döküm, SıD: Sıkıştırma Döküm, KaKD: Kapalı Kalıpta Dövme, HAD:Haddeleme, ÇEK:Çektirme, SŞ:Soğuk Şekillendirme, DKD:Döner Kalıpta Dövme, TM:Toz Metalürjisi, SEKS:Soğuk Ekstrüzyon, Mİ: Manuel İşleme, Oİ:Otomatik İşleme

Şekil karmaşıklıkça maliyet de artar [12]. Bu artış Çizelge 3.2’de de görüldüğü gibi prosten prosese değişir. Örneğin yuvarlak parçalar için ekstrüzyonda karmaşık şekil üretimi basit şekil üretiminin 1,5 katı iken; toz metalürjisi için bu oran 4 kata çıkar. Bu yüzden proses seçimi için parça şeklinin sınıflandırılması gerekir.

Çizelge 3.2’ye bakıldığında şekil karmaşıklığına göre maliyet katsayısı en az değişen ekstrüzyon prosesidir. Bu yüzden diğer kriterlerin uygun olduğu durumlarda (özellikle üretim miktarı) ekstrüzyon seçim için avantajlıdır. Ayrıca A ve C tip parçalarda ikincil prosesler olan elle ya da otomatik işleme proseslerinde karmaşıklık arttıkça katsayıda çok fazla artış görülmektedir. Bu durumlarda yüzey kalitesi değeri yüksek prosesleri (özellikle hassas döküm) seçmek mantıklıdır. Örneğin C tipi parçalarda otomatik işleme için katsayı 6,8’dir. Bu maliyetin 6,8 kat artması demektir. Tersine soğuk şekillendirme prosesinde ise B tip parçalar için katsayı çok fazla iken A ve C tip parçalarda daha azdır. Proses seçimi yapılırken soğuk şekillendirme B tip parçalar için seçilmezken A ve C tip parçalar için seçilebilir. Kabuk dökümde ise karmaşıklık seviyesi 1,2 ve 3 iken şekil karmaşıklığı katsayısı düşükken özellikle C tip parçalarda 4 ve 5 için ani yükselme eğilimi göstermektedir. Seçim akış şemalarında da bu durum görülmektedir. Karmaşıklığı 2 veya 3 olan parçalar için kabuk döküm seçilirken 4 ve 5 olan parçalarda hassas döküm, aday prosesler arasında hassas döküm yoksa kum kalıba döküm tercih edilmektedir. Ayrıca karmaşık parçaları hassas yüzey kalitelerde üretebilen proses olarak bilinen hassas döküm 1, 2 ve 3 karmaşıklık seviyelerinde diğer proseslere göre çok avantajlı değilken 4 ve 5 olan parçalarda ekstrüzyondan sonra en avantajlı prostestir.

Proses seçiminde maliyet analizi yapılırken proseslerin işçiliği, ekipman maliyeti, takım maliyeti, vardiya sayısı, denetleme maliyeti, genel masraflar, prosesin uygulama zamanı gibi bütün etkiler dikkate alınmıştır. Bu etkilerin hepsi prosesin kaba maliyetini oluşturur. Proseslerin kaba maliyeti yıllık üretim miktarına göre değişir. Bu değişim Ek-5’te detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Proseslerin ekonomik olduğu bir ekonomik miktar aralığı bulunmaktadır. Örneğin Kum kalıba döküm prosesi sabit maliyeti düşük ve otomasyona uygun olmadığından daha çok düşük ekonomik miktarlar için; ekstrüzyon ise tersine sabit maliyeti yüksek olduğundan

yüksek üretim miktarlarında tercih edilirler. Ek-8’te verilen proseslerin kaba maliyet grafikleri aşağıdaki gibi çizelge haline getirilerek işlemlerin hızlandırılması sağlanmıştır (Bkz. Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Proseslerin Değişik Üretim Oranlarına Göre Kaba Maliyeti (P_c)

PROSESLER	1–100 Adet	100–1000 Adet	1000–10 000 Adet	10 000–100 000 Adet	100 000 Adet’ten fazla
KKD	280	43,2	16,8	12	12
KD	550	70	18	10	10
YKD	8000	800	75	9	2,5
SD	2200	55	40	25	15
HD	650	70	25	18	18
SKD	315	60	27	25	25
SıD	5000	900	45	25	7,5
KaKD	8375	962,5	97,5	11	2
SHAD	5200	925	54	8	2,5
SıHAD	5200	925	54	8	3,75
ÇEK	4000	155	70	5	1,5
SŞ	11 000	1100	110	11	2
DKD	5200	4750	50	14	2
TM	27 750	3000	275	29	8
SEKS	1375	137,5	15,25	4,25	3
SıEKS	1650	165	18,5	5,25	3,5
Mİ	280	38	7,75	5,5	5,5
Oİ	2750	280	32,75	3,75	2

KKD:Kum Kalıba Döküm, KD: Kabuk Döküm, YKD: Yerçekimsel Kılavuz Döküm, SD: Savurma Döküm, HD:Hassas Döküm, SKD: Seramik Kalıba Döküm, SıD: Sıkıştırma Döküm, KaKD: Kapalı Kalıpta Dövme, HAD:Haddelme, ÇEK:Çektirme, SŞ:Soğuk Şekillendirme, DKD:Döner Kalıpta Dövme, TM:Toz Metalürjisi, SEKS:Soğuk Ekstrüzyon, Mİ: Manuel İşleme, Oİ:Otomatik İşleme

İşleme proseslerinin kaba maliyetine bakıldığında elle işlemede kaba maliyetin üretim miktarı 1000-10 000 arasında sabitlendiği görülmektedir. Bu miktar otomatik işlemede çok yüksektir. Bu sebepten akış şemaları oluştururken üretim miktarı 1000’den büyük üretimlerde ikincil işlemlerin gerektiği durumlarda elle işleme yerine otomatik işleme seçilmiştir.

Proses seçimi malzemenin özellikleri doğrultusunda yapılır. Prosesler bütün malzemeleri aynı verimlilikte üretmeleri mümkün değildir [10]. Örneğin kapalı kalıpta dövme prosesi alaşımlı ve paslanmaz çelikler dışındaki bütün malzemeleri çok iyi üretebilirken; bu malzemeleri, malzemelerin özelliklerinden dolayı çok iyi

şekillendiremezler. Fakat Prima çizelgelerinde değişik üretim oranlarında alaşımlı ve paslanmaz çelikler için aday prosesler arasında kapalı kalıba dövme prosesi de mevcuttur. Yani kapalı kalıpta dövme prosesi paslanmaz çelik ve alaşımlı çelikleri imal edebilme yeteneğine sahip fakat maliyeti aynı proses için diğer malzemelere göre iki katıdır. Bu malzemelere göre proses seçimi yapılırken eğer malzemenin prosese uygunluğu faktörü dikkate alınmazsa yanlış seçim yapılabilir. İşte bu durumu göz ardı etmemek için malzemelerin proseslere uygunluk katsayıları oluşturulmuştur.

Çizelge 3.4’de bütün proseslerin demir, düşük karbonlu çelikler, alaşım çelikleri, paslanmaz çelikler, bakır alaşımları, alüminyum ve çinko alaşımlarına göre uygunluk katsayıları verilmiştir.

Burada demir için bütün aday proseslerin uygunluk katsayıları 1,0 iken, işleme proseslerinin 1,2, toz metalürjisi üretim tekniklerinin ise uygunluğu 1,6’dır. Bu durum bu malzeme için toz metalürjisinin seçimini zorlaştırırken diğer prosesleri avantajlı hale getirmiştir. Toz metalürjisi de özellikle bakır, alüminyum ve çinko alaşımlarında prosesin malzemeye uygunluğu maliyet katsayısı diğer proseslere göre daha uygundur. Ayrıca demir için ikincil proseslerin katsayıların 1,2 olması, yüzey kalitesi değerleri yüksek proseslerin ikincil işlemlerle birlikte uygulanması yüzey kalitesi değerleri düşük proseslere göre seçilme olasılığını azaltmıştır. İkincil işlemler alaşım çelikleri ve paslanmaz çeliklerde çok yüksek iken, özellikle alüminyum alaşımları olmak üzere bakır ve çinko alaşımlarında düşüktür. Bu durumda ise ikincil proseslerin yüzey kalitesi düşük proseslerle birlikte seçilme olasılığını artırır.

Proseslerin üretebilecekleri kesit kalınlık aralıkları olmasına rağmen prosesler üretebildikleri bütün kesit kalınlığı aralıkları aynı maliyette üretmeleri imkânsızdır. Bu sebepten maliyet analizi yapılırken kesit kalınlığı maliyet katsayısının da hesaba katılması gerekir. Ek-8’de proseslerin kesit kalınlığına göre katsayılarının değişimi Şekil 8.6 ve Şekil 8.7’de verilmektedir. Proseslerin kesit kalınlığı azaldıkça maliyeti de artmaktadır. Bu durum bütün prosesler için geçerlidir. Yüksek kesit kalınlıklı imalatlarda genellikle kesit kalınlığı katsayısı 1–1,5 arasındadır. Bazı proseslerde

Çizelge 3.4. Proseslerin Malzemeye Uygunluk Katsayıları [12]

PROSES MALZEME	Kum Kalıba Döküm	Kabuk Döküm	Yerçekimsel Kılavuz Döküm	Hassas Döküm	Seramik Kalıba Döküm	Kapalı Kalıpta Dövme	Soğuk Şekillendirme	Toz Metalürjisi	Sıcak Ekstrüzyon	Soğuk Ekstrüzyon	Manüel İşleme	Otomatik İşleme
Dökme Demir	1	1	-	1	1	-	-	1.6	-	-	1.2	1.2
Düşük Karbonlu Çelikler	1.2	1.2	-	1	1.2	1	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
Alaşım Çelikleri	1.3	1.3	-	1	1.3	2	2	1.1	2	2	2.5	2.5
Paslanmaz Çelikler	1.5	1.5	-	1	1.5	2	2	1.1	2	2	4	4
Bakır Alaşımları	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1
Alüminyum Alaşımları	1	1	1.5	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1	1
Çinko Alaşımları	1	1	1.2	1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1

kesit kalınlığı azaldıkça kesit kalınlığı katsayısında hızlı bir artma gözlenir. Örneğin kum kalıba döküm prosesinde kesit kalınlığı katsayısı $\leq 0,4$ mm için 5,5'e çıkar. Fakat toz metalürjisi ile üretim yönteminde bu katsayı bütün değerler için 1,4–1,7 arasında bir değerdedir.

Proseslerin yüzey kalite değerleri azaldıkça maliyetleri de artmaktadır. Bu artış kesit kalınlığında olduğu gibi prosten prosese değişmektedir. Örneğin kum kalıba dökümün yüzey kalitesi $1,6 \mu\text{m}$ için maliyet katsayısı 2.5 iken, hassas dökümde aynı değer için maliyet 1.0'dır. Proseslerin değişik yüzey kalite değerleri için yüzey kalitesi maliyet katsayıları Ek-8'de Şekil 8.8 ve Şekil 8.9'da verilmektedir.

Maliyet analizi yapılırken Pc ve Rc (Cc,Cs,Cft,Cmp) gibi bütün faktörlerin etkileri dikkate alınarak aday proseslerin hepsi için hesaplanıp karşılaştırma buna göre yapılmıştır. Hangi prosesin belli parça ağırlığı, kesit kalınlığı, yüzey kalitesi değerlerinde hangi şekil sınıflamasına giren parçaları en az maliyetli ürettiği bulunmuş ve ona göre seçim akış şemaları oluşturulmuştur.

Akış şemalarının nasıl oluşturulduğunu daha iyi anlamak için demir malzemesi ve 1-100 adet çok küçük miktarlı üretimler için akış şemasının oluşturulması aşağıda açıklanmıştır. Demir malzemesi ve yıllık üretim miktarı 1–100 adet (çok az) için oluşturulan seçim akış şeması Şekil 3.6'da görülmektedir. Demir, karbon çelikleri, alaşım çelikleri ve paslanmaz çeliklerin 1-100 adet , 100-1000 adet, 1000-10 000 adet, 10 000-100 000 adet ve 100 000 adetten büyük yıllık üretim miktarları için oluşturulan akış şemaları ise Ek-13'de verilmiştir. Çizelge 2.1'den demir ve 1-100 adet arasındaki üretim miktarı için aday prosesler Kum Kalıba Döküm, Savurma Döküm, Hassas Döküm, Seramik Kalıba Döküm ve ikincil proses için de Elle İşleme prosesleri belirlenmiştir. Seçim bu seçenekler arasından gerçekleştirilmiştir. Teknik seçim kriterlerini uygulamak için demir ve 1-100 adet üretim miktarı için Çizelge 3.5 hazırlanmıştır. Bu çizelgede proseslerin parça ağırlığı, kesit kalınlığı için sınır değerler ve parça şekli için ise sınırlamalara göre aralıklar oluşturulmuş ve bu aralıklardaki aday proseslerin üzerinde durulmuştur.

Çizelge 3.5.Proses Seçim Akış Şemalarının Oluşturulması İçin Kriterlerin Uygulanışı

Parça Ağırlığı (kg)	Kesit Kalınlığı (mm)	Parça Şekli	Aday Prosesler
0,0005–0,025	-	Bütün Şekiller	HD
0,025–0,1	6–75	Bütün Şekiller	KKD HD
0,1–1	1–2,5	Bütün Şekiller	HD SKD
			HD SKD
	2,5–6	Bütün Şekiller	KKD HD SKD
			KKD HD SKD
	6–75	Bütün Şekiller	KKD HD SKD
			KKD HD SKD
1–5	1–2,5	Bütün Şekiller	HD SKD
			HD SKD SD
	2,5–6	T0/1/2/7	HD SKD SD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	HD SKD
	6–75	T0/1/2/7	KKD HD SKD SD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD HD SKD
	75–125	T0/1/2/7	KKD SD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD
	2,5–6	T0/1/2/7	SD SKD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	SKD
	6–75	T0/1/2/7	KKD SD SKD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD SKD
5–50	75–125	T0/1/2/7	KKD SD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD
	6–75	T0/1/2/7	KKD SD SKD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD SKD
	2,5–6	T0/1/2/7	SD SKD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	SKD
50–5000	6–75	T0/1/2/7	KKD SD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD
	75–125	T0/1/2/7	KKD SD
		T0/1/2/7 hariç diğer şekiller	KKD
>5000	-	Bütün Şekiller	KKD

KKD:Kum Kalıba Döküm, SD: Savurma Döküm, HD:Hassas Döküm, SKD: Seramik Kalıba Döküm

Parça ağırlığı kriterine bakıldığında (0,005-0,025), (0,025-0,1),(0,1-1), (1-5), (5-50), (50-5000) ve (>5000) gibi aralıklar elde edilmiştir. Bu aralıklar proseslerin parça

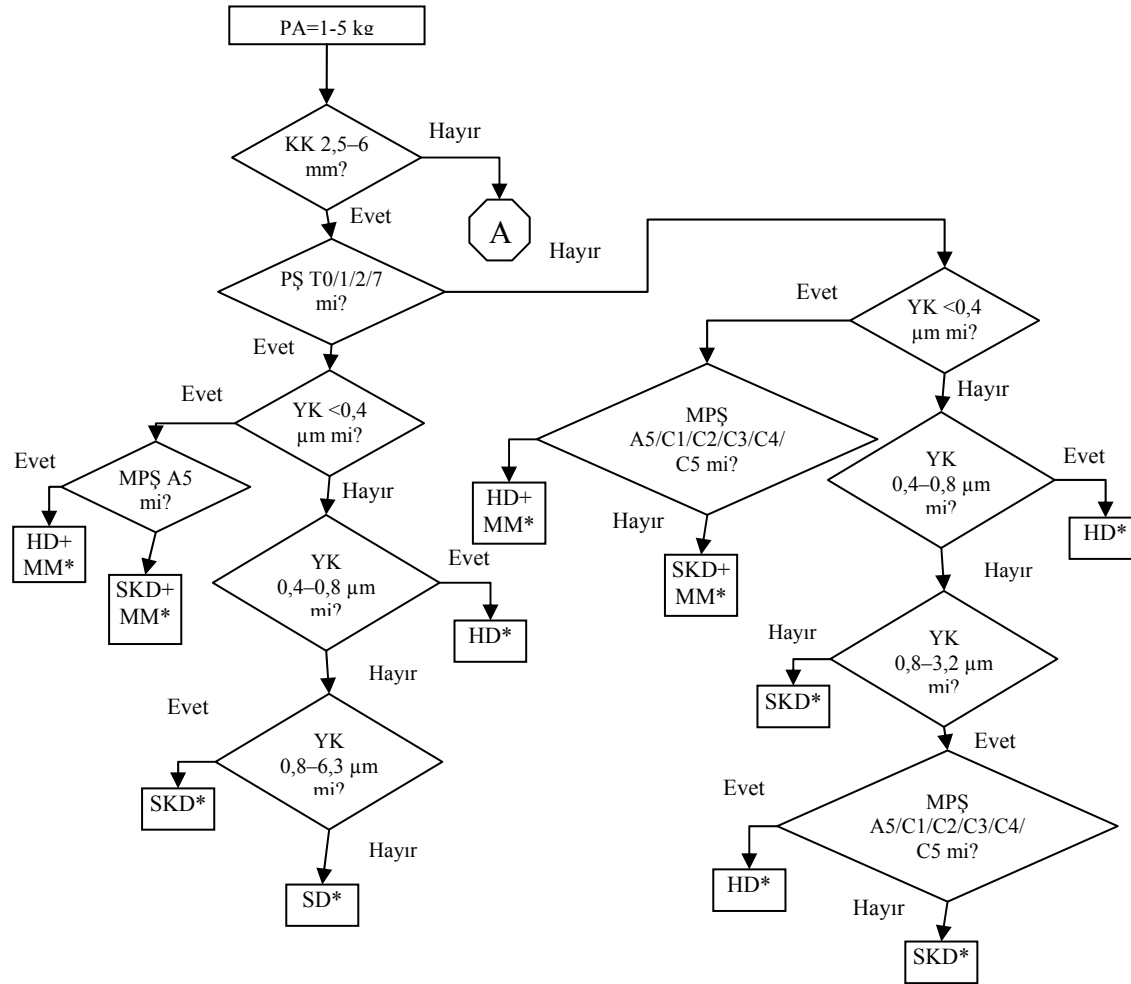
ağırlığı sınır değerlerinden bulunmuştur. Ayrıca parça ağırlığı (1-5) kg için (1-2,5) mm, (2,5-6) mm, (6-75) mm ve (75-125) mm'de parça şekli T0/1/2/7 ve diğer şekillere göre aday prosesler oluşmuştur. Örneğin parça ağırlığı 1-5 kg ve kesit kalınlığı bütün şekiller için aday prosesler hassas döküm ve seramik kalıba döküm iken yine aynı parça ağırlığında kesit kalınlığı 6-75 mm ve parça şekli T0/1/2/7 için aday prosesler kum kalıba döküm, hassas döküm, seramik kalıba döküm ve savurma dökümdür. Bundan sonra maliyet analizi devreye girerek en az maliyetli proses seçimini gerçekleştirilir.

Çizelge 3.5'e bakıldığında parça ağırlığı (0,0005-0,025) aralığında uygun prosesin sadece hassas döküm, (>5000)'de ise kum kalıba dökümün olduğu görülmüştür. Bu aralıklarda seçim işlemi tamamlanmıştır. Bu durumda akış şeması Şekil 3.4'deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 3.4. (0,0005-0,025) ve (>5000) parça ağırlığı için akış şemasında gösterilmesi

Parça ağırlığı (1-5) kg ve kesit kalınlığı (2,5-6) mm olan aralıklarda ve parça şekli T0/1/2/7 için ise aday prosesler Çizelge 3.5'te görüldüğü gibi hassas döküm, seramik kalıba döküm ve savurma dökümdür. Aynı parça ağırlığı ve kesit kalınlığında T0/1/2/7 dışındaki diğer şekiller için ise aday prosesler hassas döküm ve seramik kalıba dökümdür. Bu aralıklar için oluşturulan akış şeması Şekil 3.5'de verilmiştir. Akış şemasında da görüldüğü gibi parça ağırlığı, kesit kalınlığı ve parça şekli uygulandıktan sonra geriye kalan aday prosesler için maliyet analizi yapılmıştır. Bundan sonra belirlenen prosesler maliyet analizi sonunda belirlendiğini belirtmek için (*) ile gösterilmiştir. Yani (*) bu şartları sağlayan başka aday proseslerin olduğunu fakat en az maliyetli olanın bu seçilen proses olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 3.5. Parça ağırlığı (1-5) kg ve kesit kalınlığı (2,5-6) mm için oluşturulan akış şeması

PA:Parça Ağırlığı, KK:Kesit Kalınlığı, PŞ: Parça Şekli, MPŞ: Maliyet Parça Şekli, YK:Yüzey Kalitesi, HD:Hassas Döküm, SKD:Seraamik Kalıba Döküm, MM:MANuel İşleme

Prosesin maliyeti Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.3'e bakıldığında prosesin malzeme maliyeti dışında kaba maliyet ile maliyet katsayılarının çarpımına eşittir. Malzeme maliyeti proses seçiminde etkisi olmadığından göz ardı edilmiştir. Fakat daha önce de belirtildiği gibi maliyet analizi kesin bir maliyet değeri çıkarmaktan ziyade proseslerin arasında karşılaştırma yapmak üzere oluşturulmuştur. Eş. 2.1 ve Eş. 2.3'ten maliyet aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$M_I = V \cdot C_{mt} + P_c \cdot C_{mp} \cdot C_c \cdot C_s \cdot C_f \quad (3.1)$$

- V : Parça üretimi için gereken gerekli malzemenin kaba hacmi
 C_{mt} : Gerekli malzemenin birim hacminin maliyeti
 P_c : Prosesin kaba maliyeti
 C_{mp} :Malzemenin prosese uygunluğu katsayısı
 C_c :Parça şeklinin karmaşıklığının maliyet katsayısı
 C_s :Kesit kalınlığının maliyet katsayısı
 C_f :Yüzey kalitesinin maliyet katsayısı

Demir, 1-100 adet üretim miktarı, 1-5 kg parça ağırlığı, 2,5-6 mm kesit kalınlığı ve T0/1/2/7 parça şekli için maliyet analizinin nasıl yapıldığı aşağıda açıklanmıştır. Çizelge 3.6'da bu değerler için maliyet analizi verilmiştir. Demir ve 1-100 adet için diğer aralıklardaki maliyet analizleri Ek 11'de verildiği gibidir. Yüzey kalitesi değeri azaldıkça prosesin maliyeti yükselir. Ayrıca her prosesin belli yüzey kalitesi değer aralıkları vardır. Bu değer aralıklarının altındaki değerler için talaşlı imalat uygulanmalıdır. Bu yüzden seçim akış şemaları oluştururken önce en düşük yüzey kalitesi değeri için daha sonra yüzey kalite değerlerine göre bütün aralıklar için maliyet analizi yapılır. Çizelge 3.6'da de görüldüğü gibi önce 0,4 μm 'ten küçük durumlar için maliyet analizi yapılmıştır. Bu durumda bütün proseslerin bu değeri yakalayabilmesi için talaşlı imalata ihtiyacı vardır. Bu aralıklarda hassas döküm, seramik kalıba döküm, savurma döküm proseslerinin elle işlemenin maliyetiyle toplanarak maliyet analizi yapılmıştır. Prosesin kaba maliyeti 1-100 adet yıllık üretim miktarı için Çizelge 3.3'ten, proseslerin malzemeye uygunluk katsayıları, kesit kalın-

Çizelge 3.6. Demir, 1-100 üretim miktarı, 1-5 kg parça ağırlığı, 2,5-6 mm kesit kalınlığı ve T0/1/2/7 parça şekli için maliyet analizi

PA=1-5 kg; KK=2,5-6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK<0,4 µm					
Prosesler	P _c	C _{mp}	C _s	C _{ft}	Toplam (Göreceli Maliyet)
HD	360	1	1,05	1	378
SKD	315	1	1,1	1	346,5
SD	2200	1	1,02	1	2244
MM	280	1,2	1	1,4	470,4
Toplam Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5
HD+MM	848,4	1046,22	1902,6	3276,84	3927
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6
PA=1-5 kg; KK=2,5-6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=0,4-0,8 µm					
Prosesler	P _c	C _{mp}	C _s	C _{ft}	Toplam
HD	360	1	1,05	1,6	604,8
SKD	315	1	1,1	1	346,5
SD	2200	1	1,02	1	2244
MM	280	1,2	1	1,4	470,4
Toplam Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5
HD	604,8	695,52	786,24	1028,16	1391,04
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6
PA=1-5 kg; KK=2,5-6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=0,8-1,6 µm					
Prosesler	P _c	C _{mp}	C _s	C _{ft}	Toplam
HD	360	1	1,05	1,05	396,9
SKD	315	1	1,1	1,05	363,825
SD	2200	1	1,02	1	2244
MM	280	1,2	1	1,4	470,4
Toplam Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5
HD	369,9	425,385	480,87	678,83	1250,77
SKD	363,825	418,3988	472,9725	654,885	1164,24
SD+MM	2714,4	3121,56	3528,72	5544,48	9532,8
PA=1-5 kg; KK=2,5-6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=1,6-3,2 µm					
Prosesler	P _c	C _{mp}	C _s	C _{ft}	Toplam
HD	360	1	1,05	1	378
SKD	315	1	1,1	1	346,5
SD	2200	1	1,02	2,5	5610
Toplam Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5
HD	378	434,7	491,4	642,6	1269,4
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050
PA=1-5 kg; KK=2,5-6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=3,2-6,3 µm					
Prosesler	P _c	C _{mp}	C _s	C _{ft}	Toplam
SKD	315	1	1,1	1	346,5
SD	2200	1	1,02	1,6	3590,4
Prosesler	P _c	C _{mp}	C _s	C _{ft}	Toplam
Toplam Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8
SD	3590,4	4128,96	4667,52	11489,28	17952

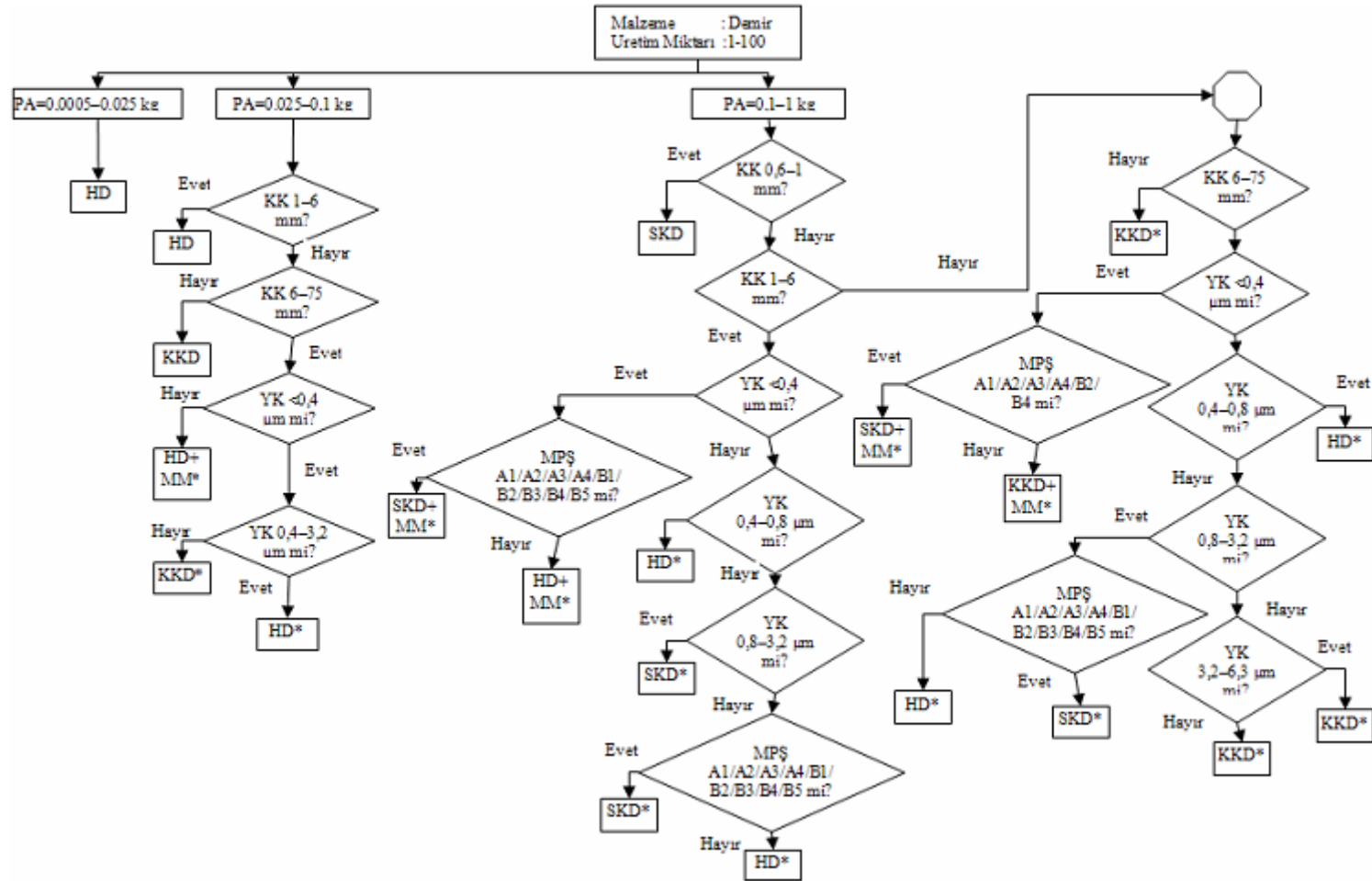
KKD:Kum Kalıba Döküm, SD: Savurma Döküm, HD:Hassas Döküm, SKD: Seramik Kalıba Döküm, Mİ: Manuel İşleme, Oİ:Otomatik İşleme

lığı ve yüzey kalitesi maliyet katsayıları Ek-8'deki çizelge ve şekillerden bulunmuştur. Bütün bu değerler aynı zamanda Çizelge 3.2'de verilen şekil

karmaşıklığı katsayıları ile çarpılarak her şekil için proseslerin maliyeti her bir proses için hesaplanmış olur.

PA=1-5 kg; KK=2,5-6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK<0,4 μ m aralığında A1,A2,A3 ve A4 parça şekline sahip parçaların imalatının en az maliyetli seramik kalıba döküm ile gerçekleştirmek mümkün iken A5 şekli için hassas döküm daha az maliyetlidir. Bu yüzden akış şemasında da görüldüğü gibi maliyet parça şekli A5 ise hassas döküm, diğerleri için seramik kalıba döküm prosesi seçilmiştir. Diğer yüzey kalitesi aralıkları için de işlemler aynı şekilde yapılmıştır. 0,4-0,8 aralığında hassas döküm, 0,8-6,3 aralıklarında seramik kalıba döküm prosesi bütün şekiller için daha az maliyetli olduğundan bütün parça şekilleri için bu prosesler seçilmiştir. Fakat bu aralıklarda yüzey kalitesi maliyet katsayısı <0,4 μ m'da olduğu gibi 1.0 olmadığına dikkat edilmelidir. Diğer aralıklar için proses seçim akış şemaları da aynı şekilde yapılmış ve Şekil 3.6'daki gibi demir ve 1-100 adet üretim miktarı için proses akış şeması tamamlanmıştır.

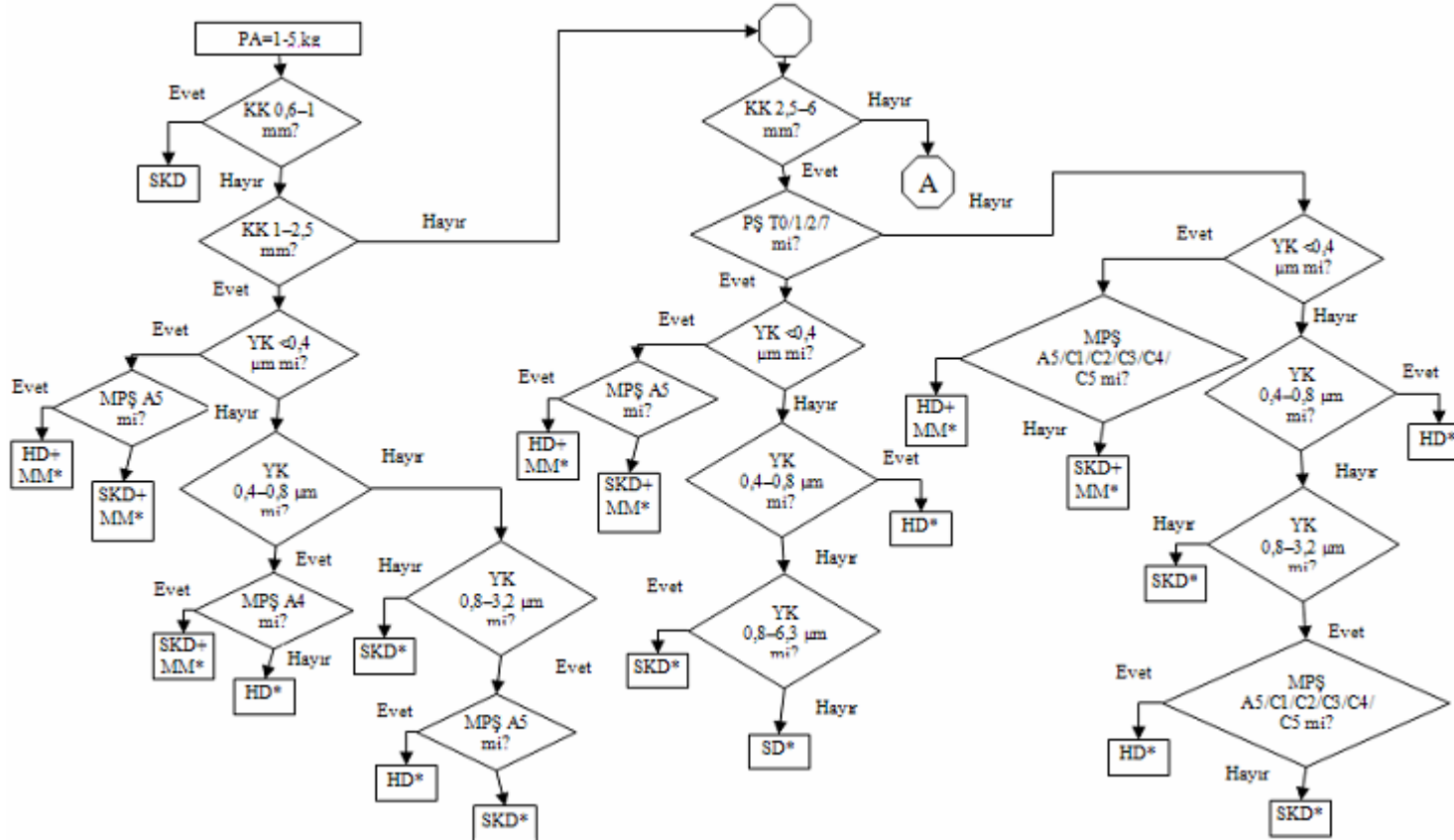
Bu bölümde proses seçimi için gerekli kriterler kullanılarak akış şemalarının oluşturulmasının ardından bir sonraki bölümde akış şemaları bir bilgisayar programı içerisinde düzenlenmiştir. Oluşturulan bu bilgisayar programı kullanılarak 5 adet uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Demir ve üretim miktarı 1–100 için seçim kriterlerine göre oluşturulan akış şemaları

*Seçimin maliyet analizi sonucunda yapıldığını gösterir

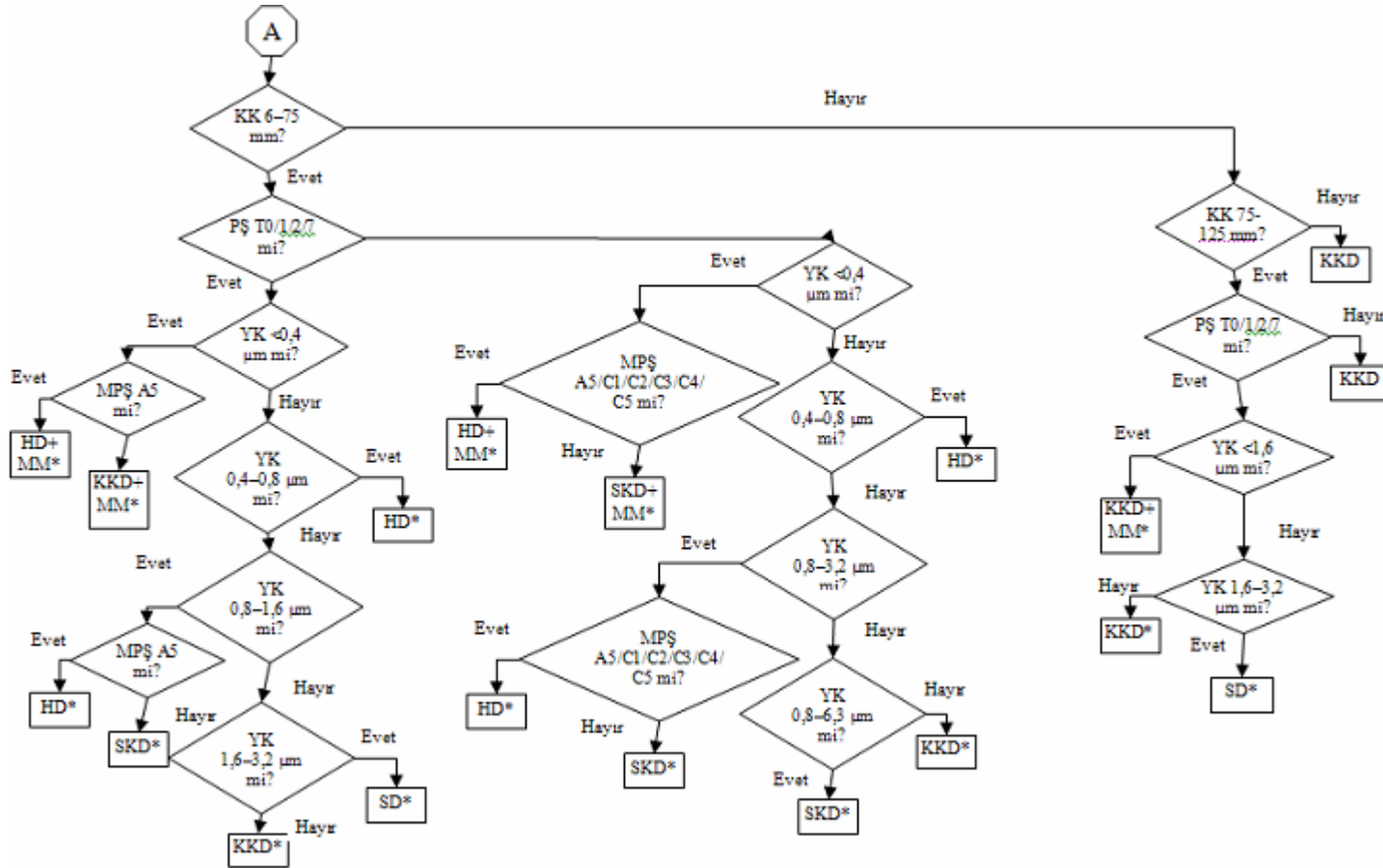
PA:Parça Ağırlığı, KK:Kesit Kalınlığı, MPŞ: Maliyet Parça Şekli, YK:Yüzey Kalitesi, HD:Hassas Döküm, KKD: Kum Kalıba Döküm, SKD:Seraim Kalıba Döküm, MM:MANuel İşleme



Şekil 3.6. (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için seçim kriterlerine göre oluşturulan akış şemaları

*Seçimin maliyet analizi sonucunda yapıldığını gösterir.

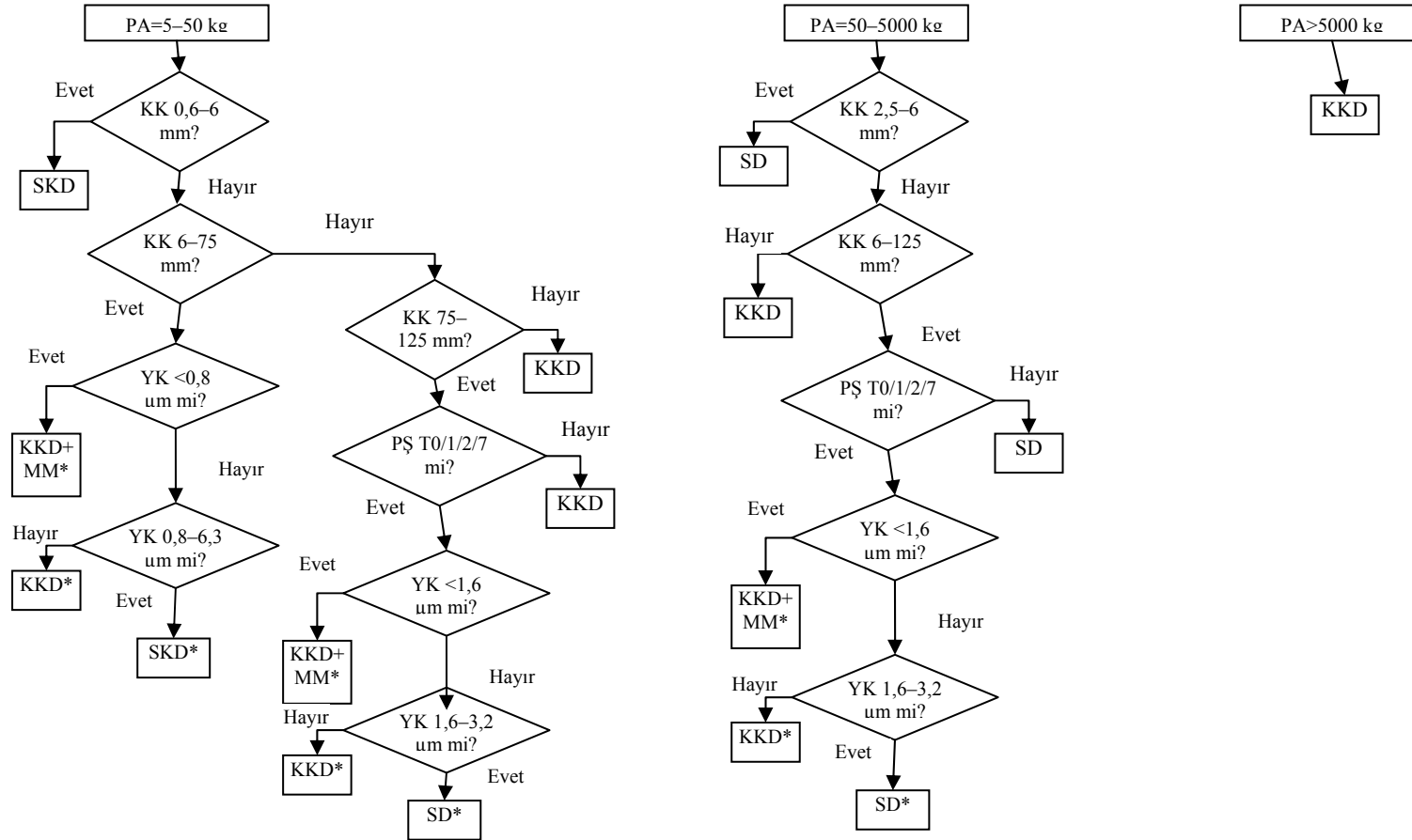
PA:Parça Ağırlığı, KK:Kesit Kalınlığı, MPŞ: Maliyet Parça Şekli, YK:Yüzey Kalitesi, HD:Hassas Döküm, KKD: Kum Kalıba Döküm, SKD:Seraimik Kalıba Döküm, MM:MANuel İşleme



Şekil 3.6. (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için seçim kriterlerine göre oluşturulan akış şemaları

*Seçimin maliyet analizi sonucunda yapıldığını gösterir

PA:Parça Ağırlığı, KK:Kesit Kalınlığı, MPŞ: Maliyet Parça Şekli, YK:Yüzey Kalitesi, HD:Hassas Döküm, KKD: Kum Kalıba Döküm, SKD:Seramik Kalıba Döküm, MM:MAnuel İşleme



Şekil 3.6. (Devam) Demir ve üretim miktarı 1-100 için seçim kriterlerine göre oluşturulan akış şemaları

*Seçimin maliyet analizi sonucunda yapıldığını gösterir.

PA:Parça Ağırlığı, KK:Kesit Kalınlığı, MPŞ: Maliyet Parça Şekli, YK:Yüzey Kalitesi, HD:Hassas Döküm, KKD: Kum Kalıba Döküm, SKD:Seramik Kalıba Döküm, MM:MANuel İşleme

4. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

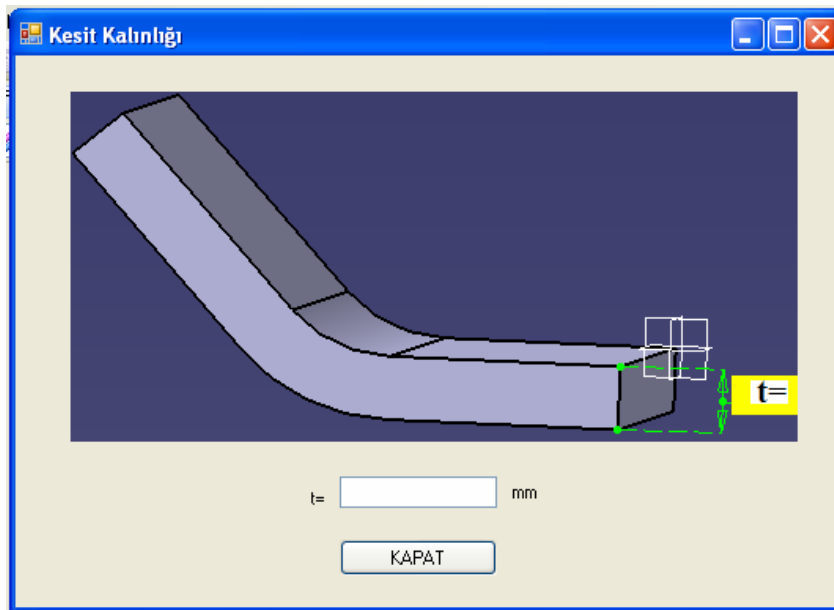
Proses seçimi için gerekli kriterlere göre seçim akış şemaları oluşturulduktan sonra seçim işlemini hızlı bir şekilde yapabilmek için akış şemaları Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılmış ve seçim işlemini gerçekleştiren program niteliğinde bir veri tabanı oluşturulmuştur. Demir ve 1-100 adet üretim miktarı için hazırlanan program formatı Ek-12’de verilmiştir.

Bu çalışmada yazılım programı olarak Visual Stüdio 2008 seçilmiştir. Program hızlı, veri tabanı oluşturulmasının kolay olması ve komutların pratik olması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmiştir.

Oluşturulan programın girdisi proses seçim kriterleri, çıktısı ise istenilen teknik şartlara uygun ve en az maliyetli prosesin seçimidir. Program çalıştırıldığında Şekil 4.1’deki gibi seçim kriterleri penceresi ekrana gelir.

Şekil 4.1. Seçim kriterleri penceresi

Bu pencerede sırasıyla malzeme, yıllık üretim miktarı, parça ağırlığı, kesit kalınlığı, parça şekli, yüzey kalitesi ve maliyet parça şekli değerlerini girmek için araç çubukları vardır. Malzeme araç çubuğu demir, karbon çelikleri, alaşım çelikleri ve paslanmaz çelik malzemelerini içerir. Pencerede yıllık üretim miktarı, parça ağırlığı ve yüzey kalitesi kriterlerine direkt olarak sayı girilebilir. Fakat kesit kalınlığı, parça şekli ve maliyet parça şeklinin kısmı aktif değildir. Yani bu kısımlara doğrudan sayı girilemez. Bu kısımlara değer girebilmek için kutuların sağındaki  butonuna basıldığında açıklama pencereleri görüntülenir. Değerler ancak bu pencereler açıldıktan sonra girilebilir. Kesit kalınlığı için açıklama penceresi Şekil 4.2'deki gibidir.

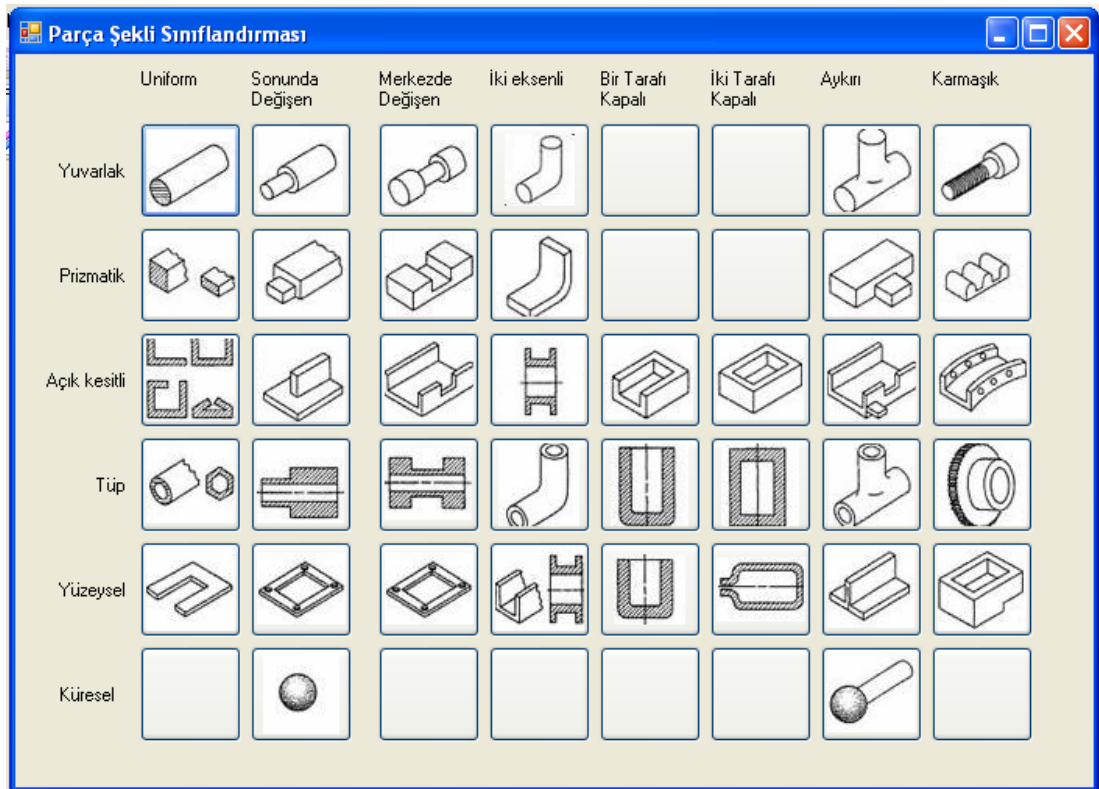


Şekil 4.2. Kesit kalınlığını açıklama penceresi

Açıklama penceresinde kesit kalınlığının şematik gösterimi ve altında da değer girilecek kısım vardır. Bu kısma değer girilip kapat butonuna basıldığında otomatik olarak seçim kriterleri penceresine, kesit kalınlığına değer girilmiş olarak dönülecektir.

Kesit kalınlığından sonra tekrar parça şekli ve maliyet parça şekli kriterlerinin sağındaki  butonuna basılarak bu kriterler için açıklama pencereleri ekrana gelir.

Akış şemaları oluştururken önceki bölümde parça şekli ve maliyet parça şekli sınıflamalarından detaylı bir şekilde bahsedilmişti. Bu sınıflamanın yapılması, parça şeklini ve maliyet parça şeklinin sembolik olarak tanımlaması olanağını sağlamıştır (R0,T5,F7 parça şekli için A3,B5,C1 maliyet parça şekli için ...gibi). Böylece bu semboller bilgisayar ortamında tanımlanması daha kolay hale gelmiştir. Parça şekli kriterinin yanındaki butona basıldığında ekrana Şekil 4.3'deki parça şekli sınıflaması gelir. Parça şekli sınıflaması penceresinde uygun olan butonun üzerine basıldığında pencere otomatik olarak kapanır ve ana pencere olan seçim kriterleri penceresine girilen veri aktarılmış olur. Eğer yanlış şekil seçildiyse seçim kriterleri penceresinden tekrar parça şekli sınıflaması seçilmek suretiyle ve doğru butona basılarak düzeltme yapılabilir.



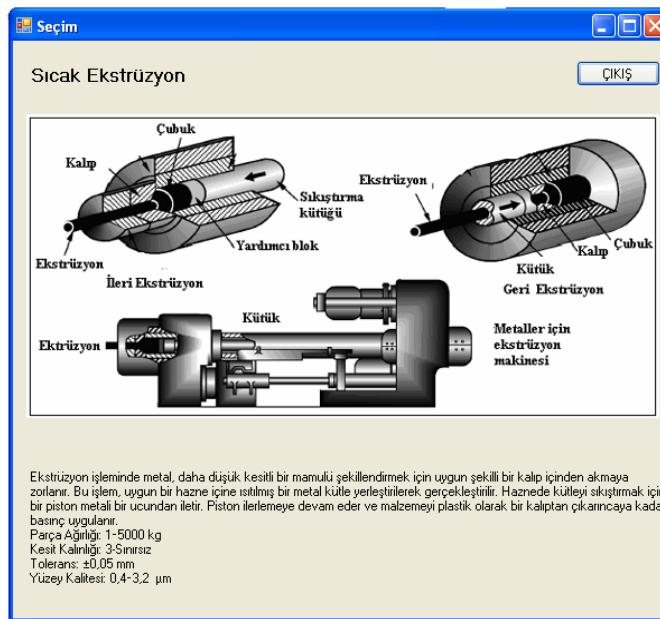
Şekil 4.3. Parça şekli sınıflaması penceresi

Şekil 4.4'de ise maliyet parça şeklinin yanındaki butona basıldığında ekrana gelen pencere gösterilmektedir. Bu pencerenin kullanımı da parça şekli penceresinin kullanımı ile aynıdır.



Şekil 4.4. Maliyet parça şekli sınıflaması

Seçim kriterleri girildikten sonra seçilen proses butonuna basıldıktan sonra ekrana seçilen proses, prosesin yapılışını anlatan resim, proses yapılışı hakkında kısa bilgi ve prosesin parça ağırlığı, kesit kalınlığı, tolerans ve yüzey kalitesi değerleri gelir. Şekil 4.5'te yapılan seçim sonucu ortaya çıkan sıcak ekstrüzyon prosesinin yapılışı ve prosesin özellikleri hakkında bilgi veren pencere gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Seçim yapıldıktan sonra ekrana gelecek olan proseslerden bir örnek

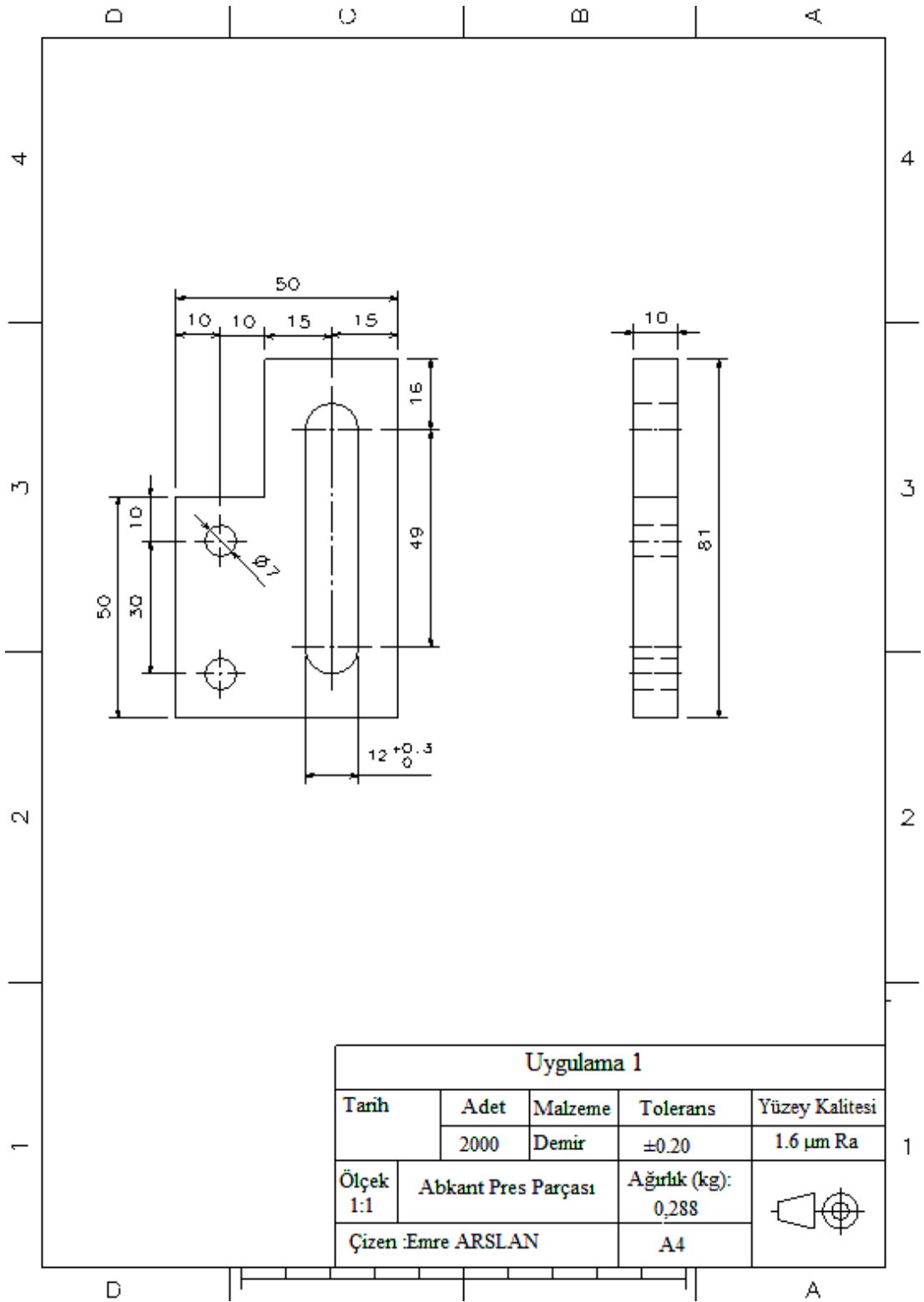
Yukarıda oluşturulan programın (PROSEÇ) tanıtılmasının ardından ilerleyen bölümlerde 5 adet gerçek hayat uygulamasına yer verilmiştir. Uygulamaya ilişkin açıklamalar sırasıyla verilmektedir.

Uygulama 1:

Demirden üretilen abkant pres parçasının teknik resmi Şekil 4.6'da, üretim miktarı, parça ağırlığı, kesit kalınlığı ve yüzey kalitesi değerleri ise Çizelge 4.1'de verilmektedir. Parça şekli olarak P1, maliyet parça şekli olarak da B1 seçilmiştir. Parça şekli için prizmatik ve karmaşıklık seviyesi ise parça ile aynı eksen ve parçanın sonunda bir değişim söz konusu olduğundan 1.seviye seçilmiştir. Maliyet parça şeklinde ise parça yine prizmatik ve imalat sadece bir temel eksen ve gerçekleştirilebileceği için basit unsurlu 1. seviye seçilmiştir.

Çizelge 4.1. Abkant Pres Parçasının Seçim Kriterleri

Malzeme	Demir
Üretim miktarı	2000
Parça ağırlığı	0,266 kg
Kesit kalınlığı	10 mm
Parça şekli	P1
Yüzey kalitesi	1,6 μ m
Maliyet parça şekli	B1



Şekil 4.6. Abkant Pres Parçasının teknik resmi

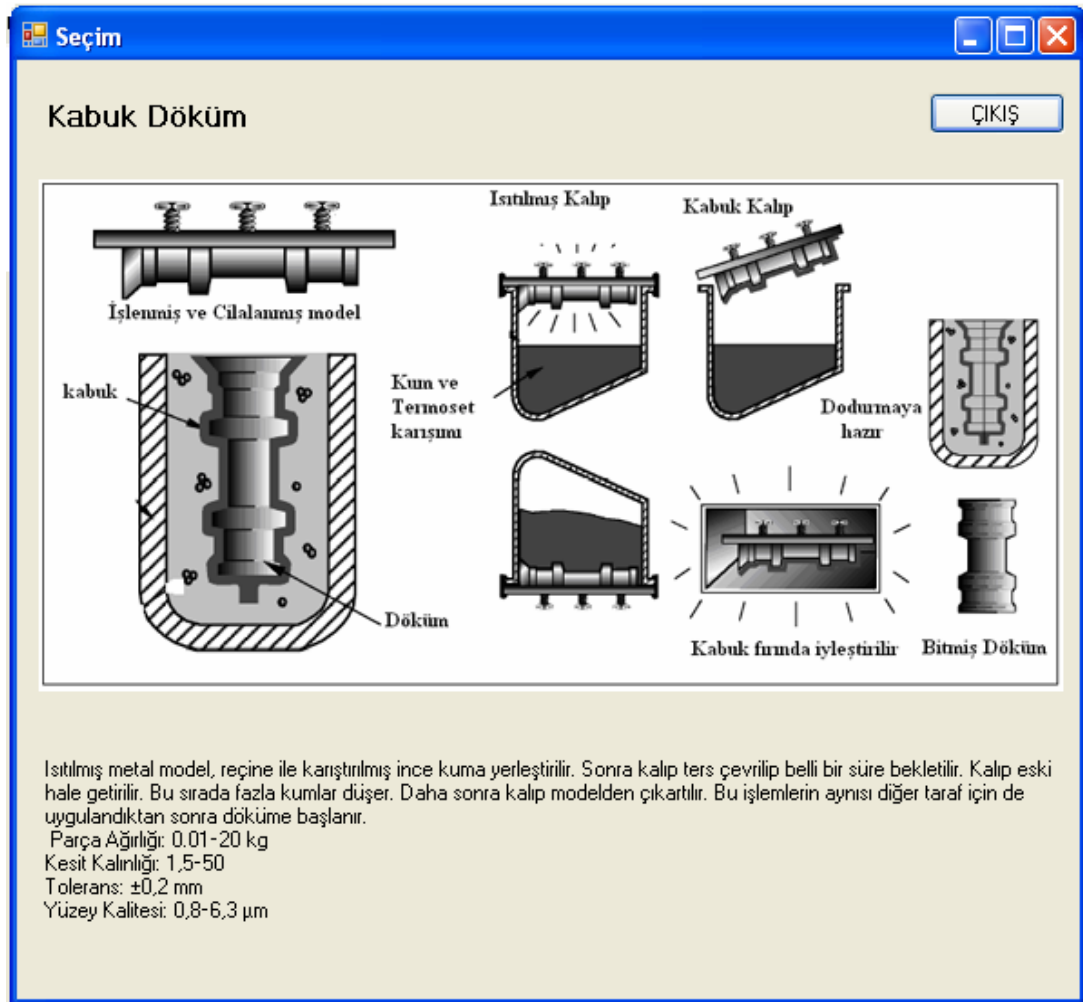
Program çalıştırıldıktan sonra Şekil 4.7'deki gibi ekrana gelen seçim kriterleri penceresine malzeme, üretim miktarı, parça ağırlığı ve yüzey kalitesi değerleri girilir.

Şekil 4.7. Abkant pres parçası için seçim kriterleri penceresi

Ardından kesit kalınlığı için  butonuna basıldığında ekrana gelen kesit kalınlığı değerine Şekil 4.8'deki gibi 10 mm girilip kapat butonuna basıldığında seçim kriterleri kısmında 10 değeri otomatik olarak girilmiş olur.

Şekil 4.8. Abkant pres parçası kesit kalınlığı penceresi

Yine parça şekli ve maliyet parça şekilleri sınıflandırmasını  butonuna basarak parça şekli sınıflaması penceresine gelinir. Daha önce de belirtildiği gibi bu sınıflama için P1 butonunu üzerine basılarak seçilir. Maliyet parça şekli sınıflaması penceresinde de aynı şekilde gelerek B1 butonuna basılır. Bu işlemlerin sonunda proses seçimi için bütün kriter değeri girilmiş olur. Seçilen proses butonuna basıldığında abkant pres parçası için uygun proses olarak Şekil 4.9'da da görüldüğü gibi kabuk döküm seçilir. Ekranda kabuk döküm ile ilgili teknik bilgiler ve prosesin yapılışını anlatan kısa açıklama gelmektedir.



Şekil 4.9. Abkant pres parçası için seçilen proses

Teknik şartları yukarıdaki gibi olan parçanın seçimi için aday prosesler hassas döküm ve kabuk dökümdür. Son seçimde maliyet parça şekli etkili olmuştur. Hassas

döküm karmaşıklık seviyesi yüksek olan parçaların üretiminde avantajlıdır. Fakat basit şekilli parçalarda yerini kabuk ya da kum kalıba döküme bırakır. Piyasada bu parça kum kalıba dökülmüş halde dışarıdan alınıp otomatik işleme ile imal edilmektedir. Gerçek hayattaki bu imalatın yanlış seçim olduğu görülmektedir. Çünkü Çizelge 4.2’de PROSEÇ ile seçilen proses olan kabuk döküm ile gerçek hayattaki uygulamada kullanılan kum kalıba döküm ve otomatik işleme proseslerinin göreceli maliyetinin (61,476) kabuk kalıba döküme göre (21,6) daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Abkant pres parçası için seçilen proses ile gerçekte üretilen prosesin göreceli maliyetlerinin karşılaştırılması

Prosesler	P _C (2000 Adet)	C _{mp} (Demir)	C _s (10 mm)	C _f (1.6 µm)	C _c (B1)	Göreceli Maliyet
KKD	16,8	1,0	1,2	1	1,1	22,176
Oİ	32,75	1,2	1	1	1	39,3
KKD+Oİ						61,476
KD	18	1,0	1,2	1	1	21,6

KKD:Kum Kalıba Döküm, KD: Kabuk Döküm, Oİ: Otomatik İşleme

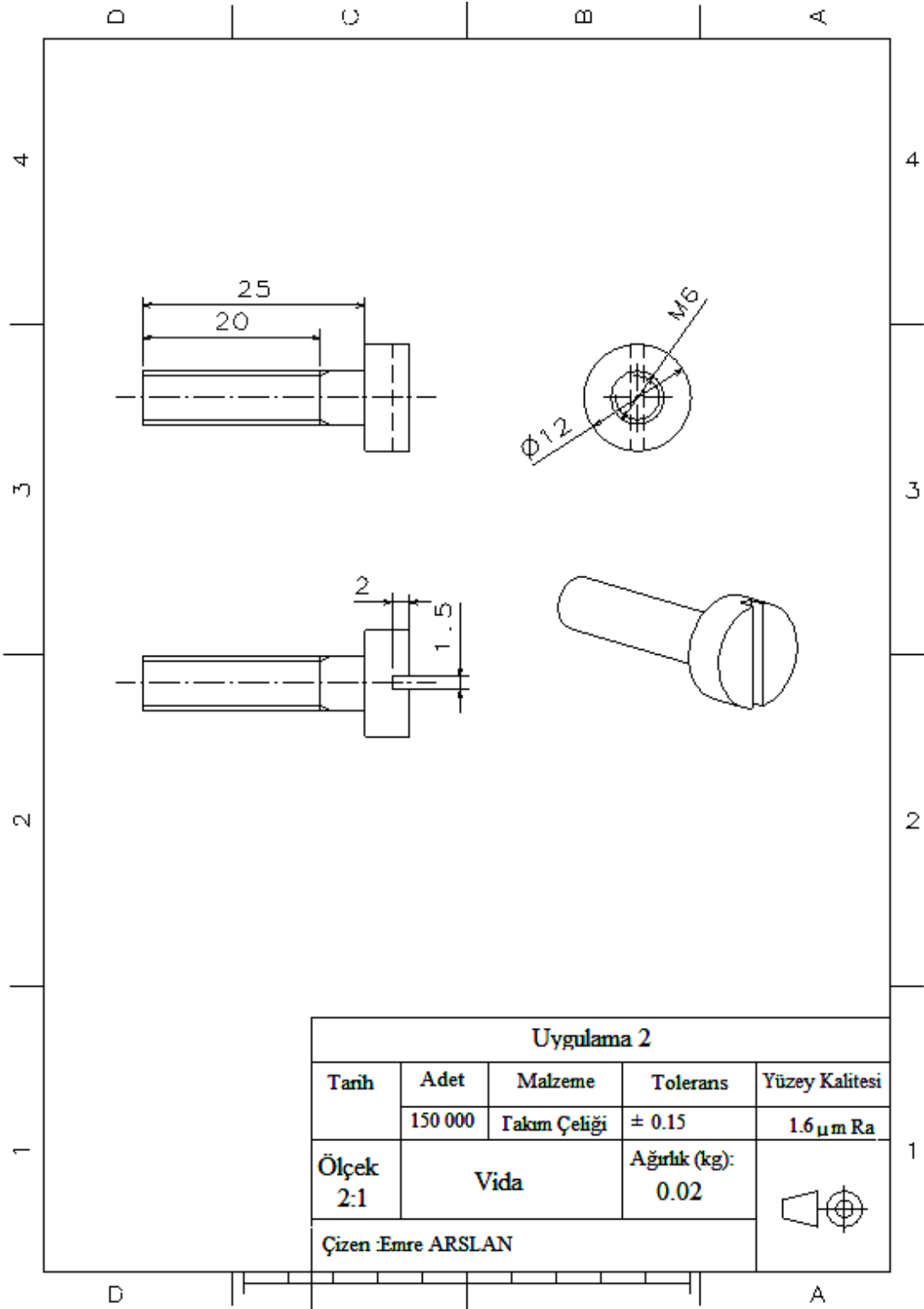
Görüldüğü gibi seçilmesi gereken prosesle gerçek proses arasında önemli ölçüde fark bulunmaktadır. İmalatı yapan firma tarafından bu parça üretimi için gerekli ön araştırma yapılmamış ve elinde olan imkânlarla imalatı gerçekleştirme yoluna gidilmiştir. Oysaki PROSEÇ gibi bir yöntemle proses seçimi yapılsaydı doğru prosesin seçilmesi sağlanabilirdi.

Uygulama 2:

İkinci uygulamamızda kullanım alanı oldukça geniş olan vida için proses seçimi yapılmıştır. Parçanın teknik resmi Şekil 4.10’da, seçim kriter çizelgesi ise Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Parça şekli R7 seçilmiştir. Çünkü parçanın şekli yuvarlak ve karmaşıklık seviyesi ise düzensiz-karmaşık olan 7. seviyedir. Maliyet parça şeklinde ise A2 seçilmiştir. Parçanın şekli analiz edildiğinde A tip olduğu görülmektedir. Parça imalatı sadece bir temel eksende üretmek mümkündür. Ayrıca parça basit fakat birden fazla

takımlarla ya da bir adet biraz daha kompleks takımlarla üretebileceğinden 2. seviye seçilmiştir.

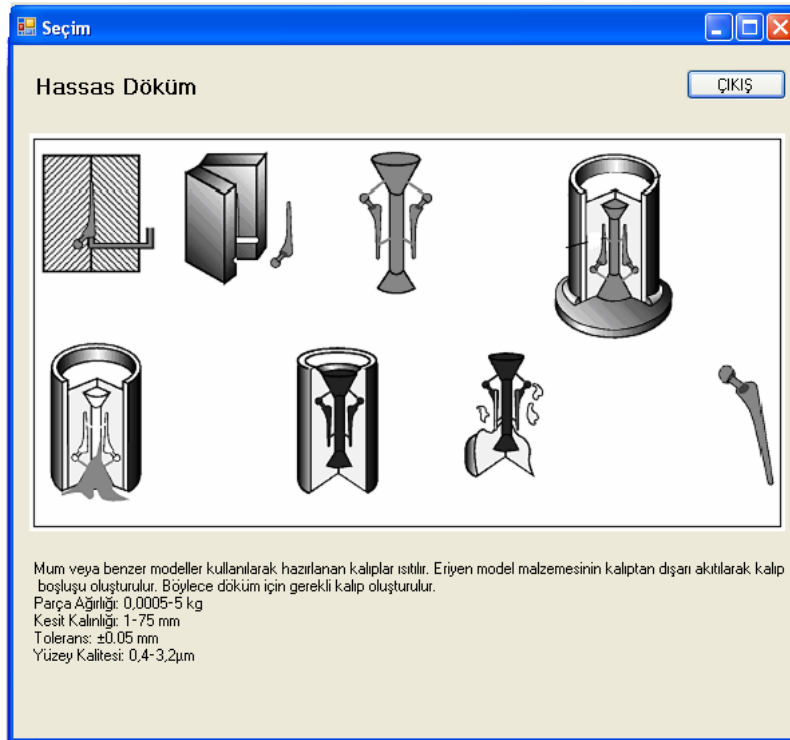


Şekil 4.10. Vidanın teknik resmi

Çizelge 4.3. Vidanın Seçim Kriterleri

Malzeme	Takım Çeliği
Üretim miktarı	150 000
Parça ağırlığı	0.02 kg
Kesit kalınlığı	6 mm
Parça şekli	R7
Yüzey kalitesi	1,6 μm
Maliyet parça şekli	A2

Seçim kriterleri Uygulama 1'deki gibi girildikten seçilen proses Şekil 4.11'de görüldüğü gibi hassas dökümdür. Takım çeliği ve 150 000 adet üretim miktarı için aday prosesler hassas döküm ve döner kalıpta dövmedir. Döner kalıpta dövme yönteminde parça şekli sınırlaması mevcuttur. Bu yüzden parçanın şekli döner kalıpta dövme yöntemi ile üretebilen R0, B0,S0 veya T0 (basit şekiller) olsaydı yüksek üretim miktarından dolayı seçilen proses döner kalıpta dövme olacaktı. Çünkü hassas döküm çok yüksek üretim miktarlarında döner kalıpta dövmeye göre ekonomik değildir. Bu seçimde de parça şekli diğer etkenlere göre daha fazla etkili olmuştur.



Şekil 4.11. Vida için seçilen proses

Bu üretim miktarlarında (>100 000) döküm proseslerinden birisini seçmek doğru değildir. Fakat bu seçimde diğer kritik faktörler (parça şekli ve malzeme) devreye girmiştir. Bu durumu daha iyi anlamak için diğer faktörler aynı kalmak şartıyla demir, karbon çeliği ve paslanmaz çelik için seçimler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Diğer malzemeler için vida imalatında seçilen prosesler

Malzeme	Seçilen Proses
Demir	Kabuk Döküm
Karbon çelikleri	Kapalı kalıpta dövme
Takım-Alaşım Çelikleri	Hassas döküm
Paslanmaz Çelikler	Hassas döküm

Çizelgede görüldüğü gibi parça şeklinin karmaşıklık seviyesi yüksek olmasından dolayı seçim döküm prosesleri yönünde olmuştur. Fakat karbon çeliklerinde kapalı kalıpta dövme prosesi seçilmiştir. Diğer malzemelerin kapalı kalıpta dövme prosesine göre maliyet katsayısı yüksek olduğundan bu proses seçilmemiştir. Fakat döküm proseslerinde maliyet kapalı kalıpta dövmeye göre yüksek olacaktır. Çizelge 4.5'te Çizelge 4.4'te seçilen proseslerin göreceli maliyetleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Diğer malzemeler için seçilen proseslerin göreceli maliyetleri

Prosesler	P_C (>100 000 Adet)	C_{mp} (Demir)	C_S (6 mm)	C_f (1.6 μ m)	C_C (A2)	Göreceli Maliyet
Kabuk Döküm (Demir)	15	1,0	1,2	1,0	1,1	19,8
Kapalı Kalıpta Dövme (Karbon Çeliği)	2	1,0	1,2	2,0	2,15	8,6
Hassas Döküm (Takım- alaşım çeliği)	18	1,0	1,25	1,0	1,15	25,875
Hassas Döküm (Paslanmaz Çelik)	18	1,0	1,25	1,0	1,15	25,875

P_C :Kaba Maliyet, C_{mp} :Prosesin malzemeye uygunluğu maliyet katsayısı, C_S : Kesit kalınlığı maliyet katsayısı, C_f : Yüzey kalitesi maliyet katsayısı, C_C :Parça şeklinin karmaşıklığının maliyet katsayısı

Çizelge 4.5'e bakıldığında kapalı kalıpta dövme prosesinin göreceli maliyeti diğer proseslere göre çok düşüktür. Bu durum 100 000 adetten büyük üretim miktarlarında kapalı kalıpta dövme prosesinin kaba maliyetinin diğer proseslere göre çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden parça şekli ve diğer teknik şartlar uygun

olduğu durumlarda şekillendirme prosesleri yüksek üretim miktarı için döküm proseslerinden daha az maliyetlidir.

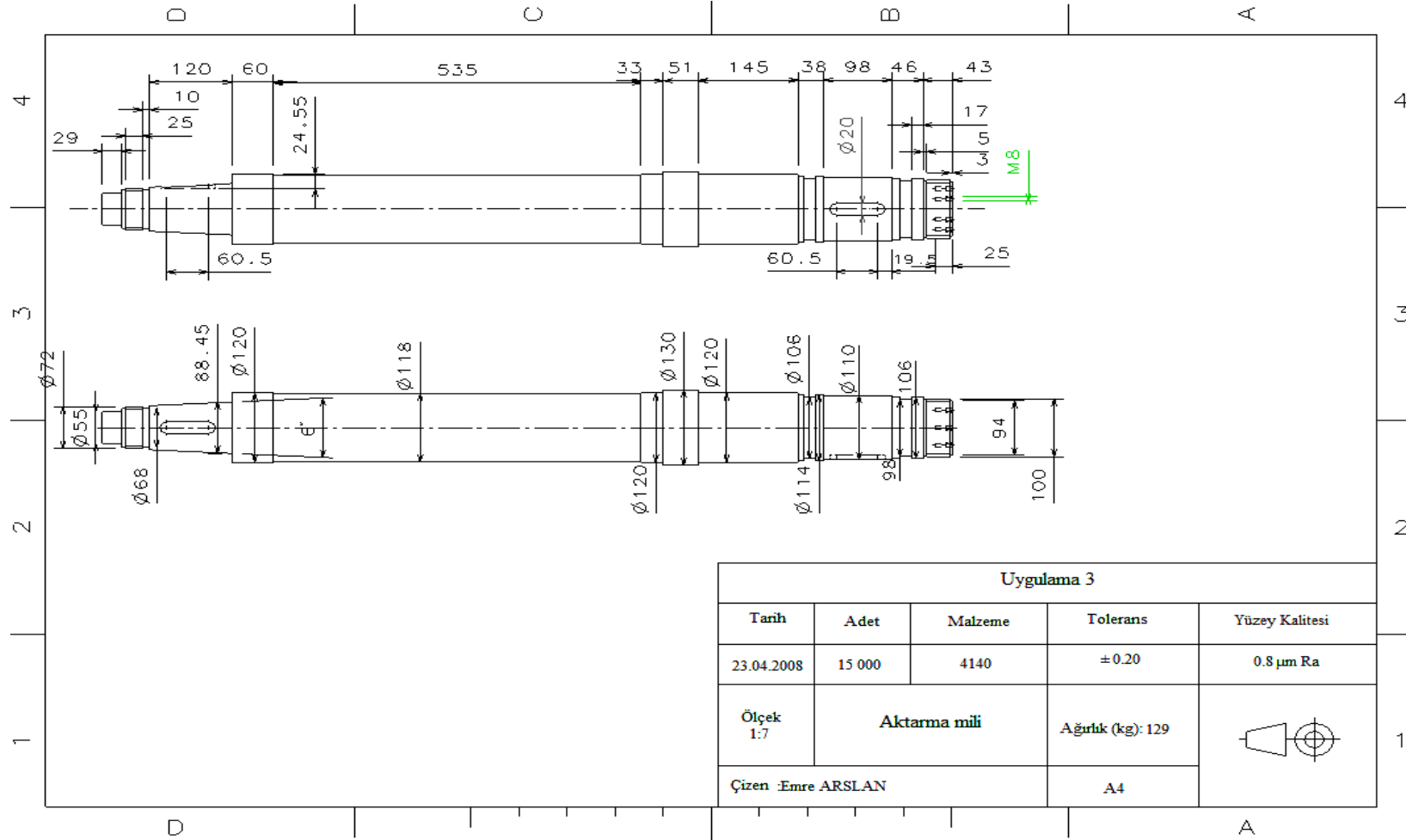
Uygulama 3:

Bu uygulamada güç aktarma elemanlarından aktarma milinin üretimini gerçekleştirmek isteyen bir firma için proseç seçimi yapılmıştır. Ekstrüzyon yöntemini kullanarak sipariş üzerine farklı parçaların üretimini gerçekleştiren Firma, seçim kriterleri Çizelge 4.6'da ve teknik resmi ise Şekil 4.12'de verilen aktarma milinin üretimini gerçekleştirmek istemektedir. Ekstrüzyon işleminin bu işlem için uygun olup olmadığı veya aktarma mili için uygun prosesin hangisi olduğunu belirlemek için PROSEÇ ile seçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Parçanın yüzey kalitesi 0,8 μm 'dir. Bu uygulamada yüzey kalitesi değeri önceki uygulamalara göre daha hassastır. Üretim (sipariş) miktarı ise yüksek gruba giren 15 000 adettir. Ayrıca parça ağırlığı 129 kg ve kesit kalınlığı 100 mm'dir.

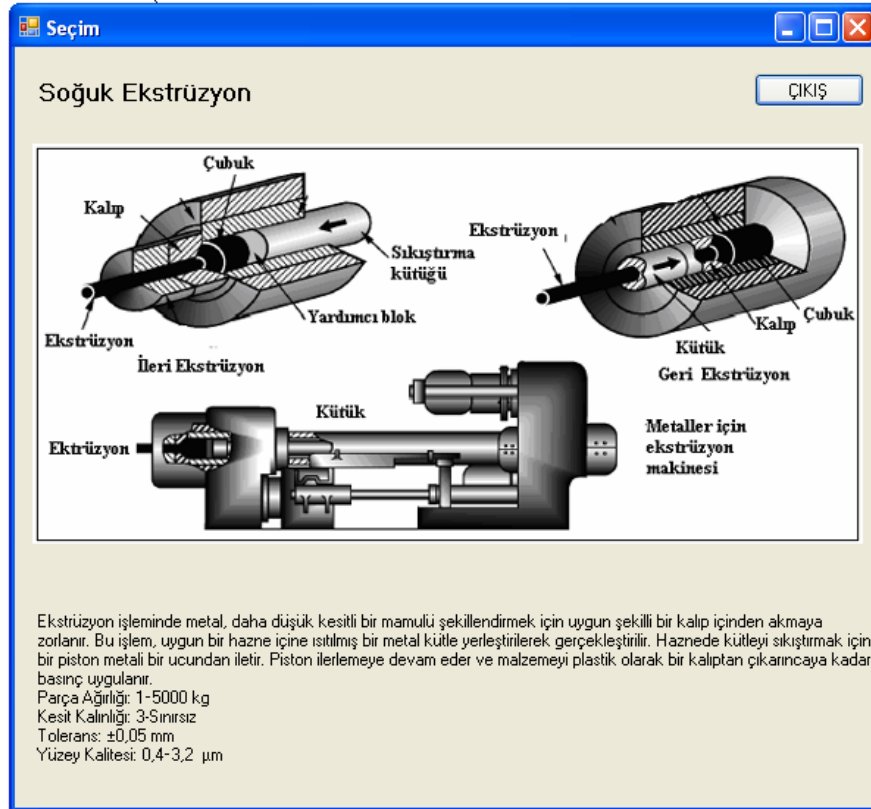
Çizelge 4.6. Aktarma Milinin Proses Seçim Kriterleri

Malzeme	Alaşım Çeliği
Üretim miktarı	15 000
Parça ağırlığı	129 kg
Kesit kalınlığı	100 mm
Parça şekli	R2
Yüzey kalitesi	0.8 μm
Maliyet parça şekli	A2

Parça şekli olarak da aynı eksen üzerinde ortalarda kesit daralmalara sahip olduğundan R2; tek eksenle birden fazla takım ile üretim söz konusu olacağından A2 seçilmiştir. Parçanın teknik resmi incelendiğinde parçanın üzerinde dış dişli açıldığından parça üretimi tek eksenli fakat imalat birden fazla takım ile mümkündür. Eğer bu diş açılmamış olsaydı birden fazla takım gerekmeyeceğinden A1 seçilecekti.



Şekil 4.12. Aktarma milini teknik resmi



Şekil 4.13. Aktarma mili için seçilen proses

Seçim kriterleri girilip seçilen proses butonuna basıldığında Şekil 4.13'teki gibi soğuk ekstrüzyon prosesi ekrana gelmektedir.

Aktarma mili güç ileten parçadır. Bu yüzden yüzey kalitesi daha yüksektir. Parçanın şekli basit sayılabilecek seviyededir. Ekstrüzyon prosesi yüksek üretim oranlarında en az maliyetli procestir. Bu yüzden yüksek miktarlarda diğer teknik sınırlamaların uygun olduğu durumlarda seçilir. Fakat bu uygulamada parçanın ağırlığı çok fazladır. Aday proseslerden hiçbiri bu ağırlıktaki parçayı üretebilme yeteneğine sahip değildir.

Kum kalıba döküm prosesinin bu değerdeki parça ağırlıklarını üretebilme yeteneğine sahip olmasına rağmen bu üretim oranlarında ekonomik olmadığından seçilmemiştir. Bu yüzden parça ağırlığı seçimi direkt olarak etkilemiştir. Parçanın yüzey kalitesi ise prosesin sıcak ekstrüzyon mu yoksa soğuk ekstrüzyon olacağını belirlemiştir. Yüzey kalitesi 0,2-3,2 arasında ise soğuk ekstrüzyon 3,2-25 ise sıcak Ekstrüzyon seçilir.

Dolayısıyla PROSEÇ sonucuna göre firmaya aktarma milini soğuk ekstrüzyon yöntemiyle üretebileceği tavsiye edilmiştir.

Uygulama 4:

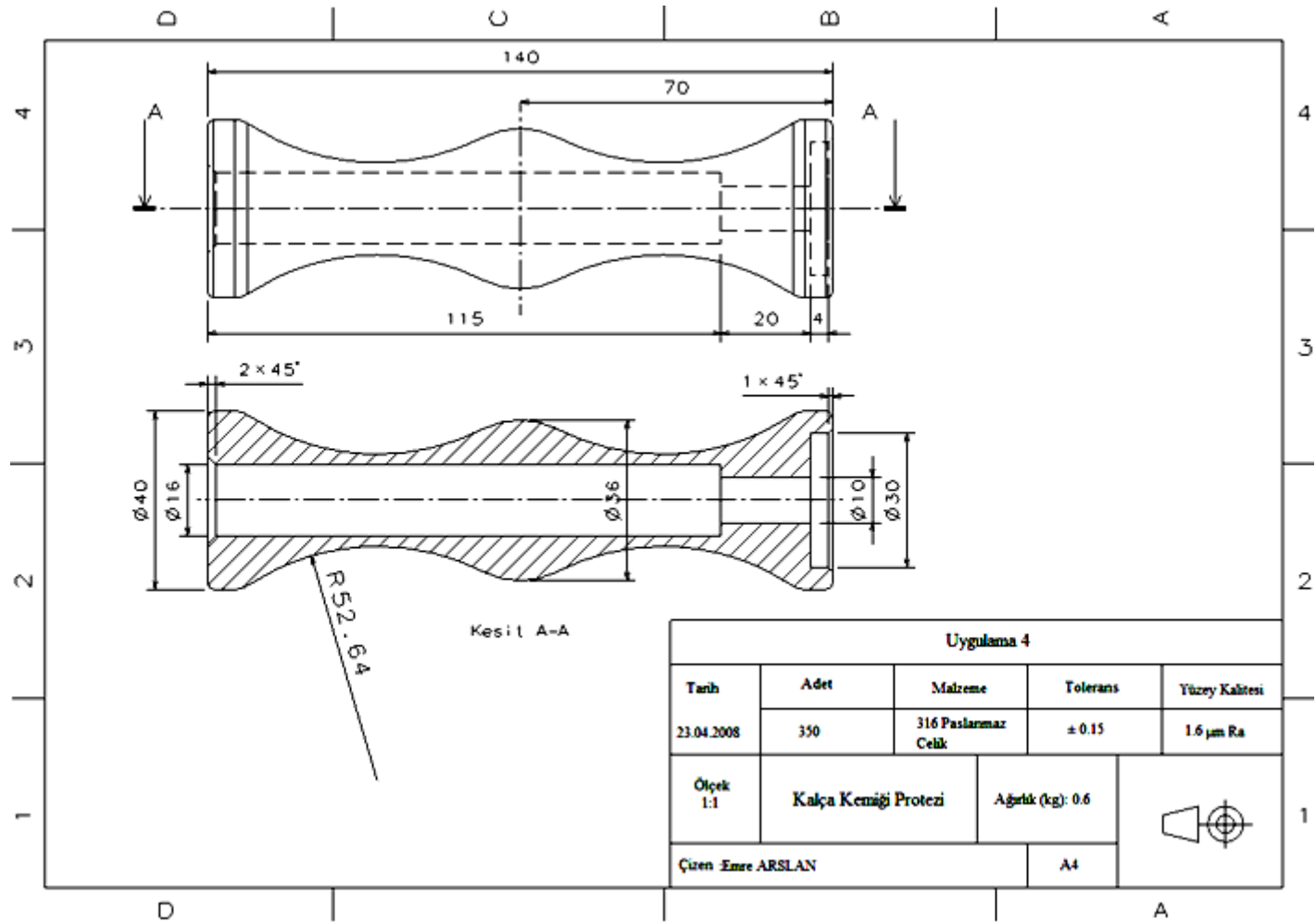
Sağlık sektöründe kalça kemiği protezinde kullanılan özel bir imalat olan parçanın teknik resmi Şekil 4.14'te verilmiştir. Kalça kemiğinde kullanılacağından malzeme paslanmaz özelliği olan paslanmaz çelik seçilmiştir. Parçanın seçim kriterleri ise Çizelge 4.7'de verildiği gibidir. İmalat sağlık sektörü için özel imalat olduğundan üretim oranı düşüktür.

Parça şekli olarak merkezde değişen T2'ye çok benzese de parça teknik resminde de görüldüğü gibi parçanın kesit değişimleri düzensiz ve kesitlerin düşümü kesin olmadığından bu parça şekli bu gruba girmemektedir. Bu parça bu özelliklerinden dolayı karmaşıklık seviyesi aykırı grubuna girmektedir.

Çizelge 4.7. Kalça Kemiği Protezinde Kullanılan Parçanın Seçim Kriterleri

Malzeme	Paslanmaz Çelik
Üretim miktarı	350
Parça ağırlığı	0,6 kg
Kesit kalınlığı	25 mm
Parça şekli	T6
Yüzey kalitesi	1,6 µm
Maliyet parça şekli	A4

Parçanın şeklinde bir simetriklik olduğundan düzensiz-karmaşık grubuna girmez. Sonuç olarak bütün bu sebeplerden dolayı parça şekli T6 seçilir. Maliyet parça şeklinde ise öncelikle parça A tiptir. Parçanın imalatı için temel eksene ekstra olarak ikincil eksenler de gerektiğinden maliyet parça şekli A3 veya A4 olacaktır. Parçayı üretmek için gerekli ikincil unsurlar parçanın dışında olduğundan A4 seçilir. Seçim

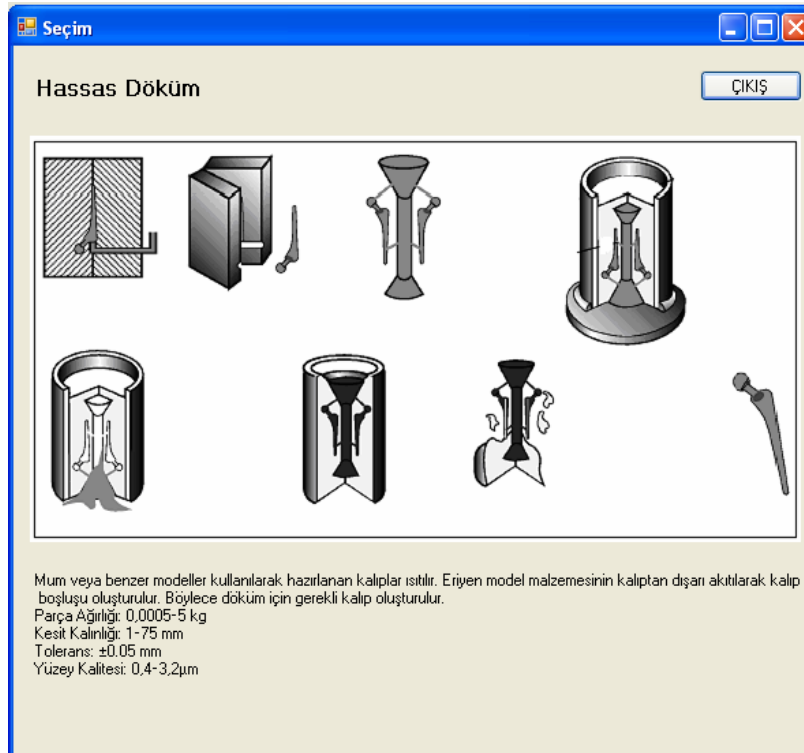


Şekil 4.14. Kalça kemiği protezinin teknik resmi

kriterleri diğer uygulamalarda olduğu gibi girildikten sonra seçilen proses Şekil 4.15'te gösterildiği gibi hassas dökümdür.

Malzeme, üretim miktarı ve parça ağırlığı sınırlamalarına uygun üç adet proses bulunmaktadır. Bunlar seramik kalıba döküm, kum kalıba döküm ve hassas dökümdür. Fakat yüzey kalitesi 0,4-3,2 aralığında hassas döküm en ekonomik prosestir. Üretim miktarı düşük olduğundan seçim döküm prosesleri arasında gerçekleşmiştir. Şekillendirme prosesleri bu üretim oranlarında ekonomik olmadığından aday prosesler arasında yer almamıştır.

Bu uygulamada PROSEÇ programı gerçek hayat uygulaması ile paralel sonuç vermiştir. Parçayı üreten firma uygulayacağı proses için dışarıdan bilgi (know-how) satın alınmıştır. Yüksek ücretler ödeyerek yapılan seçimde de, PROSEÇ ile yapılan seçimde de aynı proses olan, hassas döküm seçilmiştir.



Şekil 4.15. Parça imalatı için seçilen proses

Uygulama 5:

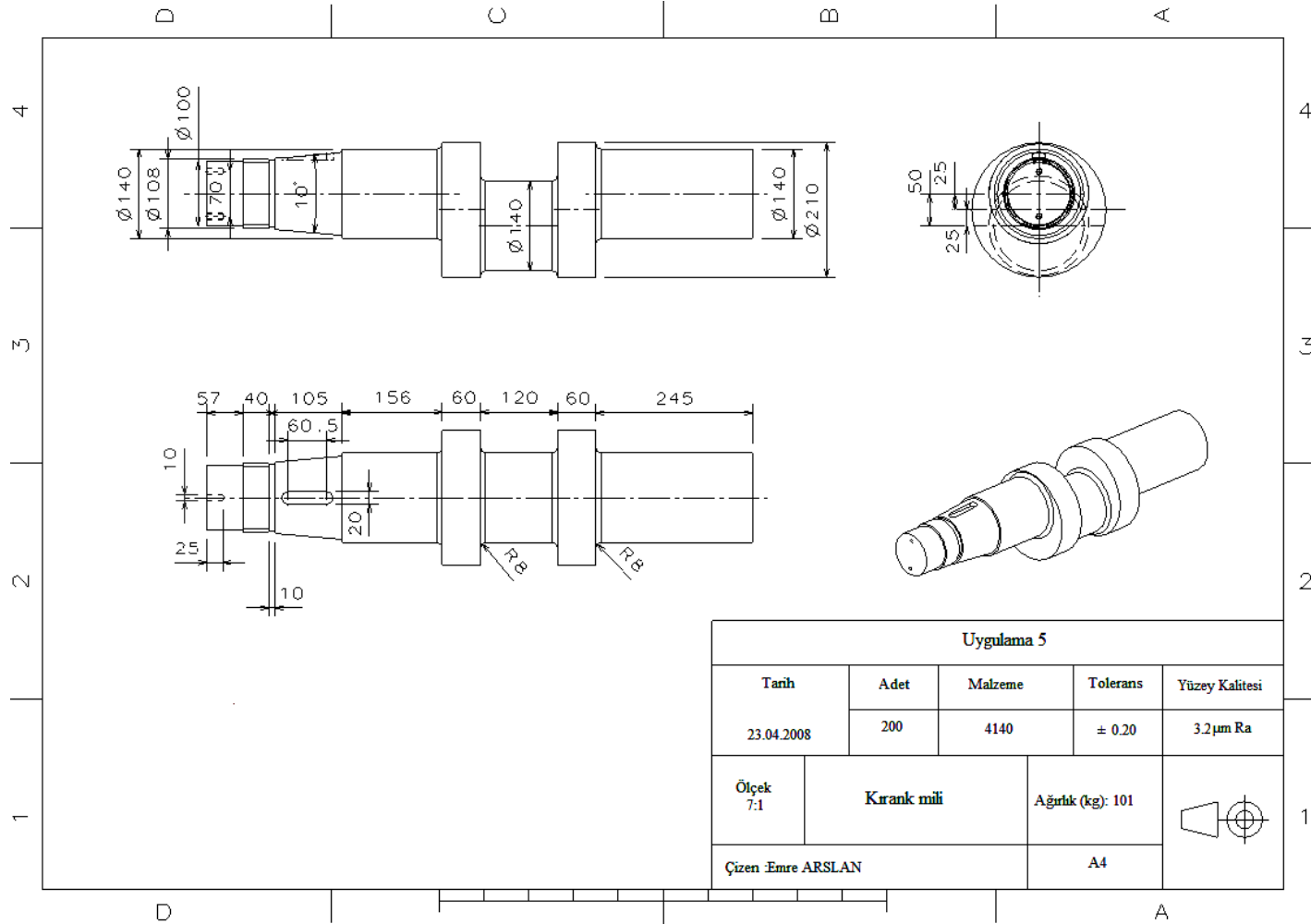
Motorların çalışma mekanizması içerisinde yer alan krank milinin teknik resmi Şekil 4.16'daki gibidir. Parçanın seçim kriterleri ise Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Krank Milinin Seçim Kriterleri

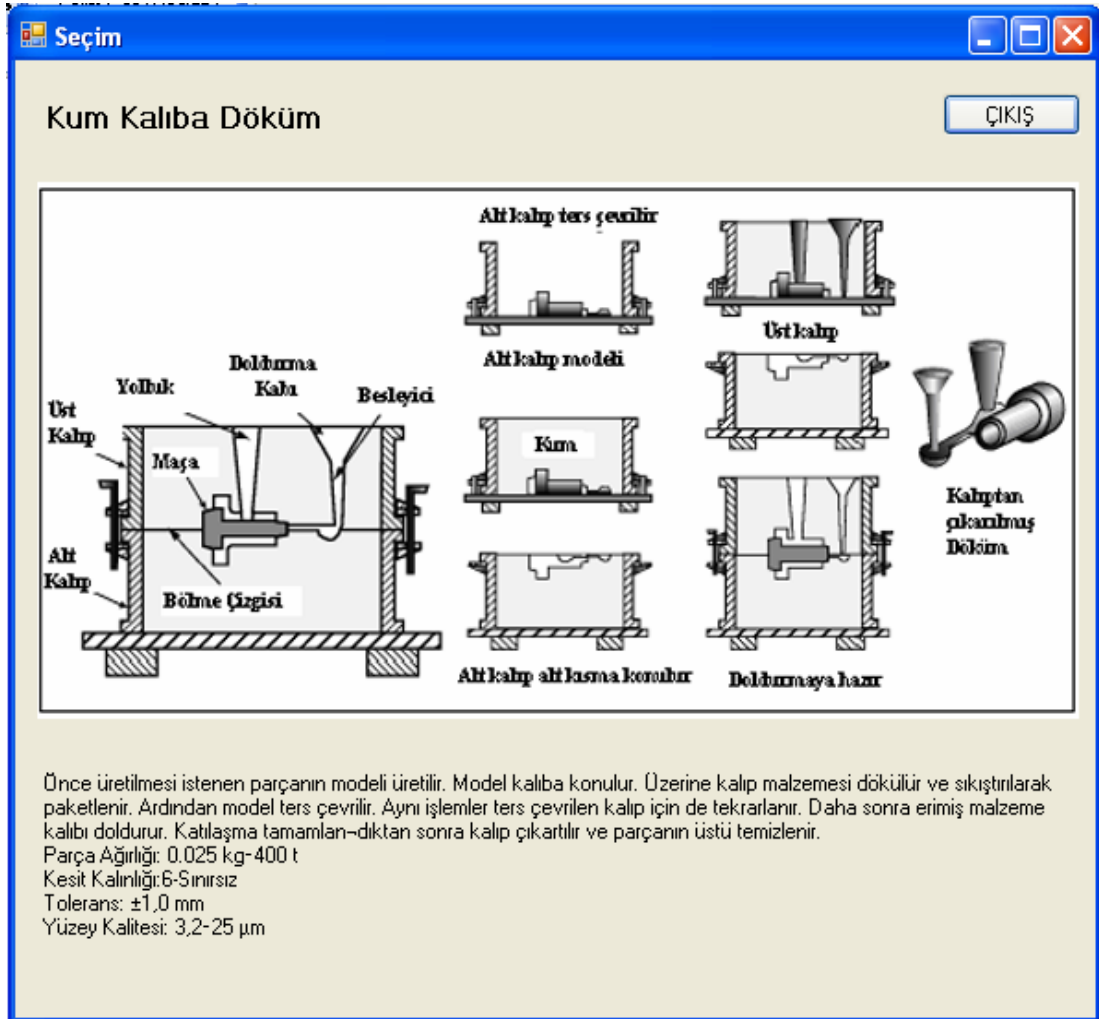
Malzeme	Alaşım Çelikleri
Üretim miktarı	200
Parça ağırlığı	50 kg
Kesit kalınlığı	100 mm
Parça şekli	R7
Yüzey kalitesi	3,2
Maliyet parça şekli	A5

Parçanın yüzey kalitesi değerleri 3,2 μm 'dir. Yani üretimin daha önceki uygulamalara göre hassasiyeti daha azdır. Parçanın şekli karmaşık gruba girdiğinden parça şekli sınıflamasında R7, maliyet parça şekli sınıflamasında ise A5'tir. Seçim kriterler girildikten sonra seçilen proses Şekil 4.17'de görüldüğü gibi kum kalıba dökümdür.

Aday proseslerin döküm prosesleri olduğu seçimde; üretim miktarının düşük olduğu ve 50 kg parça ağırlığında aday prosesler seramik kalıba döküm ve kum kalıba döküm prosesleri kalmaktadır. Aslında parça şekli ve maliyet parça şekli karmaşıklık seviyesi yüksek olduğundan hassas döküm bu seçimde etkili olabilirdi. Fakat hassas döküm 5 kg'ın altında değerlerin üstündeki parçaları üretememektedir. Bu yüzden bu proses parça ağırlığı sınırlamasını geçememiştir. Kesit kalınlığının yüksek olması da seramik kalıbı ellediğinden uygun proses olarak kum kalıba döküm prosesi seçilmiştir. Kum kalıba döküm prosesi yüzey kalitesinin düşük olduğu ve parça ağırlığı ve kesit kalınlığının çok büyük olduğu aralıklarda uygun prosestir.



Şekil 4.16. Krank milinin teknik resmi



Şekil 4.17. Krank mili için seçilen proses

Fakat diğer döküm prosesleri gibi yüksek üretimler de seçilmemektedirler. Literatürde kum kalıba döküm yönteminin uygulama alanlarından biri de krank milidir [12].

Yapılan tüm bu uygulamaların neticesinde proses seçimi konusunda piyasada hataların yapılabildiği görülmektedir. Bu hataların özellikle en az maliyetli süreci seçme konusunda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Proses seçimi işleminin daha teknik ve bilgiye dayalı olarak yapıldığı işletmelerde yanlış proses seçimi oranı azalmasına rağmen, özellikle küçük boyutlu işletmelerde proses seçimi konusunda PROSEÇ gibi

karar destek sistemlerine ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ayrıca gelişen teknoloji ile birlikte birçok alternatif prosesler olmasına rağmen piyasada sadece talaşlı imalat proseslerinin yaygın olarak kullanıldığı ve bunun da maliyetli sonuçlar getirdiği görülmektedir. Oysaki talaşlı imalatın alternatifi yeni birçok teknolojilerin PROSEC veri tabanına eklenmesi ve güncel tutulması problemini çözümüne daha düşük maliyetli yeni alternatifler sunulmasını sağlayabilecektir.

6. SONUÇ

Bu tezde proses seçimi için bir karar destek sistemi (PROSEÇ) geliştirilmiştir. Önce proses seçim metotları üzerinde durulmuştur. Literatürde günümüze kadar yapılan farklı kaynaklardan proses seçim kriter değerleri derlenmiş ve bu bilgiler karar destek sisteminin veri tabanı olarak kullanılmıştır. Literatürde var olan teknik kriterlerle birlikte maliyet analizi de yapılarak komple bir seçim sistemi oluşturulmuştur.

Literatürde proses seçimi ile ilgili çok fazla çalışma yapılmamıştır. Yapılan çalışmalarda daha çok seçim metodu üzerinde durulmuştur. Teknik kriterlerle maliyet analizini de birlikte uygulayan komple bir seçim mekanizması bugüne kadar yapılan çalışmalarda oluşturulmamıştır. Bu çalışma ile bir seçim mekanizması oluşturularak literatürde var olan çalışmalara katkıda bulunulmuştur.

Ortaya konan bu tezde proses seçimi yapacak kişiye en doğru prosesi seçmeye yardımcı olacak bir sistemin geliştirilmesi hedeflenmiştir. PROSEÇ’te sac metal kesme prosesleri ile talaşlı imalat prosesleri bulunmamaktadır. Ayrıca PROSEÇ demir ve çelik (karbon çelikleri, alaşım-takım çelikleri, paslanmaz çelikler) malzemeler için geçerli bir karar destek sistemidir. İleriki dönem çalışmalarında sac metal kesme ve talaşlı imalat proseslerinin ve diğer malzemelerin karar destek sistemine entegre edilmesi sağlanarak çalışmanın kapsamı genişletilebilir. Bunun yanı sıra PROSEÇ’te imalatı gerçekleştirilecek ürüne uygulanacak ikincil proseslerin seçimi ve sıralanması işlemi bulunmamaktadır. PROSEÇ’in içeriğine ikincil proseslerin seçimi ve sıralanması işlemi de eklenebilir.

Bu tezde ortaya konan PROSEÇ gerçek hayattan uygulamalarla test edilmiştir. Uygulama sonuçlarında PROSEÇ’in gerçek hayatla uyumlu olduğu, firmaların yaptıkları yanlış seçimleri tespit edip doğru prosesleri önerebildiği ve önemli yatırımlar yapılarak seçilmiş olan doğru prosesleri de destekleyici nitelikte sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sonuç olarak bu tezde geliştirilen PROSEÇ'in özellikle teknik bilgi birikimi sınırlı olan küçük ve orta büyüklükteki imalat firmalarına daha fazla faydalı olabileceği, bu türdeki firmaların proses seçimi konusunda doğru kararlar almalarına ve üretim maliyetlerini düşürerek karlılıklarını artırma konusunda katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

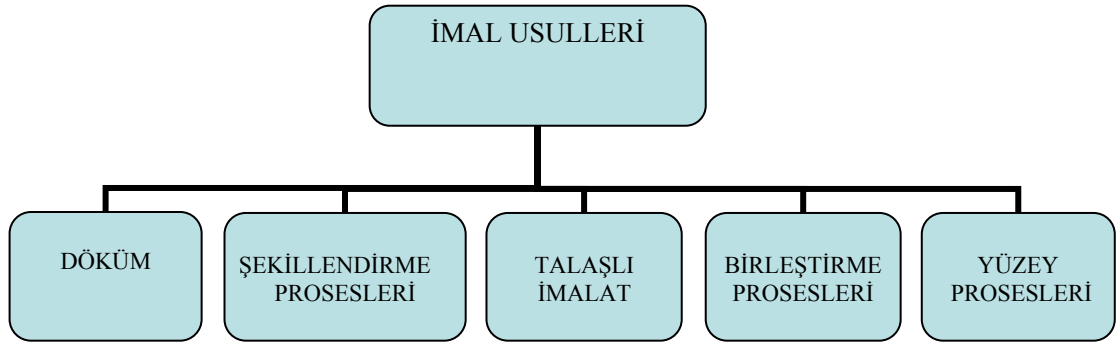
1. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, 3. Baskı”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, (1996).
2. Aran, A., “Metal Döküm Teknolojisi, 3. Baskı”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 22-55 (1999).
3. Ashby, M., “Mechanicals Selection Mechanical Design, 2nd ed.”, **Butterworth-Heinemann**, England, 262-280 (1999).
4. Askeland, D.R., “The Science and Engineering of Materials, 3rd ed.”, Çeviri:Erdoğan, M., **Nobel Yayınevi**, Ankara, 1-32 (1998).
5. Bralla, J. G., “Handbook of Product Design for Manufacturing”, **McGraw-Hill**, New Jersey, 1.1-1.68
6. Degarmo, E.P., Black, J.T., “Materials and process in manufacturing, 6th ed.”, **Macmillan Publishing Company**, New York, (1984).
7. Kalpakjian, S., and Schmid, S.R., “Manufacturing Engineering and Technology Fourth Ed.”, **Prentice-Hall Inc**, Upper Saddle River, NJ, 682-700 (2001).
8. Karamış, M.B., “İmalat yöntemleri”, **Çigdem Yayınevi**, 37-145 Kayseri, (2005).
9. Radwan, A., “A Practical Approach to A Process Planning Expert System for Manufacturing Processes”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 11:75-84 (2000).ü
10. Scallan, P., “Process Planning-The Design/Manufacture Interface”, **Butterworth-Heinemann**, Burlington, 35-62,109-170, (2003).
11. Schey, J.A., “Introduction to Manufacturing Processes”, **McGraw-Hill**, 339-366, (1997).
12. Swift, K.G.,Booker, J.D., “Process Selection-From Design to Manufacture, 2nd ed.”, **Butterworth-Heinemann**, Burlington, 35-61,89-159, 249-273, (2003).
13. Sullivan, W.G., Bandatelli, J.A., Wicks, E.M., “Engineering Economy, 11th ed.”, **Prentice-Hall**, New Jersey, USA.
14. Turan, H., “Gazla Atomizasyon ile Metal Tozu Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (1993).

15. Uslan, İ., “Toz Metalürjisi Üretim Teknikleri”, Yüksek Lisans Ders Notları, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2005).
16. İnternet: Grannta Design, “Materials and Process Selection Charts-Examples”,
<http://www.grantadesign.com/resources/process/casedtudies/sparkplug.htm>.
(2006).

EKLER

EK-1 İmal usulleri yöntemleri

Genel olarak imal usulleri yöntemlerini Şekil 1.1’de görüldüğü gibi gruplara ayırmak mümkündür.



Şekil 1.1. Genel imal usul yöntemleri [10]

Bu prosesler arasından döküm ve şekillendirme prosesleri birincil prosesler, talaşlı imalat ise hem birincil hem de ikincil proseslerdir. Yüzey prosesleri de proseslerin sonuna yüzeylerine kaplama, boyama gibi işlemleri uygulayarak imalatın yüzeyini yükselten proseslerdir. Bu prosesler sadece bir parça için kullanılan proseslerdir. Birleştirme prosesleri ise birden fazla parçayı birleştirmek için kullanılan proseslerdir. Biz bu çalışmada tek parça imalatında kullanılacak birincil proses seçimi ile ilgileneceğimizden sadece döküm ve şekillendirme prosesleri daha detaylı ilgileneceğiz.

DÖKÜM

Döküm prosesi ile imal edilemeyecek parça olmaması nedeniyle çok fazla kullanım alanına sahiptir. Parçanın esas şeklini belirleyen döküm bir hammaddeyi bir ürüne dönüştürmenin en kolay yoludur. Bununla birlikte uygun döküm prosesleri seçimi sayesinde ikincil işlemler de azalmaktadır. Sonuç olarak döküm bütün imal usulleri yöntemleri arasında en iyi sonuçları veren ve en ucuz maliyete sahip yöntemdir. Modern teknikler kullanarak, kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri kontrol

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

edilerek oluşturulan döküm, diğer proseslere eşit özelliklere sahip parçalar üretilebilir [6]. Erimiş metal bulunduğu kabın şeklini aldığı için karmaşık şekilli parçaları kolaylıkla üretmek mümkündür [10].

Dökümde bir malzeme eritilir. Erimiş malzemeye başka malzemeler de katılabilir ve sonra bir kalıp içerisine boşaltılır. Soğuma sırasında erimiş malzeme katılaşır ve istenilen şekli alır. Böylece karmaşık şekilli parçalar çok kolay bir şekilde üretilebilir [10]. Döküm yöntemi şu işlemleri içerir:

- Kalıp içerisinde erimiş metalin akması
- Kalıp içerisini dolduran metalin soğuması ve katılaşması

Erimiş metal kalıp içerisini doldurduktan sonra katılaşma sırasında birçok olay katılaşmayı etkiler ve sonunda malzeme ortam sıcaklığına soğur [6]. Bu teknikte kaliteyi büyük ölçüde erimiş metalin içine döküldüğü kalıpların türü belirler. Tekniğin başarısı erimiş malzemenin kalıbı doldurabilme yeteneğine ve soğumanın uniform olmasına bağlıdır [2]. Çünkü kalıp malzemesi direk olarak malzemenin soğuma hızını etkiler [6]. Döküm yoluyla üretimin diğer imal usullerinden üstünlükleri şunlardır:

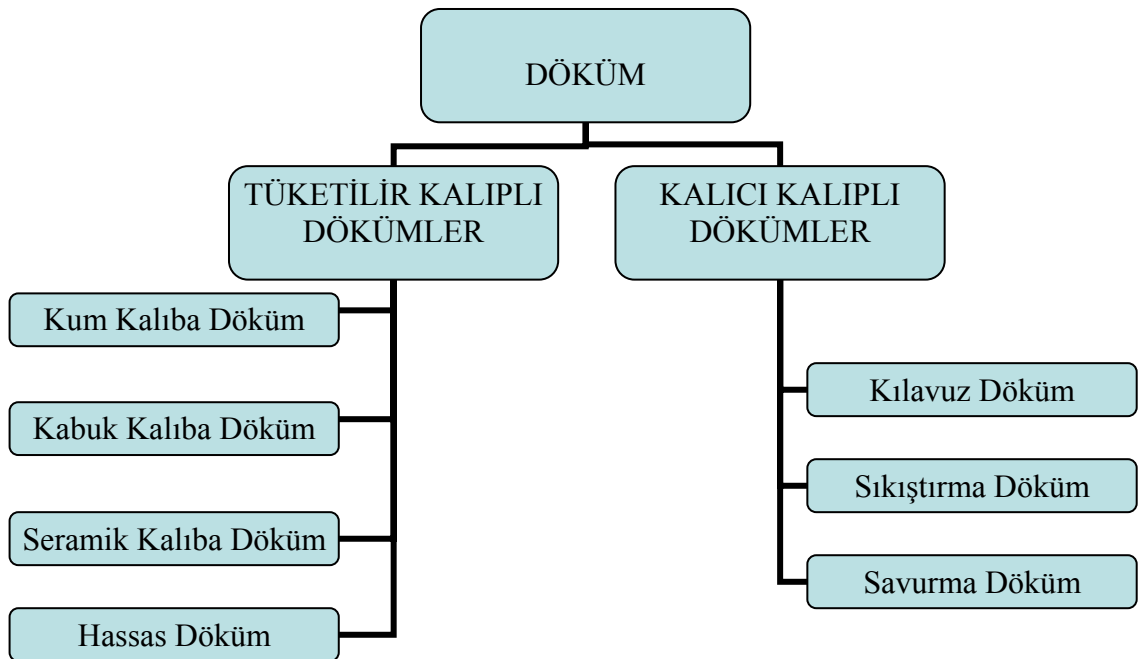
- Yöntemin sınırları çok geniş olup, hem çok küçük parçaların hem de tonlarca ağırlıktaki büyük parçaların üretimine uygun değişik teknikler bulunmaktadır.
- Çok karmaşık biçimli, oyuk profilli veya boşluk kesitli parçaların üretimi mümkündür.
- Bazı malzemeler (örneğin dökme demir) sadece döküm yoluyla üretimi mümkündür.
- Diğer yöntemlerle üretilemeyen parçaların üretimini kolaylaştırır.

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Dökümün sınırları ise şunlardır:

- Kılavuz döküm hariç diğer döküm proseslerle çok ince kesitlerin elde edilmesi güçtür.
- Kılavuz döküm hariç diğer döküm proseslerle çok sayıda parça üretimi için genellikle ekonomik değillerdir [2].

Döküm proseslerini kalıp malzemesine göre ikiye ayırmak mümkündür (Şekil 1.2). Tüketilebilir kalıplı proseslerde kalıp tekrar kullanılamaz. Başlıca tüketilebilir kalıplı dökümler kum, mum ve seramik veya bunların belirli miktarlarda karışımlarıdır. Kalıcı kalıplı proseslerde ise dökümden sonra kalıp temizlenir ve tekrar aynı işlemlerde kullanılabilir. Bu tip proseslerde kullanılan kalıp malzemeleri için genellikle yüksek sıcaklıklarda dayanımı kaybetmeyen metaller kullanılır. Kalıp tekrar kullanılabilindiğinden bu yöntemlerin takım maliyetleri daha azdır. Ayrıca bu yöntemler sayesinde döküm prosesi seri üretime daha uygun hale gelir [10].

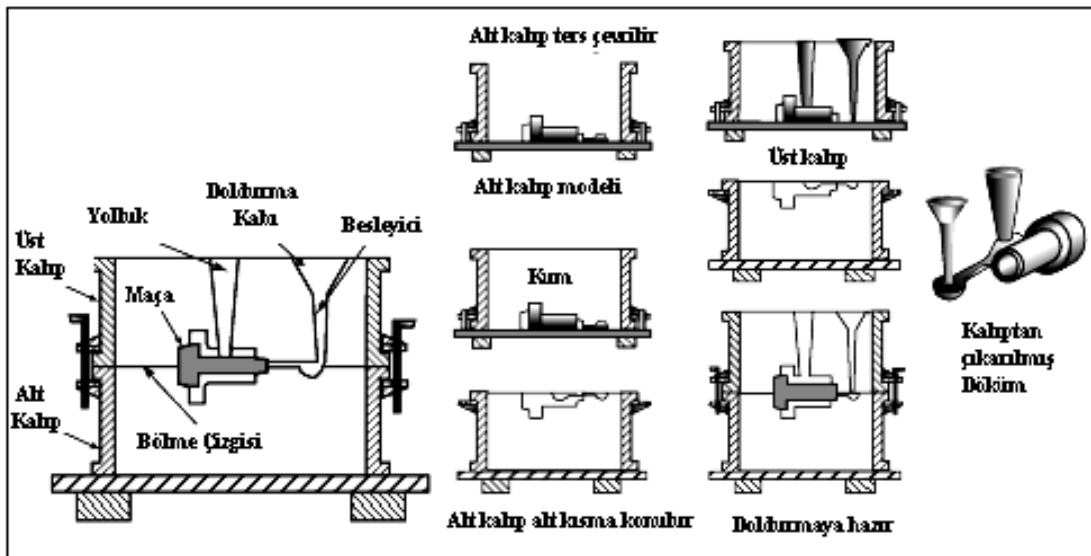


Şekil 1.2. Döküm çeşitleri [1]

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Kum kalıba döküm

Demir, çelik veya demir dışı metallerin dökümünde kullanılan kalıp malzemesi, ucuz ve refrakter özelliğe sahip silis kumudur [2]. Bu proses Şekil 1.3'te görüldüğü gibidir. Proses üretilmesi istenilen parçanın şekline benzeyen modelin yapılması ile başlar. Model kalıba konulur. Üzerine kalıp malzemesi dökülür ve sıkıştırılarak paketlenir. Ardından model ters çevrilir [6]. Aynı işlemler ters çevrilen kalıp için de tekrarlanır. Daha sonra erimiş malzeme kalıbı doldurur. Katılaşma tamamlandıktan sonra kalıp çıkartılır ve parçanın üstü temizlenir [2]. Parçanın iç kısımlarında delik vb. unsurlar oluşturmak isteniyorsa maça kullanılır. Erimiş metal kalıp içerisinde kanallara sahip yolluklar ile doldurulur. Besleyici içi erimiş metalle dolu ekstra kısımdır. Katılaşma sonucunda çekme payı sonucu oluşan boşlukları doldurur. Yolluk başlığı ve düşey yolluk, yolluk sistemine erimiş metali sağlayan kısımdır.



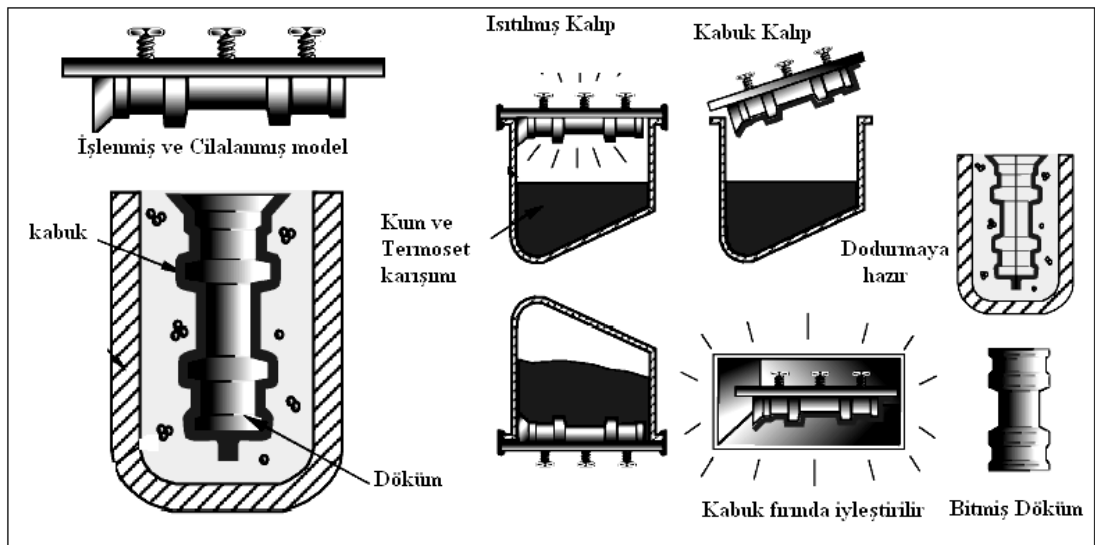
Şekil 1.3. Kum kalıba döküm sistemi [12]

Yolluk sistemi tasarımı oldukça önemlidir. Erimiş metalin türbülansının minimum olması, hava ve diğer gazlardan arınmış olması gerekir. Bu durumda çekme payı ve gözenekler en aza indirilmiş olur [6].

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Kabuk kalıplar

Kabuk kalıplamada kullanılan kalıp malzemesi, ince taneli kum ile bağlayıcı olarak katılan ve yüksek sıcaklıkta sertleşen bir termoset reçinenin karışımıdır. Kumun tane inceliği arzulan yüzey kalitesine göre seçilir. İnce taneli kum daha çok bağlayıcı reçine gerektireceğinden daha pahalı olur. Kullanılan bağlayıcı reçineler sayesinde kalıp malzemesi çok yüksek dayanımlara ulaştığından, ince kabuk biçiminde kalıpların kullanılması yeterli olur.



Şekil 1.4. Kabuk kalıp

Hassas döküm

Bu kalıplama yönteminin prensibi, mum ve benzer modeller kullanarak hazırlanan kalıpların ısıtılması ve eriyen model malzemesinin kalıptan dışarı akıtılarak kalıp boşluğunun oluşturulmasıdır.

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Seramik kalıba döküm

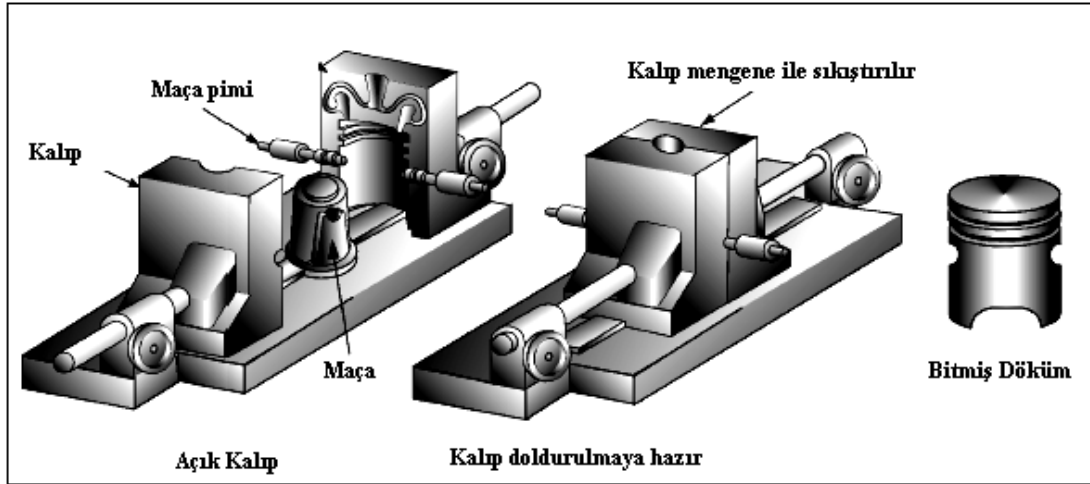
Seramik kalıba döküm yöntemi hassas döküm yönteminden türetilmiş olup, farkı modellerin tekrar kullanılabilmesi ve yöntemin standart dökümhane imkânlarıyla uygulanabilmesidir. Seramik kalıba dökümde, hassas dökümde olduğu gibi boyut sınırlaması yoktur ve özellikle yüksek sıcaklıkta eriyen metallerden karmaşık biçimli, yüzey kalitesi yüksek, boyutları hassas ve kusursuz döküm parçaların üretilmesi mümkündür. Bu nedenle seramik kalıba döküm, boyut bakımından mum modellerin kullanılmasının mümkün olmadığı, üretilecek parça âdeti ve yatırım maliyetinin uygun olmadığı durumlarda tercih edilirler.

Bu yöntemde ahşap, alçı veya metalden üretilmiş modellerin üstüne refrakter tanecikler ve bir seramik bağlayıcıdan oluşan harç dökülür. Genellikle bir jel yapıcı içeren bu karışımın jelleşmesi beklendikten sonra model çıkarılır. Daha sonra karışımın içindeki uçucu maddeler bir üfleçle yakılır ve kalıp pişirilir. Sonuçta çelikler de dâhil olmak üzere tüm metallerin dökülebileceği yüksek refrakter özellikte bir kalıp elde edilir. Dökümden önce ısıtılmaları gereken bu kalıplar çok pahalıdır. Bu yöntemde toleranslar çok küçük parçalarda 0.002 mm/mm, büyük parçalarda ise 0.010 mm/mm sınırları içinde tutulabilir. Yüzey pürüzlülüğü 3 µm civarındadır [2].

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Kılavuz döküm

Döküm teknolojisinde erimiş metal, kalıcı kalıplara dökülerek de biçimlendirilebilir. Bu yöntem karmaşık biçimli, boyut toleransları dar ve çok sayıda üretilecek parçalar için tercih edilir. Kılavuz dökümde tek bir kalıpla demir esaslı malzemelerden 3000-1000, alüminyum gibi düşük sıcaklıkta eriyen malzemelerden 100 000'e kadar parça dökülebilir.



Şekil 1.5. Kokil kalıba döküm yönteminin hazırlanışı

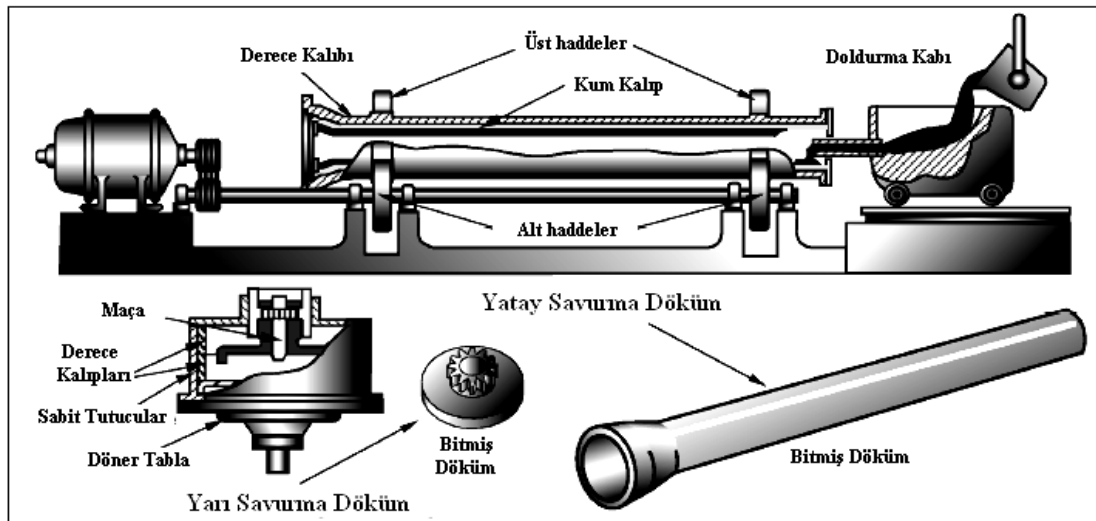
Kılavuz kalıba döküm yönteminde katılaşma sırasındaki soğuma, kum kalıplardan daha hızlı olduğundan içyapı daha ince tanelidir. Boyut hassasiyeti ± 0.25 mm olup, parça yüzeyleri temizleme işlemi gerektirmeyecek kadar yüksek kalitelidir. Kılavuz kalıplar genellikle açılıp kapanan iki veya daha fazla parçadan oluşur ve kalıp kapandıktan sonra oluşan boşluğa erimiş metal dökülür ve katılaşma beklendikten sonra kalıp açılarak parça çıkarılır.

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Savurma Döküm

Savurma döküm yönteminde erimiş metal, bir eksen etrafında döndürülen kalıplar içerisine dökülerek biçimlendirilir. Merkezkaç kuvvetlerinin oluşturduğu basınç metalin kalıp cidarlarına homojen olarak dağılmasını, parçanın dışının iç şeklini almasını sağlar. Oluşan yüksek merkezkaç kuvveti sayesinde dökülen sıvı metal içinde bulunan düşük yoğunluklu kum ve cüruf tanecikleri, metal olmayan kalıntılar ve gazlar dönme eksenine doğru sürüklenir. Dolayısıyla bu yöntemle parça yüzeyinin gözeneksiz, temiz ve ince taneli olarak elde edilmesi mümkün olur.

Gerçek savurma dökümde iç boşluklar maça kullanmadan elde edilebilir. Parçanın iç kısmı dönme eksenini etrafındaki bir silindirik boşluk olarak oluşur. Bu yöntemde dönme eksenini yatay, düşey veya açılı olabilir. Yatay dönmede 75 g, düşey dönmede 100 g değerine ulaşan ivmeler söz konusudur. Dolayısıyla kullanılan makineler büyük kuvvetlere karşı dayanıklı ve rijit olarak dizayn edilmelidir.



Şekil 1.6. Yatay ve Yarı savurma döküm yöntemleri

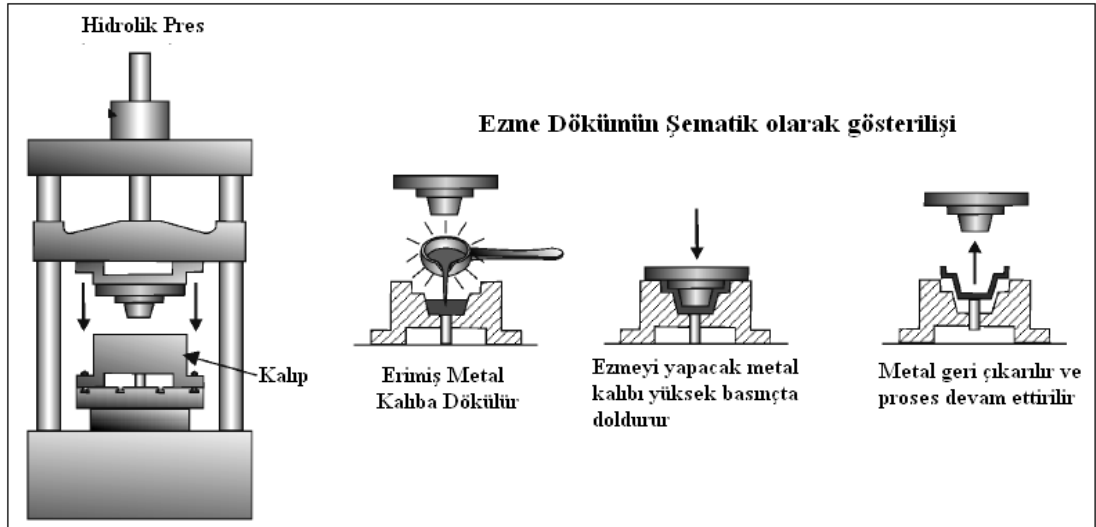
Yarı savurma döküm, dönel simetriye sahip, ancak iç boşluk içermeyen parçaların üretiminde kullanılır. Parça iç boşluk olmadığından sadece merkezkaç kuvvetin

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

oluşturduğu basınçtan yararlanılır. Genellikle düşey olan dönme eksenini aynı zamanda parçaların döner simetri eksenini olup kalıplar bir kaç parçanın üst üste döküleceği şekilde de seçilebilir.

Sıkıştırma Döküm

Dövme ve döküm işlemlerinin bir arada olduğu prosestir. Bu yöntemde erimiş metal aşağı kalıbı doldurur ve katılaşma sırasında üst kalıp son şekli vermek için yüksek basınçta malzemeyi ezer. Genellikle demir içermeyen metallerde kullanılmasına karşın demirli metallerde de kısmen kullanılabilir.



Şekil 1.7. Ezme dökümünün yapılışı

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Şekillendirme Prosesleri

Talaşsız şekillendirme işlemleri, çeşitli takım ve kalıplarla uygulanan kuvvetler altında bazı malzemelere (genellikle metallere), plastik akma kabiliyetinden faydalanarak özelliklerini kötüleştirmeden katı durumda şekil verme operasyonlarıdır. Malzemeyi istenen şekle getirmek için talaş kaldırma söz konusu olmadığından malzeme israfı ya çok az ya da hiç yoktur. Fakat gerek duyulan kuvvetler genellikle yüksektir. Makine ve takımlar oldukça pahalı olduğundan şekillendirmeyi ancak büyük üretim miktarları verimli kılar.

Metal şekillendirme de sıcaklığın önemi büyüktür. Genellikle sıcaklıktaki bir yükseliş malzeme mukavemetinde bir azalma, süneklikte artma ve soğuk sertleşme oranında bir azalma gibi deformasyonda kolaylığa sebep olur. Şekillendirme işlemleri, şekillendirme sıcaklığı ve şekillenen malzemenin ergime noktasına bağlı olarak, sıcak şekillendirme, soğuk şekillendirme olarak sınıflandırılır. Sıcak şekillendirme, deformasyonla rekristalizasyonunun aynı zamanda meydana geldiği sıcaklık ve şekil değiştirme şartları altında oluşur. Genel olarak deformasyon sıcaklığı iş parçası malzemesinin ergime noktasının (Kelvin cinsinden) 0,9 katı olmalıdır. Soğuk şekillendirme, toparlanmanın etkili olmadığı ve genellikle iş parçasının ergime sıcaklığının 0,3 katından daha düşük sıcaklık şartları altında yapılan şekillendirmedir. Soğuk şekillendirmenin sıcak şekillendirmeye göre avantajları şunlardır:

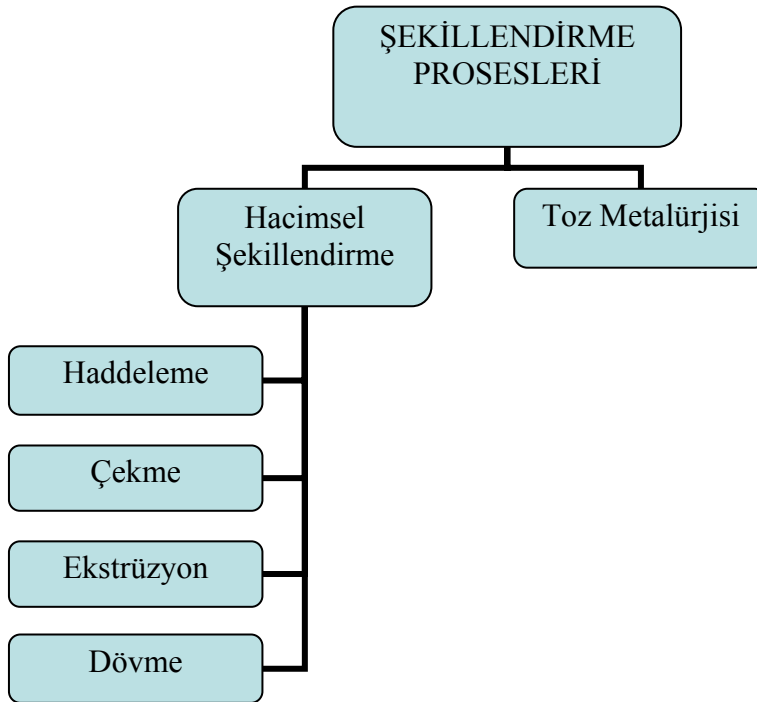
- Isıtma gerektirmez. Enerji harcanmaz.
- Daha iyi yüzey kalitesi elde edilir.
- Boyut kontrolü sağlanabilir.
- Yeniden üretebilirlik ve parçaların birbirleriyle değiştirilme imkânı daha kolaydır.
- İyileştirilmiş mukavemet özellikleri sağlanır.

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Dezavantajları ise;

- Deformasyon için gerekli güçler yüksektir.
- Daha ağır ve güçlü ekipmanlara ihtiyaç vardır.
- Düşük süneklik elde edilir.
- Metal yüzeyleri temizlenmelidir.
- Parça istenmeyen gerilmeleri taşıyabilir.

Soğuk şekillendirme işlemleri için gerekli ekipman ve takım maliyetini ekonomik hale getiren miktarlar söz konusu olduğu durumlarda, büyük hacimli üretimler için, özellikle uygun olduğu ortaya çıkar [8]. Şekillendirme proseslerini Şekil 1.8’de görüldüğü gibi kısımlara ayırmak mümkündür [10].



Şekil 1.8. Şekillendirme prosesi çeşitleri [1]

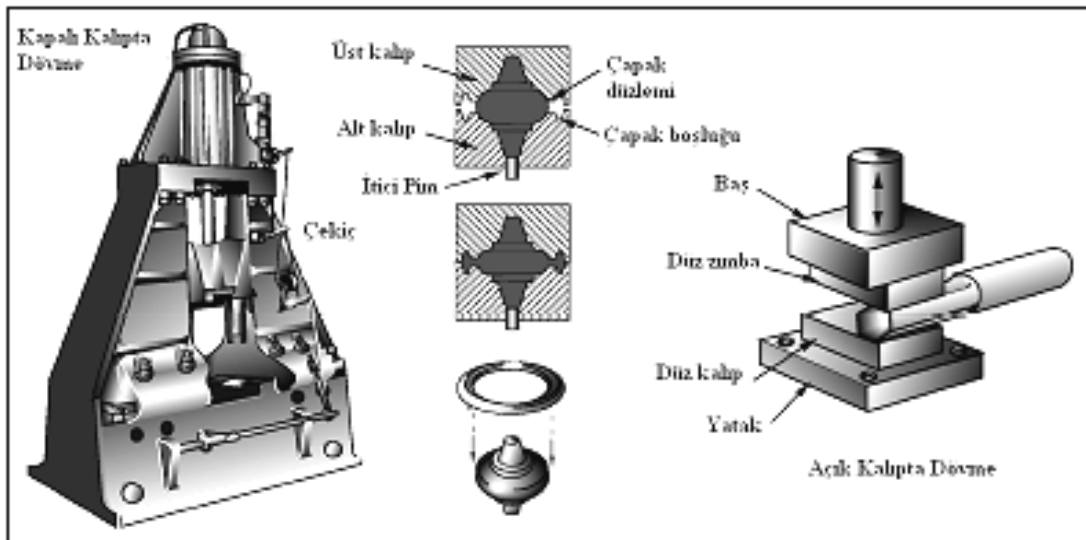
Hacimsel şekil değiştirme, küçük yüzey alanı/hacim (küçük yüzey alanı/kalınlık) olan malzemeler için kullanılan proseslerdir. Bütün hacimsel şekil değiştirme proseslerinde kalınlık ya da kesit alanı değişir. Ayrıca yüzey alanı/kalınlık oranı çok

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

büyük olan yüzeysel proseslerde şekillendirme prosesleri (sac metal, spinleme, zımbalama... vb gibi) grubuna girer [7]. Fakat biz sadece hacimsel ve toz metalürjisi ile ilgileneceğiz.

Dövme

Dövme bölgesel basınç kuvvetleri vasıtasıyla, metalin plastik olarak işlenmesidir. Açık kalıp (basma kalıp) ve kapalı kalıpta dövme olarak iki kısma ayrılır. Açık kalıpta şekillendirilecek metal, örs üzerine yerleştirilmeden önce uygun sıcaklığa ısıtılır. Darbe bazı mekanik çekiçler ile uygulanır. Eski bir yöntemdir. Açık kalıpta dövme basit ve esnek bir işlemdir. Fakat yavaş oluşunun yanında iş parçasının boyutu ve şekli operatörün yeteneğine bağlı olduğundan büyük üretim miktarları için uygun değildir. Kapalı kalıpta dövme, metal akışını kontrol etmek için, şekillendirilmiş kalıp kullanılır. Bu kalıpların yarısı çekice ve diğer yarısı ise örse bağlanır. Isıtılmış metal alt boşluğa yerleştirilir ve üst kalıpla birlikte bir veya daha fazla vuruş yapılır. Dövme tamamlandığında çapak, bir çapak kalıbı vasıtasıyla giderilir [8]. Yöntem birçok malzemeye uygulanabilir. Çoğunlukla karbon, düşük



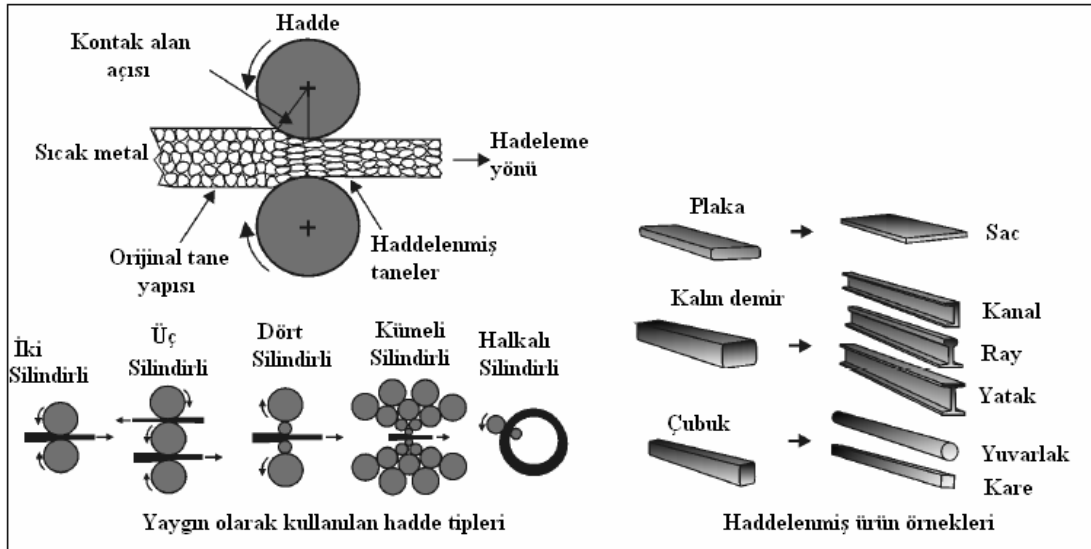
Şekil 1.9. Dövme mekanizması

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

alaşımli paslanmaz çelikler, alüminyum, bakır ve magnezyum alaşımları kullanılır. Bunların dışında titanyum, nikel, yüksek alaşımli çelikler ve refrakter metaller de dövülerek şekillendirilir.

Haddeleme

Haddeleme genellikle döküm malzemeyi yarı mamule dönüştürmede ilk adımdır. Esas olarak haddeleme, dönen bir çift merdanenin yardımıyla uyguladığı kuvvetler ile bir iş parçasının kalınlığını düşürme veya kesitini değiştirme prosesidir. Düşük karbonlu, düşük alaşımli ve paslanmaz çelikler, alüminyum, bakır ve magnezyum alaşımları gibi sünek malzemeler için kullanılır. Çok çeşitli operasyonlar için haddeleme prosesi geliştirilmiştir. Bunlar;



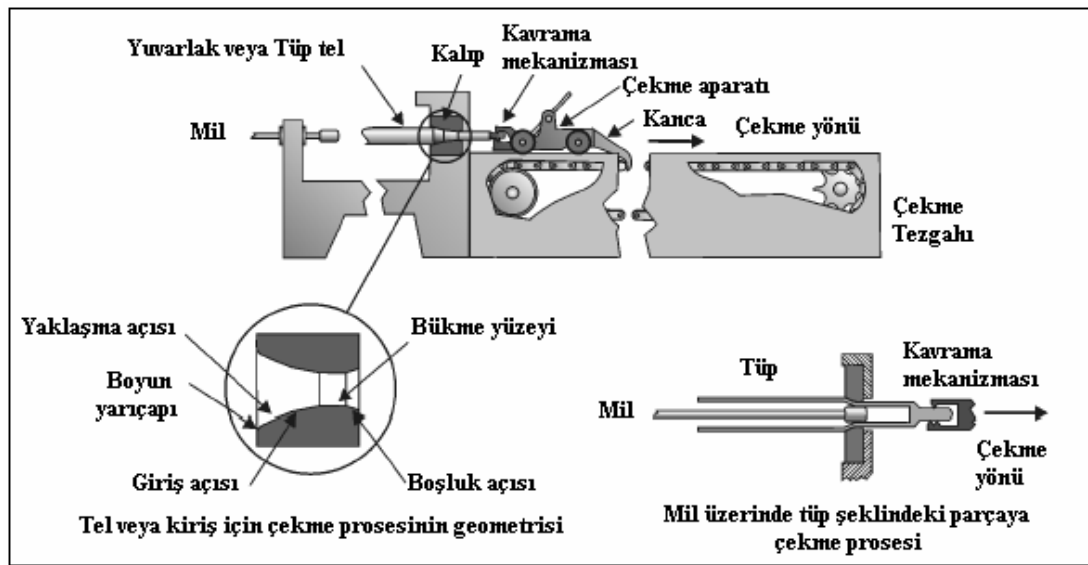
Şekil 1.10. Haddeleme prosesi

1. Profil haddeleme
2. Halka haddeleme
3. Dış haddeleme
4. Silindirik haddeleme [8]

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Çekme

Değişik şekillerde bulunan hammaddelerin bir kalıp içerisinde geçirilerek kesitinin daraltılması işlemidir. İşlem oda sıcaklığında sünek olan bütün metaller için kullanılır [7].

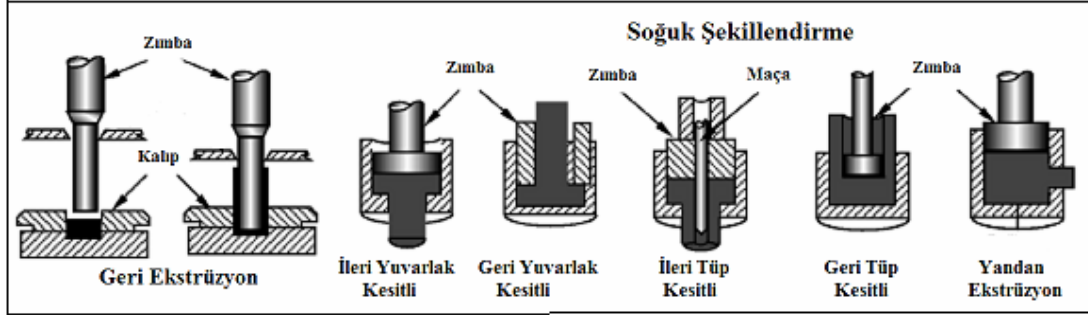


Şekil 1.11. Çekme prosesi mekanizması ve çekme geometrisi

Soğuk Şekillendirme

Şekil 1.12’de görüldüğü gibi ileri ve geri ekstrüzyon yöntemleriyle yüksek basınç ve kuvvet uygulayarak kesin şekiller verme yöntemidir. Proses yapılışı itibariyle ekstrüzyon yöntemine benzer. Proses alüminyum, bakır, çinko, kurşun, kalay ve düşük karbonlu çelikler gibi çevre sıcaklığında sünek olan malzemelerde kullanılmasının yanında bazı durumlarda alaşım çelikleri, paslanmaz çelikler, nikel ve titanyum alaşımlarında da kullanılır. Bağlayıcı elemanlar, takım soketleri, elektrik fişlerinin kutusu, dişli gövdesi, portatif tüpler ve supap yuvası gibi parçaların yapımında kullanılırlar.

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri



Şekil 1.12. Soğuk Şekillendirme

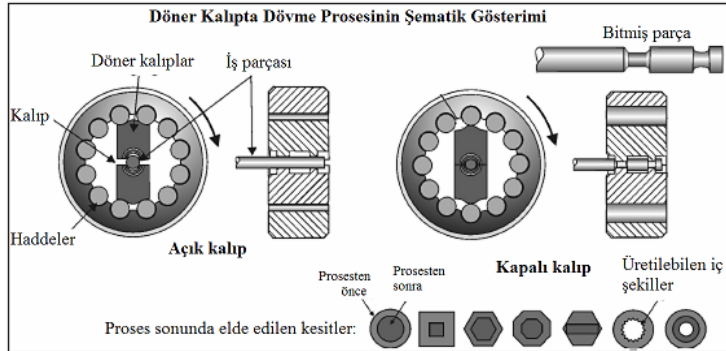
Proses simetrik şekilli parçaların üretiminde daha etkilidir. Kısıtlı olarak asimetrik parçalar da üretilebilir. Geri ekstrüzyonla üretilen parçalar için uzunluk-çap oranı 10:1'dir. İleri ekstrüzyon için sınır yoktur. Ayrıca bu proses ile aynı anda 2 farklı malzeme kullanılarak tek bir parça üretilebilir. Çelik kaplı bakır elektrotlar bu çeşit imalatlardır.

Proses çapak alma işlemi gerektirir. Ayrıca çıkıntıları düzlemek için ikincil prosesler uygulanmalıdır. Soğuk proses, başta yorulma zamanı olmak üzere parçaların mekanik özelliklerini artırır. Kalıpların ve basınç aletinin düzgün yerleştirilmesi düzgün kesitler oluşturmak açısından önemlidir. Yüzey ayrıntıları ve kalitesi diğer proseslere nazaran çok başarılıdır.

Döner Kalıpta Dövme

Tüp, yuvarlak ve tel kesitli parçaların kademeli olarak peş peşe gelen ve dönen sert kalıplar tarafından parçanın kesitinin düşürülmesi ve şekillendirilmesi prosesidir. İç unsurlu parçaları şekillendirmek için çelik maça kullanılır. Bu işlem çevre sıcaklığında gerçekleştiği için bu proses soğuk iş prosesleri grubuna girer. Proses karbon, düşük alaşımlı ve paslanmaz çelikler, alüminyum, magnezyum, nikel ve alaşımlarında kullanılır. Ayrıca bakır, çinko, kurşun ve alaşımlarının üretiminde de kullanılabilir.

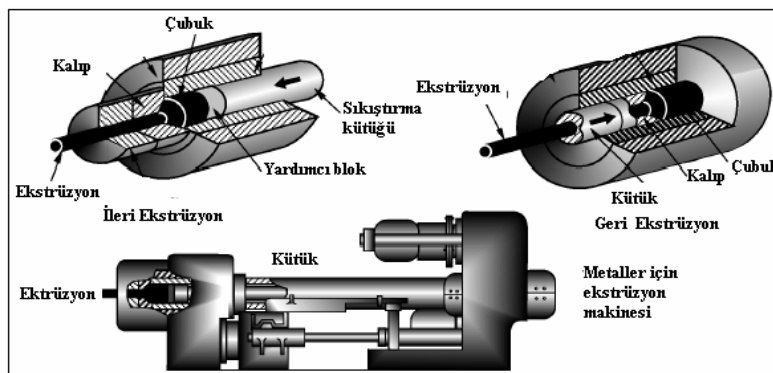
EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri



Şekil 1.13. Döner kalıpta dövme prosesinin yapılışı

Ekstrüzyon

Ekstrüzyon işleminde metal, daha düşük kesitli bir mamulü şekillendirmek için uygun şekilli bir kalıp içinden akmaya zorlanır. Ekstrüzyon soğuk ve sıcak yapılabilmesine rağmen ekstrüzyon için gerekli kuvvetleri düşürmek, soğuk şekil vermenin kötü etkilerini azaltmak ve yönlenmiş özellikleri azaltmak için birçok metale sıcak ekstrüzyon uygulanır. Temel olarak ekstrüzyon prosesi bir tüpten dış macununun fişkırması gibidir. Metal şekillendirme söz konusu olduğunda bu işlem, uygun bir hazne içine ısıtılmış bir metal kütle yerleştirilerek gerçekleştirilir. Haznede kütleyle sıkıştırmak için bir piston metali bir ucundan iletir. Piston ilerlemeye devam eder ve malzemeyi plastik olarak bir kalıptan çıkarıncaya kadar basınç uygulanır. Metal içinde oluşan gerilme üç boyutlu basmadır [8]. Proses bütün sünek malzemeler için kullanılabilir.



Şekil 1.14. Ektrüzyon mekanizması

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Toz Metalürjisi

Toz boyutu genellikle 1 mm'den küçük, ince olarak bölünmüş ve yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip bir katıdır. Toz metalürji ile üretim yöntemi Şekil 1.15'te görüldüğü gibi şu basamaklardan oluşur.

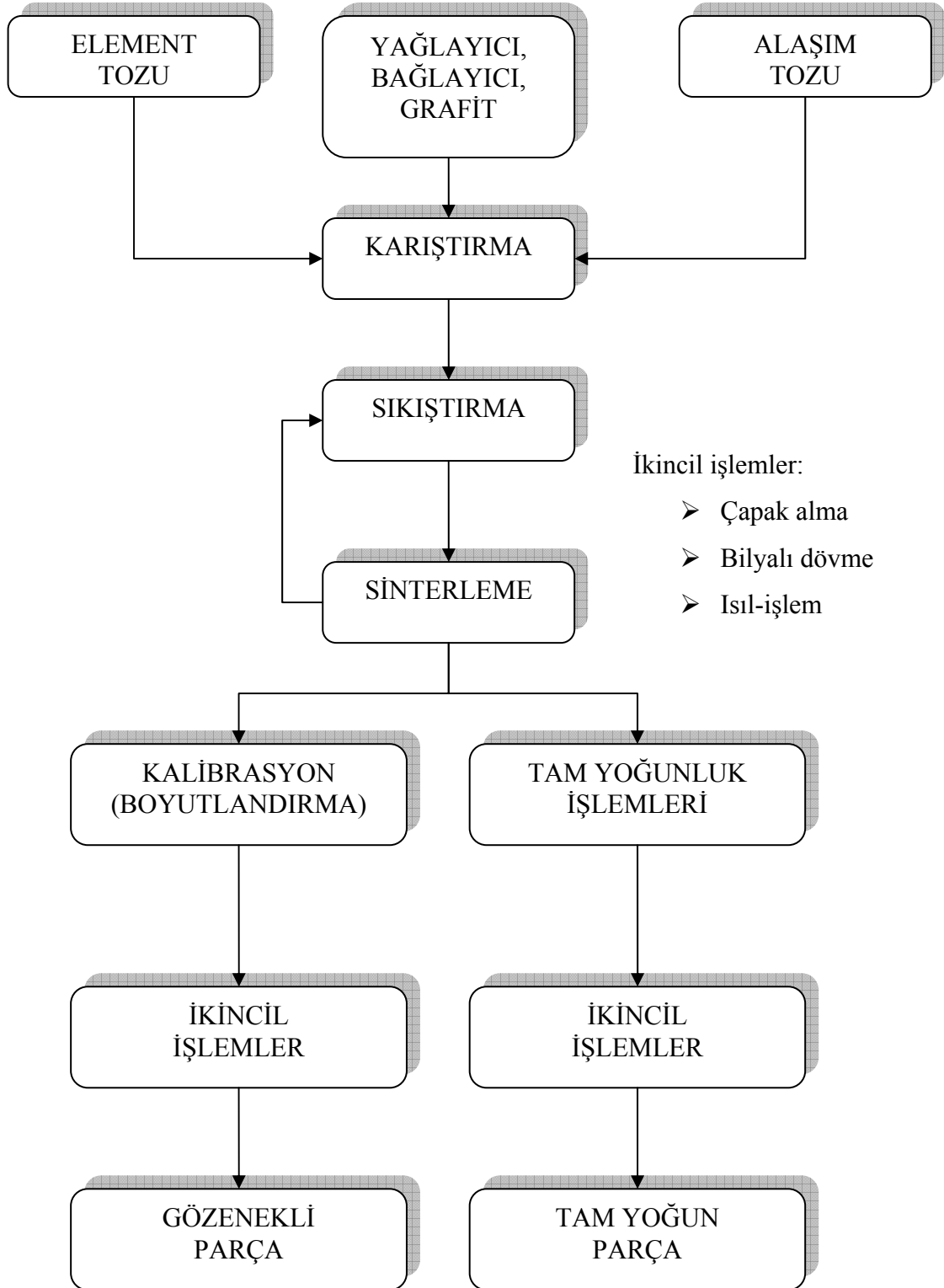
1. Toz üretimi
2. Karıştırma
3. Sıkıştırma (Presleme)
4. Sinterleme
5. İkincil işlemler

Toz metalürjisi metalleri toz olarak elde etmek ve elde edilen bu tozları çeşitli metotlarla sıkıştırdıktan sonra fırınlarda sinterleyerek makine parçası üretmektir. Metal tozlarının üretilmesinde çeşitli yöntemler vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz. Metal tozların özellikleri bu üretim yöntemlerine bağlıdır.

1. Mekanik yöntemler (Talaş kaldırma ve öğütme)
2. Doğrudan indirgeme yöntemi
3. Elektroliz yöntemi
4. Sıvı ve gazdan çökelme yöntemi
5. Atomizasyon yöntemi [15]

Sıkıştırma metal tozlarına üretimi istenen parçanın şeklini vermek, istenen oranda gözeneklilik sağlamak gibi amaçlar için uygulanır. Şekillendirme sırasında hem toz şekil vermek hem de daha yüksek yoğunluk elde etmek için dışarıdan bir basınç uygulamak gerekir. Basınç uygulamada ilk gelişme gevşek tanecik düzeninden daha sıkı bir paketlenme yönündedir. Uygulanan basıncın artmasıyla tanecikler arası nokta teması bozulur.

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri



Şekil 1.15. Toz metalürjisi ile üretim akış şeması [15]

EK-1 (Devam) İmal usulleri yöntemleri

Başlangıçta tanecikler arası boşluklar mevcuttur. Uygulanan basıncın artması sonucu gözeneklilik azalır. Başlangıçtaki temas sayıları; tanecik yeniden düzenlenip kayma meydana gelinceye kadar artar. Artan basınçlarda plastik deformasyon sayesinde temas genişlemesiyle yoğunluk artar. Böylece basınç temaslarda bölgesel deformasyona sebep olur.

Tanecikler arası mesafe azaldığından yeni temasların oluşma imkânı ortaya çıkar ve gerilme sertleşmesi oluşur. Deformasyon esnasında tanecikler arası temaslarda oluşan soğuk kaynak katı içindeki kuvvetin artmasına katkıda bulunur.

Sinterleme dayanımı artırma amacıyla toza ve sıkıştırılmış kütleye esas bileşenin ergime noktası altındaki bir sıcaklıkta uygulanan ısı-ışlemdir [14].

EK-2 Proseslerin özellikleri [G. Bralla, Scallan P. ve K.G. Swift ve J.D. Booker'dan derlenmiştir.]

Prosesler	Avantajları	Sınırları	Üretim oranı	Malzemenin Faydalanma Yüzdesi	İşleme Doğruluğu (mm)
KKD	Karmaşık şekilli, çok büyük parçaların üretimi için kullanılır. Bir çok malzeme için uygulanabilir. Takım maliyeti düşüktür.	Tolerans ve yüzey kalitesi değerleri düşük olduğundan ikincil işlemlere ihtiyaç duyulur.	1-50 /h	A-O	1,5-6
KD	Yüzey kalitesi ve tolerans değerleri iyidir. Yüksek üretimlerde ekonomiktir.	Parça boyutu sınırlıdır. Ekipman ve takım maliyeti yüksek yatırım gerektirir. Bütün metallere uygulanamaz.	5-200 /h	Ç	-
YKD	Yüksek üretim miktarları için pürüzsüz ve çok iyi ölçüsel hassasiyete sahip parçalar üretebilir.	Ekipman ve takım maliyeti yüksek yatırım gerektirir. Proses sadece düşük erime sıcaklığına sahip metaller için kullanılır. Ayrıca dökülebilecek parça boyutu sınırlıdır.	5-50 /h	O-Ç	0,8-1,5
SD	Kum kalıba döküm ile üretilen bütün malzemelerin üretimini gerçekleştirebilir.	Karmaşık şekilli çok küçük parçaları üretemezler.	50 /h	Ç	0,75-6
HD	Çoğu malzemeleri yüksek yüzey kalitesi ve iyi tolerans değerlerinde üretebilme yeteneğine sahiptir. Şekil sınırlaması yoktur.	Sadece küçük parçalara uygulanabilir. Proses pahalı olduğundan ikincil prosesleri elediği durumlarda uygulanır.	1000 /h	Ç	0,25-0,75
SKD	Yüksek sıcaklıkta eriyen alaşım ve demirli metallerde kullanılır. Ölçüsel hassasiyeti ve yüzey kalitesi iyidir. Şekil sınırlaması yoktur.	Proses kum kalıba döküme göre pahalıdır. Üretilen parçaların mekanik özellikleri iyidir. Ayrıca yoğunluk farkı olan alaşımlarda uygulanamaz.	10 /h	Ç	0,6
SıD	Yüksek üretim oranlarında ekonomiktir. Otomasyona uygundur. Mekanik özellikleri dövme kadar iyidir.	Bütün malzemelere uygulanamaz.	1-10 /h	Çok iyi	0,6-1,2

EK-2 (Devam) Proseslerin özellikleri [G. Bralla, Scallion P. ve K.G. Swift ve J.D. Booker'dan derlenmiştir.]

Prosesler	Avantajları	Sınırları	Üretim oranı	Malzemenin Faydalanma Yüzdesi	İşleme Doğruluğu (mm)
KaKD	Mekanik özellikleri iyidir. Yüksek dayanım/ağırlık oranına sahip parça üretimi yapabilirler.	İkincil işlemler gereklidir. Prosesin takım maliyeti yüksektir.	1-300 /h	Ç	0,6-1,2
HAD	Yüksek üretim oranlarında ekonomiktir. Otomasyona uygundur. Üretim hızlıdır. Yüzey kalitesi ve ölçüsel hassasiyet iyidir.	Parça şekli sınırlaması vardır. Parçanın aynı eksen üzerindeki kesitlerin üretimi mümkündür. Takım maliyeti yüksektir.	20-500 m/dak	Çok iyi	0,8-6
SŞ	Küçük parçaların yüksek üretim miktarlarında en iyi sonucu veren prosestir. Yüzey kalitesi ve fiziksel özellikleri iyidir.	Şekil ve boyut sınırlaması vardır. Sadece tüp şeklindeki parçalarda iyi sonuçlar verir.	200 /h	Ç	-
DKD	Mekanik özellikleri ve yüzey kalitesi iyi sayılır. Çap değişikliklerinin mevcut olduğu, kesit şekillerde ve tüp şeklindeki parçaların üretiminde uygulanır.	Parça boyutunu ve şekli sınırlaması vardır. Çap düşümü parçanın sonunda ise prosesin uygulanışı zorlaşır.	100-300 /h	Çok iyi	-
TM	Yüzey kalitesi ve ölçüsel hassasiyeti çok iyidir. Karmaşık şekilleri üretebilir. Prosesin uygulanışında geçen süre azdır.	Takım maliyeti çok yüksektir. Ayrıca üretilen parçanın dayanımı iyi değildir.	1800 /h	Çok iyi	-
EKS	Kesit şekillerini çok hızlı üretebilirler. Bu şekilleri yüksek üretim oranlarında en ekonomik üreten prosestir. Takım maliyeti düşüktür.	Sünek malzemelere uygulanabilir. Simetrik olmayan parçaların üretimi zorlaşır.	12 m/dak	Çok iyi	-

EK-3 Parça sınıflandırması ve parça şeklinin proses seçimine etkisi

Parça şekli sınıflaması proseslerin hangi şekilleri üretebileceğini belirler. Üretilcek parçanın geometrisinin analizi yapılarak hangi sınıfa girdiği belirlenir. Bu sınıflandırma yapılırken Şekil 3.1’de görüldüğü gibidir.

Sağa gidildikçe karmaşıklık artar

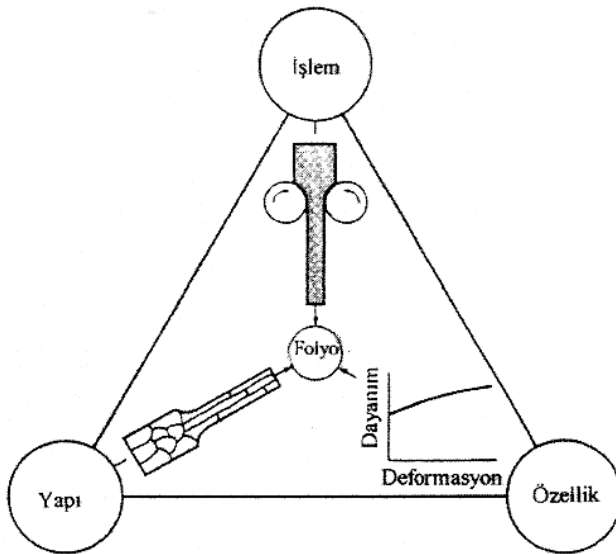
	0 Uniform Kesitli	1 Sonunda Değişen	2 Merkezde Değişen	3 Eğrilik Olan	4 Bir tarafı Kapalı	5 İki tarafı Kapalı	6 Aykırı	7 Düzensiz Karmaşık
Yuvarlak (R)								
Prizmatik (P)								
Açık Kesitli (S) Yarı Açık (SS)								
Tüp (T)								
Düz ince (F)								
Küresel (Sp)								

Şekil 3.1. Değişik geometrilere göre parça şeklinin sınıflandırılması [11]

Parçanın geometrik yapısının yuvarlak, dikdörtgen kesitli, çubuk; tüp, düz ince veya küresel gibi geometrik şekillerden hangisine ait olduğundan ve şeklin karmaşıklık seviyesinden yararlanarak yapılmıştır. Bu sınıflandırma da parçalar basitten karmaşıklığa doğru (0’dan 7’ye gidildikçe karmaşıklık artar.) sıralanır. Şekilde sağa doğru gidildikçe karmaşıklık artar [11]

EK-4 Malzemenin proses seçimine etkisi

Seçilecek olan proseslerin malzemelerin kendilerine özgü özelliklerine uygun olması gerekir. Örneğin döküm prosesleri için malzemenin akıcılığının iyi olması ve soğuma hızının yavaş olması gerekirken şekillendirme prosesleri için malzemenin sünek olması gerekir. Bütün malzemeler imalat sırasında karakteristik özellikler gösterirler. Bu özellikler ağırlıklı olarak malzemenin atomik yapısından kaynaklanır [10]. Malzemenin içyapısı, malzemeye uygulanacak işlemler ve malzemenin özellikleri arasında Şekil 4.1’de görüldüğü gibi üçlü bir ilişki söz konusudur. Bu üçlü ilişkiden biri değiştirildiğinde diğerleri de değişir. Bu nedenle sonuçta istenilen ürünü oluşturmak için üçlü ilişkinin birbiri ile nasıl ilişkilendirileceğinin tespiti oldukça önemlidir [4]. Tasarımcı bu üçlü ilişkiyi dikkate alarak uygun malzemeyi seçer.



Şekil 4.1. Malzemelerin kullanımında etkili faktörlerin birbiri ile ilişkisi [4]

Proseslerin yapıları gereği malzemenin değişik fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması gerekebilir. Döküm proseslerinde malzemenin akıcılığı ve malzemenin soğumasının uniform olması gerekir [10]. Bu proseslerde, akıcılık erimiş malzemenin kalıbı doldurma yeteneği doğrultusunda kalıbın içerisinde boşluk bırakmayacak şekilde doldurması ve soğumaya başlamadan önce akması gerekir. Eğer erimiş malzeme kalıbı doldurmadan katılaşmaya başlarsa döküm prosesinde

EK-4 (Devam) Malzemenin proses seçimine etkisi

ciddi hatalar meydana gelir. Soğumanın uniform olması ise parçanın malzemesinden çok, parçaya şekli verecek kalıbın malzemesine bağlıdır. Zaten dökümlerde, prosesler arasındaki bu farklılık da kalıbın malzemesinden kaynaklanmaktadır.

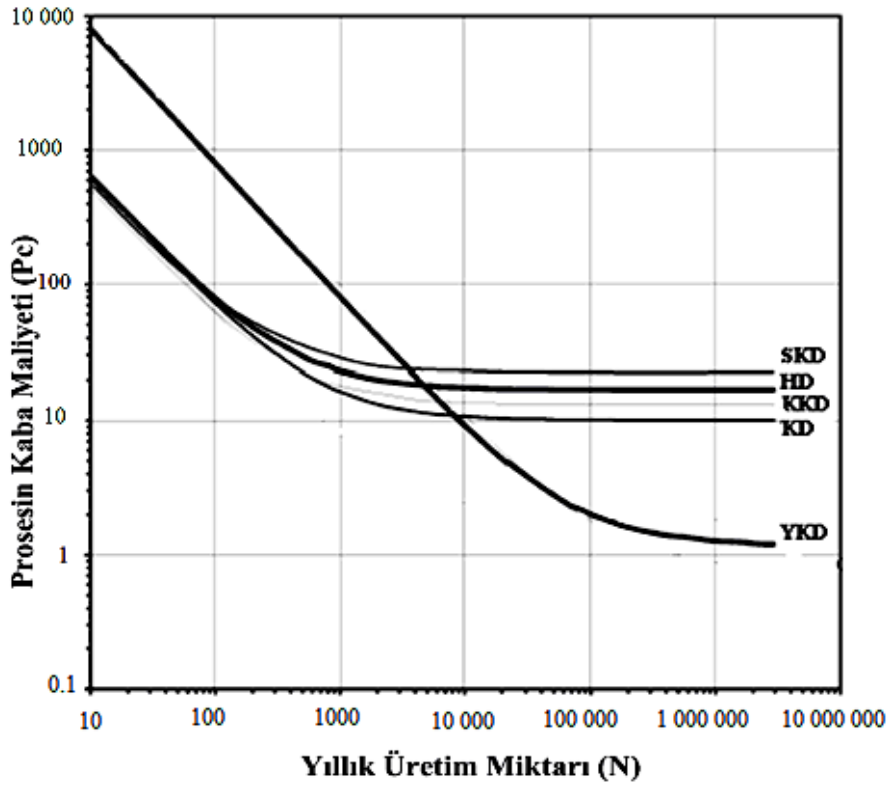
Şekillendirme prosesleri ise sünek malzemeler için tercih edilir. Malzemeye şekillendirme prosesleri uygulanırken malzemenin kopmadan plastik deformasyonda kalabilmesi istenir. Malzemelerin süneklik karakteristikleri sıcaklık ve yükleme hızına bağlı olarak değişir. Bazı malzemeler yüksek sıcaklıkta iyi şekil değiştirilebilirliğe sahipken oda sıcaklığında zayıf şekil değiştirebilirliğe sahip olabilirler. Benzer şekilde bazı malzemeler yavaş yüklemelerde deformasyon oranı az olurken; ani yüklemelerde yüksek deformasyona sahip olabilirler [10].

Talaşlı imalatta ise malzemenin prosese uygunluğu işlenebilme kabiliyeti ile ölçülür. Çoğu malzemeler özellikle metaller ve plastikler değişik derecede işlenebilirler. Malzemelerin işlenebilirliği istenilen yüzey kalitesinde işlenmeye olan yeteneğini ifade eder. İşlenebilirliği ifade eden üç temel faktör vardır.

1. Kesme Kuvvetleri: Parçanın işlenmesi için gerekli kesme kuvvetleri ne kadar azsa işlenebilirliği de o kadar fazladır. Bu faktör işleme aparatı malzemesine bağlıdır.
2. İşleme Aparatı Ömrü: Eğer işleme aparatının işlenecek malzeme ile sürünmesi az ise ömrü fazladır. Bu genellikle standart malzemeli kesme aparatının bağlı hızına bağlıdır. Uluslararası ISO 3685 aparat sürünme hızını 30 dakika alarak işlenebilirlik standart numaraları geliştirmişlerdir.
3. Talaş Tipi: Bu malzemenin nasıl talaş kaldırdığını ifade eder. Eğer işlenme sırasında talaşlar kıvrımlı uzun küçük parçalar halinde ise yüzey kalitesi istenilen düzeye daha kolay gelir ve böylece malzemenin işlenebilirliği iyi denilebilir [10].

EK-5 Yıllık üretim miktarının proses seçimine etkisi

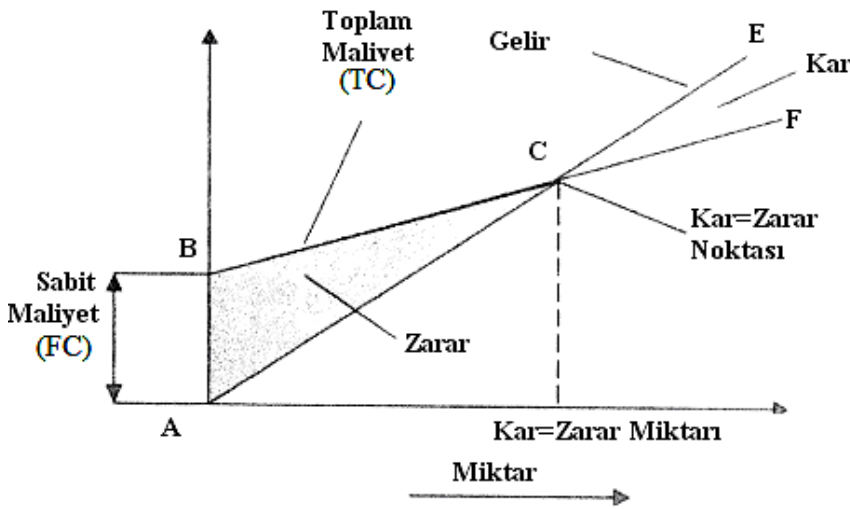
Üretilcek parça sayısı proses seçimini ekonomik açıdan etkiler. Başarılı imalat için parça talebi oldukça önemlidir. Seramik kalıba döküm, hassas döküm, kum kalıba döküm, kabuk döküm ve yerçekimsel kılavuz döküm proseslerinin kaba maliyetlerinin üretim miktarına göre değişimi Şekil 5.1’de verilmiştir. Diğer proseslerin kaba maliyetleri Ek 8’de maliyet analizinde verildiği gibidir. Yani prosesler düşük üretim miktarlarında yüksek maliyetli olurken üretim miktarı yükseldikçe bu maliyet azalır. Belli üretim miktarından sonra sabitlenir. Bütün prosesler bu eğilim içindedir. Fakat sabitlendikleri üretim miktarları ve bu üretim miktarları için kaba maliyetleri farklıdır. Bazı prosesler işçilik maliyetine bağlı olarak düşük üretim miktarlarında ekonomiktir. Buna karşılık bazı prosesler ise düşük üretim oranlarında sabit maliyet büyük olduğundan seçime uygun değildir [12].



Şekil 5.1. Bazı döküm prosesleri için prosesin kaba maliyetinin yıllık üretim maliyetine göre değişimi [12]

EK-5 (Devam) Yıllık üretim miktarının proses seçimine etkisi

Parça üretimi için sabit ve değişken maliyetlerin toplamı olan prosesin kaba maliyeti yıllık üretim miktarına göre değişim gösterir. Bunun sebebi bütün yatırımların kar-zarar grafiği doğrultusunda hareket etme eğiliminde olmasıdır. Bu grafik Şekil 5.2’de



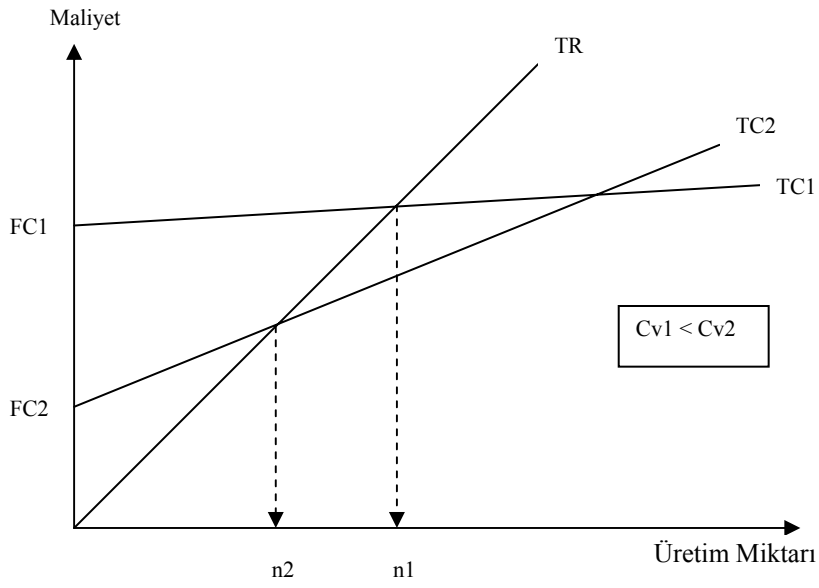
Şekil 5.2. Yatırım kar-zarar grafiği [13]

gösterilmiştir. Bu grafikte A-E doğrusu geliri, B-F doğrusu ise maliyeti (sabit ve değişken maliyetin toplamı) gösterir. C noktası ise maliyet ile gelirin eşit olduğu noktadır. C noktasına karşılık gelen miktar prosesin üretilmesi için gerekli olan minimum miktarı belirtir. Yani prosesin üretimi yapılması için bu miktarın üzerinde olması gerekir. Üretim miktarının maliyete etkisi daha iyi anlamak için birim maliyetin formülasyonu Eşitlik 5.1 ve Eşitlik 5.2’de verilmiştir. Toplam maliyet (TC), sabit maliyet (FC) ile değişken maliyet (VC)’nin toplamına eşittir. Birim maliyet (C_p) ise toplam maliyetin üretim miktarına oranıdır. Eşitlik 5.2’de de görüldüğü gibi birim maliyetin makul olabilmesi için FC/n ’nin düşük olması gerekir. Bunun sağlanması için ise FC’nin büyük olduğu durumlarda üretim miktarı (n)’nin de büyük olması gerekir.

EK-5 (Devam) Yıllık üretim miktarının proses seçimine etkisi

$$TC=FC+VC \dots\dots\dots(5.1)$$

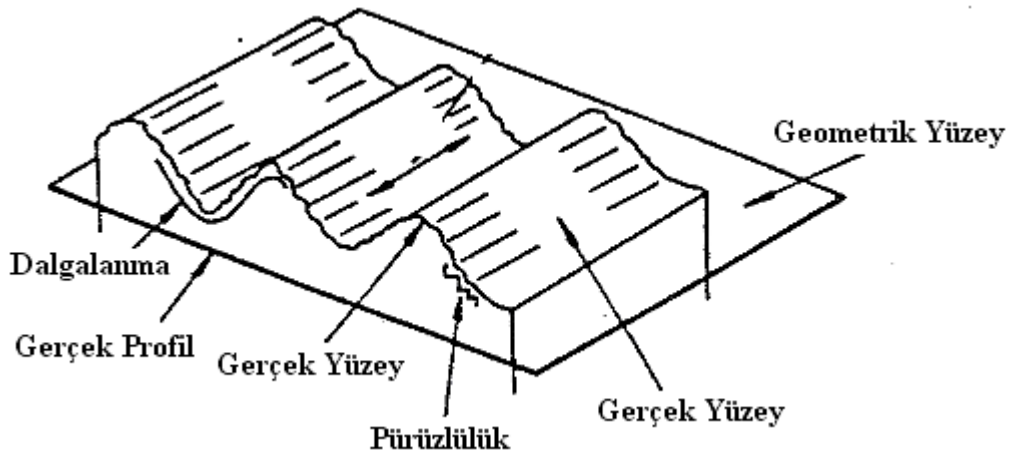
$$Cp = \frac{TC}{n} = \frac{FC}{n} + \frac{VC}{n} \dots\dots\dots(5.2)$$



Şekil 5.3. Toplam maliyeti aynı sabit maliyetleri farklı olan iki yatırımın üretim miktarlarının karşılaştırılması [13]

EK-6 Yüzey kalitesi ve yüzey kalitesinin proses seçimine etkisi

Yüzey kalitesi de proses seçim kriterlerinden biridir. Bütün imal usulleri yöntemleri sonucunda parçanın işlenmiş yüzeyinde doğal olarak geometrik yapısından kaynaklanan düzensizlikler meydana gelir. Bu düzensizliklerin birçok sebebi vardır. Bunlardan birincisi dalgalanma olarak bilinir ve genellikle işleme sırasında meydana gelen titreşim ya da ısı farkından oluşur. Dalgalanma parçanın geometrik yapısından kaynaklandığı için yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğü tayin eder [1]. Bütün proseslerin kendine has yüzey kaliteleri ve tolerans değerleri vardır [10].



Şekil 6.1. Yüzey düzensizlikleri

EK-7 Boyut Sınırlamalarının proses seçimine etkisi

Üretilebilir maksimum parça boyutu çoğu zaman ekipmanların işleme hacminin büyüklüğü ile sınırlıdır. Makinelerin tasarımında parça boyutu (hacmi) ve ağırlığı küçük boyutlu parçaları kaldırıp hareket ettirmek daha kolay olacağından bu durumlarda parçanın kesici takım kafasına gittiği prosesleri; aksine büyük parçalarda ise kesici takım kafasının parçaya gidip işlediği prosesleri seçmek gerekir. Vargelleme ile planyalama prosesleri arasında tek fark budur. Döküm proseslerinde ise ağırlık proses seçimini etkileyen kriterdir. Çok büyük parçalarda döküm kalıpları aşırı katılaşmaya maruz kaldıklarından dayanamayıp çatlayabilirler.

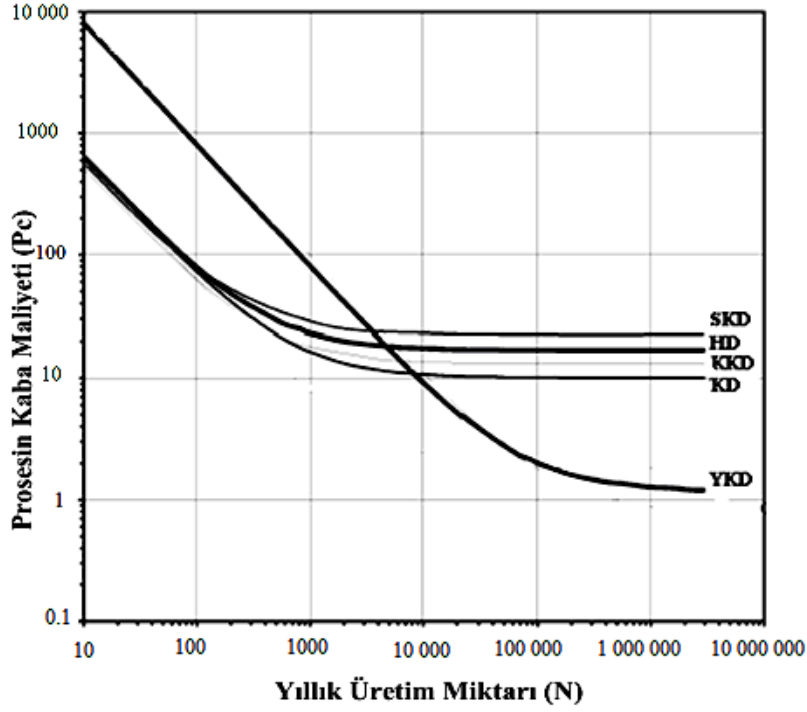
Proses seçim akış şemaları oluşturulurken proseslerin üretebilecekleri maksimum ve minimum ağırlık aralıkları dikkate alınmıştır. Bunun sonucu olarak çok büyük parçalarda kum kalıba döküm, çok küçük ağırlıklı parçalarda hassas döküm seçilmiştir.

Üretilebilir minimum boyut ve kesit kalınlığı da önemli boyut sınırlamalarıdır. Kesit kalınlığı döküm proseslerinde malzemenin akıcılığına bağlı iken; dövme işlemlerinde ise kalıbın D/h oranına bağlıdır. Değişik prosesler için kesit kalınlığını farklı kriterler etkilemesine rağmen her proses için belli maksimum ve minimum kesit kalınlıkları verilmiştir. Tıpkı diğer sınırlamalarda olduğu gibi kesit kalınlığında da seçim akış şemaları oluşturulurken sınır değerler dikkate alınmıştır.

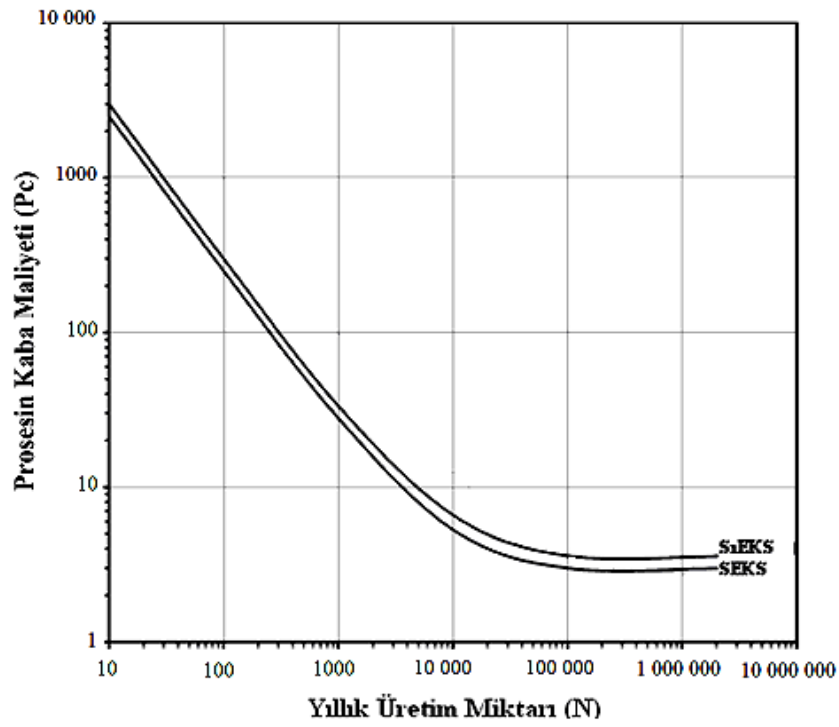
EK-8 Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

Proseslerin kaba maliyeti sadece üretimi yapılması istenen parçayı imal edecek proseslerin kaba maliyetidir. Şekil 8.1’de proseslerin yıllık üretim miktarlarına göre değişimi verilmiştir. Burada bütün proseslerin kaba maliyeti üretim miktarına göre değişim aynı şekildedir. Düşük üretim miktarlarında maliyet yüksek iken miktar arttıkça maliyet azalır. Belli miktardan sonra üretim miktarı artmasına rağmen maliyet sabitlenir. Sabitlendikleri miktar yatırımın zarar etmemesi için gerekli minimum üretim miktarıdır.

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller



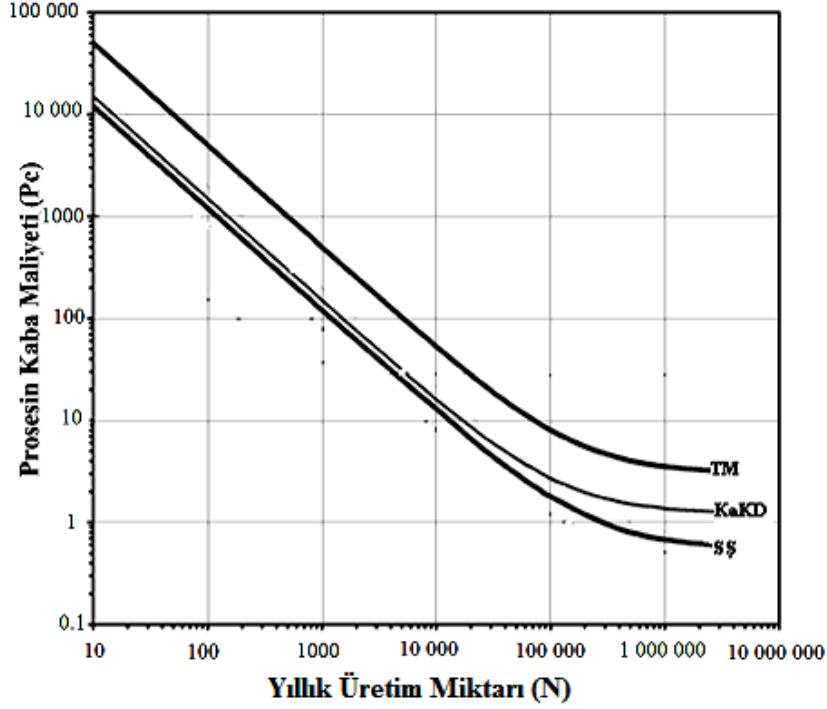
a-) SKD, HD, KKD, KD VE YKD için



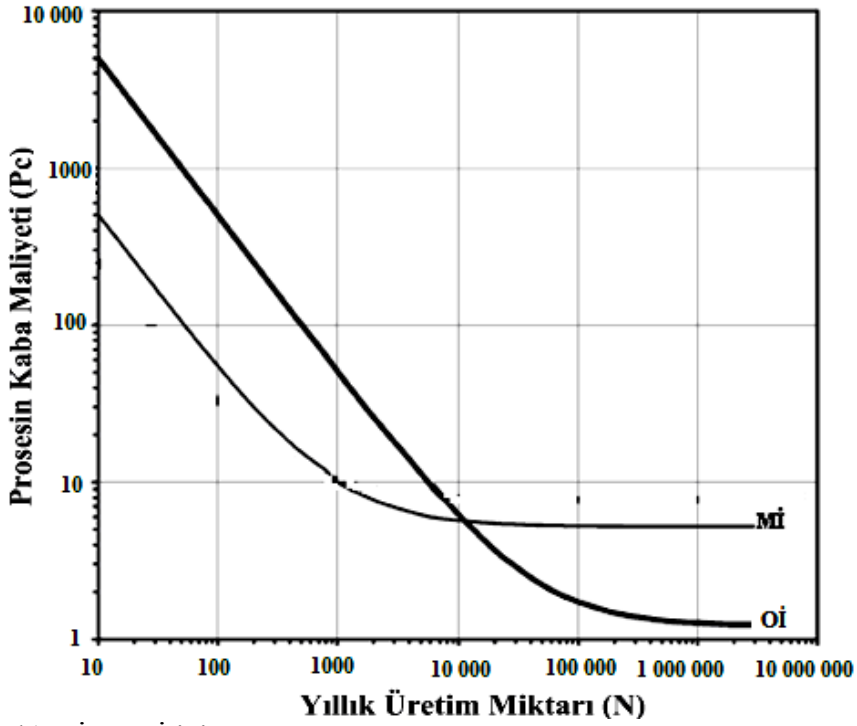
b-) SEKS ve S1EKS için

Şekil 8.1. Değişik prosesler için prosesin kaba maliyetinin yıllık üretim maliyetine göre değişimi [12]

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller



c-) TM, KaKD ve SŞ için



d-) Oİ ve Aİ için

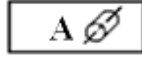
Şekil 8.1. Değişik prosesler için temel proses maliyetinin yıllık üretim maliyetine göre değişimi [12]

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

Çizelge 8.1. Proseslerin Malzemeye Uygunluk Katsayıları [12]

PROSES MALZEME	Kum Kalıba Döküm	Kabuk Döküm	Yerçekimsel Kılavuz Döküm	Hassas Döküm	Seramik Kalıba Döküm	Kapalı Kalıpta Dövme	Soğuk Şekillendirme	Toz Metalürjisi	Sıcak Ekstrüzyon	Soğuk Ekstrüzyon	Mantel İşleme	Otomatik İşleme
Dökme Demir	1	1	-	1	1	-	-	1.6	-	-	1.2	1.2
Düşük Karbonlu Çelikler	1.2	1.2	-	1	1.2	1	1.3	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
Alaşım Çelikleri	1.3	1.3	-	1	1.3	2	2	1.1	2	2	2.5	2.5
Paslanmaz Çelikler	1.5	1.5	-	1	1.5	2	2	1.1	2	2	4	4
Bakır Alaşımları	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1
Alüminyum Alaşımları	1	1	1.5	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1	1
Çinko Alaşımları	1	1	1.2	1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1

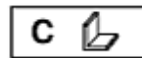
EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller



Tek/Esas Eksen		İkincil Eksenler: Birinci eksene paralel ve/veya dik eksenlerdir.		Karmaşık Şekiller
Basit Döner Unsurlar	Düzenli İkincil Unsurlar	İç	İç ve/veya Dış Unsurlar	Düzensiz ve/veya Karmaşık Şekiller
A1	A2	A3	A4	A5



Tek Eksen/Düzlem		Çok Eksen		Karmaşık Şekiller
Basit Unsurlar	Düzenli İkincil Unsurlar	Ortogonal/Düz Unsurlar	Basit Düzlem Üzerinde Kavisli Unsurlar	Düzensiz ve/veya Karmaşık Şekiller
B1	B2	B3	B4	B5



Tek Eksenli	İkincil Tekrarlı Unsurlar		Düzenli Şekiller	Karmaşık Şekiller
Basit Unsurlar	Kesit/Kalınlık Uniform Unsurlar	Kesit/Kalınlık Uniform olmayan	Kap, Koni ve Kutu Tipi Unsurlar	Uniform olmayan ve/veya kontürlü unsurlar
C1	C2	C3	C4	C5

Şekil 8.2. Maliyet şekil karmaşıklığı sınıflandırılması [12]

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

Maliyet parça şekli ise hangi prosesin hangi şekli ne düzeyde maliyetle üretebileceğimiz konusunda karşılaştırma yapmamızı sağlar. Yuvarlak, prizmatik ve dar parçaların maliyet parça sınıflaması Şekil 8.2’de gösterilmiştir. Burada yuvarlak parçalar için A, prizmatik parçalar için B, dar parçalar için ise C sembolleri verilmiştir. Ayrıca bu sınıflamada basitten karmaşığa doğru 1’den 5’e kadar semboller oluşturulmuştur.

Parçanın imalatı yapılırken imalatın ucuz olabilmesi için bir temel eksen seçilir. Ve sınıflama bu doğrultuda yapılır. Basit parçalar için bu eksen bir adettir. Yuvarlak (A Tip) parçalar için sınıflama önce tek eksenli, ikincil eksenli ve karmaşık şekiller olmak üzere üç gruba ayrılır. Tek eksenli parçalar ise basit döner unsurlar ve düzenli ikincil unsurlar olmak üzere ikiye ayrılır. Basit döner unsurların imalatı için basit şekilli ve bir adet takıma ihtiyaç vardır. Düzenli ikincil unsurların üretiminde yine basit şekilli fakat birden fazla takım veya biraz daha kompleks bir adet takım kullanılır. Bu iki grupta da imalat gerçekleştirilirken eksen değişmez. İkincil eksenli parçalarda ise ikincil eksenler birinci eksene dik ya da paralel eksenlerdir. Bu kısımda iç ve dış- iç unsurların oluşturulması diye ikiye ayrılır. Temel eksenle paralel veya dik eksenler dışındaki eksenlerin de meydana geldiği parçalar ise karmaşık şekilli parçalardır. Bu parçaların üretiminde özel takımlar kullanılır.

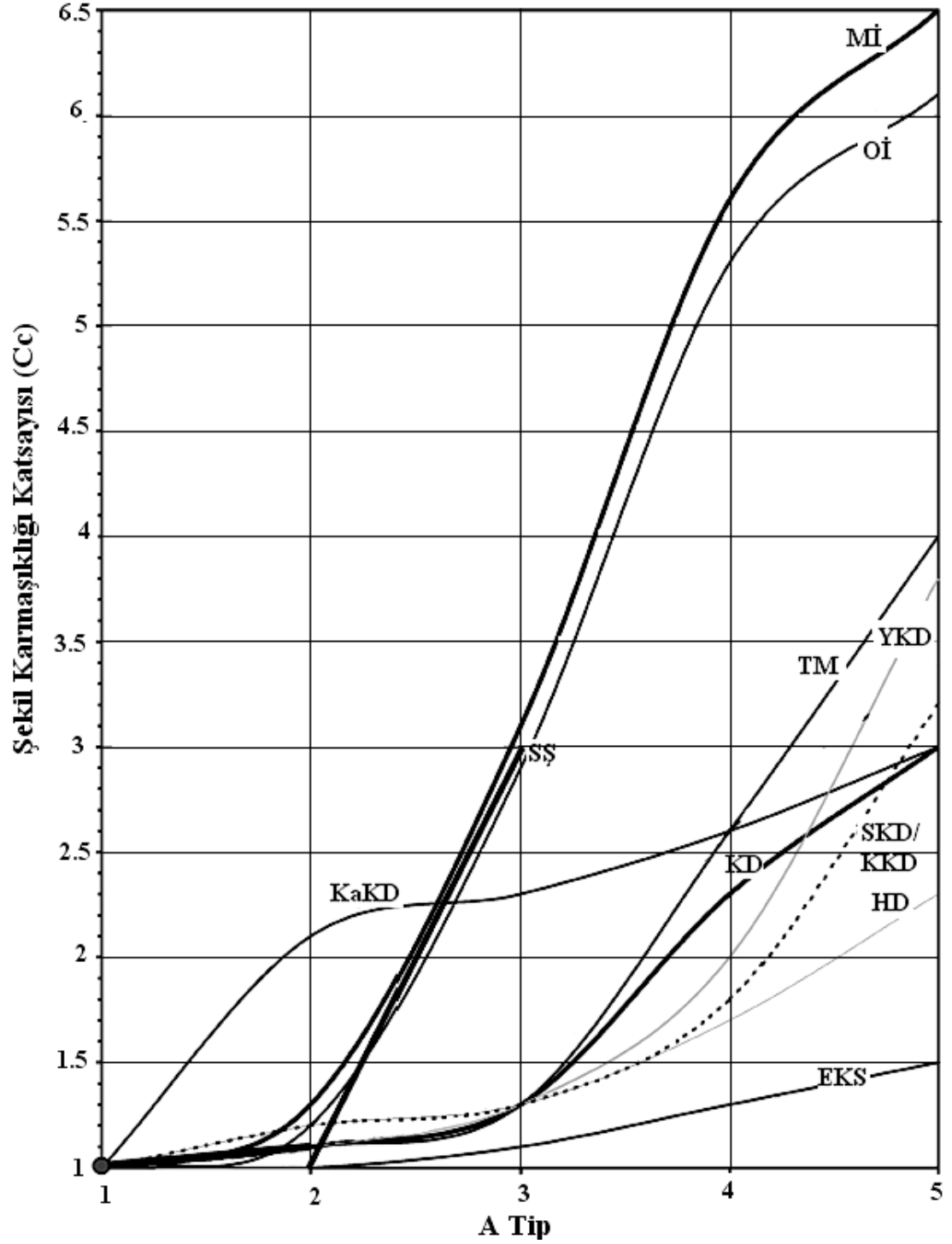
Prizmatik (B Tip) parçalar da yuvarlak parçalardan farklı olarak temel eksenin yerini temel düzlem alır. Tek düzlemli parçalar basit unsurlar ve düzenli ikincil unsurlar diye ikiye ayrılır. Çok eksenli parçalar temel düzlem üzerine kavisli unsurların mevcut olup olmamasına göre iki kısımdır. Karmaşık parçalar ise temel düzleme aykırı şekillerin olduğu parçalardır.

Dar (C Tip) parçalar ise dört kısma ayrılır. Bu kısımda tek eksenli parçalar bir adettir. İkincil eksenli parçalar kesit/kalınlık oranının uniform olmasına göre ikiye ayrılır. Kesit/kalınlık oranı uniform olmayan parçaların üretimi için kullanılan

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

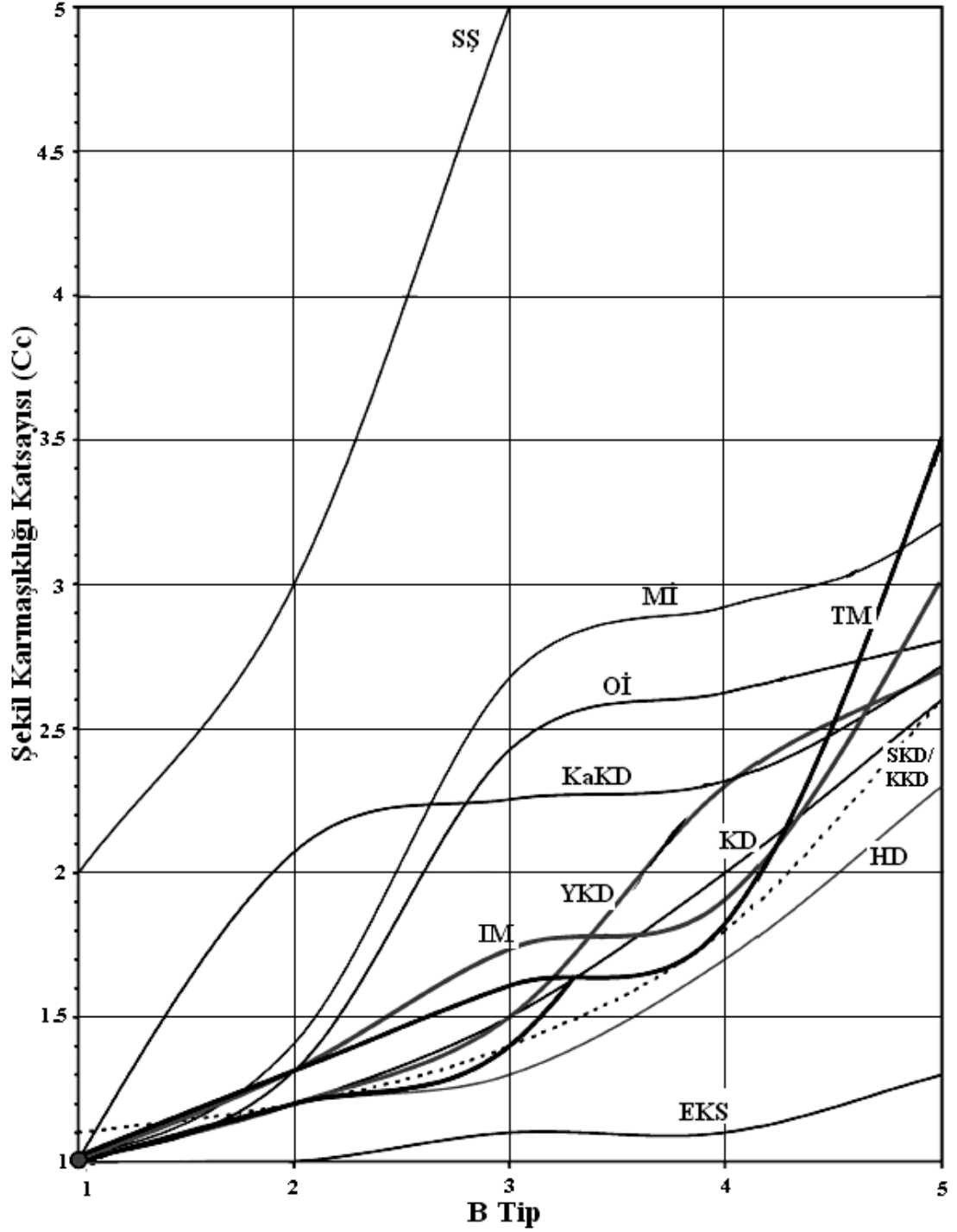
takımlar daha komplekstir. Düzenli şekiller kap, koni ve kutu gibi tanımlaması kolay şekillerdir. Son olarak karmaşık şekiller ise uniform olmayan ve kontürlü unsurlardır.

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller



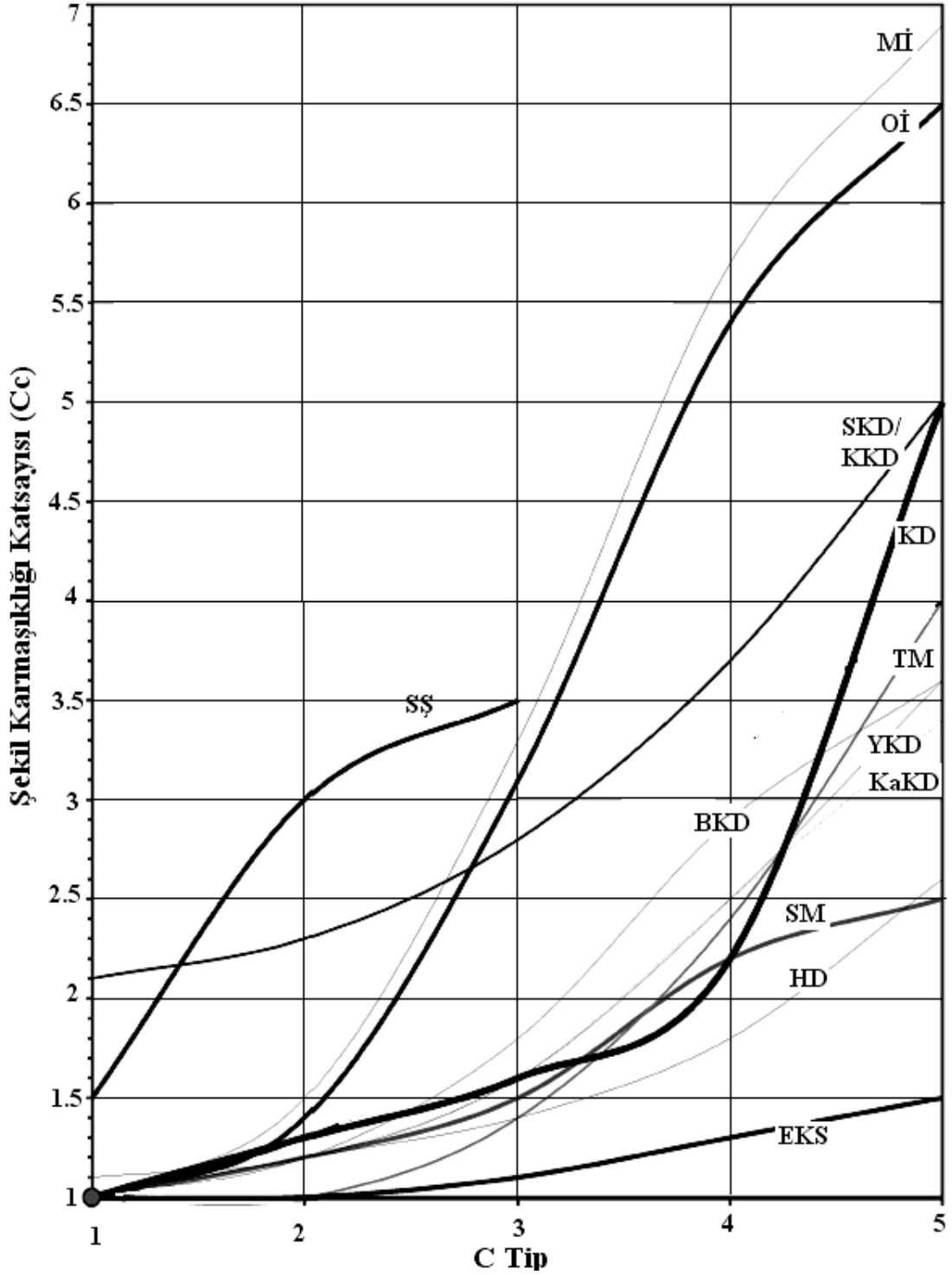
Şekil 8.3. Döner tip (A tip) şekilli parçaların değişik proseslere göre şekil karmaşıklığı maliyet katsayısının değişimi [12]

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller



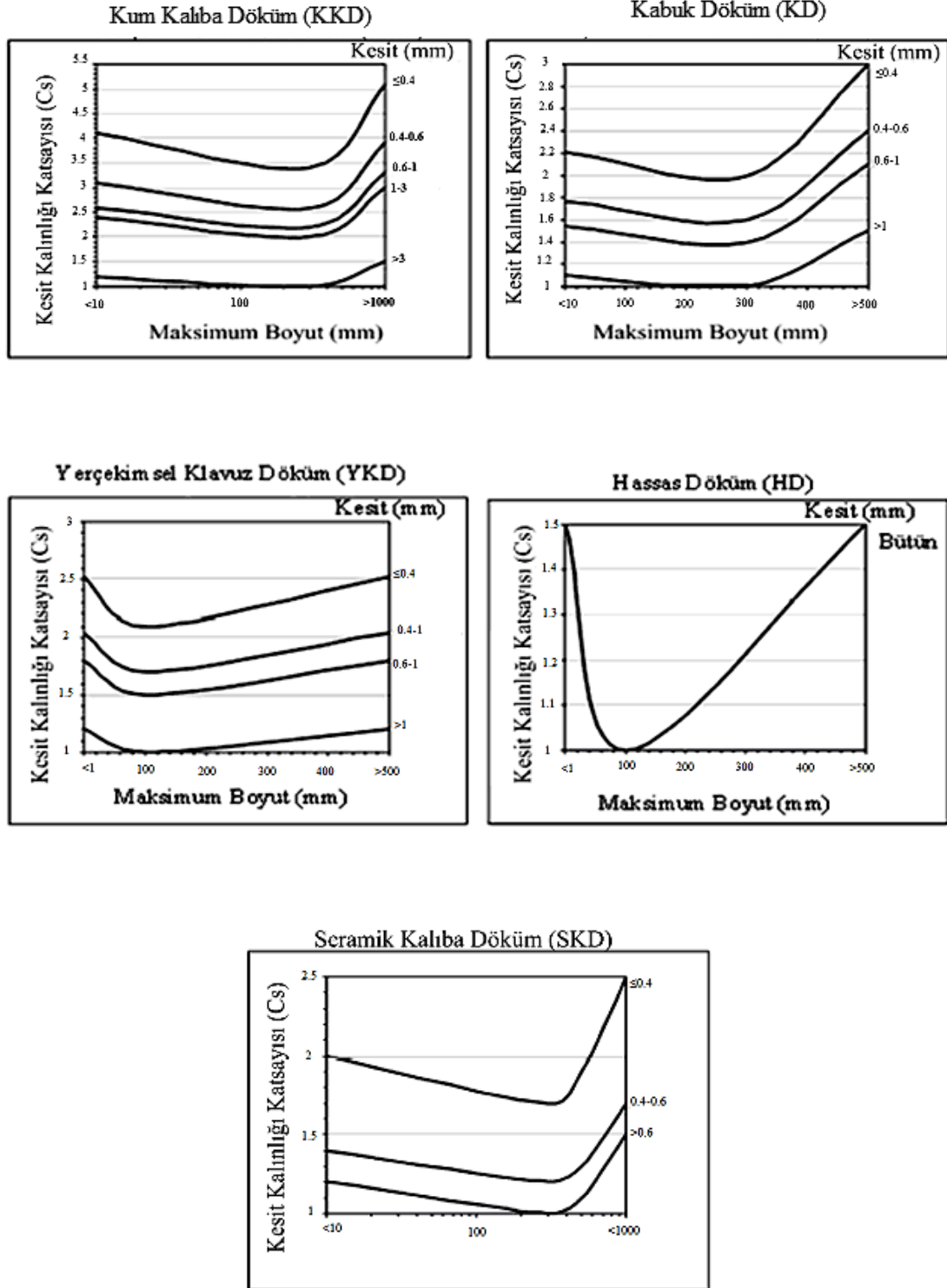
Şekil 8.4. Prizmatik (B tip) şekilli parçaların değişik proseslere göre şekil karmaşıklığı maliyet katsayısının değişimi [12]

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

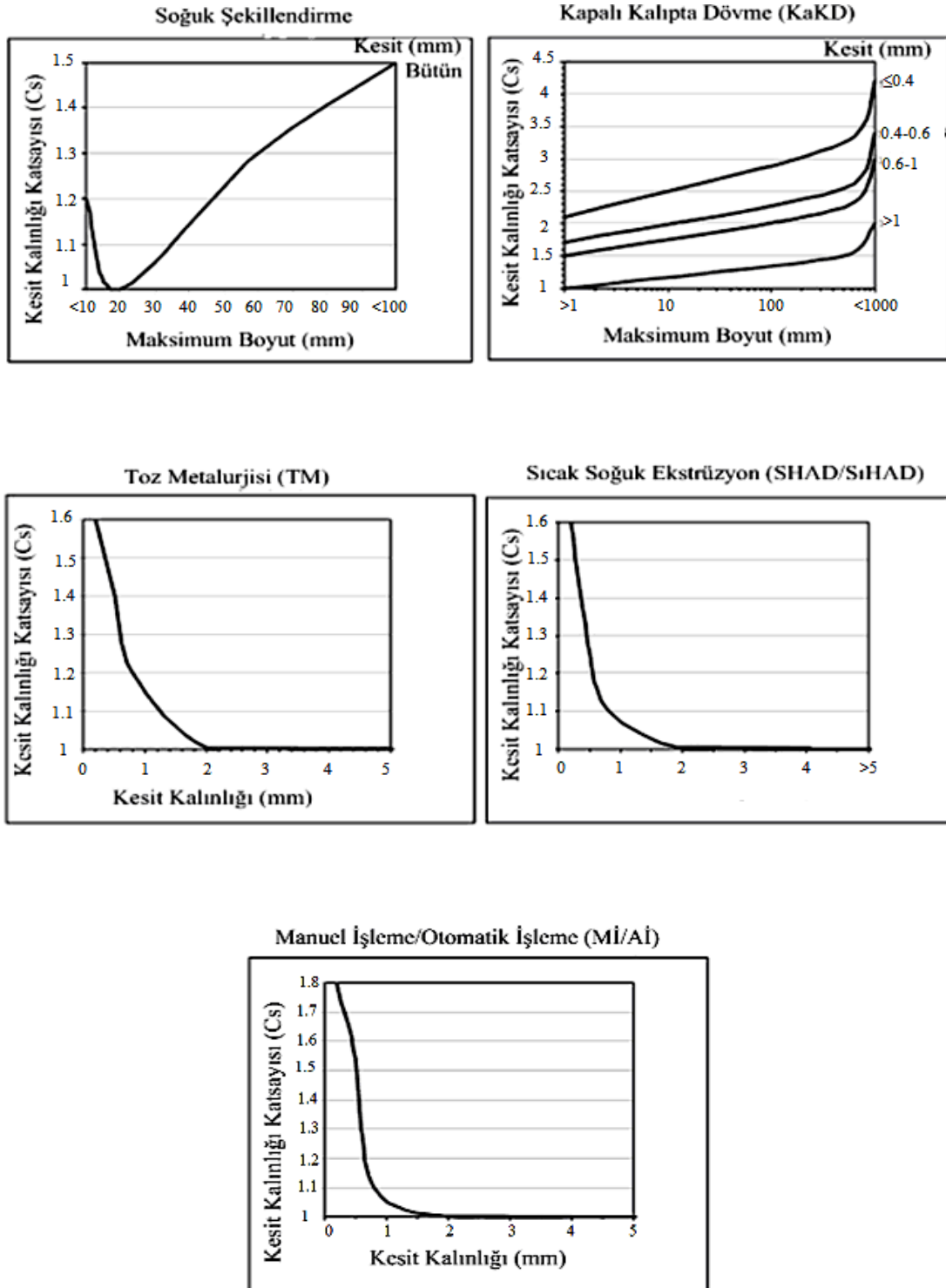


Şekil 8.5. Dar (C tip) şekilli parçaların değişik proseslere göre şekil karmaşıklığı maliyet katsayısının değişimi [12]

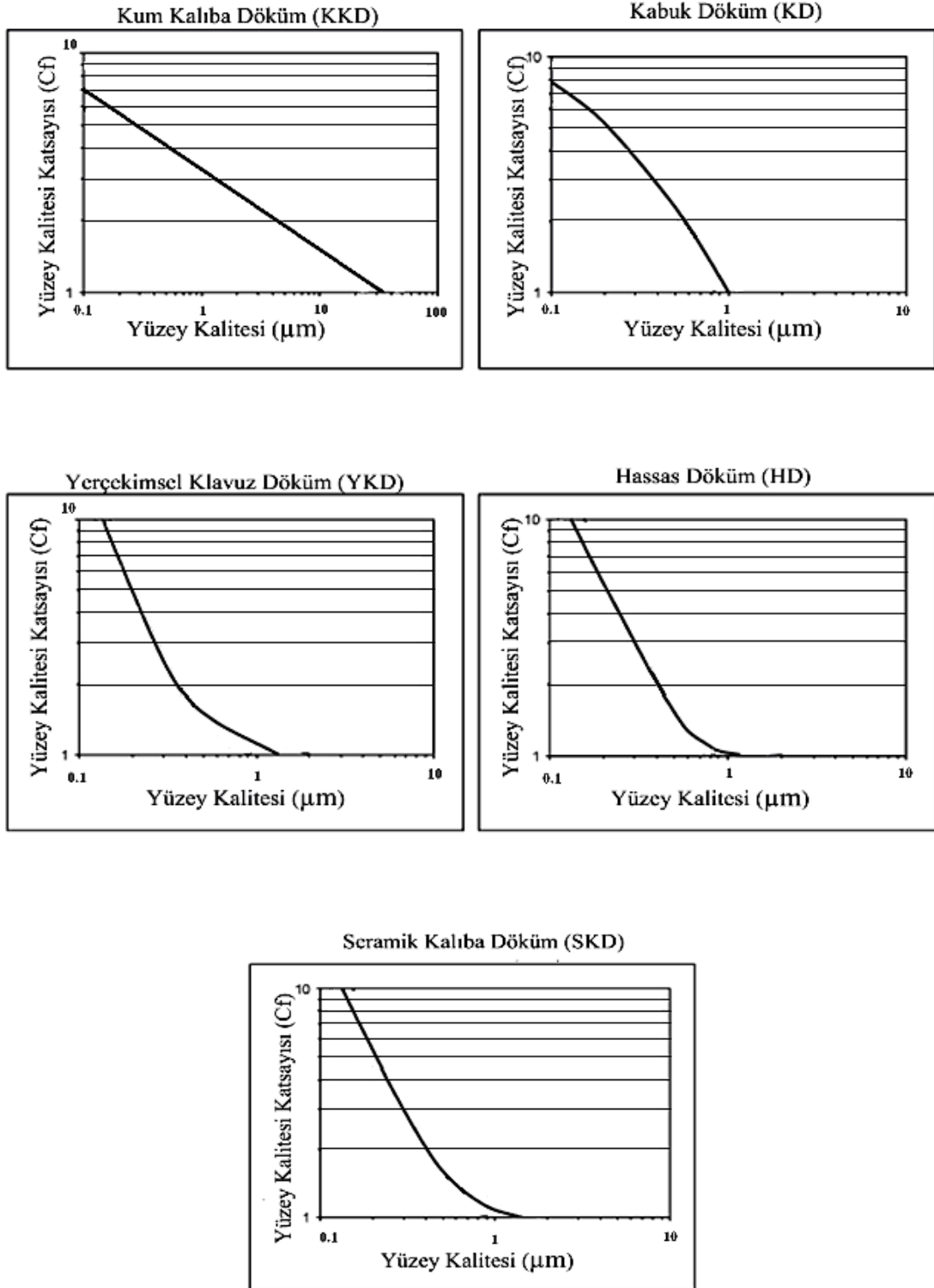
EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

Şekil 8.6. Proseslerin kesit kalınlıklarına göre maliyet kesit katsayısının (C_s) değişimi [12]

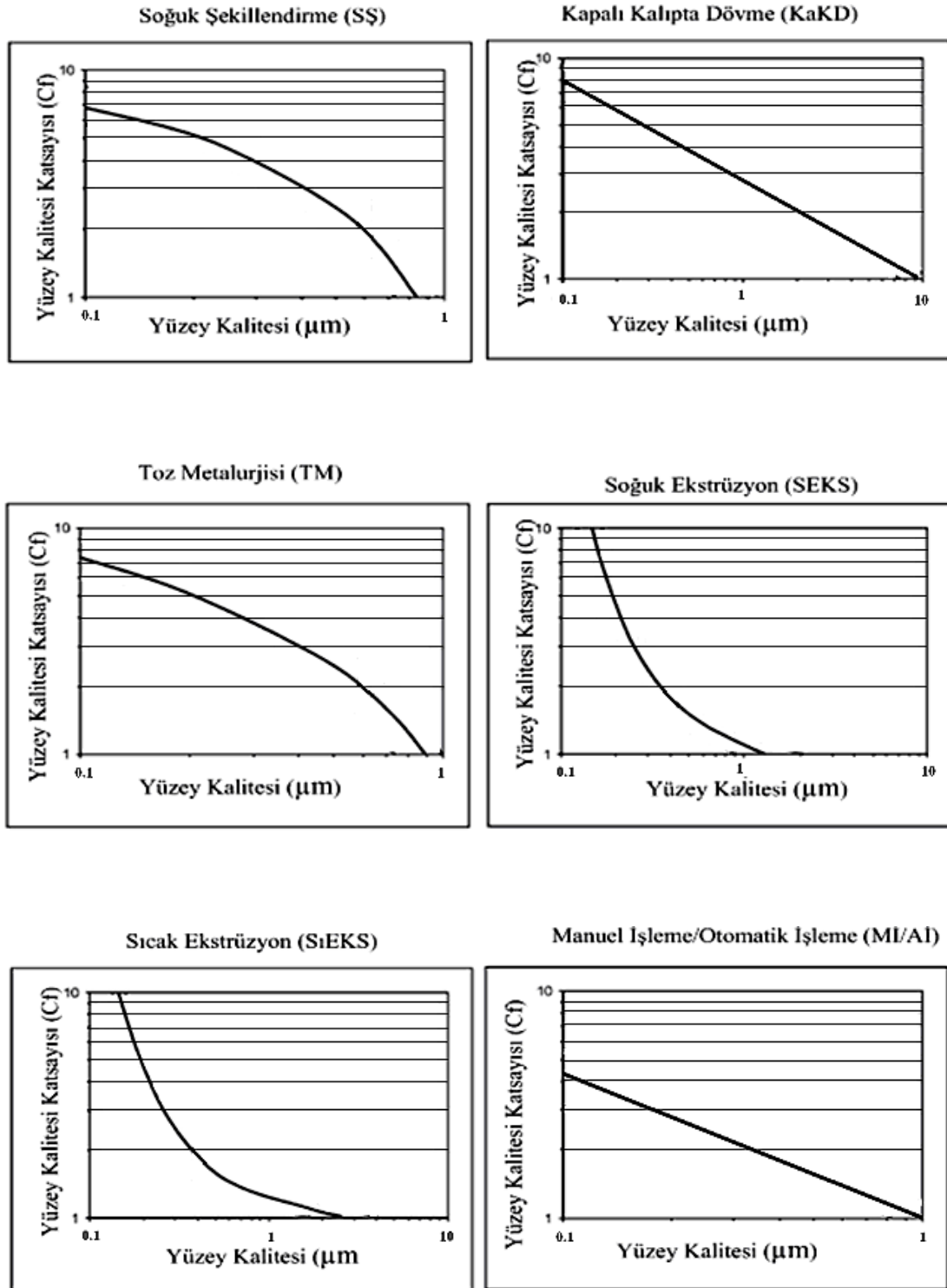
EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

Şekil 8.7. Proseslerin kesit kalınlıklarına göre maliyet kesit katsayısının (C_s) değişimi [12]

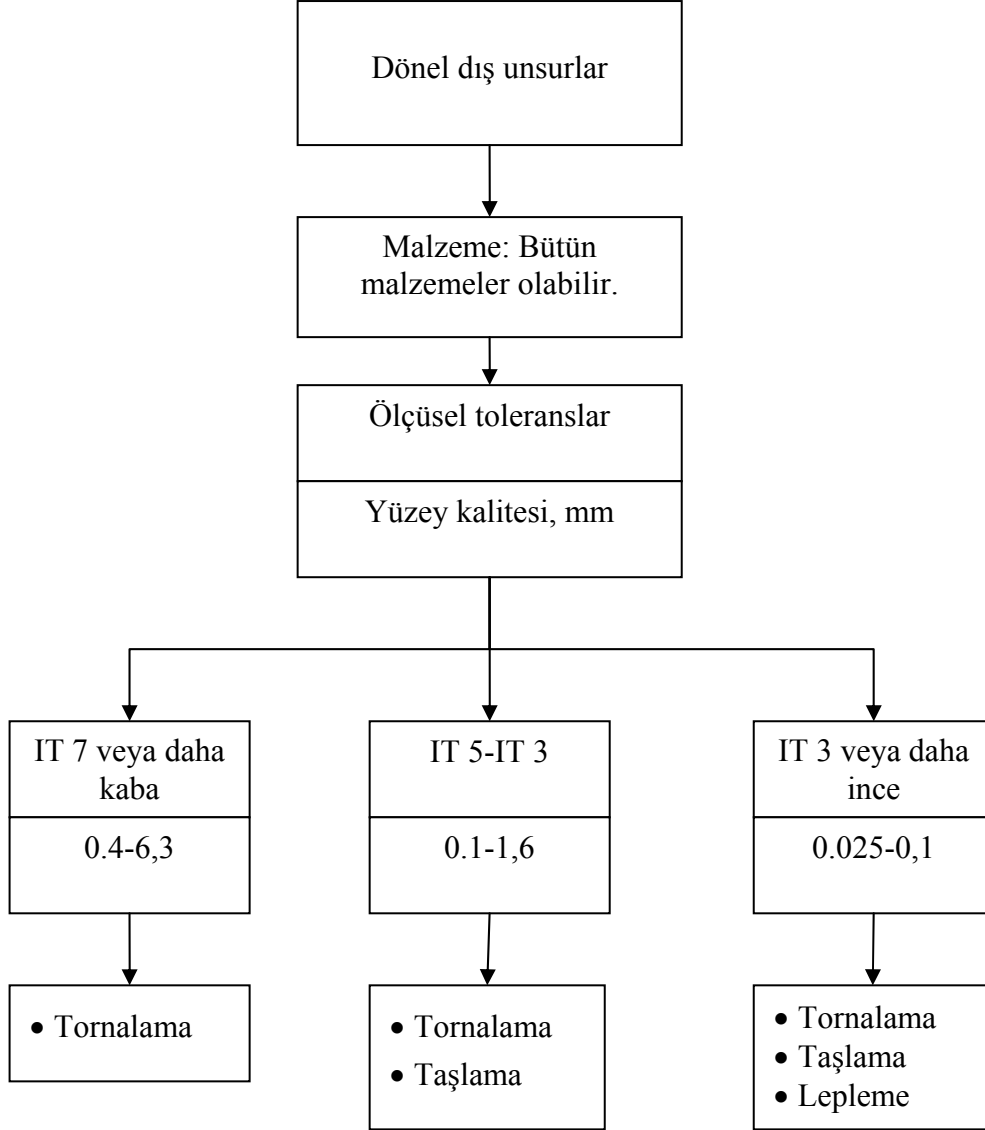
EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

Şekil 8.8. Proseslerin yüzey kalitelerine göre maliyet yüzey kalitesi katsayısının (C_f) değişimi [12]

EK-8 (Devam) Maliyet analizi ve maliyet analizinde kullanılan çizelge ve şekiller

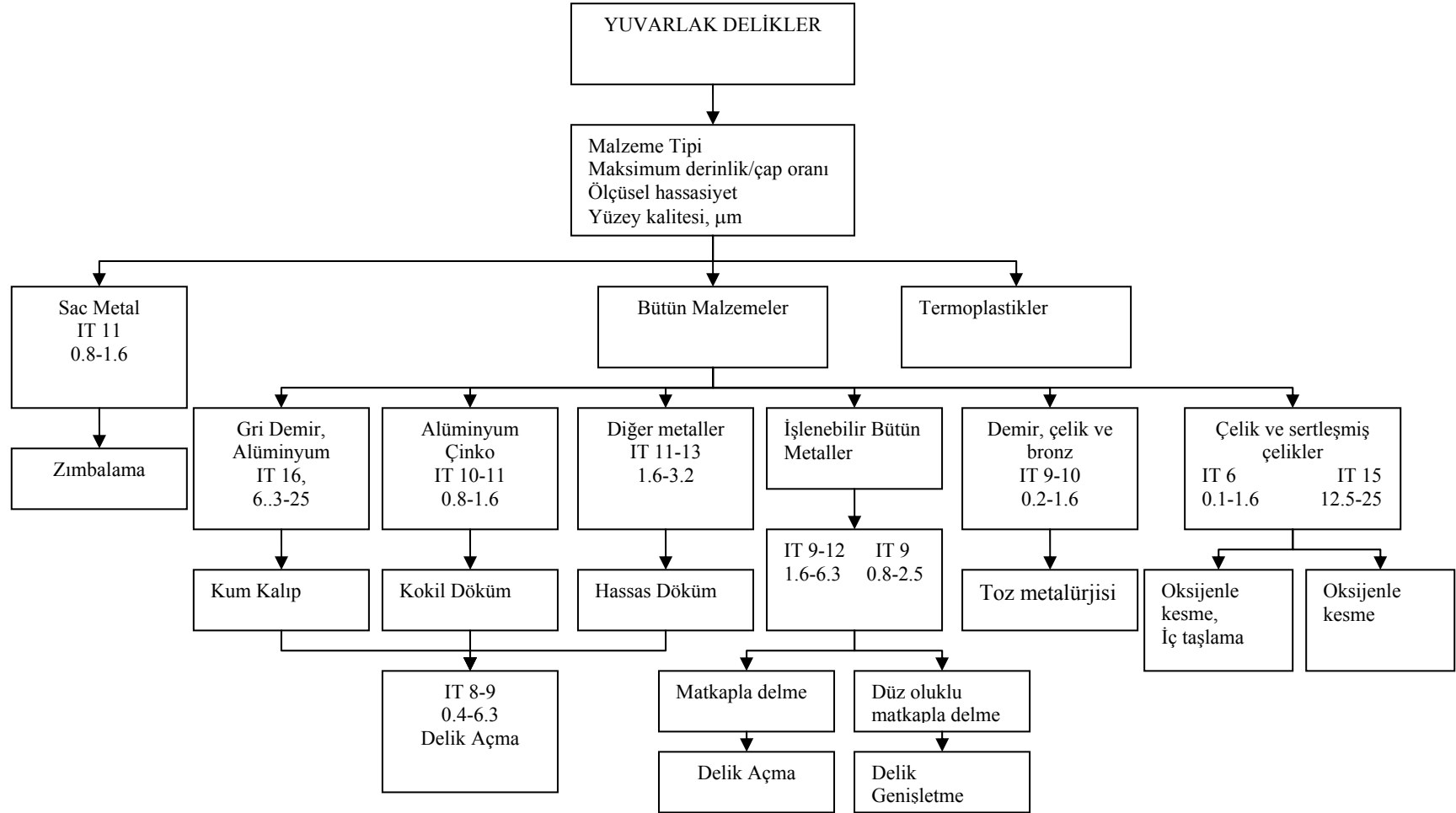
Şekil 8.9. Proseslerin yüzey kalitelerine göre maliyet yüzey kalitesi katsayısının (C_f) değişimi [12]

EK-9 (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



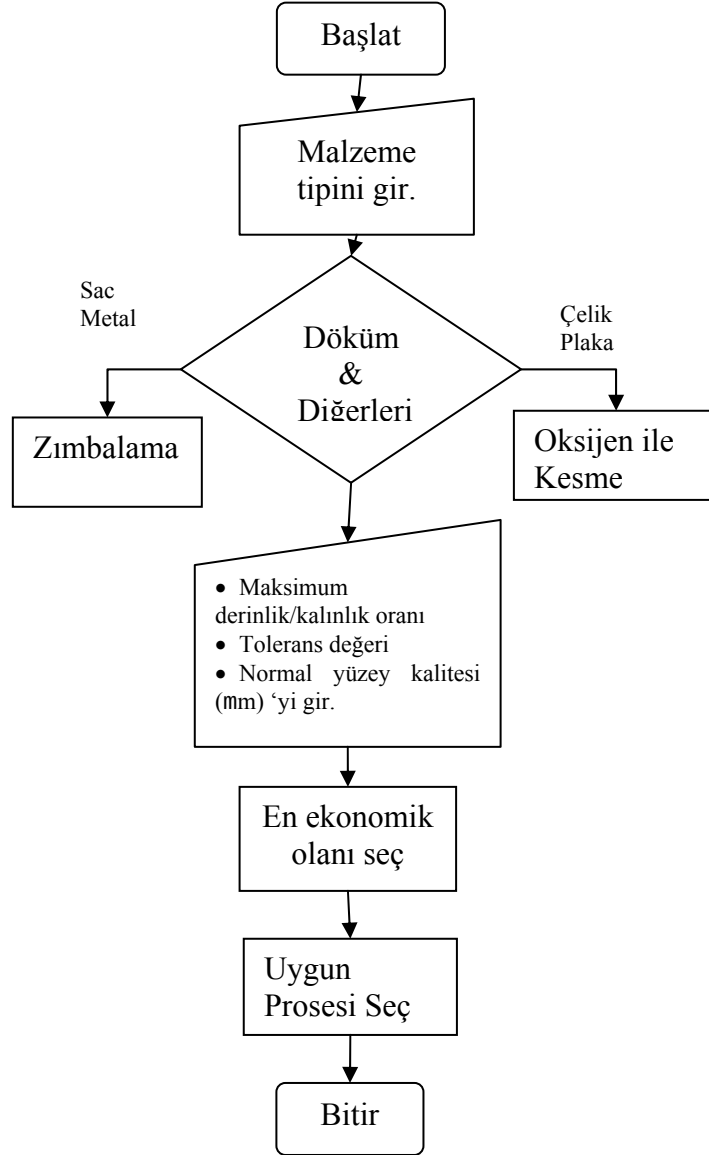
Şekil 9.1. (A.) Radwan'a göre dış döner unsurlar için proses seçimi [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



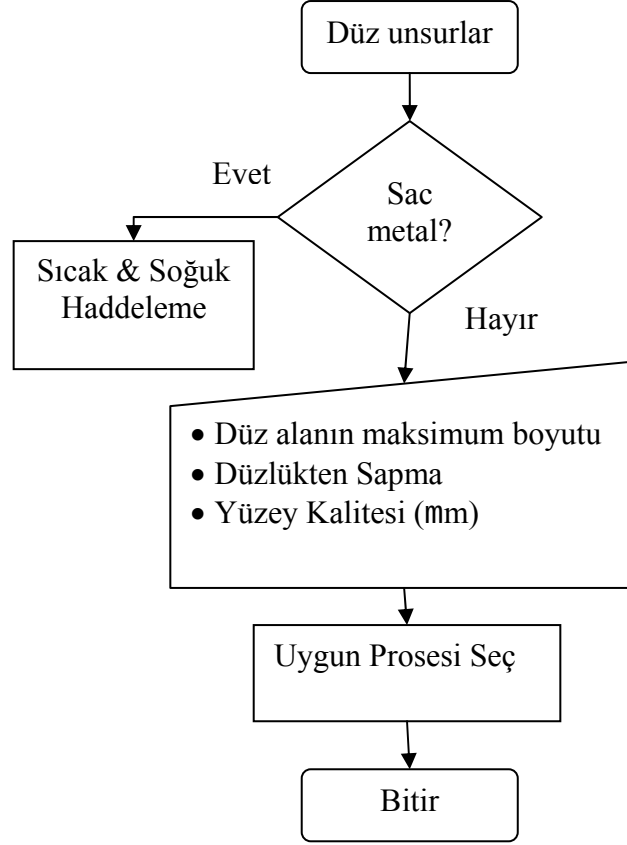
Şekil 9.2. (A.) Radwan'a göre yuvarlak delikler için proses seçim akış seması [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



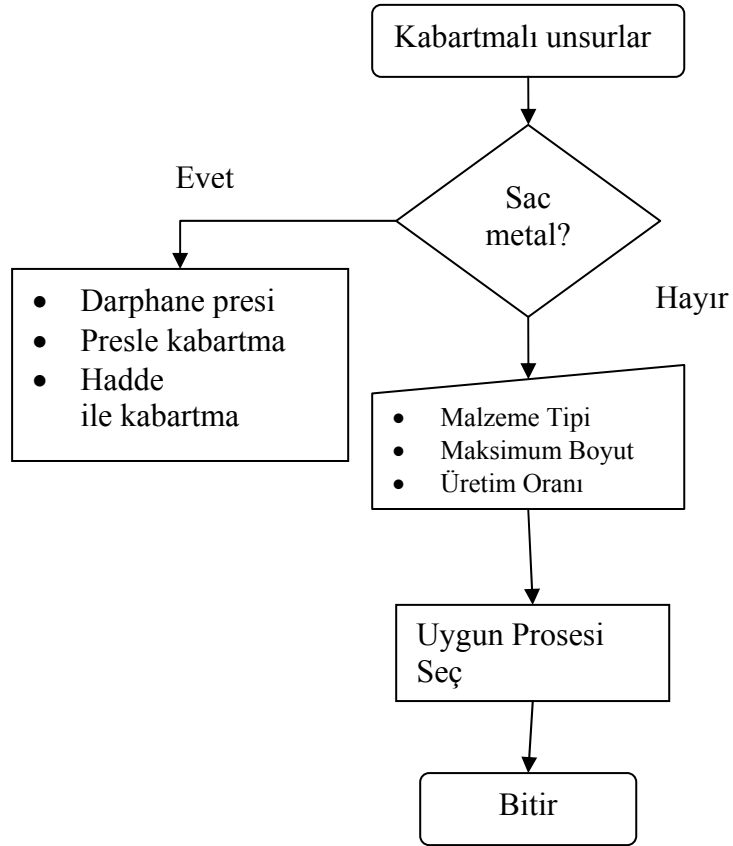
Şekil 9.3. (A.) Radwan'a göre yuvarlak olmayan deliklerin proses seçim akış şeması [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



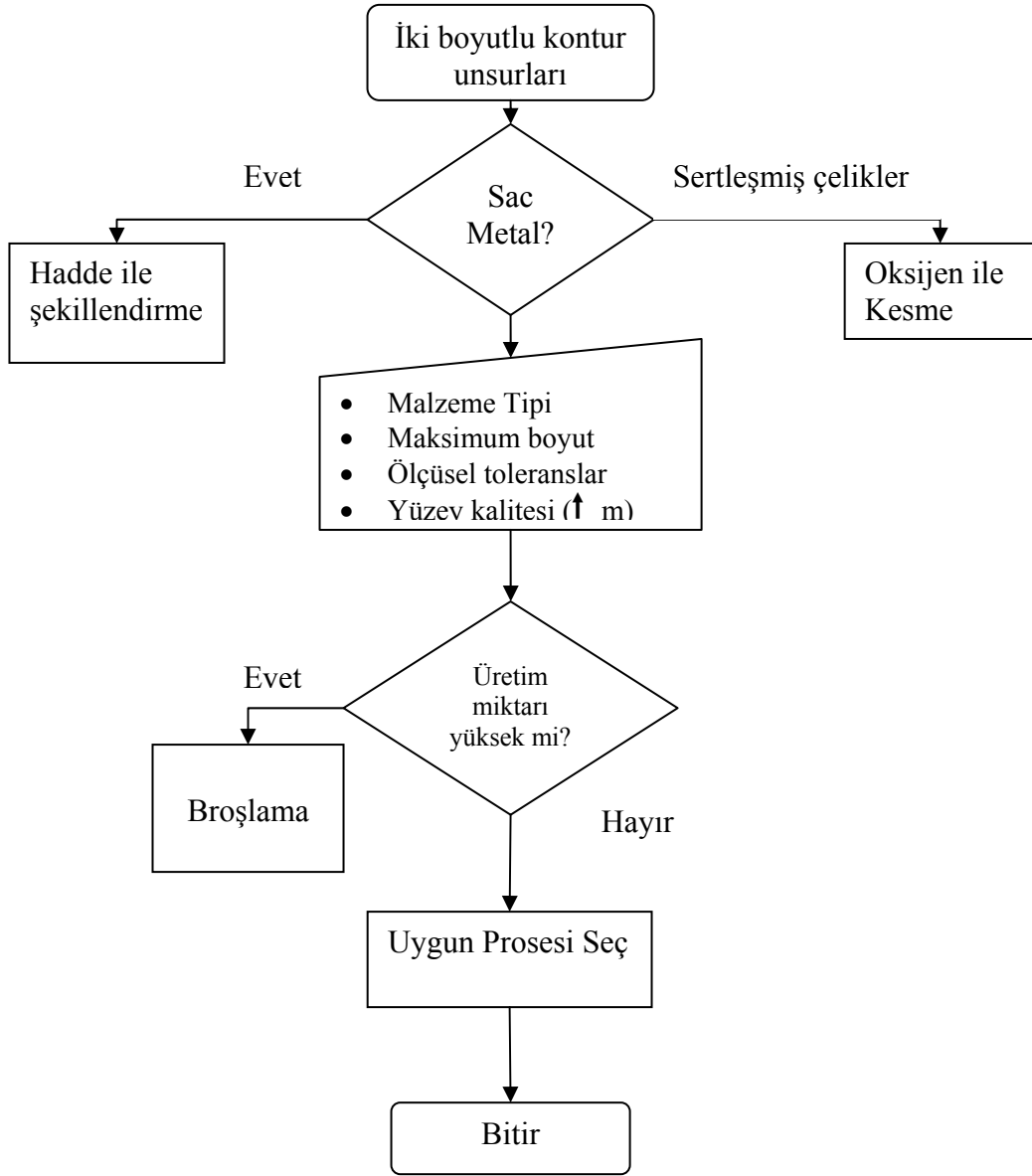
Şekil 9.4. (A.) Radwan'a göre düz yüzeyler için proses seçim akış şeması [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



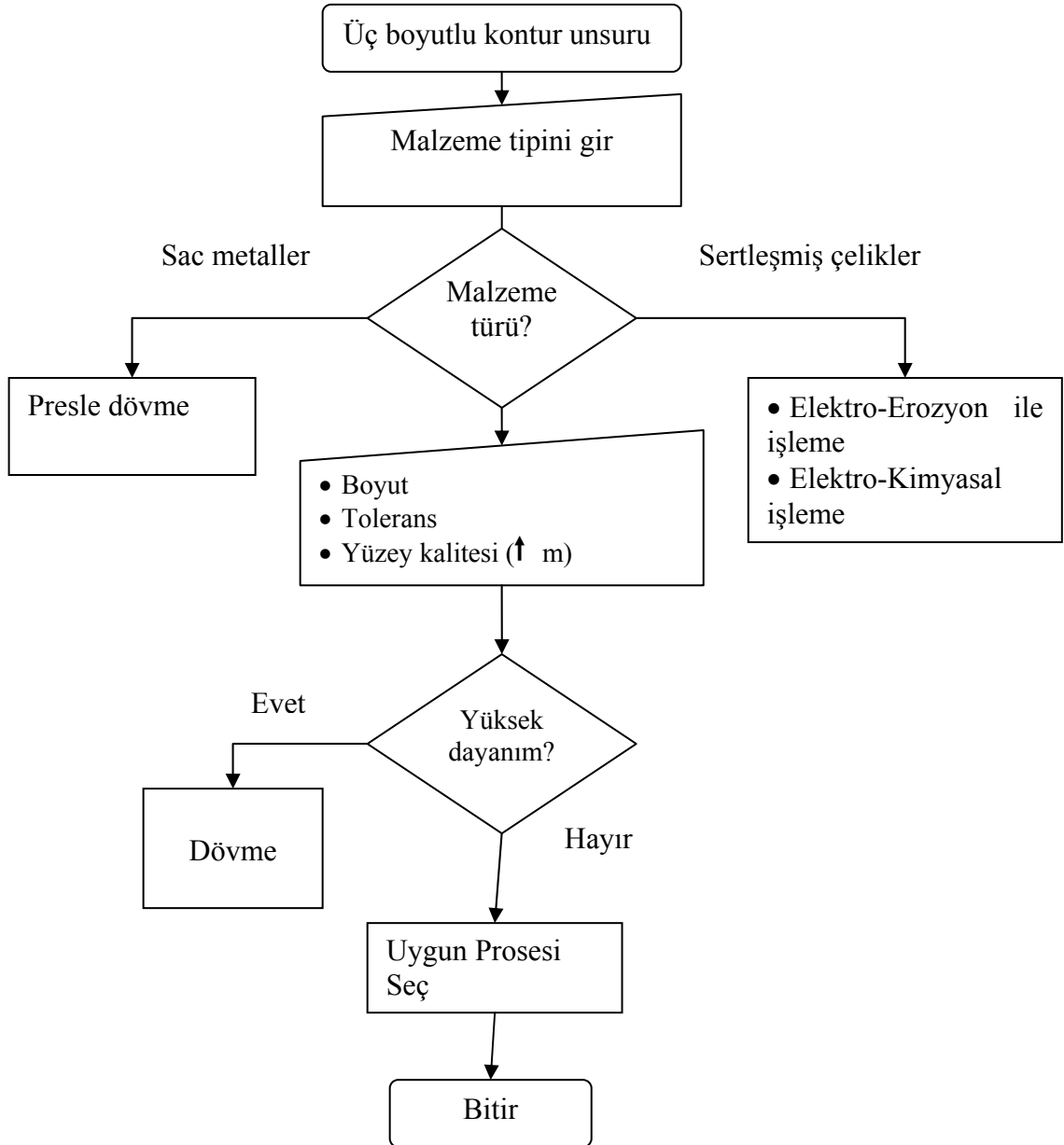
Şekil 9.5. (A.) Radwan'a göre düz yüzeyler için proses seçim akış şeması [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



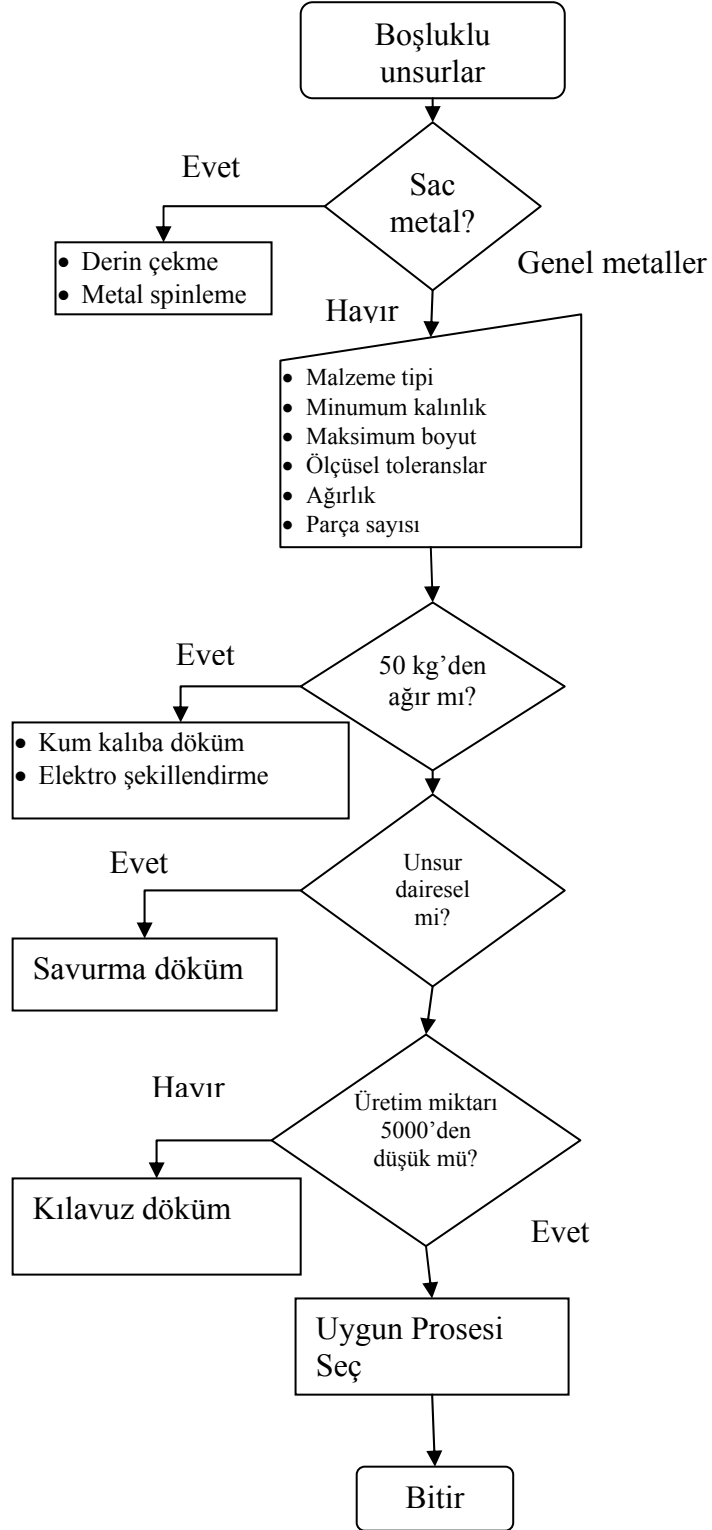
Şekil 9.6. (A.) Radwan'a göre iki boyutlu dış hat unsurların proses seçim akış şeması [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



Şekil 9.7. (A.) Radwan'a göre üç boyutlu dış hat unsurların proses seçim akış şeması [9]

EK-9 (Devam) (A.) Radwan'ın oluşturduğu akış şemaları



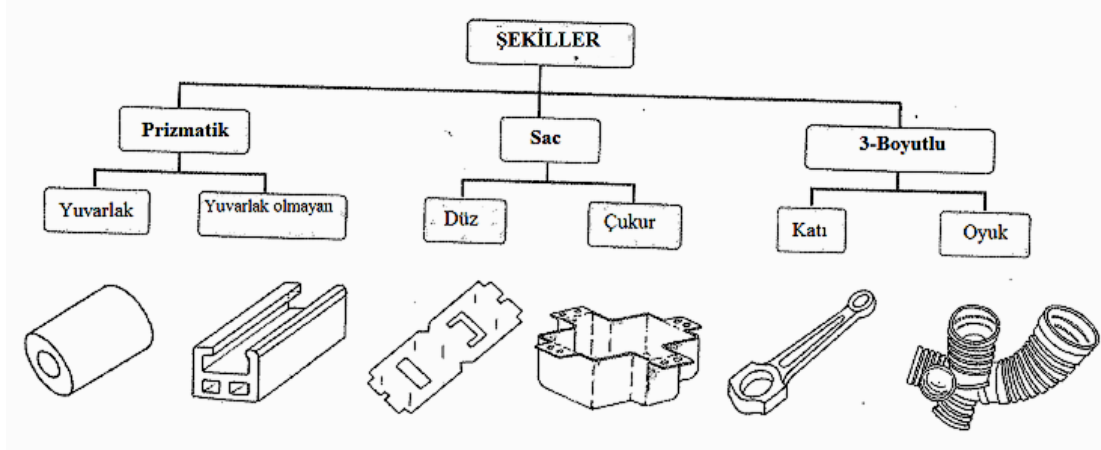
Şekil 9.8. (A.) Radwan'a göre boşluk kesitli unsurlar için proses seçim akış şeması [9]

EK-10 (Michael F.) ASHBY 'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler

	Demirli metaller	Demirsiz metaller	Seramikler	Cam elyaflar	Elastomerler	Termoplastikler	Termosetler	Plastik köpükler	Kompozitler
Kum kalıba döküm	●	●							
Kılavuz döküm	●	●							
Hassas döküm	●	●							
Düşük basınçlı döküm	●	●							
Dövme	●	●							
Ekstrüzyon		●							
Sac şekillendirme	●	●							
Toz metalürjisi	●	●	●						
Otomatik işleme	●	●	●		●	●	●	●	
Manuel işleme	●	●	●	●	●	●	●	●	
Enjeksiyon ile kalıplama				●	●	●	●	●	
Şişe kalıplama				●	●	●	●	●	
Sıkıştırma ile kalıplama				●	●	●	●	●	
Döner kalıplama					●	●	●	●	
Isıl-Şekillendirme					●	●	●	●	
Polimer döküm					●	●	●	●	
Reçine taşıma kalıplama						●	●	●	●
Filaman sargısı									●
Kaplama metodları									●
Vakum									●
Yapıştırma	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kaynak, Metal	●	●							
Kaynak, polimer					●	●	●	●	
Vidalı bağlantılar	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hassas işleme	●	●				●	●		●
Taşlama	●	●	●	●					●
Tepleme	●	●	●	●					●
Cilalama	●	●	●	●		●	●		●

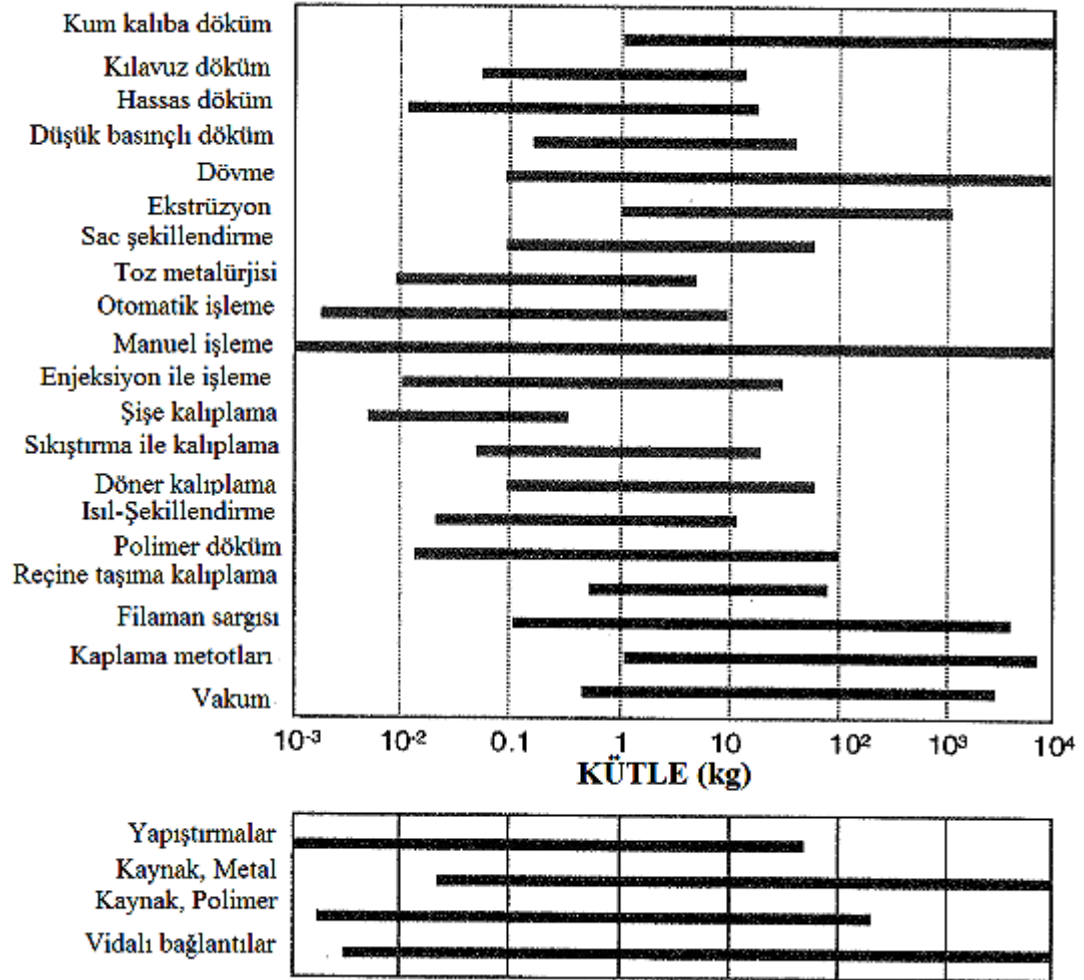
Şekil 10.1. (Michael F.) ASHBY'nin hazırladığı proseslerin malzemelere göre seçimi [3]

EK-10 (Devam) (Michael F.) ASHBY'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler



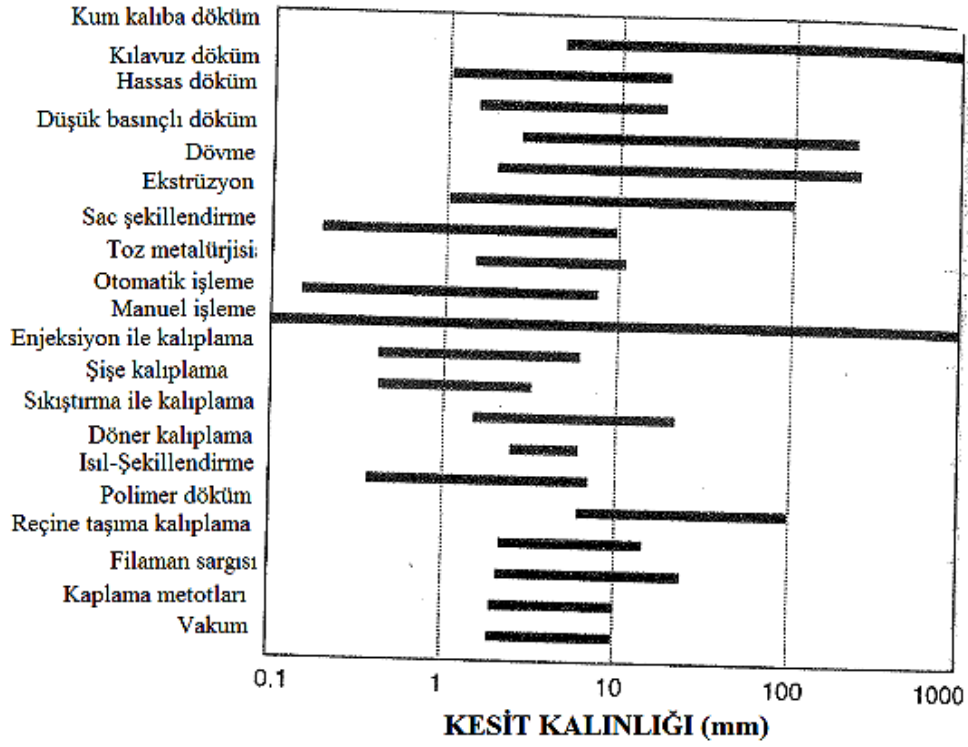
Şekil 10.2. (Michael F.) ASHBY'ye göre parça şekli sınıflaması [3]

EK-10 (Devam) (Michael F.) ASHBY'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler



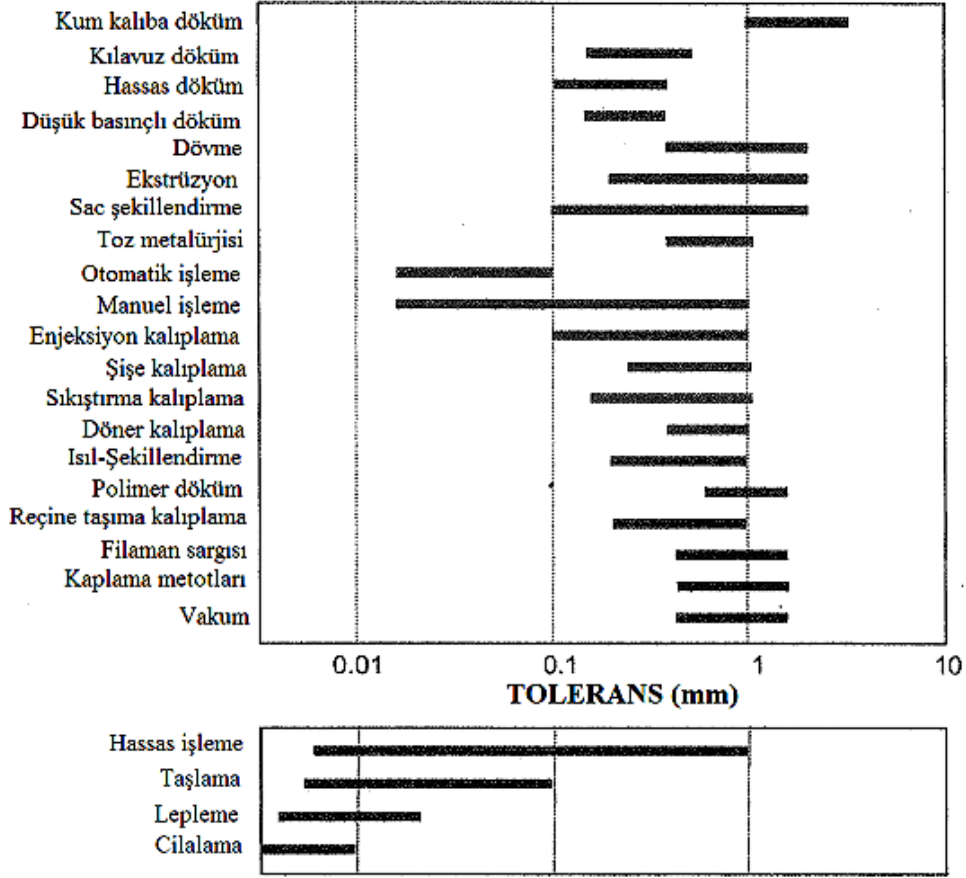
Şekil 10.3. Proseslerin üretebilecekleri parça ağırlığı aralıkları [3]

EK-10 (Devam) (Michael F.) ASHBY'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler



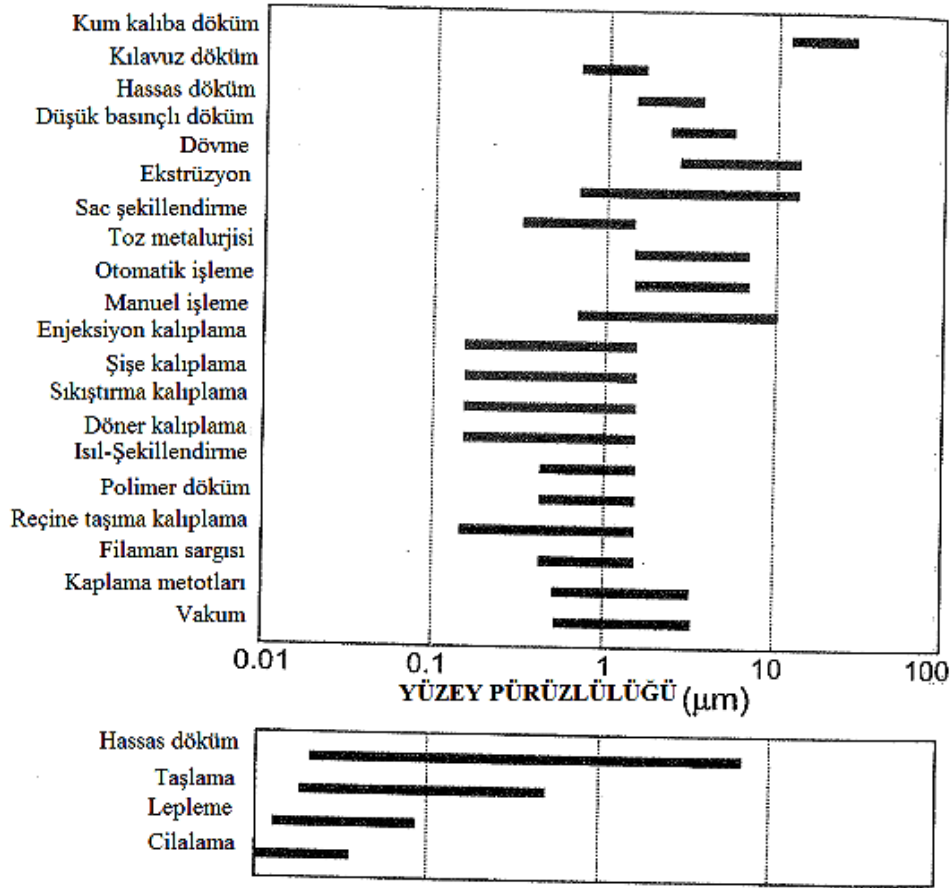
Şekil 10.4. Proseslerin kesit kalınlığı aralıkları [3]

EK-10 (Devam) (Michael F.) ASHBY'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler



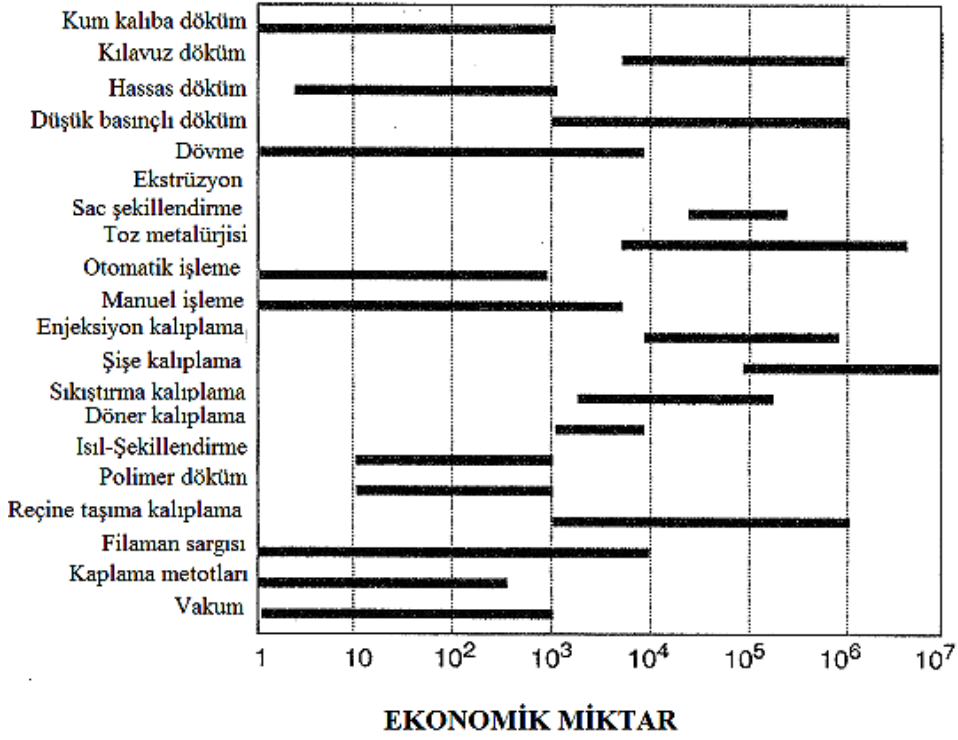
Şekil 10.5. Proseslerin tolerans aralıkları [3]

EK-10 (Devam) (Michael F.) ASHBY'nin proses seçimi için oluşturduğu şekil ve çizelgeler



Şekil 10.6. Proseslerin yüzey kalitesi aralıkları [3]

EK-10 (Devam) (Michael F.) ASHBY Ashby'nin proses seçimi için oluşturduğu
şekil ve çizelgeler



Şekil 10.7. Proseslerin ekonomik miktar aralıkları [3]

EK-11 Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=0,025–0,1 kg; KK=6–75 mm; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/HD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
KKD+MM	2437,68	2948,484	4814,04	8065,008	10993,92	2584,68	3118,752	4670,736	5452,272	6918,576	4054,68	4685,52	7259,112	10954,78	13978,61
HD+MM	2220,48	2698,704	4531,68	7548,768	9171,36	2220,48	2858,112	4116,096	4936,032	5852,736	2220,48	2954,88	5044,032	7645,536	9885,888
PA=0,025–0,1 kg; KK=6–75 mm; YK=0,4–3,2 µm															
Aday Prosesler: KKD/HD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
KKD	645,12	838,656	1935,36	3612,672	4193,28	645,12	903,168	1741,824	1870,848	2064,384	645,12	967,68	2193,408	3677,184	4419,072
HD	1415,12	1724,156	2936,36	4998,672	6657,28	1492,12	1827,168	2819,824	3256,848	4066,384	2262,12	2661,68	4272,408	6526,184	8269,072

PA=0,1–1 kg; KK=1–2,5 mm; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	1422	1786,5	3562,2	6348,6	7504,2	1422	1908	3218,4	3627	4136,4	1422	2008,8	4006,8	6449,4	7981,2
SKD+MM	1354,5	1708,875	3474,45	6268,5	7660,8	1389,15	1827	3206,7	3546,9	4126,5	1735,65	2274,3	4362,75	7027,65	8637,3
PA=0,1–1 kg; KK=1–2,5 mm; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	703,8	809,37	914,94	1196,46	1618,74	703,8	844,56	844,56	1196,46	1548,36	703,8	844,56	985,32	1196,46	1829,88
SKD+MM	1631,7	2027,655	3834,81	6767,46	8547,84	1694,07	2159,64	3594,78	4045,86	4847,22	2317,77	2884,14	5111,19	8053,29	10023,3
PA=0,1–1 kg; KK=1–2,5 mm; YK=0,8–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	414	476,1	538,2	703,8	952,2	414	496,8	496,8	703,8	910,8	414	496,8	579,6	703,8	1076,4
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8	381,15	415,8	485,1	623,7	900,9	727,65	762,3	935,55	1282,05	1732,5
PA=0,1–1 kg; KK=2,5–6 mm; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	1422	1786,5	3562,2	6348,6	7504,2	1422	1908	3218,4	3627	4136,4	1422	2008,8	4006,8	6449,4	7981,2
SKD+MM	1354,5	1708,875	3474,45	6268,5	7660,8	1389,15	1827	3206,7	3546,9	4126,5	1735,65	2274,3	4362,75	7027,65	8637,3
PA=0,1–1 kg; KK=2,5–6 mm; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	703,8	809,37	914,94	1196,46	1618,74	703,8	844,56	844,56	1196,46	1548,36	703,8	844,56	985,32	1196,46	1829,88
SKD+MM	1631,7	2027,655	3834,81	6767,46	8547,84	1694,07	2159,64	3594,78	4045,86	4847,22	2317,77	2884,14	5111,19	8053,29	10023,3

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=0,1–1 kg; KK=2,5–6 mm; YK=0,8–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	703,8	809,37	914,94	1196,46	1618,74	703,8	844,56	844,56	1196,46	1548,36	703,8	844,56	985,32	1196,46	1829,88
SKD+MM	1631,7	2027,655	3834,81	6767,46	8547,84	1694,07	2159,64	3594,78	4045,86	4847,22	2317,77	2884,14	5111,19	8053,29	10023,3
PA=0,1–1 kg; KK=6–75 mm; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	1404	1765,8	3538,8	6318	7462,8	1404	1886,4	3196,8	3596,4	4096,8	1404	1987,2	3981,6	6418,8	7934,4
SKD+MM	1370,25	1726,988	3494,925	6296,85	7711,2	1406,475	1845,9	3228,75	3575,25	4167,45	1768,725	2308,95	4405,275	7085,925	8716,05
KKD+MM	1778	2195,9	4025	7030,8	9016	1855	2335,2	3799,6	4309,2	5227,6	2625	3206	5506,2	8594,6	10754,8
PA=0,1–1 kg; KK=6–75 mm; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	362,25	470,925	1086,75	2028,6	2354,625	362,25	507,15	978,075	1050,525	1159,2	362,25	543,375	1231,65	2064,825	2481,413
SKD+MM	1372	1678,6	2926	5023,2	6608	1442	1780,8	2794,4	3208,8	3970,4	2142	2548	4174,8	6420,4	8103,2
KKD+MM	1344	1646,4	2889,6	4972,8	6518,4	1411,2	1747,2	2755,2	3158,4	3897,6	2083,2	2486,4	4099,2	6316,8	7963,2
PA=0,1–1 kg; KK=2,5–6 mm; YK=0,8–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	396	455,4	514,8	673,2	910,8	396	475,2	475,2	673,2	871,2	396	475,2	554,4	673,2	1029,6
SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	398,475	434,7	507,15	652,05	941,85	760,725	796,95	978,075	1340,325	1811,25
KKD+MM	1176	1402,8	2100	3393,6	4872	1260	1478,4	2083,2	2486,4	3259,2	2100	2352	3410,4	5023,2	6501,6
PA=0,1–1 kg; KK=6–75 mm; YK=3,2–6,3 µm															
Aday Prosesler: SKD/KKD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	398,475	434,7	507,15	652,05	941,85	760,725	796,95	978,075	1340,325	1811,25
KKD	700	805	910	1260	2240	770	840	980	1260	1820	1470	1540	1890	2590	3500

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=1–5 kg; KK=1–2,5 mm; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	1036,8	1283,04	2376	4121,28	4924,8	1036,8	1365,12	2151,36	2488,32	2885,76	1036,8	1425,6	2661,12	4181,76	5266,08
SKD+MM	951,3	1184,715	2264,85	4010,58	5040	985,95	1262,52	2118,06	2377,62	2836,26	1332,45	1669,5	2991,87	4729,41	5875,38
PA=1–5 kg; KK=1–2,5 mm; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	691,2	794,88	898,56	1175,04	1589,76	691,2	829,44	829,44	1175,04	1520,64	691,2	829,44	967,68	1175,04	1797,12
SKD+MM	888,3	1082,025	1840,23	3131,1	4173,12	936,81	1146,6	1767,78	2042,46	2551,5	1421,91	1672,02	2680,65	4093,11	5187,42
PA=1–5 kg; KK=1–2,5 mm; YK=0,8–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	432	496,8	561,6	734,4	993,6	432	518,4	518,4	734,4	950,4	432	518,4	604,8	734,4	1123,2
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8	381,15	415,8	485,1	623,7	900,9	727,65	762,3	935,55	1282,05	1732,5
PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD+MM	848,4	1046,22	1902,6	3276,84	3927	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD	604,8	695,52	786,24	1028,16	1391,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=0,8–1,6 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD	369,9	425,385	480,87	628,83	850,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	363,825	418,3988	472,9725	654,885	1164,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3121,56	3528,72	5544,48	9532,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD	378	434,7	491,4	642,6	869,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=3,2–6,3 µm															
Aday Prosesler: SKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	3590,4	4128,96	4667,52	11489,28	17952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	1386	1745,1	3515,4	6287,4	7421,4	1386	1864,8	3175,2	3565,8	4057,2	1386	1965,6	3956,4	6388,2	7887,6
SKD+MM	1354,5	1708,875	3474,45	6268,5	7660,8	1389,15	1827	3206,7	3546,9	4126,5	1735,65	2274,3	4362,75	7027,65	8637,3
PA=1–5 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	604,8	695,52	786,24	1028,16	1391,04	604,8	725,76	725,76	1028,16	1330,56	604,8	725,76	846,72	1028,16	1572,48
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4	851,55	1074,36	1755,18	1987,86	2406,18	1198,05	1467,9	2534,91	3963,33	4954,74
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM/KKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD+MM	768	933,6	1569,6	2616	3177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	698,25	853,3875	1478,925	2533,65	3343,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	756	919,8	1554	2637,6	3528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2536	2966,8	3868	8921,6	13184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM/KKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD	691,2	794,88	898,56	1175,04	1589,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	765,45	940,7475	1680,525	2909,97	3780	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	753,2	926,66	1664,6	2887,92	3740,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2603,2	3054,16	4069,6	9297,92	13620,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=0,8–1,6 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/KKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HD	518,4	596,16	673,92	881,28	1192,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	434,7	499,905	565,11	782,46	1391,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	686	839,3	1463	2511,6	3304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2536	2966,8	3868	8921,6	13184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/KKD/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	432	496,8	561,6	734,4	993,6	HD	432	496,8	561,6	734,4	993,6	HD	432	496,8	561,6
SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	SKD	362,25	416,5875	470,925
KKD	350	402,5	455	630	1120	KKD	350	402,5	455	630	1120	KKD	350	402,5	455
SD+MM	5836	6761,8	8158	19481,6	29684	SD+MM	5836	6761,8	8158	19481,6	29684	SD+MM	5836	6761,8	8158
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=3,2–6,3 µm															
Aday Prosesler: SKD/KKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	560	644	728	1008	1792	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	2200	2530	2860	7040	11000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ= T0/1/2/7; YK=6,3–12,5 µm															
Aday Prosesler: SKD/KKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	420	483	546	756	1344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	2200	2530	2860	7040	11000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	768	933,6	1569,6	2616	3177,6	768	988,8	1425,6	1708,8	2025,6	768	1022,4	1747,2	2649,6	3424,8
SKD+MM	698,25	853,3875	1478,925	2533,65	3343,2	734,475	905,1	1414,35	1626,45	2017,05	1096,725	1300,95	2120,475	3255,525	4112,85
KKD+MM	756	919,8	1554	2637,6	3528	798	974,4	1495,2	1730,4	2167,2	1218	1428	2276,4	3469,2	4401,6
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	691,2	794,88	898,56	1175,04	1589,76	691,2	829,44	829,44	1175,04	1520,64	691,2	829,44	967,68	1175,04	1797,12
SKD+MM	765,45	940,7475	1680,525	2909,97	3780	801,675	999,18	1595,79	1821,33	2232,09	1163,925	1401,75	2348,955	3638,565	4573,17
KKD+MM	753,2	926,66	1664,6	2887,92	3740,8	788,2	984,48	1578,64	1799,28	2200,24	1138,2	1374,8	2315,88	3593,24	4511,92
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK=0,8–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	453,6	521,64	589,68	771,12	1043,28	453,6	544,32	544,32	771,12	997,92	453,6	544,32	635,04	771,12	1179,36
SKD	380,3625	437,4169	494,4713	684,6525	1217,16	418,3988	456,435	532,5075	684,6525	988,9425	798,7613	836,7975	1026,979	1407,341	1901,813
KKD+MM	686	839,3	1463	2511,6	3304	721	890,4	1397,2	1604,4	1985,2	1071	1274	2087,4	3210,2	4051,6

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK=3,2–6,3 µm															
Aday Prosesler: SKD/KKD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
SKD	362,25	416,5875	470,925	652,05	1159,2	398,475	434,7	507,15	652,05	941,85	760,725	796,95	978,075	1340,325	1811,25
KKD	630	724,5	819	1134	2016	693	756	882	1134	1638	1323	1386	1701	2331	3150
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK<0,4 µm															
Aday Prosesler: HD+MM/SKD+MM/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD+MM	768	933,6	1569,6	2616	3177,6	768	988,8	1425,6	1708,8	2025,6	768	1022,4	1747,2	2649,6	3424,8
SKD+MM	698,25	853,3875	1478,925	2533,65	3343,2	734,475	905,1	1414,35	1626,45	2017,05	1096,725	1300,95	2120,475	3255,525	4112,85
KKD+MM	756	919,8	1554	2637,6	3528	798	974,4	1495,2	1730,4	2167,2	1218	1428	2276,4	3469,2	4401,6
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK=0,4–0,8 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD+MM/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	691,2	794,88	898,56	1175,04	1589,76	691,2	829,44	829,44	1175,04	1520,64	691,2	829,44	967,68	1175,04	1797,12
SKD+MM	765,45	940,7475	1680,525	2909,97	3780	801,675	999,18	1595,79	1821,33	2232,09	1163,925	1401,75	2348,955	3638,565	4573,17
KKD+MM	753,2	926,66	1664,6	2887,92	3740,8	788,2	984,48	1578,64	1799,28	2200,24	1138,2	1374,8	2315,88	3593,24	4511,92
PA=1–5 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 HARİÇ DİĞER ŞEKİLLER; YK=0,8–3,2 µm															
Aday Prosesler: HD/SKD/KKD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5
HD	453,6	521,64	589,68	771,12	1043,28	453,6	544,32	544,32	771,12	997,92	453,6	544,32	635,04	771,12	1179,36
SKD	380,3625	437,4169	494,4713	684,6525	1217,16	418,3988	456,435	532,5075	684,6525	988,9425	798,7613	836,7975	1026,979	1407,341	1901,813
KKD+MM	686	839,3	1463	2511,6	3304	721	890,4	1397,2	1604,4	1985,2	1071	1274	2087,4	3210,2	4051,6
PA=1–5 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK<1,6 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	686	839,3	1463	2511,6	3304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2536	2966,8	3868	8921,6	13184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	686	839,3	1463	2511,6	3304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5500	6325	7150	17600	27500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=1–5 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=3,2–12,5 µm															
Aday Prosesler: KKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	630	724,5	819	1134	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5500	6325	7150	17600	27500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=5–50 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK<0,8 µm																
Aday Prosesler: SKD+MM/SD+MM																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	699,3	857,115	1508,85	2599,38	3402	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2596,8	3039,24	3975,6	9156,48	13513,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=0,8–1,6 µm																
Aday Prosesler: SKD/SD+MM																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	415,8	478,17	540,54	748,44	1330,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2580	3017,4	3925,2	9062,4	13404	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=2,5–6 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=1,6–6,3 µm																
Aday Prosesler: SKD/SD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	363,825	418,3988	472,9725	654,885	1164,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	2244	2580,6	2917,2	7180,8	11220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK<0,8 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SKD+MM/SD+MM																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=0,8–1,6 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SKD/SD+MM																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	702,8	861,14	1513,4	2605,68	3413,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	554,4	637,56	720,72	997,92	1774,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2596,8	3039,24	3975,6	9156,48	13513,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SKD/SD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	686	839,3	1463	2511,6	3304	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	415,5	477,825	540,15	747,9	1329,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=3,2–6,3 µm																
Aday Prosesler: KKD/SKD/SD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	560	644	728	1008	1792	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	363,9	418,485	473,07	655,02	1164,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	4039,2	4645,08	5250,96	12925,44	20196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=6,3–12,5 µm																
Aday Prosesler: KKD/SD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	420	483	546	756	1344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	2692,8	3096,72	3500,64	8616,96	13464	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 Haricindeki bütün şekiller; YK<0,8 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SKD+MM																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD+MM	816,9	1009,995	1861,65	3257,94	4166,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 Haricindeki bütün şekiller; YK=0,8–3,2 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SKD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	756	919,8	1554	2637,6	3528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7 Haricindeki bütün şekiller; YK=3,2–6,3 µm																
Aday Prosesler: KKD/SKD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	630	724,5	819	1134	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SKD	346,5	398,475	450,45	623,7	1108,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK<1,6 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SD+MM																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm																
Aday Prosesler: KKD+MM/SD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=5–50 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=3,2–12,5 µm																
Aday Prosesler: KKD/SD																
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	630	724,5	819	1134	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK-11 (Devam) Demir ve Üretim Miktarı 1–100 İçin Proses Seçim Akış Şeması Oluşturulurken Maliyet Analizinin Yapılışı

PA=50–5000 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK<1,6 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=50–5000 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=50–5000 kg; KK=6–75 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=3,2–12,5 µm															
Aday Prosesler: KKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	630	724,5	819	1134	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=50–5000 kg; KK=75–125mm; PŞ=T0/1/2/7; YK<1,6 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/SD+MM															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+MM	2714,4	3192,12	4328,4	9815,04	14277,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=50–5000 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=1,6–3,2 µm															
Aday Prosesler: KKD+MM/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD+MM	820,4	1014,02	1866,2	3264,24	4177,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PA=50–5000 kg; KK=75–125 mm; PŞ=T0/1/2/7; YK=3,2–12,5 µm															
Aday Prosesler: KKD/SD															
Maliyet	A1	A2	A3	A4	A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KKD	630	724,5	819	1134	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD	5610	6451,5	7293	17952	28050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

EK-12 Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

decimal vUretim = Convert.ToDecimal(tbUretimMiktar.Text.Trim());
decimal pAgirlik = Convert.ToDecimal(tbParcaAgirlik.Text.Trim());
decimal kKalinlik = Convert.ToDecimal(tbKesitK.Text.Trim());
decimal yKalite = Convert.ToDecimal(tbYuzeyK.Text.Trim());
string maliyetparcasek = tbmaliyetsek.Text.Trim();
string parcasek = tbParcaSek.Text.Trim();
if (cbMalzeme.SelectedIndex == 0)
{
    if ((1 <= vUretim) & (vUretim <= 100))
    {
        if ((0.0005M <= pAgirlik) & (pAgirlik <= 0.025M))
        {
            if ((1 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 75))
            {
                if ((yKalite <= 0.4M))
                {
                    { a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
                }
                else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
                {
                    {a = "Hassas Döküm";}
                }
                else
                {
                    {a = "Uygun Proses Yok";}
                }
            }
        }
        else
        {
            {a = "Uygun Proses Yok";}
        }
    }
    else if ((0.025M <= pAgirlik) & (pAgirlik <= 0.1M))
    {
        if ((1 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 6))
        {
            if ((yKalite <= 0.4M))

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

        {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
        {a = "Hassas Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else if ((6 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 75))
{
    if ((yKalite <= 0.4M))
        {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
        {a = "Hassas Döküm";}
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else
{
    if ((yKalite <= 3.2M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((0.1M <= pAgirlik) & (pAgirlik <= 1M))
{

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

if ((0.6M <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 1))
{
    if ((yKalite <= 0.8M))
        {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
        {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else if ((1 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 6))
{
    if ((yKalite <= 0.4M))
    {
        if ((malietparcasek == "A1") | (malietparcasek == "A2") |
            (malietparcasek == "A3") | (malietparcasek == "A4") |
            (malietparcasek == "B1") | (malietparcasek == "B2") |
            (malietparcasek == "B3") | (malietparcasek == "B4") |
            (malietparcasek == "B5"))
            {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
        else
            {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
    }
    else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
        {a = "Hassas Döküm";}
    else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
    {
        if ((malietparcasek == "A1") | (malietparcasek == "A2") |
            (malietparcasek == "A3") | (malietparcasek == "A4") |
            (malietparcasek == "B1") | (malietparcasek == "B2") |

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

(maliyetparcasek == "B3") | (maliyetparcasek == "B4") |
(maliyetparcasek == "B5"))
    {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Hassas Döküm";}
}
else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
    {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else if ((6 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 75))
{
    if ((yKalite <= 0.4M))
    {
        if ((maliyetparcasek == "A1") | (maliyetparcasek == "A2") |
(maliyetparcasek == "A3") | (maliyetparcasek == "A4") |
(maliyetparcasek == "B2") | (maliyetparcasek == "B4"))
            {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
        else
            {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
    }
    else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
        {a = "Hassas Döküm";}
    else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
    {
        if ((maliyetparcasek == "A1") | (maliyetparcasek == "A2") |
(maliyetparcasek == "A3") | (maliyetparcasek == "A4") |
(maliyetparcasek == "B2") | (maliyetparcasek == "B4"))

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

        {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Hassas Döküm";}
}
else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
    {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
else if ((6.3M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
    {a = "Kum Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else
{
    if ((yKalite <= 3.2M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((1 <= pAgirlik) & (pAgirlik <= 5))
{
    if ((0.6M <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 1))
    {
        if ((yKalite <= 0.8M))
            {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
        else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
            {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
    }
}

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else if ((1 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 2.5M))
{
    if ((yKalite <= 0.4M))
    {
        if (maliyetparcasek == "A5")
            {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
        else
            {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    }
    else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
    {
        if (maliyetparcasek == "A4")
            {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
        else
            {a = "Hassas Döküm";}
    }
    else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
    {
        if (maliyetparcasek == "A5")
            {a = "Hassas Döküm";}
        else
            {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
    }
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
        {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
    Else

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

        {a = "Uygun Proses Yok";}
    }
    else if ((2.5M <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 6))
    {
        if ((parcasek == "T0") | (parcasek == "T1") | (parcasek == "T2") |
        (parcasek == "T7"))
        {
            if ((yKalite <= 0.4M))
            {
                if (malietparcasek == "A5")
                {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
                else
                {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
            }
            else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
            {a = "Hassas Döküm";}
            else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
            {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
            else if ((6.3M <= yKalite) & (yKalite <= 12.5M))
            {a = "Savurma Döküm";}
            else
            {a = "Uygun Proses Yok";}
        }
    }
    else
    {
        if ((yKalite <= 0.4M))
        {

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

if((malietparcasek == "A5") | (malietparcasek == "C1") |
(malietparcasek == "C2") | (malietparcasek == "C3") |
(malietparcasek == "C4") | (malietparcasek == "C5"))
{a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
else
{a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
}
else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
{a = "Hassas Döküm";}
else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
{
    if((malietparcasek == "A5") | (malietparcasek == "C1") |
(malietparcasek == "C2") | (malietparcasek == "C3") |
(malietparcasek == "C4") | (malietparcasek == "C5"))
    {a = "Hassas Döküm";}
    else
    {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
}
else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
{a = "Seramik Kalıba Döküm";}
else
{a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((6 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 75))
{
    if((parcasek == "T0") | (parcasek == "T1") | (parcasek == "T2") |
(parcasek == "T7"))
    {

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

if ((yKalite <= 0.4M))
{
    if (malietparcasek == "A5")
        {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
    else
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
}
else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
    {a = "Hassas Döküm";}
else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 1.6M))
{
    if ((malietparcasek == "A5"))
        {a = "Hassas Döküm";}
    else
        {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
}
else if ((1.6M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
    {a = "Savurma Döküm";}
else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
    {a = "Kum Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else
{
    if ((yKalite <= 0.4M))
    {

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

if((malietparcasek == "A5") | (malietparcasek == "C1") |
(malietparcasek == "C2") | (malietparcasek == "C3") |
(malietparcasek == "C4") | (malietparcasek == "C5"))
    {a = "Hassas Döküm + Manuel İşleme";}
else
    {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
}
else if ((0.4M <= yKalite) & (yKalite <= 0.8M))
    {a = "Hassas Döküm";}
else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
{
    if((malietparcasek == "A5") | (malietparcasek == "C1") |
(malietparcasek == "C2") | (malietparcasek == "C3") |
(malietparcasek == "C4") | (malietparcasek == "C5"))
        {a = "Hassas Döküm";}
    else
        {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
}
else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
    {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
else if ((6.3M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
    {a = "Kum Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((75 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 125))
{

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

if ((parcasek == "T0") | (parcasek == "T1") | (parcasek == "T2") |
(parcasek == "T7"))
{
    if ((yKalite <= 1.6M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((1.6M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
        {a = "Savurma Döküm";}
    else
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
}
else
    {a = "Kum Kalıba Döküm";}
}
else
{
    if ((yKalite <= 3.2M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((5 <= pAgirlik) & (pAgirlik <= 50))
{
    if ((0.6M <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 6))
    {
        if ((yKalite <= 0.8M))
            {a = "Seramik Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    }
}

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
    {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else if ((6 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 75))
{
    if ((yKalite <= 0.8M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((0.8M <= yKalite) & (yKalite <= 6.3M))
        {a = "Seramik Kalıba Döküm";}
    else if ((6.3M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else if ((75 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 125))
{
    if ((parcasek == "T0") | (parcasek == "T1") | (parcasek == "T2") | (parcasek
== "T7"))
    {
        if ((yKalite <= 1.6M))
            {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
        else if ((1.6M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
            {a = "Savurma Döküm";}
        else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
            {a = "Kum Kalıba Döküm";}
        else
            {a = "Uygun Proses Yok";}
    }
}

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

    }
else
{
    if ((yKalite <= 3.2M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((50 <= pAgirlik) & (pAgirlik <= 5000))
{
    if ((2.5M <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 6))
    {
        if ((yKalite <= 1.6M))
            {a = "Savurma Döküm + Manuel İşleme";}
        else if ((1.6M <= yKalite) & (yKalite <= 12.5M))
            {a = "Savurma Döküm";}
        else
            {a = "Uygun Proses Yok";}
    }
    else if ((6 <= kKalinlik) & (kKalinlik <= 125))
    {
        if ((parcasek == "T0") | (parcasek == "T1") | (parcasek == "T2") | (parcasek
== "T7"))
        {
            if ((yKalite <= 1.6M))
                {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}

```

EK-12 (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```

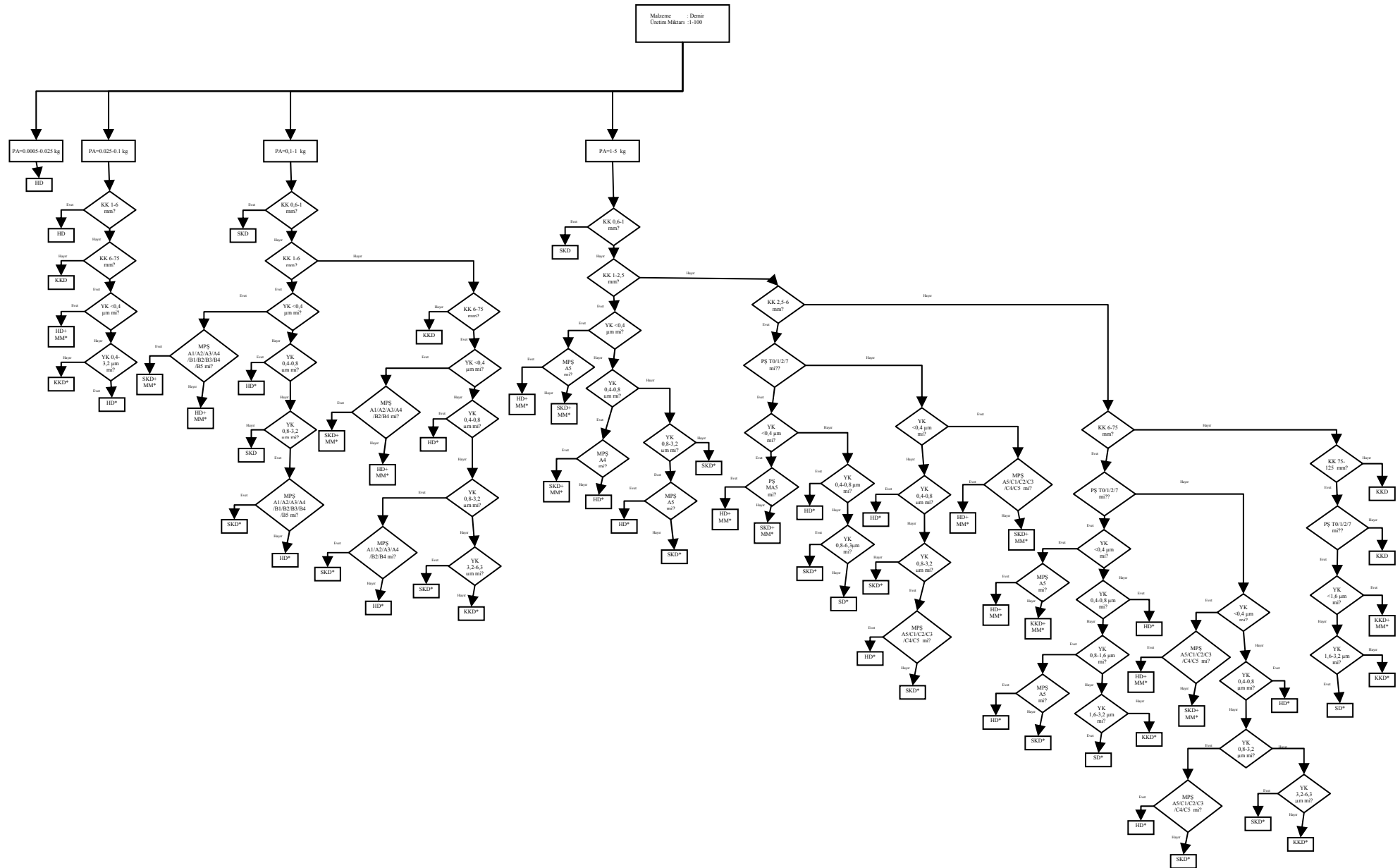
else if ((1.6M <= yKalite) & (yKalite <= 3.2M))
    {a = "Savurma Döküm";}
else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
    {a = "Kum Kalıba Döküm";}
else
    {a = "Uygun Proses Yok";}
}
else
    {a = "Kum Kalıba Döküm";}
}
else
{
    if ((yKalite <= 3.2M))
        {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
    else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
        {a = "Kum Kalıba Döküm";}
    else
        {a = "Uygun Proses Yok";}
}
}
else if ((5000 <= pAgirlik))
{
    if ((6 <= kKalinlik))
    {
        if ((yKalite <= 3.2M))
            {a = "Kum Kalıba Döküm + Manuel İşleme";}
        else if ((3.2M <= yKalite) & (yKalite <= 25))
            {a = "Kum Kalıba Döküm";}
        Else

```

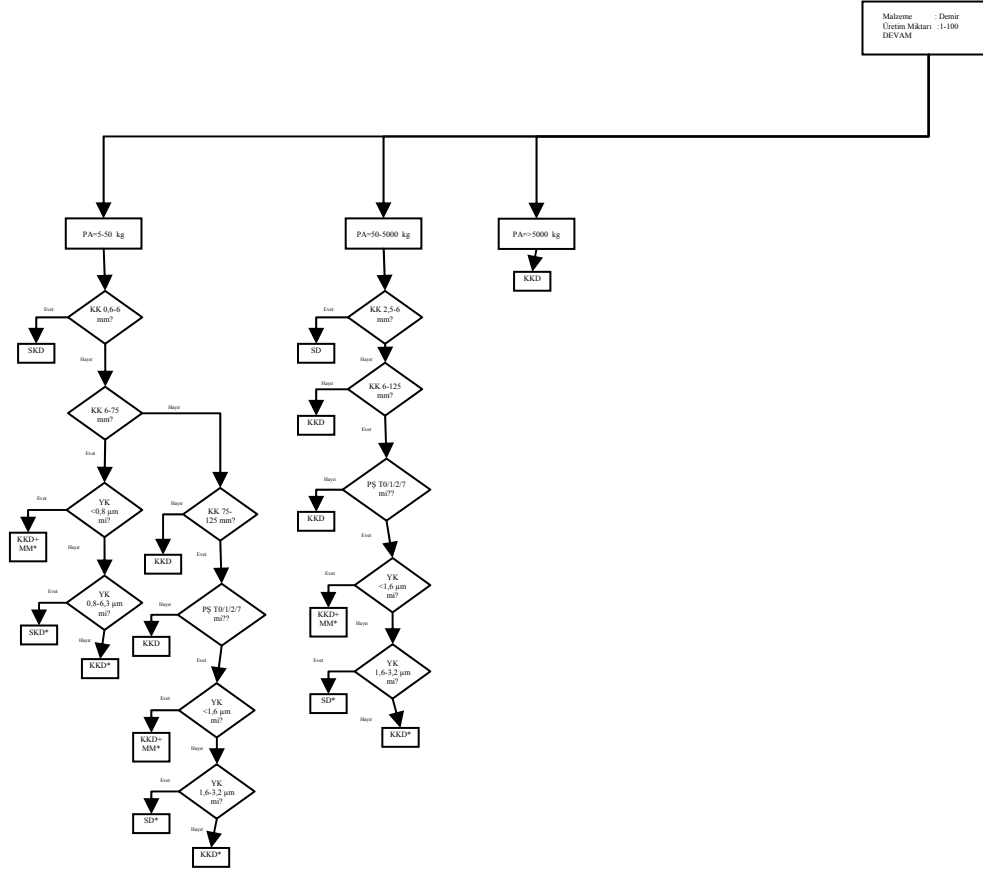
EK-12- (Devam) Demir ve üretim miktarı 1–100 için Visual Stüdio 2008 yazılım programına aktarılışı

```
        {a = "Uygun Proses Yok";}  
    }  
    else  
        {a = "Uygun Proses Yok";}  
    }  
    else  
        {a = "Uygun Proses Yok";}  
    }  
    else if ((100 <= vUretim) & (vUretim <= 1000))  
    {.....
```

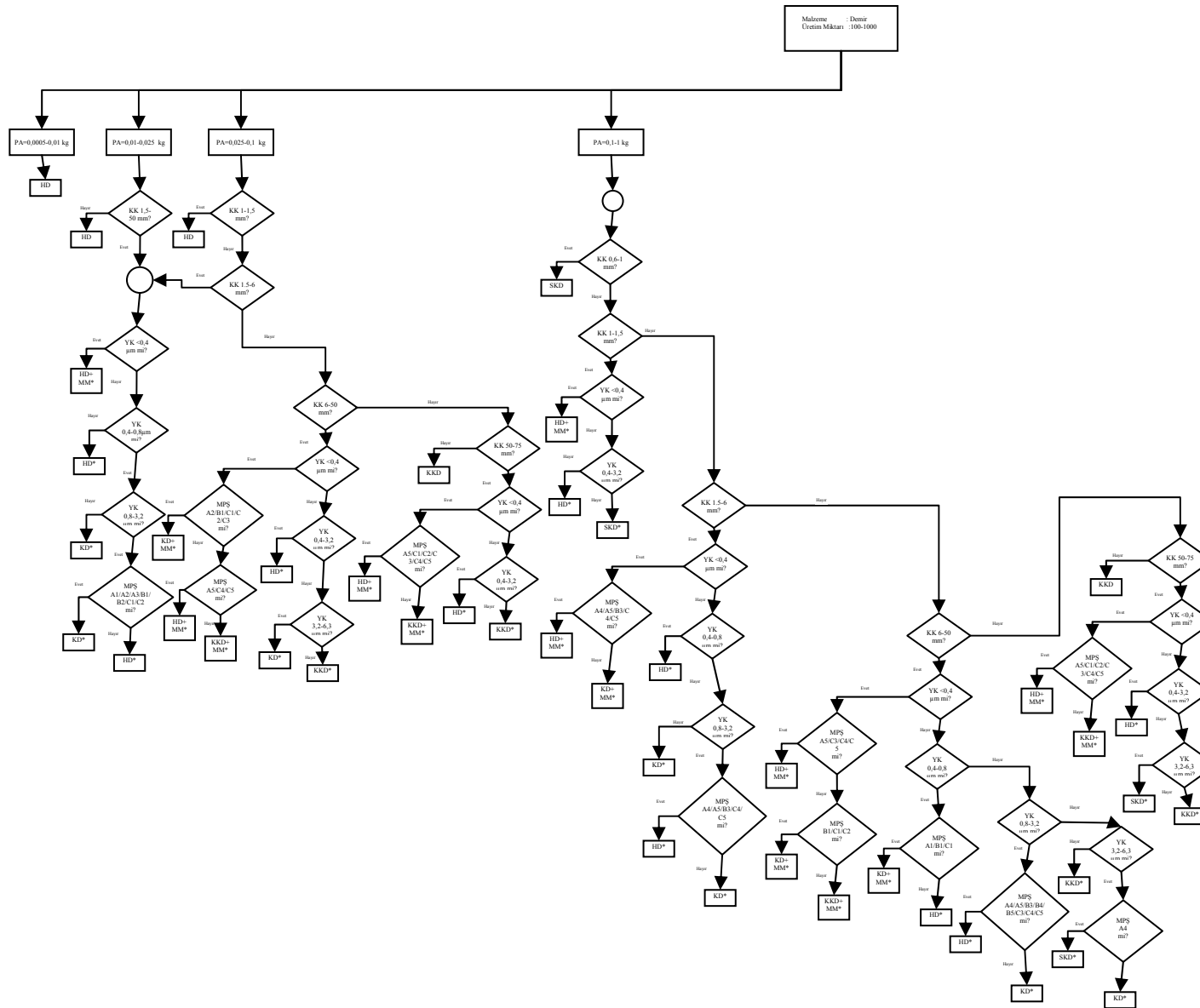
EK-13 Oluşturulan Proseç programının akış şeması



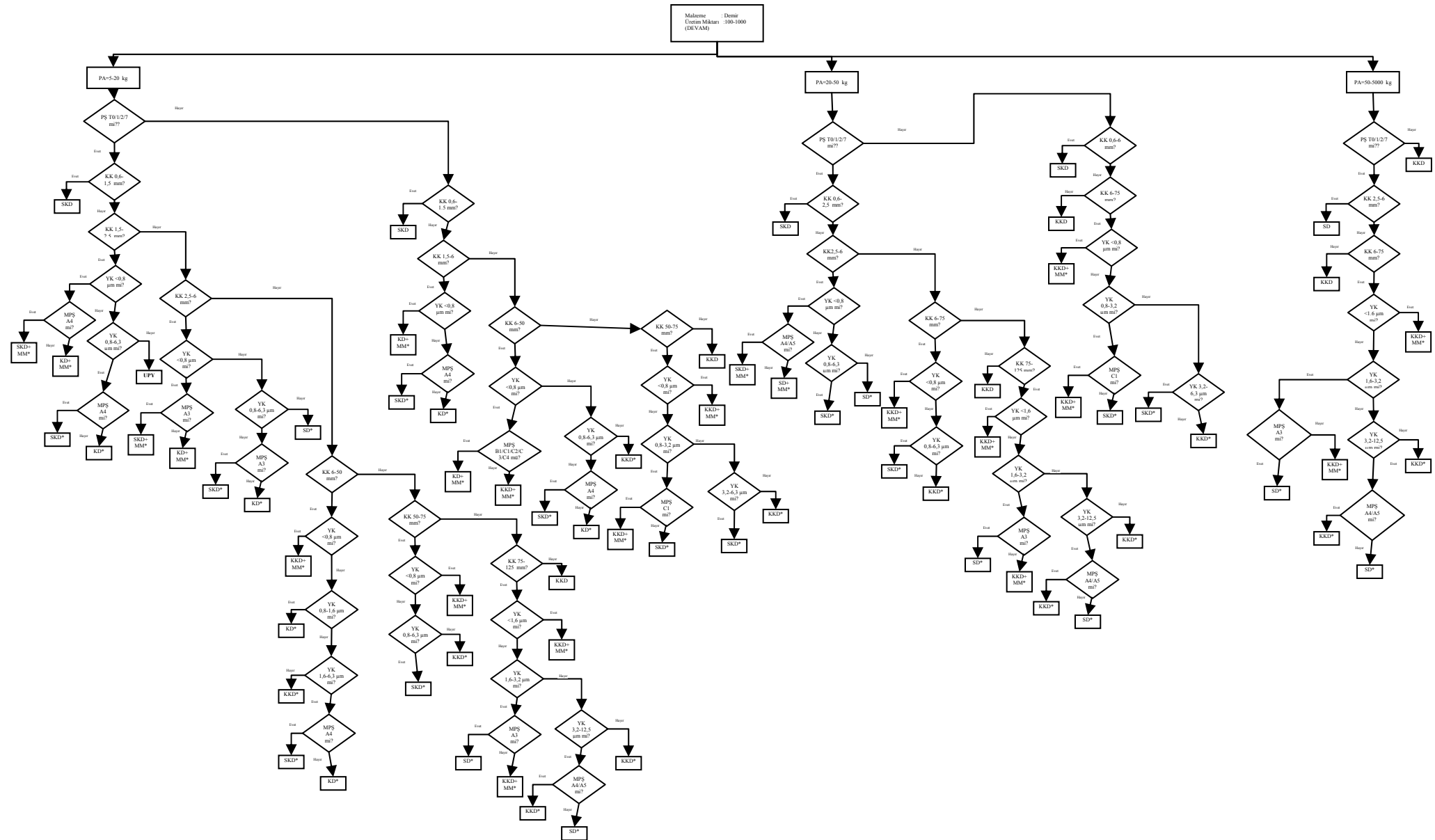
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



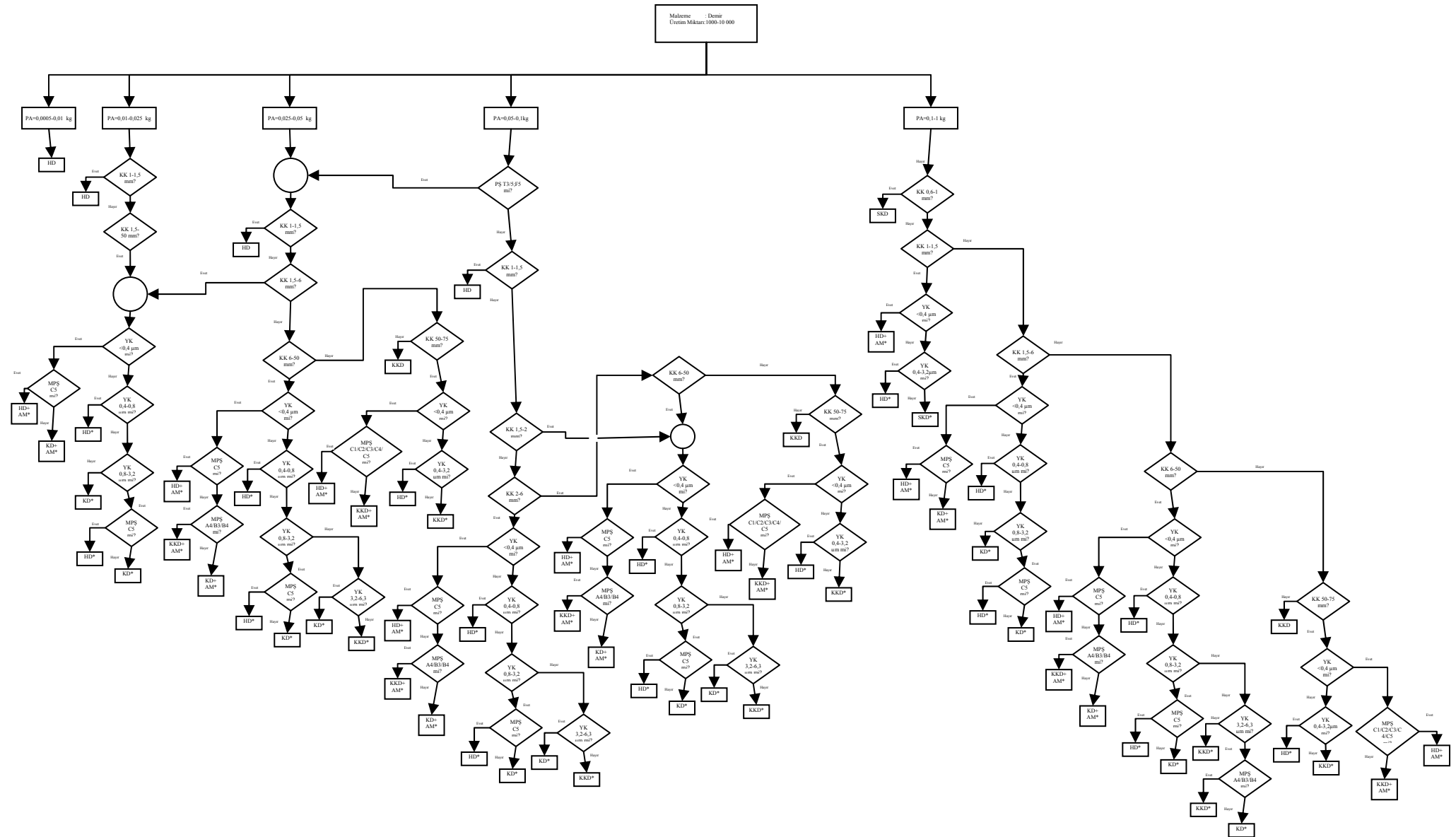
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



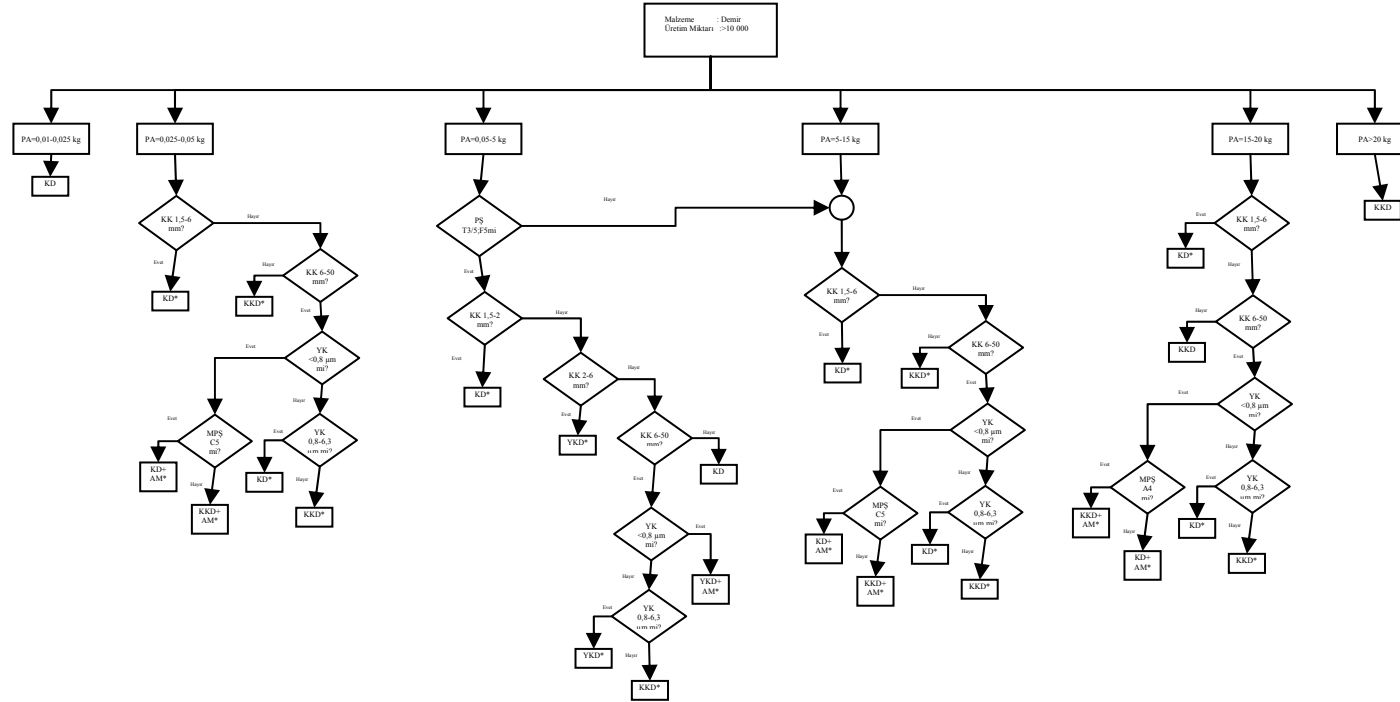
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



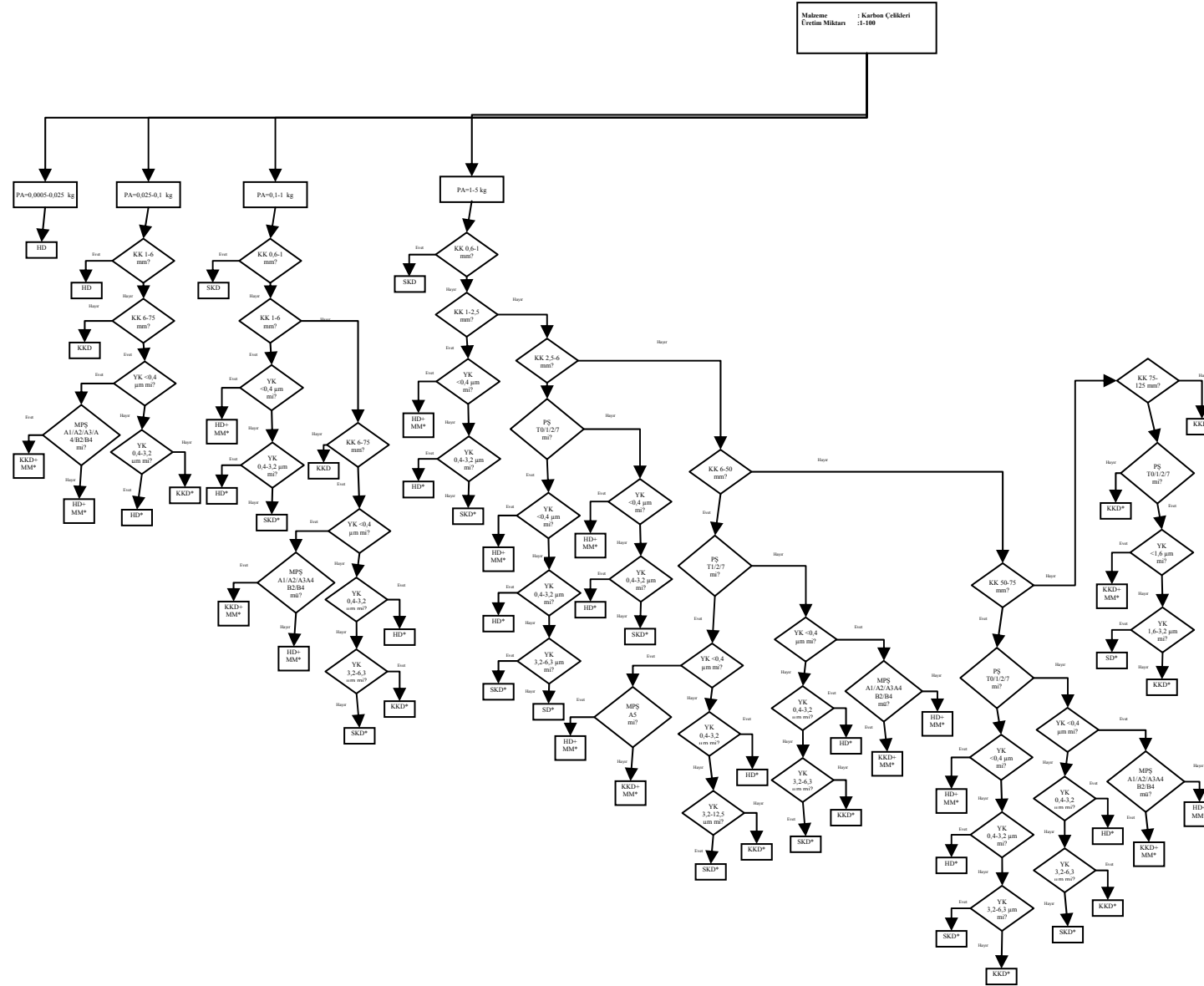
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



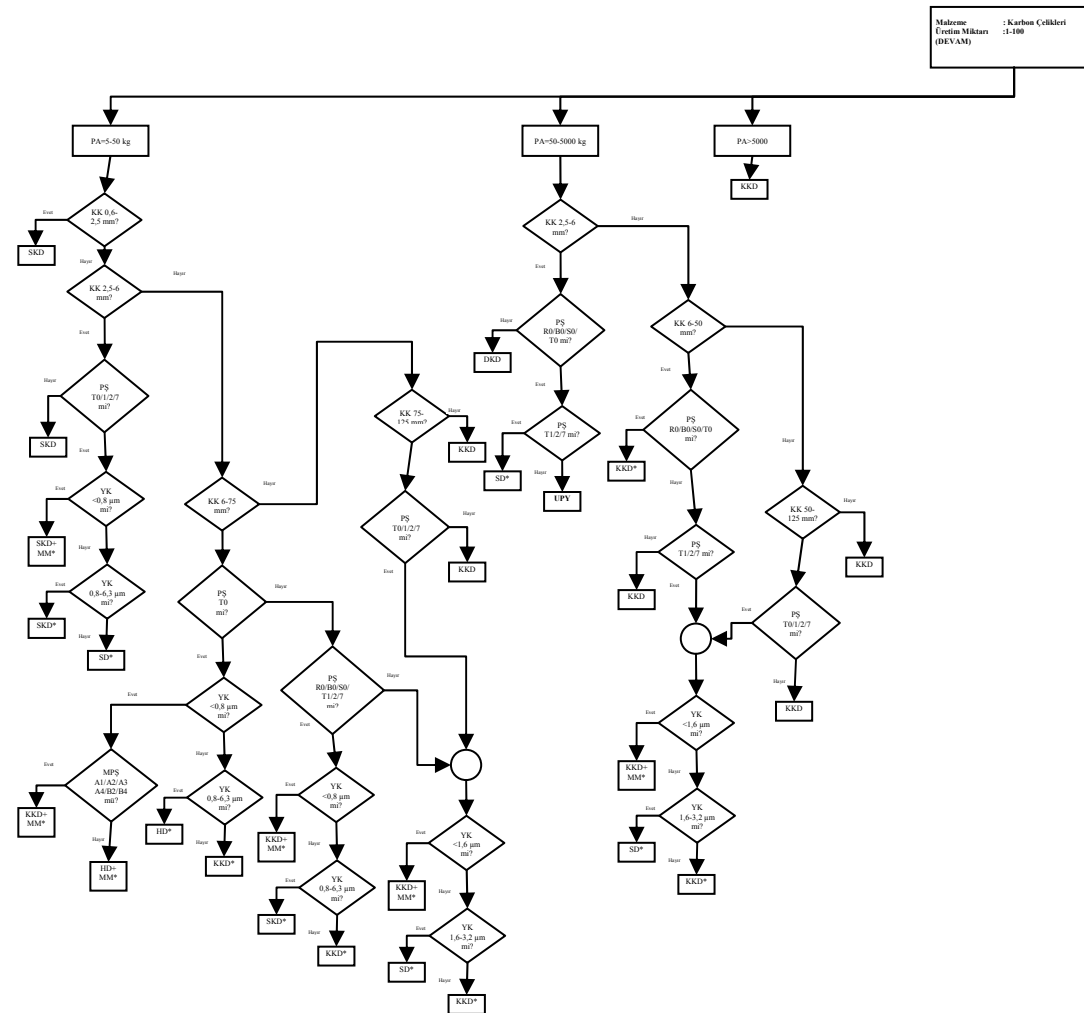
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



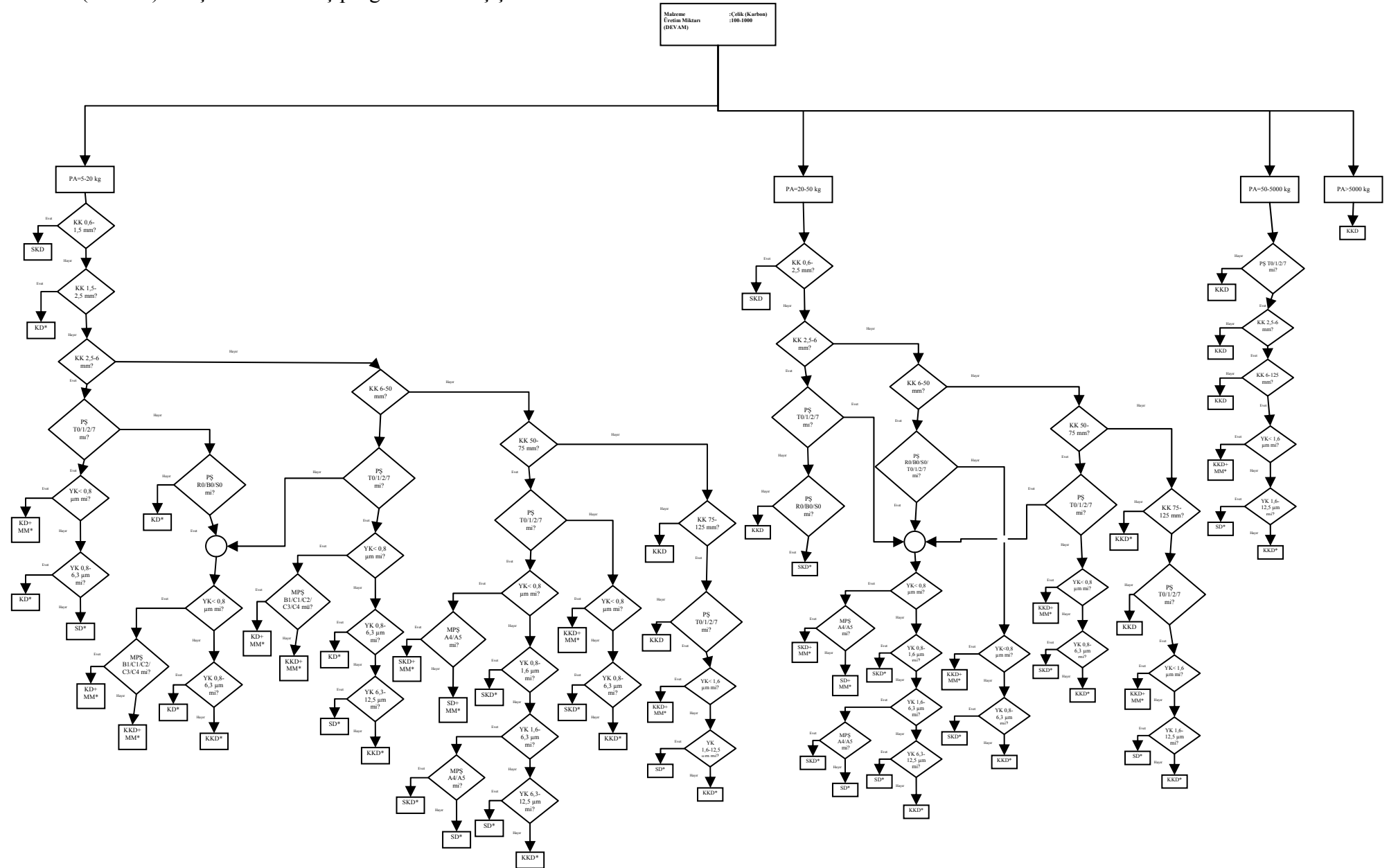
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



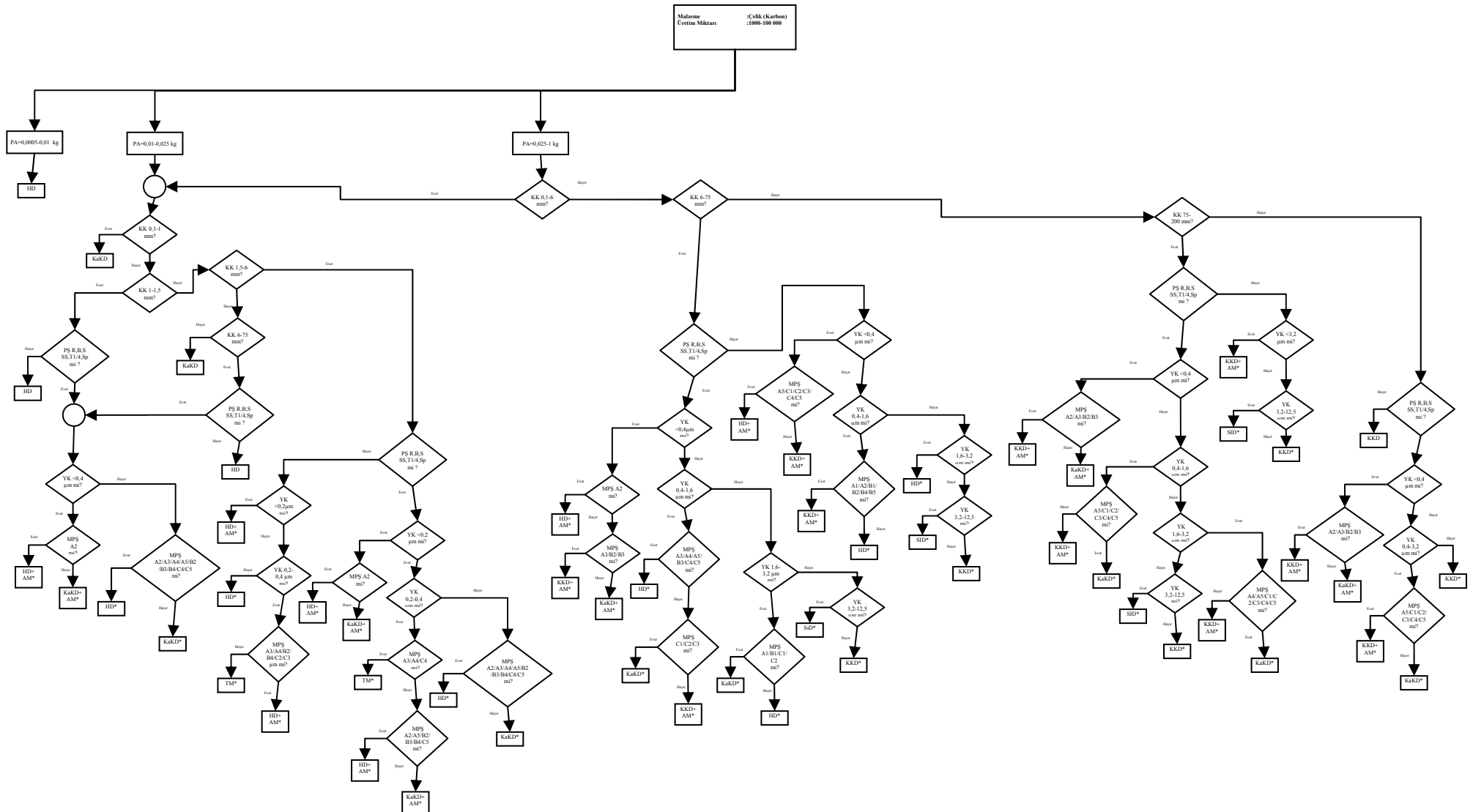
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



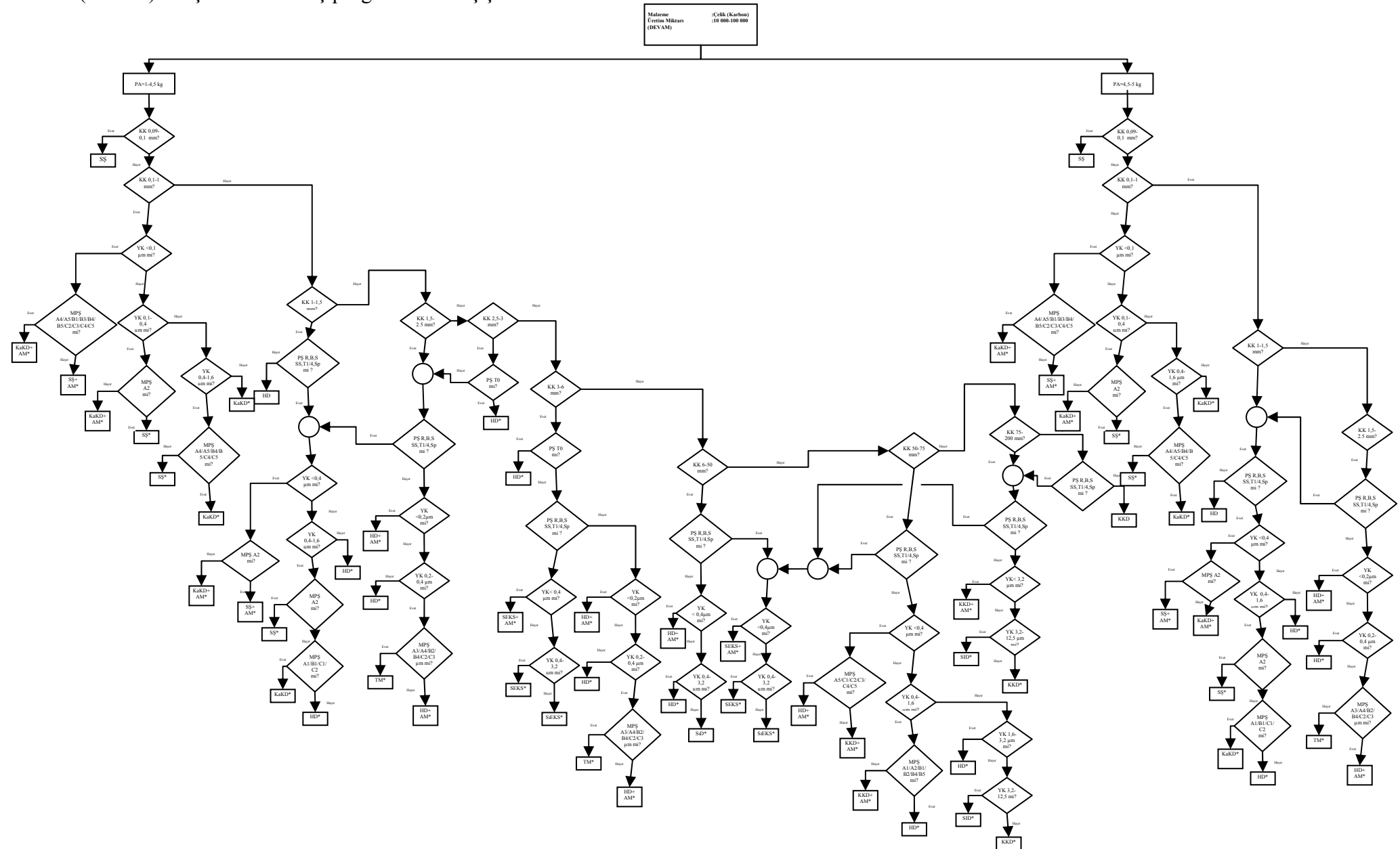
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



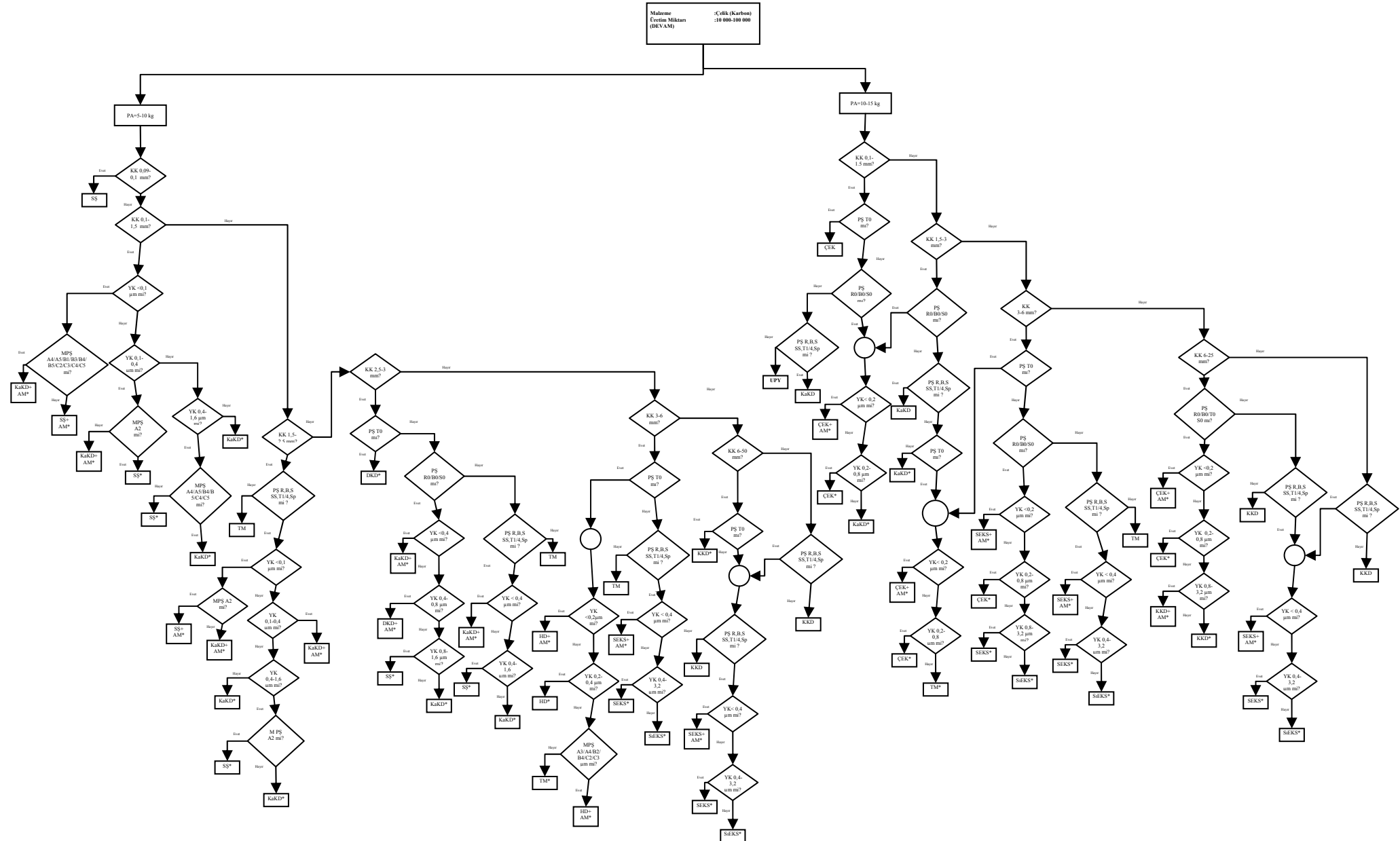
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



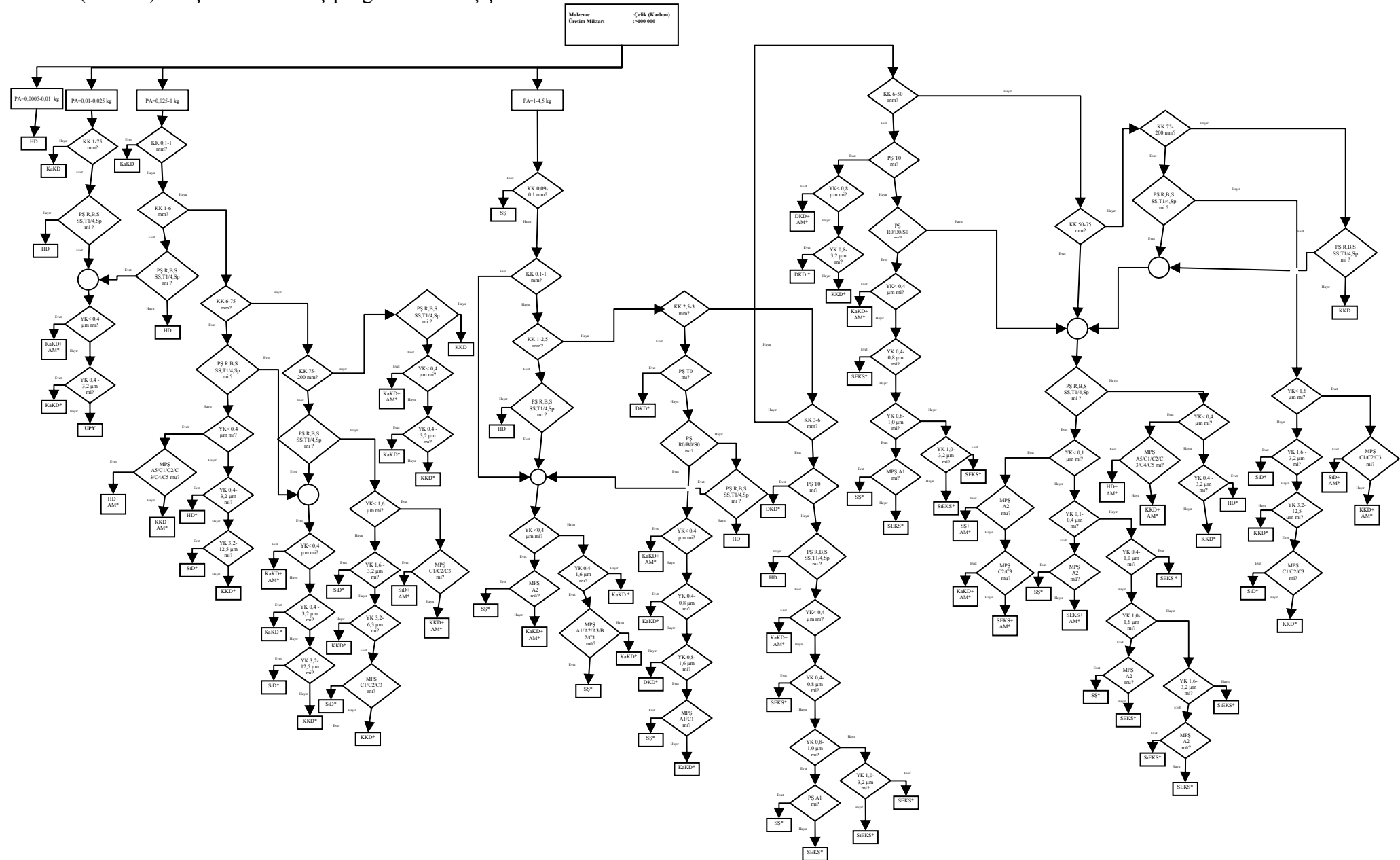
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



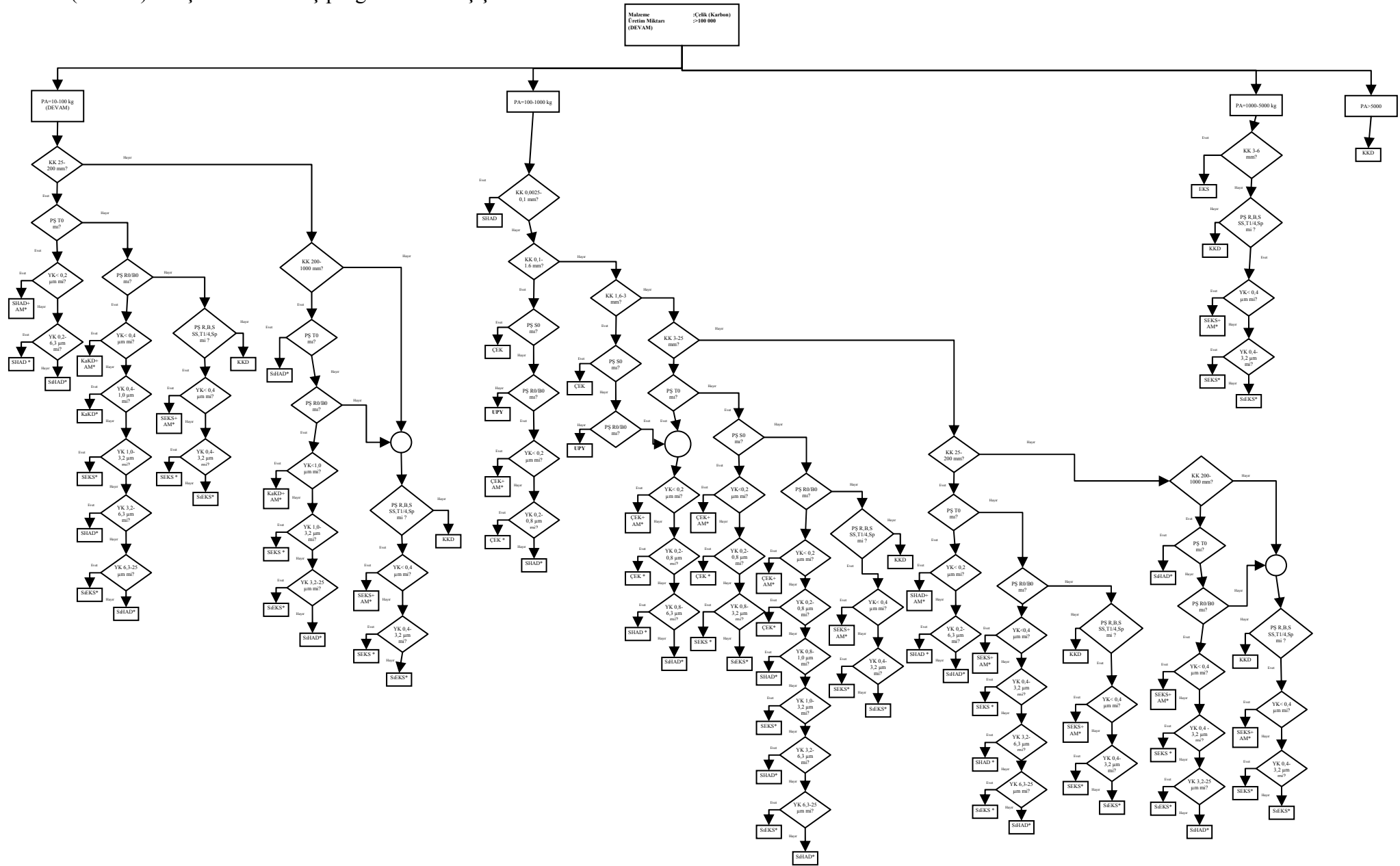
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



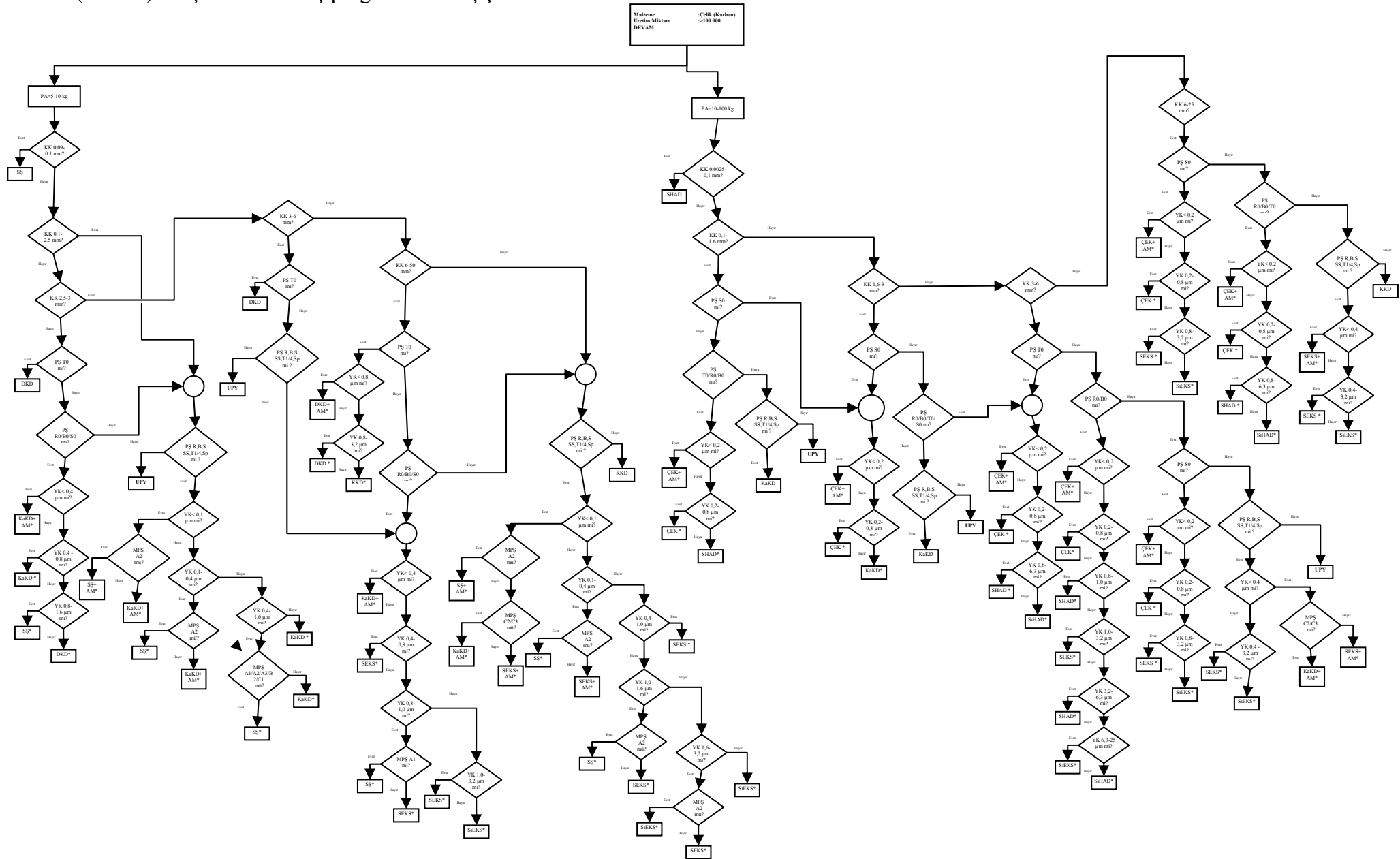
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



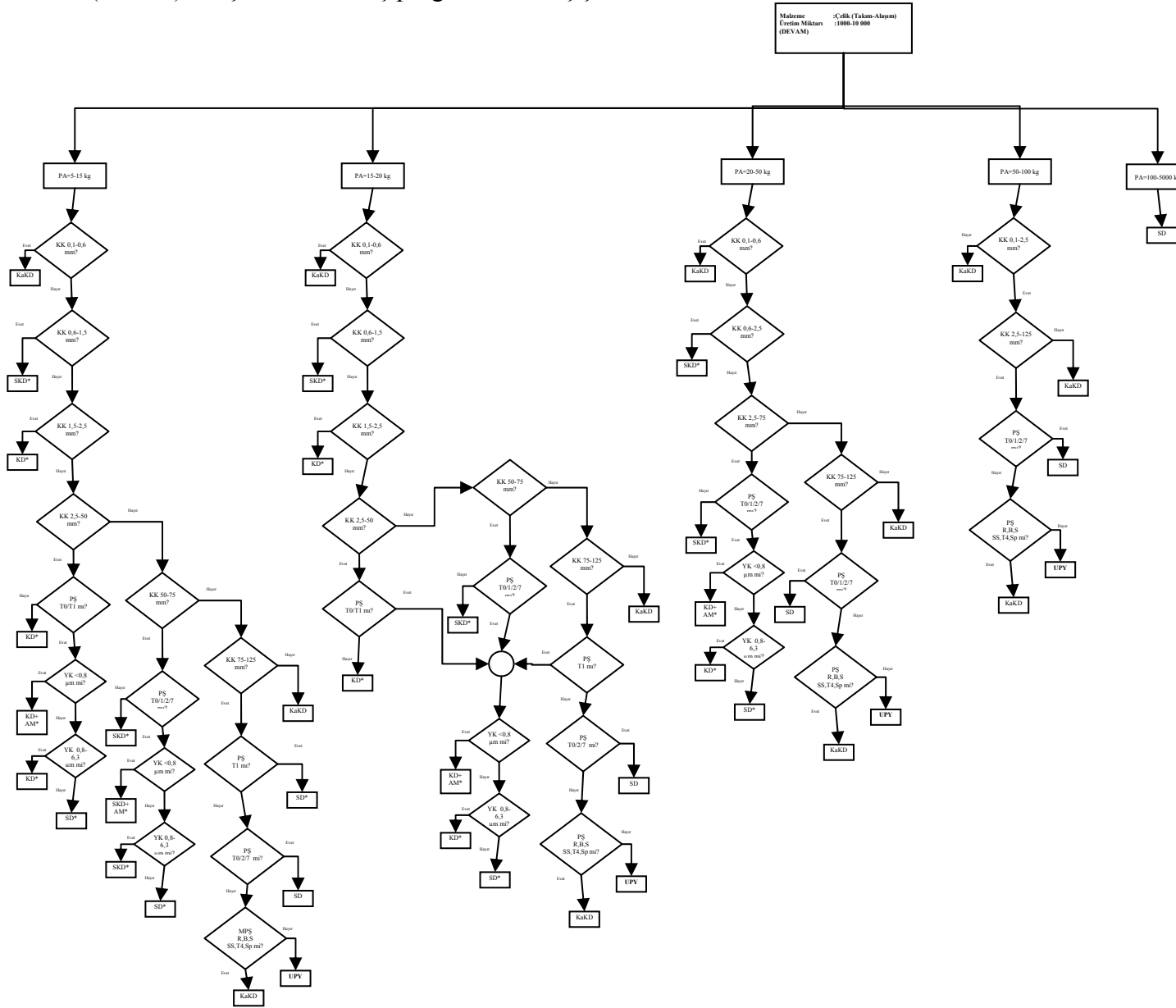
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



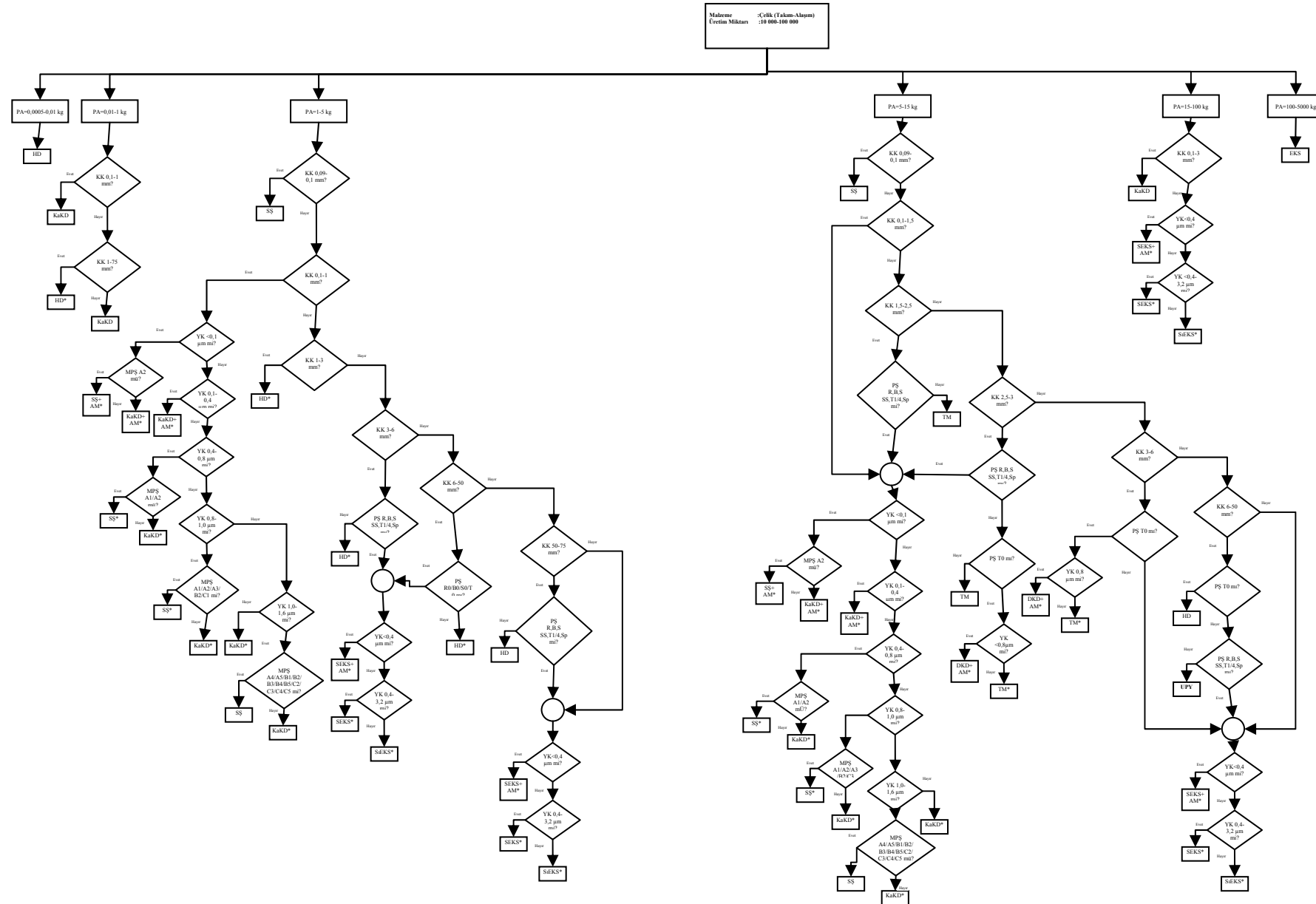
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



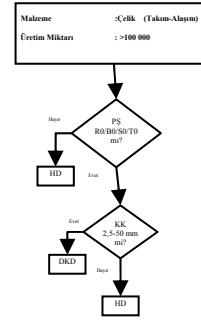
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



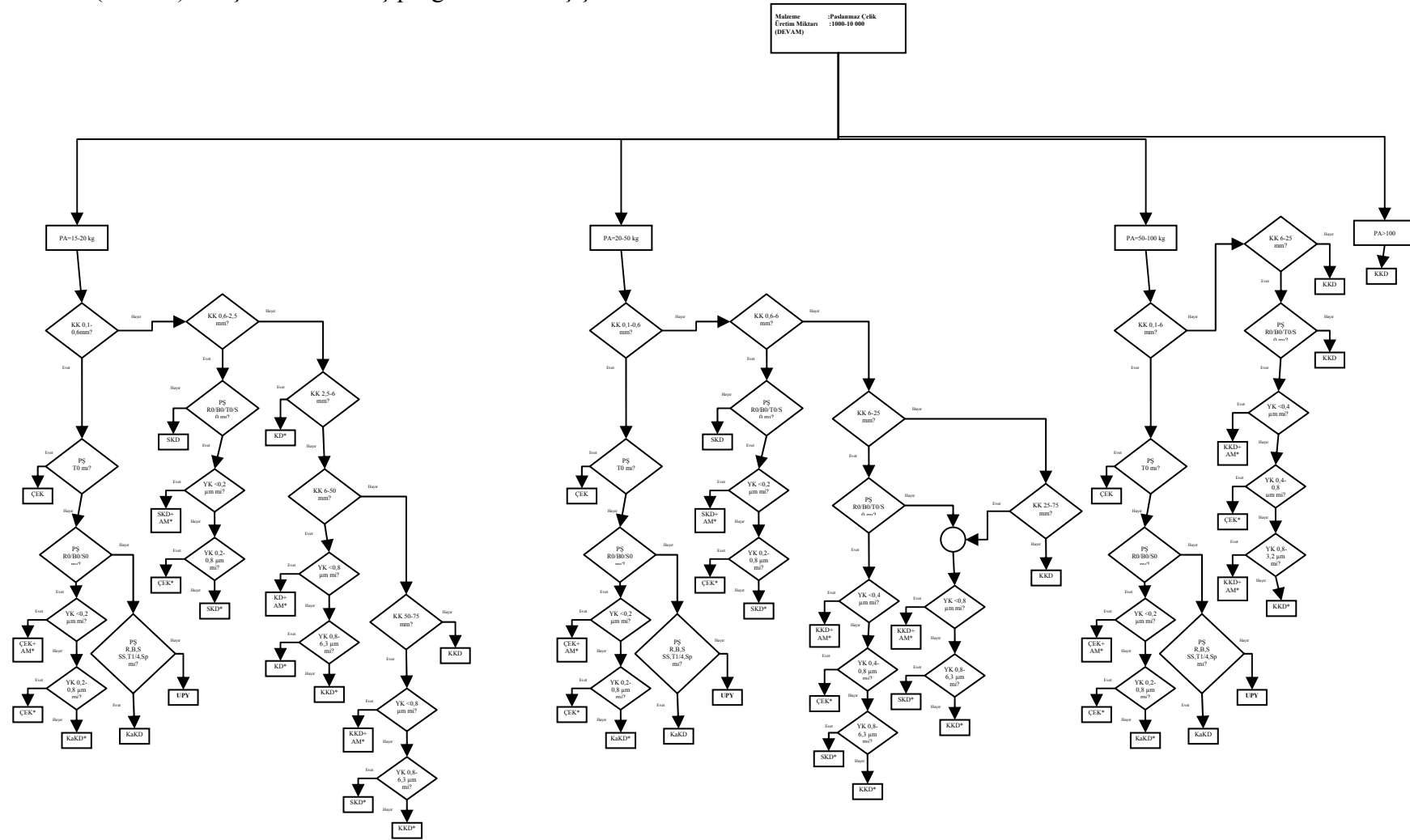
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



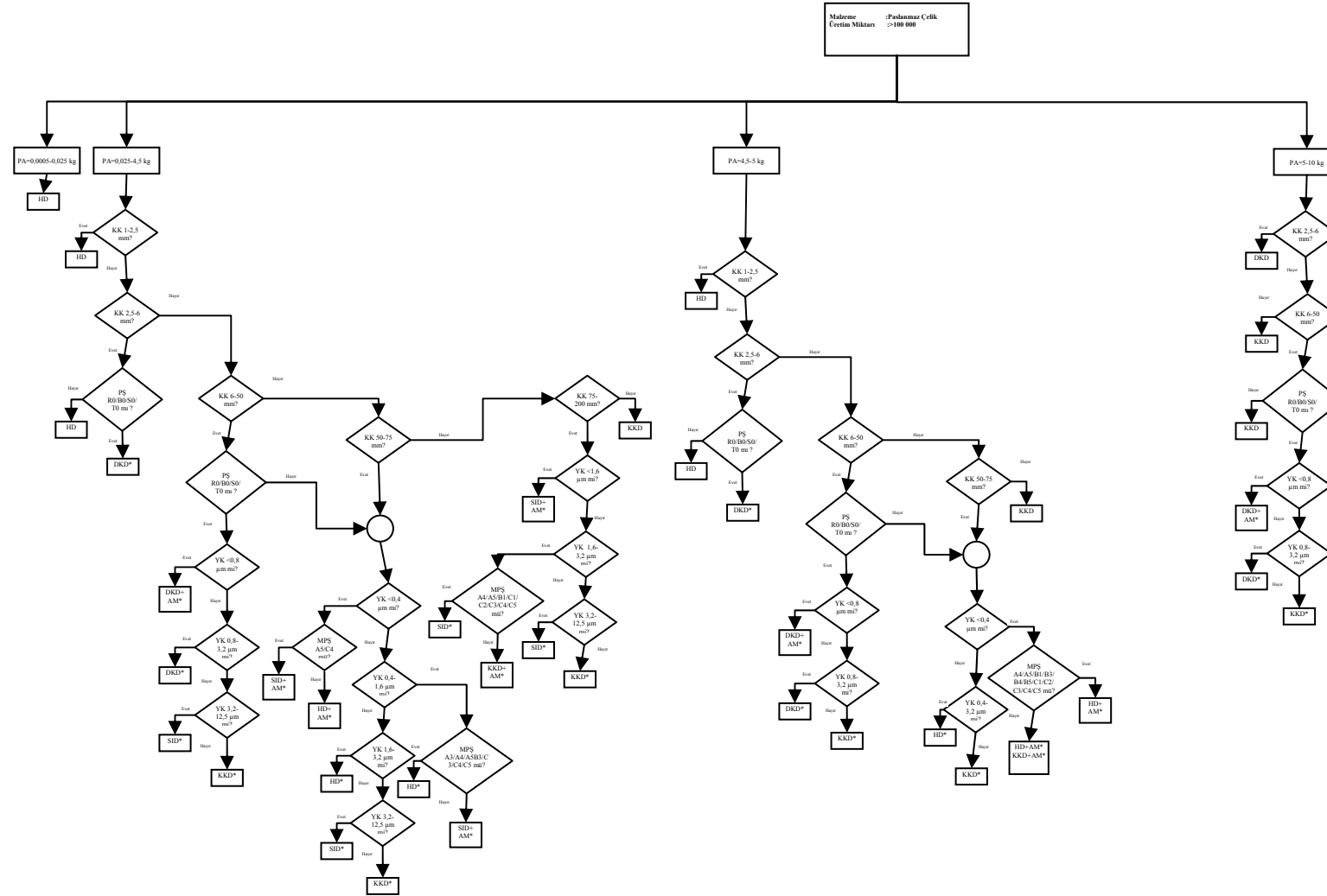
EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



EK-13 (Devam) Oluşturulan Proseç programının akış şeması



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARSLAN, Emre
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 27.05.1982 Bolu
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 325 03 23
e-mail : emrearslan82@yahoo.com.tr

Eğitim

<i>Derece</i>	<i>Eğitim Birimi</i>	<i>Mezuniyet tarihi</i>
----------------------	-----------------------------	--------------------------------

Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine mühendisliği	2005
Lise	Etlik Lisesi	2000

İş Deneyimi

<i>Yıl</i>	<i>Yer</i>	<i>Görev</i>
2007-2008	Etimesgut Belediyesi	Makine Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce