

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALİTE FONKSİYONLARINI GELİŞTİRME TEKNİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. Müh. Suna BAŞLANTI

Anabilim Dalı: Metalurji Mühendisliği

Programı: Malzeme Mühendisliği

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yılmaz TAPTİK

MAYIS 2005

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALİTE FONKSİYONLARINI GELİŞTİRME TEKNİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Suna BAŞLANTI
506031117

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Eylül 2005

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yılmaz TAPTIK
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Ahmet TOPUZ (Y.T.Ü.)
Doç. Dr. Gültekin GÖLLER

EYLÜL 2005

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın konusunun belirlenmesinde ve tezi hazırlamamda bilgisini ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Yılmaz Taptık ‘a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmada, uygulamada kullandığımız masa tipi zimba için gerekli döküman ve bilgi temini konusunda bana elinde geldiği kadar yardım etmeye çalışan Mimaks A.Ş. çalışanlarına da teşekkür etmek isterim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca beni her koşulda destekleyen, her zaman yanımda olan ve en zor anlarımda bile yoluma devam edip başladığım işi bitirmem için bana kuvvet veren aileme teşekkürün ötesinde çok şey borçlu olduğumu belirtmek isterim.

Bu tezi oluşturmamda, zamanını ayıran ve elinden gelen desteği veren, arkadaşım ve her zaman en yakın dostum olarak kalacak olan Özgür ÇİÇEK’ e emeklerinden ve herşeye rağmen sabrından dolayı teşekkür ederim.

Eylül, 2005

Suna BAŞLANTI

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi

1. TASARIM ve TASARIM TEKNİKLERİ	1
1.1. Tasarım Kavramı	1
1.2. Tasarım Süreci	3
1.3. Tasarımın Amaçları	5
1.3.1. Pratik Amaçlar	5
1.3.2. Estetik Amaçlar	6
1.3.3. Ekonomik Amaçlar	7
1.4. Tasarıma Etki Eden Faktörler	7
1.5. Tasarım Teknikleri	8
1.5.1. Üretim İçin Tasarım (ÜİT)	9
1.5.2. Montaj İçin Tasarım (MİT)	10
1.5.3. Üretim ve Montaj İçin Tasarım (ÜMİT)	10
1.5.4. Çevre İçin Tasarım (ÇİT)	11
1.5.5. Test İçin Tasarım (TİT)	12
1.5.6. Bakım İçin Tasarım (BİT)	13
1.5.7. Güvenlik İçin Tasarım (GİT)	13
1.5.8. Kalite İçin Tasarım (KİT)	13
1.5.8.1. Ürün Yaşam Döngüsü ve Ürün Geliştirme	14
1.5.8.2. Mühendislik Tasarımında Kalite	16

2. MALZEME SEÇİMİ	19
2.1. Malzemelerin Performans Karakteristikleri	20
2.2. Malzeme Seçme Prosesi	23
2.3. Malzeme Ekonomisi	27
2.4. Malzeme Seçim Metodları	29
3. KALİTE FONKSİYONLARINI GELİŞTİRME (KFG) TEKNIĞİ	31
3.1. KFG Tekniğinin Tanımlanması	32
3.2. KFG Tekniğinin Tarihçesi	34
3.3. KFG Tekniğine Genel Bakış	37
3.3.1. KFG Tekniğinin Amacı	37
3.3.2. KFG Tekniğinin Faydaları	37
3.3.3. KFG Tekniğinin Uygulama Zorlukları	39
3.3.4.KFG Tekniğinin TKY ile İlişkisi	41
3.4.KFG Tekniği Metodolojisi	42
3.4.1. Müşterinin Sesi	42
3.4.2. Kano Modeli	44
3.4.3. KFG Tekniğine Göre Ürün Geliştirme	46
3.5. KFG Tekniğinin Yapısı	48
3.6. KFG Tekniğinin Elemanları	49
3.6.1. Çapraz Fonksiyonel Ekipler	49
3.6.2. Kalite Evi	50
3.7. KFG Tekniği Metodları	52
3.7.1. Matrislerin Matrisi Yaklaşımı	52
3.7.2. Dört Aşama Yaklaşımı (Makabe Metodu)	52

3.8. KFG Aşamaları	54
3.8.1. Ürün Matrisi	54
3.8.2. Bileşen Matrisi	66
3.8.3. Proses Matrisi	69
3.8.4. Üretim Matrisi	73
4. KFG UYGULAMASI	75
4.1. Ürün Matrisi	75
4.1.1. Müşteri İstekleri	75
4.1.2. Ürün Planlama Matrisi	78
4.1.3. Bileşen Matrisi	79
4.1.4. Proses Matrisi	80
4.1.5. Üretim Matrisi	81
4.1.6. Elektronik Zımba İçin Kuvvet Hesabı	82
4.2. Malzeme Seçimi	83
4.2.1. Plastikler	83
4.2.1.1. Plastiklerin Tanımı	84
4.2.1.2. Plastiklerin Genel Özellikleri	84
4.2.1.3. Plastiklerin Sınıflandırılması	87
4.2.1.3.1. Termoplastikler	87
4.2.1.3.2. Termoset Plastikler	92
4.2.1.3.3. Renklendiriciler	94
4.2.1.4. Teknik Plastikler	95
4.2.1.4.1. Teflon	95
4.2.1.4.2. Kestamid	99
4.2.1.4.3. Ulpolen	100
4.2.1.4.4. Polipropilen	101

4.2.1.4.5. Delrin	101
4.2.1.5. Plastiklerin Kullanım Alanları	103
4.2.1.6. Plastiklerin Avantajları ve Dezavantajları	104
4.2.2. Çelikler	105
4.2.2.1. Sertleşebilir Karbon Çelikleri	107
4.2.2.2. Takım Çelikleri	108
4.2.2.3. Otomat Çelikleri	109
4.2.2.4. Paslanmaz Çelikler	110
5. SONUÇLAR	112
KAYNAKLAR	113
EKLER	115
ÖZGEÇMİŞ	130

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo 2.1. Malzeme Yapısının Sınırları [2].....	21
Tablo 2.2. Malzeme Performans Karakteristikleri [5].....	22
Tablo 3.1. Kahve ile ilgili ağaç diyagramı.....	57
Tablo 3.2. Kahve ile ilgili müşteri tablosu.....	58
Tablo 3.3. Teknik gereksinimler tablosu.....	61
Tablo 3.4. Kıyaslama ve planlama matrisi.....	62
Tablo 3.5. İlişki matrisinde kullanılan semboller ve değerleri.....	64
Tablo 4.1. Müşteri İstekleri.....	75
Tablo 4.2. Teflonun Mekanik Özellikleri.....	97
Tablo 4.3. Teflonun Fiziksel Özellikleri.....	98
Tablo 4.4. Teflonun Termal Özellikleri.....	98
Tablo 4.5. Teflonun Elektriksel Özellikleri.....	98

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil 1.1. Tümtasarım süreci genel adımları [4].....	4
Şekil 1.2. Tasarımda aranacak özellikler [17].....	6
Şekil 1.3. Ürün yaşam çevrimi metodolojileri, ürün yaşam çevrimi..... ve dizayn çevrimi [11]	18
Şekil 2.1. Malzeme özellikleri ile malzeme yapısı ve performansı..... arasındaki ilişki [7]	20
Şekil 2.2. Karmaşık bir ürün için uygulanan malzeme ve geliştirme prosesi [7]	25
Şekil 2.3. Seramik, metal ve polimerlerin termal iletkenlik değerleri[3].....	29
Şekil 3.1. KFG ve toplam müşteri tatmini [5].....	34
Şekil 3.2. KFG [14].....	42
Şekil 3.3. Müşteri türleri ve bunların toplanma yolları[13].....	43
Şekil 3.4. Kano modeli [6].....	44
Şekil 3.5. Geleneksel ve KFG ye dayalı ürün geliştirme prosesleri [5].....	48
Şekil 3.6. KFG nin üç bileşeni [12].....	49
Şekil 3.7. Kalite evi.....	51
Şekil 3.8. KFG matrislerinin dört aşaması ve dört kalite evi [5].....	53
Şekil 3.9. Kahve ile ilgili beyin fırtınası örneği.....	56
Şekil 3.10. Kahve ile ilgili müşteri verilerine ait afinite diyagramı.....	57
Şekil 3.11. Kahve fincanı ile ilgili müşteri verilerinin teknik gereksinimlere..... dönüştürülmesi[14]	59
Şekil 3.12. Gelişim yönünün belirlenmesi için balık kılıcı şemasının.....	60

kullanılması [5]	
Şekil 3.13. Teknik gereksinimler ve korelasyonlar [14].....	61
Şekil3.14.İlişkiler matrisi[14].....	65
Şekil3.15.Aktarılan teknik gereksinimler için parça gereksinimlerinin.....	68
belirlenmesi	
Şekil 3.16. Proses Planlama Matrisi [14].....	72
Şekil 4.1. Masa Tipi Zımba Ürün Ağacı.....	76
Şekil 4.2. Elektronik Zımba Ürün Ağacı.....	77
Şekil 4.3. Ürün Planlama Matrisi.....	78
Şekil 4.4. Bileşen Matrisi.....	79
Şekil 4.5. Proses Matrisi.....	80
Şekil 4.6. Üretim Matrisi.....	81

KALİTE FONKSİYONLARINI GELİŞTİRME TEKNIĞİ

ÖZET

Günümüzde endüstriyel gelişmelerin hızla ilerlemesi, dünya pazarlarına sanayileşmekte olan yeni ülkelerin hızla katılması, tüketicilerin bilinçleşmesi, çevreye duyulan hassasiyetin artması ve kaynakların daha verimli olarak kullanılma ihtiyacı, uluslararası rekabetin şiddetlenmesine neden olmuştur. Rekabet koşullarında meydana gelen bu değişimler firmaları, yönetim modellerini gözden geçirmek ve ürün geliştirme metodlarını değiştirmek için zorlamaktadır.

İletişim teknolojisindeki gelişmeler, küreselleşme olarak tanımlanan coğrafi ve ekonomik sınırların önemini kaybetmesi, bilgi işleme teknolojisindeki ilerlemeler, rekabetin artması, teknolojik gelişmeler müşteri memnuniyeti sağlamayı başarılı olmanın temel faktörü haline getirmiştir. Müşteri odaklı olmak, koşulsuz müşteri memnuniyeti, değer yaratma, zaman bakımından rekabet gibi kavramlar işletmeleri kendi iç işlerine dönük birer birim olmaktan çıkarmış, dışarıya müşteriye dönük hale getirmiştir. Dolayısıyla, tüm işletme faaliyet ve süreçleri ancak müşteri için bir değer yaratıldığı ölçüde anlamlı kalmıştır.

Rekabet edebilmenin sırrının kalite olduğu gerçeği; işletmelerin, müşterilerinin memnuniyetlerini arttırmanın yollarını araştırmasına ve müşterilerin isteklerini karşılayacak organizasyonları geliştirmesine neden olmuştur. TKY'nin önemli unsurlarından biri olan müşteri odaklılık, ürünlerin tasarımından üretimi ve pazarlamasına kadar geçen tüm girişimlerin, müşterinin istek, ihtiyaç ve beğenilerine uygun olarak yapılmasıdır. Müşterinin sesi olarak algılanan bu bilgilerin anlaşılması için geliştirilen ve başarılı sonuçlar veren tekniğe QFD-Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme(KFG) adı verilir.

Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme bir ürün veya servisin yaşam çevrimi boyunca, müşterilerin ihtiyaçlarının ve beklentilerinin karşılanmasını sağlayan bir metodolojidir. Bu yaklaşım bir taraftan maliyetleri azaltırken, diğer tarafta müşteri tatminini ve ürün karakteristiklerini sağlamak amacıyla, “kalite evi” olarak adlandırılan dört farklı matris yardımı ile müşterinin sesinin teknik karakteristiklere, teknik karakteristiklerin parça karakteristiklerine, parça karakteristiklerinin proses karakteristiklerine ve son olarak da proses karakteristiklerinin üretim karakteristiklerine dönüştürülmesini sağlar.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tasarım ve tasarım teknikleri , ikinci bölümde tasarımda malzeme seçimi, üçüncü bölümde Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme yöntemi ve son bölümde de bir KFG uygulaması yer almaktadır.

QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT TECHNIQUE

SUMMARY

As a result of rapidly growing industrial innovations, the increasing market share of developing countries, increasing consumers' expectations, the rising tension on environmental issues, and the need for a more efficient use of a natural resources, the level of competition among industrial establishments gets more and more tough. The changes in these competing conditions force companies to reevaluate their organizational structures and product development processes.

Companies have taken many steps to become more competitive. Among them has been the adoption of the Total Quality Management (TQM) approach or one of its many aliases, all of which have stressed customer driven planning, continuous improvement. A key component of TQM is the adoption of tools to assist in creative thinking and problem solving. These are not physical tools, such as computers or micrometers, instead they are methods that relate ideas to ideas, ideas to data, and data to data; that encourage team members to communicate more effectively with each other; and that help team members to effectively formulate business problems and their solutions.

In today's fast-paced global economy, time to market constraints are demanding that companies produce their products more quickly and with higher quality. This has driven a shift from inspection based quality where defects are found and repaired, to design based quality where defects are prevented from ever occurring. Quality Function Deployment is a tool for bringing the voice of the customer into the product development process from conceptual design through to manufacturing. It begins with a matrix that links customer desires to product engineering requirements, along

with competitive benchmarking information, and further matrices can be used to ultimately link this to design of the manufacturing system.

Quality function deployment is a methodology utilised to design and manufacture a product or service satisfying the needs and expectations of customers during a product life cycle. This methodology not only reduces the cost of product but also provides an effective tool, known as “House of Quality”, to translate customer requirements into product characteristics. At the second stage, these product requirements are translated into part characteristics. The third stage translates the part characteristics into process characteristics and finally these process characteristics are translated into manufacture characteristics.

This work contains four chapters. The first chapter mentions about design and the techniques of design, in the second chapter telling some details about material selection due to the design process, the third stage is about Quality Function Deployment and finally there is an application about QFD technique.

1. TASARIM VE TASARIM TEKNİKLERİ

Tasarım problemleri endüstri ile birlikte gelişmekte ve karmaşık bir yapıya sahip olmaktadır. Tasarım problemlerinin karmaşıklaşmasına koşut olarak rekabetin artması, üretim teknolojilerinin gelişmesi, müşteri ilişkilerinin artması ve çeşitlenmesi ürün geliştirme süreçlerinin kısalmasına neden olmaktadır. Ürün geliştirme süreçlerinin içinde yer alan tasarım çalışmaları etkin bir şekilde yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Ürünün geliştirme sürecinde alınan tasarım kararları üretim maliyetlerini ve firma başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Tasarım kararlarındaki hataların geri dönüşleri çok zor ve maliyetleri yüksektir.

Tasarım, bir ürünün en ekonomik biçimde imal edilebileceği noktaya kadar bu ürünün tanımlanmasını içerir. Bu mühendisliğin merkezinde yer alan önemli bir iştir ve mühendislerin büyük bir bölümü tasarım sürecine katılır. Gerekli olan bilgi ve becerinin bir kısmı tekniktir; ama çoğu, birikime bağlıdır. Tasarım bir yaratma sanatıdır ve yaratıcılık; çizgiyle, renkle, noktayla veya başka bir araçla sembol haline getirilmedikçe anlamsızdır.

1.1. Tasarım Kavramı

Tasarım kavramının gelişmesi, tasarım tanımlarının yıllar içerisinde değişik şekillerde, kazandığı yeni değerle değişmesine paralel olarak gerçekleşmiştir. Bu gelişimi incelersek tasarım kavramının bugünkü anlamında ulaşmış oluruz. Asimov' a göre tasarım “Belirsizlikler karşısında, hatalarına büyük cezalar ödenen bir karar verme işlemi” olarak tanımlarken, Page'e göre tasarım ,“Mevcut olanaklardan gelecekteki olanaklara hayali atama” dır. Babb (1990) tasarımın, “Müşteri gereksinimlerini üretilebilir sonuçlara dönüştüren prosesler seti” olduğunu belirtmektedir. Middendorf (1990) ise tasarımı “Mühendislik tasarımı bilimsel ve teknolojik bilginin tasarımcının

önceden bildiğinden farklı olarak ve insan ihtiyaçlarını karşılayan sistem, araç veya prosesi üretmek için kullanılan genellikle iteratif bir karar verme mekanizmasıdır.” şeklinde tanımlamaktadır.

Hollins ve Pugh (1990) Total Design (Toplam Tasarım) olarak ortaya koydukları uygulamayı; “Bir düşünceyi veya pazar gereksinimini başarılı bir ürüne dönüştürmek yolunda çok disiplinli iteratif bir proses” olarak tanımlamışlardır. Hollins ve Pugh ayrıca , tasarımın üretimle bitmediğini, ürünün hurda haline dönüşmesi ile tamamlandığına da dikkat çekmektedirler.

Sonuç olarak, bütün bu tanımlardan yola çıkarak, tasarım; öngörülen ve/veya öngörülebilecek gereksinimleri karşılamak amacıyla yeni ve/veya mevcut sistemleri, ürünleri ve üretim proseslerini;

- üretici ve tüketicinin geçmiş deneyimlerini göz önünde tutarak , tüketici gereksinimleri doğrultusunda,
- günün ulaşılmış teknik ve teknolojik gelişmişlik düzeyi çerçevesinde,
- kaynakları optimal olarak gereksinilen amaca dönüştürmeye yönelik olarak bilimsel veriler ışığında; temel bilim, matematik ve mühendislik bilimlerini uygulamalı olarak kullanarak,

tasarlamaya yönelik olarak yürütülen iteratif bir karar verme prosesidir.

Tasarım prosesinin temel ilkeleri arasında yer alan ve problemin çözümüne yönelik olarak

- çıktı ve kriterlerin belirlenmesi
- analiz,
- sentez,
- malzeme seçimi,
- konstruksiyon,
- ölçme ve kontrol yöntemlerinin belirlenmesi,
- değer biçme

faaliyetleri çerçevesinde yürütülen çalışmaların gerçekçi, geçerli teknik, ekonomik, sosyal, etik ve çevresel kurallara uyumlu, estetik, güvenilir, emniyetli ve öngörülen

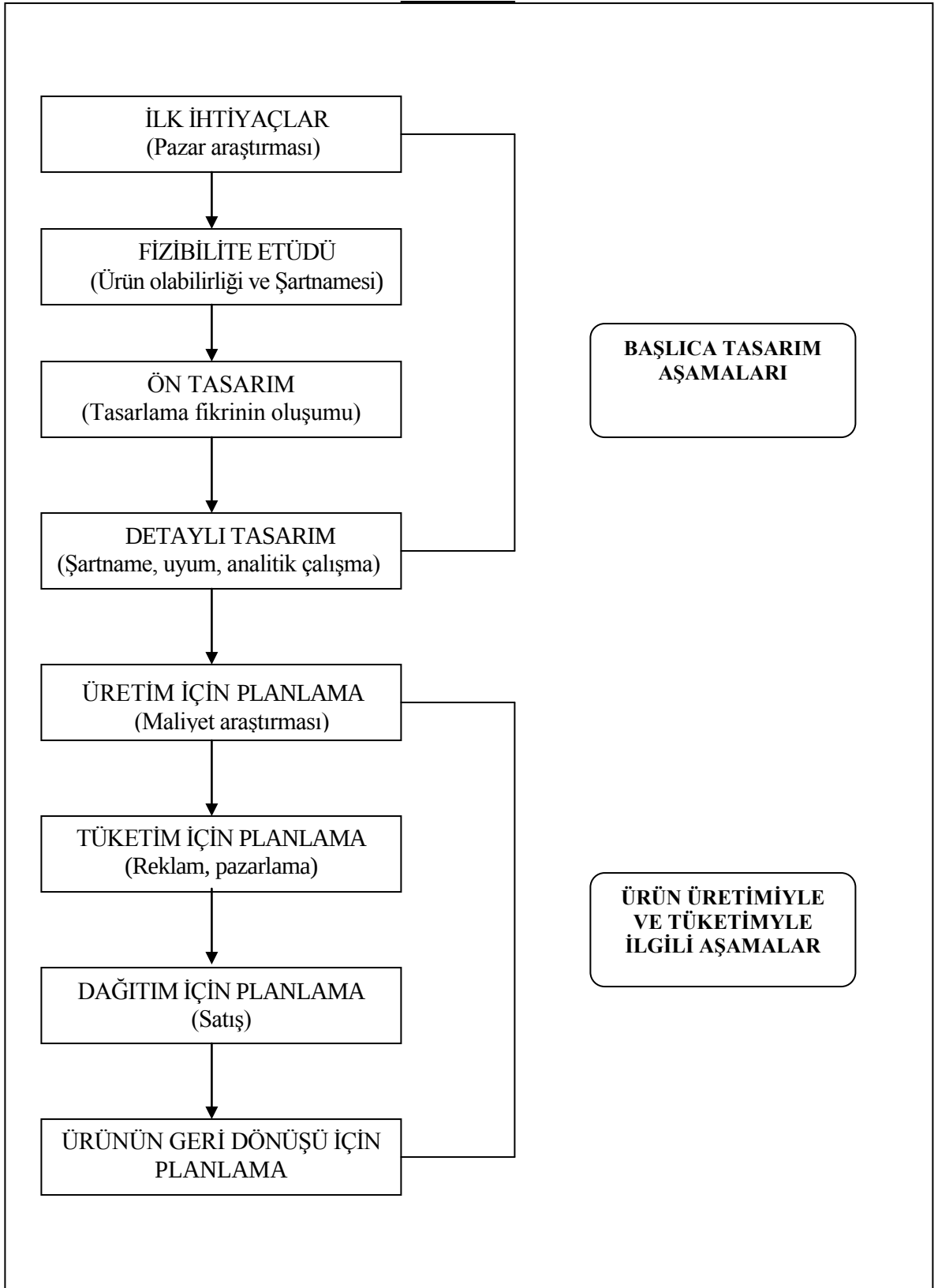
optimum kalitede, maliyette ve zamanında üretimi sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesi ve tasarımcının yaratıcılığının da katkısıyla insanlığın faydasına üretmesi öngörülür.[15]

1.2. Tasarım Süreci

Tasarım faaliyeti en basit tanımı ile tüketici gereksinimlerinin doğru ve eksiksiz algılanması ile başlar ve üretilecek ürünün istenen kalite düzeyinde üretilmesine yönelik üretim prosesinin tasarlanması ve gerçekleştirilmesi ile tamamlanır.

Tasarım sürecinde (ürün-üretim prosesi) yapılan tüm çalışmaların, dünya pazarlarında gereksinim duyulan kalitede ürünün gerçekleştirilmesi hedeflenerek yürütülmesi, başarının büyük ölçüde garanti altına alınmasına olanak verir.

Tasarım ve kalitenin bütünleşik olarak ele alınması ile daha dayanıklı, daha verimli çalışan, daha ekonomik araç ve yapıları, insan ve çevreyi tehlikeye atmadan sermaye, emek, malzeme, enerji tasarrufu yaparak üretmek mümkündür.



Şekil 1.1: Tüm Tasarım Süreci Genel Adımları [4]

1.3. Tasarımın Amaçları

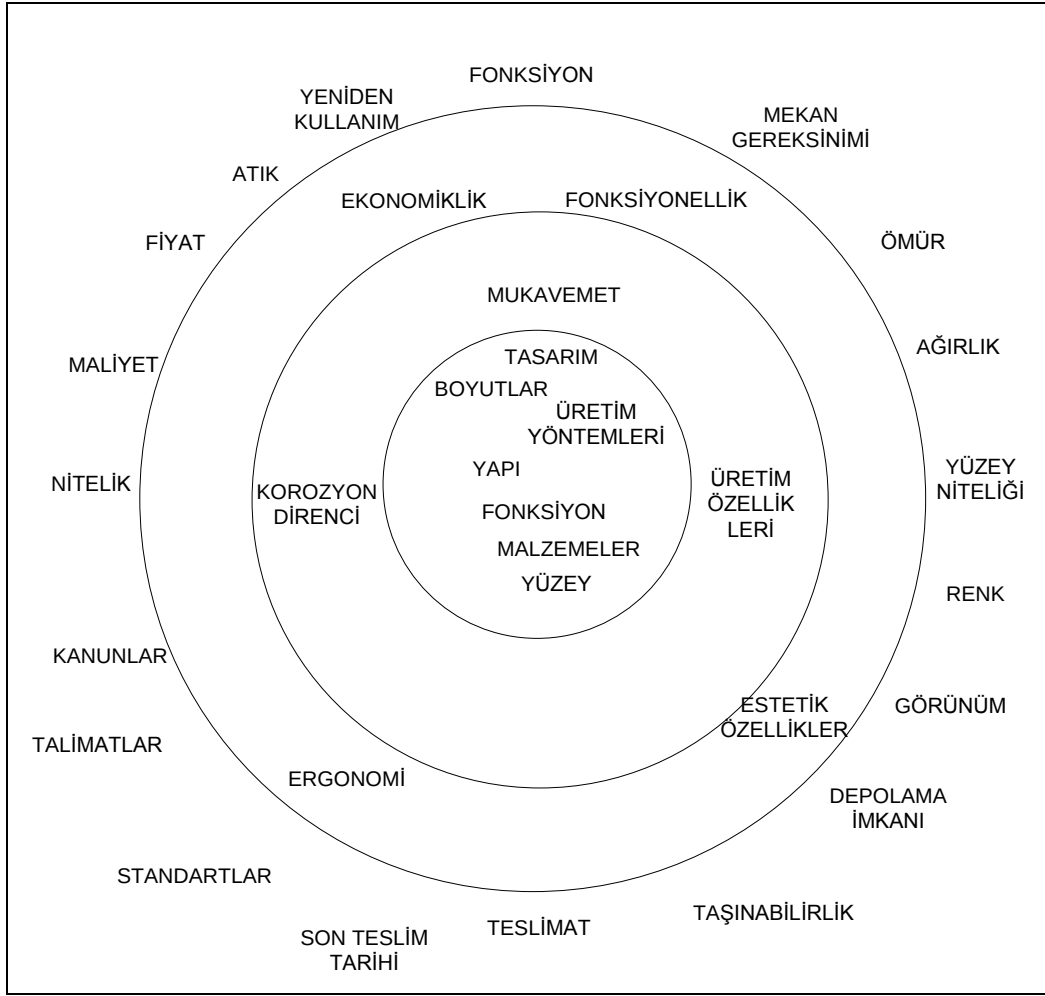
Tasarım, kendine has özellikleri bünyesinde barındıran bir süreçtir ve sonuncuda tasarımın beklentilerine uygun bir üründür. Bazı özelliklerin ön plana çıktığı bu ürün öncelikle belli bazı amaçlara hizmet etmek için gerçekleştirilmiştir. Bu amaçlar üç temel kategoride incelenebilir: [17]

- Pratik amaçlar
- Estetik amaçlar
- Ekonomik amaçlar

1.3.1. Pratik Amaçlar:

Pratik amaçlar ile kastedilen şey işlevselliktir. Amaçlara uygunluk, kullanışlılık, rahatlık, emniyet, güvenilirlik, sağlamlık, bakım, ambalaj, depolama ve taşımadaki hız ve kolaylıklardır. Pratik işlev ürün ile kullanıcı arasındaki bedensel, organik, fizyolojik etkilere dayanımdır. bir tasarımın karşılanması için gerekli pratik amaçlar :

- Yeni eylemlere uyarlanabilirliğinin sağlanması.
- Eylemler için gerekli boyutların saptanması.
- Eylemlerin güvenlik içinde yapılabilirliğinin sağlanması.
- Teknik açıdan yapılabilir olmasının sağlanması.
- Zaman içinde dayanıklılığının sağlanması.
- Onarım ve yenileme imkanı sağlanması.
- Yeniden kullanım imkanı sağlanması.
- Yeterli hijyenik şartların sağlanması.
- Konfor şartlarının sağlanması.[17]



Şekil 1.2 : Tasarımda Aranacak Özellikler [17]

1.3.2. Estetik Amaçlar

Estetik amaçlar biçim, malzeme, doku, renk ve işçilikte aranacak estetik nitelikleri ifade eder. Estetik amaçlar şöyle sıralanabilir:

- Renk
- Biçim (geometri)
- Doku
- Moda (stil)
- Orijinalite
- Algılama

Estetik özelliklerin, doğrudan ve bir bütün olarak algılanabilirliği pazarlama açısından

da önemlidir. Ürünün pratik işlevini yerine getirdiği düşünülür ise estetik özelliklerin aynı ürünler arasında satın almaya karar vermeyi kolaylaştıran etkenlerden biri olduğu söylenir.[17]

1.3.3. Ekonomik Amaçlar

Ekonomik amaçlar malzeme, işçilik, bakım, temizlik, ambalaj, depolama ve ulaşımdaki kaygıları ifade eder.

Ekonomi tasarımın zaman, emek ve para faktörlerini en verimli kullanma olanaklarını sağlayan bir sistemdir.

Bir ürünün istenen fonksiyonu en düşük maliyetli kaynaklarla yerine getirmesi istenir. Bu amaçla yapılan çalışmalara değer analizi adı verilir.

Ekonomide fayda değeri bir malın belli bir ihtiyacı karşılaması ile ilgili saptanan değeridir yani kullanım değeridir

Ekonomik amaçlara uygunluğun incelenmesi amacıyla fayda-maliyet analizleri yapılır. Çeşitli hareket yolları arasında bir seçim yapmak amacıyla başvurulmuş bu hareket yollarının sağlayacağı yararlarla ortaya çıkaracağı maliyetlerin karşılaştırılması kazancın maksimizasyonu esasına dayanan fayda-maliyet analizi özellikle ürün bileşimi, üretim ölçeği, üretim yeri, sermaye yoğunluğu gibi taktik düzeydeki kararlara uygulanan sosyal ekonomik bir değerlendirme tekniğidir.[17]

1.4. Tasarıma Etki Eden Faktörler

Bir problemde amaçlara ağırlık verirken yanlış yapmamak için standart bir yargı sistemine yani bir kriter sistemine dayanmak zorunludur

Tasarımın yapılabilirliği, başarısı üzerindeki ölçütler, amaçlar, normlar, standartlar kriter sistemini oluşturan bileşenlerdir.

Tasarım konusunda sınırlamalar olması nedeniyle karakter belirleyici bir çerçeve içerisinde ele alınırlar. Tasarımda rol alan etkenlerin sınırlayıcı bir etkisi vardır. Bu sınırlamalar şöyle sıralanabilir:

- Mantıksal Sınırlamalar: Sınırlamayı koyanların amaçları.

- Fiziksel Sınırlamalar: Fiziksel olarak çevrede değiştirilemeyen doğal koşullar.
- Teknik Sınırlamalar: Mevcut teknolojinin araç, gereç, malzeme, yapım tekniği.
- Ekonomik Sınırlamalar: Oluşturulacak tasarım için yapılacak harcama olanakları, kredi durumu.
- Kültürel Sınırlamalar: Kullanıcıların özelliklerinden ileri gelen boyut ve eylem kalıpları.
- Politik Sınırlamalar: Politikacılar, kamu yöneticileri, resmi kuruluş temsilcileri tarafından konan sınırlamalar.
- Hukuksal Sınırlamalar: Tasarımcıların kararını etkilemekle birlikte, önceden yetkili kurumlarca verilmiş uyulması zorunlu kararlardır. Bu grup kısıtlamaları kanunlar, standartlar, yönetmelikler, şartnameler oluşturur.

Bütün bu konularda bilgi edinmeden herhangi bir ürünün tasarlanması doğru değildir.

Ürünün biçimi, malzemesi, üretim teknolojisi tasarımı belirleyen etkenlerin başında gelir. Ürünün yer alacağı çevre ve kullanıcısı ile ilişkileri tasarımda rol alan sınırlayıcı etkenlerdir. Ürünün görüntü ve işleyiş açısında içinde yer alacağı sistemler ve diğer ürünlerle ilişkilerinde de belirlenmesi gereklidir. Yeterli alt yapı olup olmaması, servis olanakları, ürünün yer alacağı çevrenin birbirlerini bütünleyeceği karakterleri bu kapsam içinde yer alır. [17]

1.5. Tasarım Teknikleri

Tasarımın gerçekleştirilmesi sürecinde üzerinde durulması gereken olgular çerçevesinde doğru ürünü ortaya koymaya olanak sağlayan ve tasarım teknikleri olarak tanımlanan bu teknikler şöyledir:

- Üretim için Tasarım (ÜİT) [Design for Manufacturing (DFM)]
- Montaj için Tasarım (MİT) [Design for Assembly (DFA)]

- **Üretim ve Montaj İçin Tasarım (ÜMİT)** [Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)]
- **Kalite için Tasarım (KİT)** [Design for Quality (DFQ)]
- **Cevre için Tasarım (CİT)** [Design for Environment (DFE)]
- **Test için Tasarım (TİT)** [Design for Test (DFT)]
- **Bakım için Tasarım (BİT)** [Design for Maintenance (DFM)]
- **Güvenilirlik için Tasarım (GİT)** [Design for Reliability (DFR)]

1.5.1. Üretim İçin Tasarım(ÜİT)

Üretim için tasarım çerçevesinde ürünün nasıl üretileceği anlayışı ön plana çıkar. Yani geliştirilen ürün ne olursa olsun, o ürünü kimin nasıl kullanacağını düşünürken, aynı zamanda nasıl üretileceğinin düşünülmesi anlayışıdır. Sadece bir veya birkaç operasyonla hiç montaja girmeden müşteriye sevk edilmek durumunda olan bir ürün söz konusu olduğunda ÜİT yapılmalıdır.

Tasarım aşamasında üretim düşünülmediği zaman üretimde sorunlar yaşanır. Tasarım sürecinde yapılan çalışmalarda üretim aşaması düşünülmeden malzeme seçimi yapılır, hangi takım ve makineler kullanılarak üretimin gerçekleştirileceği düşünülmez ve belirlenmezse, bu durum sonucu ortaya çıkan problemler hem üretimin aksamasına, hem de ek maliyetlere sebep olacağı gibi, daha da ileri gidip ürün zamanında teslim edilmediği için pazarda kayba veya müşteri memnuniyetsizliğine yol açacaktır. Tasarım aşamasında müdahale edilen üretim problemleri sayesinde üretim maliyetleri azaltılır ve üretim miktarı arttırılır.

Sonuç olarak , ürün geliştirme takımı, bütün bunları göz önünde bulundurarak, ürün oluşumundaki birincil kriterleri temel almalı ve bunlara göre modellendirme yapmalıdır. Bu kriterler şöyledir:

- Parça sayısını en aza indirmek
- Modüler tasarım
- Parça değişikliklerini en aza indirmek
- Çok işlevli parçalar kullanmak

- Üretimi kolay parçalar
- Montaj yönlerini en aza indirmek
- Kolay montaj için tasarım
- Ayara gerek bırakmamak ve basitleştirmek
- Esnek parçalardan kaçınmak

Üretim için tasarım yaklaşımının uygulanması için ilk olarak üretim sisteminin tüm bileşenleri arasında iletişim sürekliliği sağlanmalı ve ürünün gerçekleştirilme aşamasında tasarımda gerekli değişikliklerin yapılmasına izin verilmelidir.[15]

1.5.2. Montaj İçin Tasarım (MİT)

Montaj esnasında ortaya çıkan montaj hatalarını önlemek ve dolayısıyla montaj maliyetini azaltmanın yolu montaj için tasarım kavramından geçer. Böylelikle, montaj süresi kısılır, montaj kolaylaşır ve montaj hataları en aza iner.

Montaj ürün maliyetini ve kalitesini etkileyen en önemli üretim aşamalarındandır. MİT rekabet edebilir ürünlerin oluşumunda ve pazara ürün verme zamanının azaltılmasında anahtar elemandır.

Montaj için tasarım'ın ilkesi; kolay montaj edilen elle veya otomatik olarak kolay beslenen, birleştirilen ürün veya bileşenleri tasarlamaktır. Bu ilke üretim için tasarım ile birlikte ekonomik üretim için tümüyle gereklidir. MİT ürünün kavramsal tasarımından bileşen detaylarına kadar uygulanırken göz önüne alınan amaçlar şöyledir:

- Montajdaki parçaların sayısını azaltmak
- Parçaların monte edilebilirliğini optimize etmek
- Kalite verimliliğini artırmak, montaj maliyetini azaltmak
- Parçaların ve montajın işlenebilirliğini optimize etmek

MİT el ile veya bilgisayar yardımıyla yapılabilir. MİT yapılırken ürün geliştirme takımı, uzman bilgi ve tecrübelerden gerektiğinde faydalanmalı ve "Bu parçanın fonksiyonu daha ucuz başka bir parça ile daha kolay montaj yapılarak sağlanabilir mi?", "Daha az parça ile montaj gerçekleştirilebilir mi?" gibi sorularla toplam maliyeti düşürecek montaj koşulları ve parçalar aramalıdır. [15]

1.5.3. Üretim ve Montaj İçin Tasarım (ÜMIT)

Üretim ve montaj için tasarım üretim için tasarım ve montaj için tasarım tekniklerinin birlikte düşünülmesi sonucu ortaya çıkmış olup, ürünün ekonomik ve kolay üretiminin ve hataya meydan bırakmayan kolay montajının tasarımıyla birlikte oluşumunu hedefler. Üretim ve montaj için tasarımın temel kriterleri şöyledir:

- Kullanılan parça sayısını azaltmak
- Aynı parçaları kullanmak
- Basit montaj ve servis edilebilirlik
- İlave işçilik ve kalibrasyondan kaçınma
- Kontrol altında tutulabilir üretim prosesi kullanımı
- Ürün ömrü testlerinin kullanılması
- Dar toleransların önlenmesi
- Tedarikçi ile ön bağlantı sağlanması[15]

1.5.4. Çevre İçin Tasarım (ÇİT)

Günümüz dünyası giderek artan bir şekilde çevre ile ilgilenmektedir. Büyüyen çevre problemleri ile başa çıkmanın en geçerli yolu sürekli artan tüketimin ve üretimin çevre duyarlılığı çerçevesinde ele alınmasıdır. Bu bağlamda öncelikle kirlenme dalgasının önüne geçilmeli, ikincil olarak gelecekte çevreyi korumaya yönelik kontrol mekanizmaları kurulmalı ve işletilmelidir.

İçinde bulunduğumuz koşullar değerlendirildiğinde değişik toplum katmanlarının ortak bilinci haline dönüşmeye başlayan kaliteli ve çevreye duyarlı üretim olgusu oldukça gecikmiş bir değer yargısı niteliğindedir.

Kaliteli ve çevreye duyarlı üretim, öncelikle yönetim odaklı stratejik temelleri olan bir felsefe olarak algılandığında gerçekleştirilebilir niteliktedir. Çünkü bu konuda duyarlı olan işletmelerin günlük kaygılardan arınmış, geleceği insan odaklı ve toplumsal boyutta değerlendiren zihniyete sahip olmaları ön koşuldur.

Kalite ve çevre olgularının uluslararası platformlarda getirdiği sesin standartlara yansımaları günümüz duyarlılığının bir sonucu olarak anlamlıdır. ISO 9000 ve ISO 14000

serisi standartların kalite ve çevre yönetimini olgularına yönelişi desteklediğini söylemek olasıdır.

Dünya hammadde kaynaklarının giderek azalması nedeniyle daha fazla geri dönüştürülebilir ürünlere ve daha az enerji ile üretime yönelinmeye başlanmıştır. Bu noktadan hareketle, tasarım aşamasında yeniden kullanım için tasarım, geri dönüşüm için tasarım ve kolay ve güvenilir atık için tasarım olguları gözönünde bulundurulmalıdır.

- **Yeniden kullanım için tasarım** : Herhangi bir ürün üzerinden çıkan bir parçanın temizlenerek veya onararak diğer bir ürün üzerinde kullanımını öngören bu anlayış, tasarımcıların ürün geliştirme sürecinde kullandıkları malzemelerin seçimine ve çeşidine önem vermeleri gerektiğini ön plana çıkarmaktadır.
- **Geri dönüşüm için tasarım** : Bu yaklaşım geri dönüşü olan malzemelerin yeni bir üründe hammadde olarak yeniden kullanılmasına olanak verecek şekilde tasarlanmasını beraberinde getirmektedir. Bu anlayış bazen yeni ürünlerin oluşumunda yaratıcılığın ön plana çıkarılmasını da gerektirebilir.
- **Kolay ve güvenilir atık için tasarım** : Bu uygulamada tasarımcı kolayca ve güvenilir bir şekilde ayrılacak malzemeleri kullanmalıdır. [15]

1.5.5. Test İçin Tasarım (TİT)

TİT her bir parça ve sistem bazında geliştirme, üretim ve performans testlerini ve bu test maliyetlerini en aza indirmeye yönelik çalışmaları kapsar. Özellikle sistemin yenilik içeren veya risk oluşturan parçaları üzerinde yoğunlaşır.

Bu testler aracılığı ile farklı hedeflere ulaşıp ulaşılmadığı izlenebilir. Yeni geliştirme ve iyileştirme konularının belirlenmesinden başlayıp, güvenilir sürekli kalitenin kanıtlanmasına yönelik her türlü test işlemi için uygulanabilir.

Diğer taraftan test sonuçları yeni ürünlerin sertifikasyonunun oluşturulmasına ve çeşit onayı alınmasına yönelik olarak devlet veya özel enstitülerin onayını sağlayacak kanıtları ortaya koyar. TİT'te geçerli temel kaideler özetlemek gerekirse;

- Anında teşhis olanağı,
- Test sürelerinin azaltılması,

- Test donanımlarının standartlaştırılması,
- Fonksiyonduk testinden önce parametre testi,
- Kritik test parametrelerinin ortadan kaldırılması. [15]

1.5.6. Bakım İçin Tasarım (BİT)

Bakım için tasarım tekniği, müşteri hizmet maliyetlerini azaltmayı ve müşteri memnuniyetini arttırmayı gerekli kılar. Bakım için tasarım'ın temel kriterleri şöyledir:

- Bileşenlerin bakım kolaylığının sağlanması
- Ortak yedek parça kullanımı
- Uzaktan teşhis olanağı
- Kullanıcıya teşhis olanağı
- Önleyici bakım kavramı[15]

1.5.7. Güvenlik İçin Tasarım (GİT)

Güvenilirlik, uzun vadede kalitedir. Tasarım öncesi ve sonrası güvenilirlik modellemesi, parça bazında güvenilirlik analizi, sahada güvenilirlik analizleri ve kıyaslama gibi metodlar kullanılarak tasarımın güvenilirliği artırılır ve birçok faktör dengelenir. Güvenlik için tasarımın temel ilkeleri şöyledir :

- Mümkün olduğunca az bileşen kullanımı
- Güvenilirlik bileşenlerinin kullanılması
- Standart bileşenlerin kullanılması
- Mantık sistemleri içindeki bileşenlerin ayarlanması
- Bakım ve onarımı önleyici sistemin kurulması[15]

1.5.8. Kalite İçin Tasarım (KİT)

Kalite, ürün ve ürünü ileriye taşımaya yönelik proseslerin çeşitli yönlerinin toplamından oluşmuştur. Bir işletmenin kalitesi müşteri memnuniyetinin ölçüsüdür. Bu yüzden, kaliteyi oluşturan bu prosesler çok disiplinli optimizasyon yöntemleri kullanılarak müşteriye göre optimize edilir. Kalite için tasarım efektif, verimli ve ince bir stratejidir.

Bir ürünün kalitesi söz konusu ürünün geliştirilmesi sürecinde oluşur. Bu erken aşamada belirlenen ürün özellikleri, ürünün niteliklerini oluşturduğundan tasarım evresinde ortaya konmalıdır. Bütün bunlara bağlı olarak göz önünde bulundurulması gereken kriterler şöyledir;

- Kalite karakteristiklerinin belirlenmesi
- Gerek duyulan kalite düzeyinin belirlenmesi
- Kesinleşen kalite düzeyine ulaşılması
- Ulaşılan kalite düzeyinin kontrolü
- Elde edilen değerlerin hedef değerlerle karşılaştırılması

Bu amaçla ürün geliştirme faaliyetleri sürecinde iş akışına bağlı olarak kontrol planları çıkarılmalıdır. Bu planlarda hangi aşamalarda ne tür kontrollerin gerekli olduğu, hangi kalite karakteristiklerinin ölçülmesi gerektiği, ölçüm sıklıkları ve uygulama biçimine yönelik bilgiler yer almalıdır.

Böylece kontrolde kullanılacak yöntemlerin ve cihazların belirlenmesi ve gereksinim duyulan yeni yöntemlerin ve cihazlarının tasarımı gündeme gelirken, gereksiz kontrollerin önüne geçilerek ürün güvenilirliğinin artırılması sağlanacaktır.

Tasarım aşamasında KİT'in kullanımı ile ürünün sorunsuz olarak pazara sunulması sağlanırken ürün kalitesini etkileyen parametreler ortaya çıkarken diğer tasarım yöntemlerinin uygulanma sürecinde benimsenmiş yanlış kararların önüne geçilmesi sağlanabilir. [15]

1.5.8.1.Ürün Yaşam Döngüsü ve Ürün Geliştirme

Hammaddeden atılana ya da tekrar geri dönüp üretime dahil edilene kadar bir ürünün geçirdiği aşamalara *Ürün Yaşam Döngüsü* denmektedir.

Bir ürünün yaşam döngüsü birçok kişiyi ürünle ilişkilerine göre ilgilendirmektedir. Fakat her biri kendi açısından ürünle ilgilenir.

- *Tüketici*, fonksiyonel, iyi görünümlü, uzun süre dayanan ve ucuz ürün arar.
- *Dağıtımçı*, kolay satılacak, servis problemleri olmayan, kolay taşınan ve çok kar getiren ürün ister.
- *Fabrika sahibi*, kolay yapılan, ucuza çıkan ve hammaddesi zamana ve başka

etkenlere bağı kalmadan kolay ulunabilen bir ürünü üretmek ister.

- *Süreç planlayıcı*, bir ürünün fabrikada nasıl üretileceğini bilir.
- *Atölye ya da fabrika sorumlusu yöneticisi*, atölyenin ekipmanlarının işleyişini ve performansından anlar.
- *Servis mühendisi* ise, ürünün onarılmasından ve koruyucu bakımından sorumludur.

Tasarımcı, ürün yaşam döngüsünü bilmek ve çeşitli aşamalarında ürünün gösterdiği performanstan haberdar olmak zorundadır. Bu nedenle tasarımcı ürün tasarımının yöntemini bilmek zorundadır. Gereken yerde pazarlama açısından ürünün ne anlama geldiğini, gereken yerde üretimde ürünün gösterdiği performansı bilmek zorundadır. Ürünün statüsünü ve bütün aşamalarda ekonomik, teknolojik, kullanım, bakım, taşıma hatta atma konusunda tasarımcının bilgilenmesi gereklidir.[4]

"Ürün Yaşam Döngüsü" konusundaki bilgilerin tümü "**Ürün Geliştirme**" bilgileri olarak tanımlanmaktadır. Bu bilgiler aşağıda sıralanan kişi ya da grupların işbirliğiyle oluşturulmaktadır:

- Yönetim,
- Araştırma,
- Pazarlama,
- Tasarım,
- Üretim,
- Dağıtım,
- Üretim destek birimleri

Son yıllarda özellikle sosyal ve ekonomik yaşantımızda meydana gelen hızlı değişim, birçok şirketi değişen müşteri ihtiyaçlarına ve teknolojik yeniliklere cevap verebilmek için endüstriyel alanda farklı arayışlara sevk etmiştir. Bu şirketler konuya olan cevabın yeni ürün geliştirme olduğunu bulmuşlardır.

Ürün geliştirme çalışmalarına konu olacak ürünün tanımı da önemlidir. Bu çerçevede ürünleri başlıca iki grupta değerlendirmek olasıdır.

Birinci grupta orjinal ve yeni ürünler olarak adlandıırabileceğimiz ve geleceğin iyi

algılanması ile yönelinen ve işletmenin gerçeklerine ve uzmanlık alanına uygun ürünler yer alır.

İkinci gruptaki ürünler ise işletmenin ürün portföyünde yer alan ancak pazardaki gelişme çalışmalarına konu oluşturacak nitelikteki ürünlerdir.

Yeni bir ürünün geliştirilmesi, pazara mevcut ürüne kıyasla müşteri ihtiyaçlarına da uygun olan bir ürünün sunulmasını amaçlayan bir proses olup, pazarın ve müşterilerin mevcut ürünle ilgili üreticiye aktardığı bilgilerin değerlendirilmesiyle başlar. Bu bilgiler müşterilerin ürünün kullanımında tespit ettikleri problemler olan "negatif kalite" şikayetleri ve ya kullanımda avantaj sağlayacak "pozitif kalite" önerileri olabilir.

Bu yaklaşımla bir ürün geliştirme prosesine bakıldığında pazar ve kullanıcı isteklerinin tespit edilmesi büyük önem taşır. Bu İsteklerin belirlenmesi klasik kalite anlayışında pazar araştırması ile gerçekleştirilir ve bu bilgilerin sırasıyla tasarım, mühendislik, üretim ve kontrol departmanlarında değerlendirilmeleriyle ürün geliştirme faaliyeti devam eder. Satış departmanınca pazara sunulan ürünle ilgili müşteri şikayetleri ise satış departmanından başlayarak geriye doğru bir akışla değerlendirilir ve gerekli düzeltici faaliyetler gerçekleştirilerek ürün geliştirme sürekliliği sağlanır.

1.5.8.2.Mühendislik Tasarımında Kalite

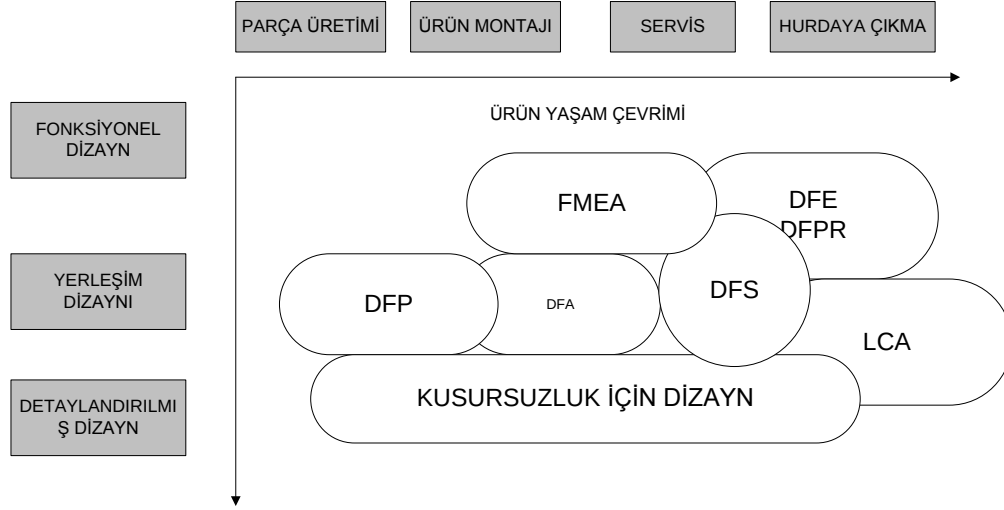
"Kalite ürün dışında gözlenemez; bu, ürünün bir parçası olmalıdır". Bu ifade o kadar sıklıkla kullanılır ki, herkesin bu işlerle uğraştığı düşünölmeye bile başlanır. Ancak şu da bir gerçektir ki çok az insan "kaliteyi oluşturma"yı bilir. Çoğu şirketlerde "oluşturma" bir problem çözme şeklindedir. Şüphesiz ki, problem çözme önemli bir faaliyettir. Ancak her şeyden önce, problemlerle karşılaşmamak için kaliteli bir proses veya ürün dizayn etmek daha iyi olmaz mı? Bazen kalitenin bir maliyeti olduğu söylenmekle birlikte, bu pek de doğru değildir. Bir iş başlangıçta doğru yapıldığında, bu iş sonucu tatmin edilen müşteriler olacağı gibi, ürünün maliyeti de düşük olacaktır. Problemlerin dizayn aşamasında önleendiğı şirketler vardır ve buralarda ürün kalitesi, spesifikasyonlar ortaya konmadan önce belirlenmektedir. Bu tür şirketlerde aşğıdaki yöntemlerden bazıları veya tümü, dizayn ve geliştirme mühendislerince kullanılır Eşzamanlı mühendislik,

- Ürünü bir matris içinde tanımlayan QFD,
- Bunun verimli bir şekilde yapılacağını garanti altına alan DFMA,
- En beklenmedik hataları ortadan kaldıran FMEA,
- Üretim prosesindeki değişkenler tarafından etkilenmeyen bir kusursuz dizayn ortaya koyan Taguchi Metodolojisi,
- Ürün toleranslarını sağlamada gerekli performans seviyelerini kullanan üretim,
- Tüm adımların eksiksiz dokümantasyonu,
- Makinaların toleranslar içinde parçalar üretmesini sağlayan İstatistiksel Proses Kontrol (SPC)

Yaşanılan çevreye verilen önemin her geçen gün artması sonucu günümüzde ürün yaşam çevrimi tanımı sadece bir ürünü kapsamamakta; ilave olarak ürünle ilgili katı maddeleri, gaz ve sıvı emisyonlarını ve enerji konularını da içermeye başlamaktadır. Ürün yaşam çevriminin adımlarında yer alan mühendisler, artık bir taraftan ürünün topluma sunacağı faydayı maksimize ederken bir taraftan da ürünün üretime, kullanıcıya ve çevreye olan 'maliyetlerini minimize etmek için çaba sarf etmektedirler. Günümüzde ürün dizayn çevrim metodolojisini belirlemede Üretilbilirlik İçin Dizayn'ın (Design for Producibility-DFP) yanısıra, Montaj İçin Dizayn (Design for Assembly-DFA) ve dizayndaki potansiyel zayıflıkları belirleyen Hata Modları ve Etkileri Analizi (Failure Modes and Effects Analysis-FMEA) gibi kavramların kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Ancak günümüzde mühendisler, sadece güvenilirliği düşünmekle kalmayıp aynı zamanda servis kolaylığını ve servis desteğini de düşünmeye başlamışlardır. Bu sayede Servis Edilebilirlik İçin Dizayn (Dizayn for Serviceability-DFS) kavramı da önem kazanmıştır. Ayrıca, toplumun çevre konusundaki artan duyarlılığı sonucu, ürünlerin kullanım sonrası çevreye verdiği zararı değerlendirmek ve bu zarar azaltmak üzere Yaşam Çevrimi Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment-LCA) kavramından söz edilmeye başlanmıştır. LCA'nın oldukça vakit alıcı olması dolayısı ile, Çevre için Dizayn (Design for Environment-DFE) metodolojisinden bahsedilmeye başlanmıştır. Bilhassa Avrupa'da eski ürünleri geri alma konusundaki kanunlar ve Japonya'daki "yeniden geri kazanılabilirlik (recyclability) kanunu", çevreye verilen önemin en son örneklerindendir. Ürün yaşam çevriminde kullanılan metodolojiler toplu olarak

Şekil 1.3 'te verilmiştir.

Burada temel konu, ürünün kullanım sonrası durumunun da dizaynın erken aşamalarında eşzamanlı olarak ele alınmasıdır; yani Ürünün Hurdaya Çıkmasına Göre Dizayn'dır(Design for Product Retirement-DFPR)



Şekil 1.3 : Ürün yaşam çevrim metodolojileri, ürün yaşam çevrimi ve dizayn çevrimi[11]

Sonuç olarak, kalite kavramı artık ilk ağızla geldiği gibi kalite kontrol ile eş anlamlı olmaktan çıkmış ve yeni bir oluşum içine girmiştir. Bu da artık bundan böyle ürün kalitesinin, kalite kontrolün bir sonucu olmaktan çok daha öte, müşteri ihtiyaçlarını sağlayan ürünlerin dizaynı olarak algılanması şeklinde görülmektedir [11]

2. MALZEME SEÇİMİ

Malzeme seçimi, tasarım prosesinde anahtar adımdır, çünkü bilgisayar hesaplamaları ve çizimleriyle, mühendislik çizimlerini birleştiren bir gerçek veya tasarım çalışmasını meydana getiren kesin bir karardır. Yalnız buradaki büyük zorluk, tasarım için malzeme seçimi yaparken farklı 40.000 tane metal alaşımının ve muhtemelen buna karşılık gelen bir okadar da ametalin arasından uygun malzemenin seçilmesidir. Yanlış malzeme seçimi yalnızca parçalarda ve ya bir bileşenlerde hata çıkmasına sebep olmakla kalmayıp, aynı zamanda gereksiz maliyeti de arttırır, yani yanlış malzeme seçimi üretim maliyetlerini arttırır ve böylece maliyet diliminin miktarıda artar. Malzeme seçiminin, malzemenin özellikleri ve üretim yöntemiyle ilgili olduğunu düşünürsek ortaya çıkan seçenek sayısı artmaktadır.

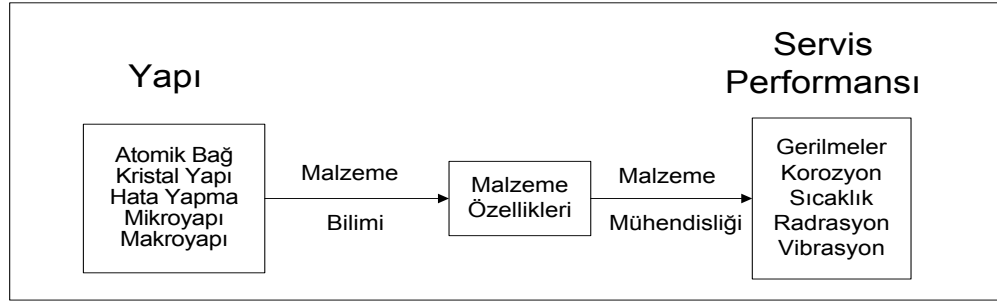
Birçok malzeme seçimi geçmiş deneyimlere dayanmaktadır. Önceden yapılan bir uygulama için çalışan sonuç bir çözümdür ama bu, o anki uygulama için ihtiyaç duyulan en iyi çözüm olmayabilir. Yakın zamana kadar malzeme seçimi tasarım prosesinin ufak bir parçasıydı ve sınırlı sayıdaki el kitaplarına bakılarak ve sınırlı verilere dayanılarak malzeme seçimi yapılıyordu. Fakat bugün için bunlar kabul edilemez uygulamalardır. Birçok uzay ve enerji uygulamasında malzemeler, kendi özelliklerinin en son sınırlarına kadar kullanılmaktadır. Performansın fazla öneminin bulunmadığı müşteri odaklı uygulamalarda, maliyeti azaltma ön plandadır. Sonuç olarak, malzeme seçiminde mantıklı yaklaşımlar çok önemlidir.

Birçok üretimde malzeme maliyeti, toplam maliyetin neredeyse %50'sinden fazladır. Otomasyon derecesi artarsa, işgücü maliyeti azalır ve toplam maliyetin en büyük yüzdesini de malzeme maliyeti oluşturur

2.1. Malzemelerin Performans Karakteristikleri

Malzemenin performansı ya da fonksiyon gereksinimleri genellikle fiziksel, mekaniksel, termal, elektriksel ve ya kimyasal özellikleriyle ifade edilir. Malzeme özellikleri temel yapı ile malzeme kompozisyonu ve parçanın servis performansı arasındaki bağı oluşturur.

Mühendislik malzemelerini metaller, seramikler ve polimerler olmak üzere üç gruba ayırabiliriz. Altgruplama yaparsak karşımıza elastomerler, camlar ve kompozitler çıkar. Daha da teknolojik bir sınıflandırmayla elastik, manyetik ve yarı-iletken malzeme grupları karşımıza çıkar. Aşağıdaki şekilde malzeme özellikleri ile malzeme yapısı ve performansı arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Malzeme Özellikleri ile Malzeme Yapısı ve Performansı Arasındaki İlişki [7]

Malzeme biliminin asıl hedefi malzeme yapısının nasıl kontrol altında tutulabileceğini anlayarak mühendislik malzemelerinin özelliklerini geliştirmektir. Malzeme yapısı; atomik boyutlardan makroskopik çatlaklara kadar oldukça fazla bir çeşitlilik gösterir. Belli başlı yapısal elementlerin değişik boyutları Tablo 2.1'de görüldüğü gibidir

Malzeme özelliklerinde, ucuzluk ve kolay ölçülebilirlik genellikle en çok aranan özelliklerdir. Ancak malzeme özelliklerinden iyice emin olabilmek için başka ölçümlerin de yapılması gerekmektedir.[7]

Malzemenin özellikleri genellikle bazı spesifikasyonlar ile ifade edilir. İki çeşit malzeme spesifikasyonu vardır :

- Performans Spesifikasyonları
- Ürün Sepesifikasyonları

Tablo 2.1. Malzeme Yapısının Sınırları[7]

Boyut (cm)	Numune Elementler	Mekanik Özellikler, Parametreler	Çevre duyarlı karakteristikler	Sınama metodu, keşfedilebilirlik	Disiplinler	Alanlar
10^2	Mühendislik yapıları	Yapısal bozukluklar			Yapısal stres analizi	Tasarım Mühendisliği
10^0	Mekanik test	Çentikler	Korozyon test	İnsan gözü, Röntgen		
Malzeme						
Mühendisliği						
Süreklilik mekaniği						
10^{-2}	Yüksek mukavemetli filamanın çapı, Alaşım,	İnklüzyonlar ve boşluklar, Mikroçatlaklar Kayma bandı	Sudaki karbon çeliğinin yıl başına uğradığı korozyon miktarı	Sıvı penetrant		Malzeme Bilimi
10^{-4} 10^{-4}	Polimer zincirinin uzunluğu Alaşım lardaki çökelme fazları Dislokasyon boşluğu		Korozyon skalası	Akustik emisyon Mikroprob		
10^{-6}			İnce oksit filmler	Elektron mikroskobu Elektro-	Dislokasyon mekaniği	

10^{-8}	Kristal latis boşluğu Atomik çap	Burger vektörü Atomik bağ	Adsorbe edilmiş katman	Field ion mikroskobu	Kuantum ve dalga mekaniği
-----------	--	---------------------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------------

Ürünün gerekli fonksiyonel ihtiyaçlarını betimleyen ve geliştirilebilecek olan ürün için ana parametrelerin sınırlarını belirleyen spesifikasyonlara *performans spesifikasyonları* denir. Bunlar üründen beklenen performans ile olası risklerin ve hataların sonuçlarının gelişimi esas alınarak belirlenir.

Tasarıma ait bileşenlerin hangi koşullarda satın alındığını veya üretildiğini tanımlayan spesifikasyonlara da *ürün spesifikasyonları* denir. Malzeme özellikleri, ürün spesifikasyonunun önemli bir parçasını oluşturur.

Tablo 2.2. Malzeme Performans Karakteristikleri [7]

<u>FİZİKSEL ÖZELLİKLER</u> Kristal yapı Yoğunluk Kaynama noktası Buhar basıncı Viskozite Porozite Geçirgenlik Yansıtma kabiliyeti Saydamlık Optik özellikler Boyutsal kararlılık <u>ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER</u> İletkenlik Dielektrik sabiti Zorlayıcı kuvvet Histerezis <u>NÜKLEER ÖZELLİKLER</u> Yarı-ömür Kesit stabilite	<u>MEKANİK ÖZELLİKLER</u> Sertlik Elastisite modülü Çekme Basma Poisson oranı Gerilme-kuvvet eğrisi Akma kuvveti Çekme Basma Eğilme Yorulma özellikleri Aşındırılmış Çentikli Korozyon yorulması Kazımalı aşınma Charpy geçiş sıcaklığı Kırılma tokluğu Yüksek sıcaklık Sürünme Gerilme sonucu kırılma Nemlenme özellikleri Aşınma özellikleri Sürtünme Abrazyon Erozyon Kavitasyon Talaş Balistik darbe	<u>TERMAL ÖZELLİKLER</u> İletkenlik Spesifik ısı Genleşme katsayısı Emisyon Absorbsiyon Sürtünme ısının dağılma oranı Ateşe dayanıklılık <u>KİMYASAL ÖZELLİKLER</u> Elektromotif serilerdeki pozisyon Korozyon ve sürtünme Atmosferik Tuzlu su Asitler Sıcak gazlar Ultraviyole Oksidasyon Termal stabilite Gerilme korozyonu Hidrojen gevrekliği Hidrolik geçirgenlik <u>FABRİKASYON ÖZELLİKLERİ</u> Döküm yapılabilirlik Isıl işleme yatkınlık Sertleştirilebilirlik Şekil verilebilirlik İşlenebilirlik Kaynak yapılabilirlik
---	--	---

2.1. Malzeme Seçme Prosesi

Bütünüyle mantıklı bir malzeme seçimi kolay olmaktan oldukça uzaktır. Problem sadece yetersiz ya da yanlış özellik datasından dolayı zorluk oluşması değil aynı zamanda objektif, düzgün bir karar vermede de çeşitli baskıların oluşmasıyla karşı karşıya kalmaktan da kaynaklanıyor. Malzeme seçiminde problem genellikle iki farklı durumda karşımıza çıkıyor:

1. Yeni bir ürün veya tasarım için malzeme seçimi
2. Eski ürünün yeniden değerlendirilmesi, güvenilirliğinin geliştirilmesi veya tasarım maliyetinin düşürülmesi için performansı geliştirme

Malzeme seçimi diğer bütün mühendislik tasarımlarında olduğu gibi, bir problem çözme prosesidir. Bu prosesdeki adımları şöyle tanımlayabiliriz :

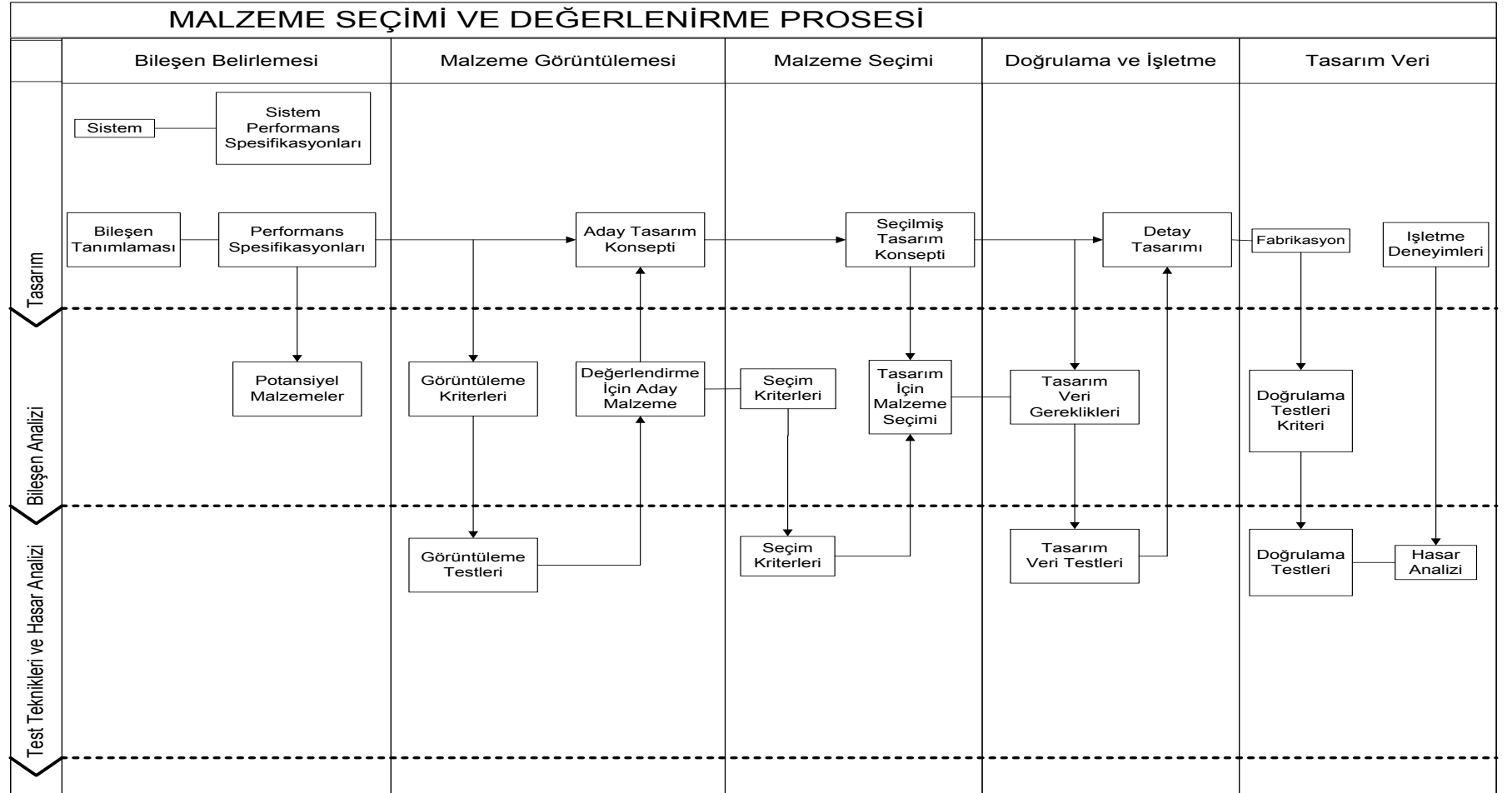
1. Malzeme gereksinimlerinin analizi : Ürünün dayanabileceği servis ve çevre koşullarına karar vermek , bunları kritik malzeme özelliklerine çevirmek için yapılan analizlerdir.
2. Aday malzemelerin elenmesi : Uygulama için umut veren malzemeleri geniş bir özellik skalasına göre karşılaştırarak uygun malzemelerin seçilmesidir.
3. Aday malzemenin seçimi : Değişen ürün performansları, maliyet, üretilebilirlik ve elde edilebilirlik, uygulama için en iyi malzemenin seçiminde aday malzemenin analizidir.
4. Tasarım datasının geliştirilmesi : Serviste karşılaşılması beklenen spesifik koşullar altında, istatikselsel olarak güvenilir malzeme performansı ölçüleri elde etmek için , deneysel olarak anahtar malzeme özelliklerini belirlemektir.

Görüntüleme özellikleri, uygulama için kesin alt ve üst limitlerin belirlendiği bir malzeme özelliğidir ve bu limitler dışında bir değişim kabul edilemez.

Tasarım datasının özellikleri, üretim aşamasında , tasarım ve üretim parçalarının fonksiyonelliklerini netleştirip belirginleştirmek amacıyla yeterli güveni vermelidir. Bu aşamada, ulaşılmak istenen sonuçlar, birazda çalıştığımız alanın doğasına bağlıdır. Birçok ürün alanında spesifikasyonlar çok sert değildir ve ASTM nin belirlediği standartlarda , çok geniş test sistemi uygulanmadan kullanılmaktadır. Ama uzay, uçak ve nükleer sanayi gibi alanlarda spesifikasyonların uygulanması katı ve toleranssızdır.

Şekil 2.2 de kompleks ürünler için malzeme seçme ve geliştirme prosesleri gösterilmektedir. Sistem için baştan sona, tasarım kavramıyla başlayarak, özel sistem bileşenleri belirlenmiş ve bu bileşenlerin performans spesifikasyonları geliştirilmektedir. Performans spesifikasyonları ile uyuşan potansiyel malzemeler belirlenmekte ve bunun için de görüntüleme testleri baz alınmaktadır. Bu testte başarılı olan malzemeler artık aday malzemelerdir ve malzeme seçimi aşamasında, bu malzemeler geliştirilir ve daha fazla ayırt edici özelliğe karşı test edilir. Malzeme seçimi evresinde bu malzemeler daha dar ve ayırıcı bir özellikler kümesi üzerinden değerlendirilirler. Kullanılabilirlik değerlendirmeleri ise seçilen tasarım kavramı için tek veya daha küçük sayıda malzemeye varmak üzere performans, fiyat ve bulunabilirlik üzerinden yapılır. Yaygın bir test programı özelliklerdeki değişiklikleri yerleştirmek veya malzemenin satıcılarını sınıflandırmak için gerekebilir. Bu detaylı özel veriler, detaylı nihai tasarıma aktarılırlar. Tasarım, çalışır bir kavram olarak üretildiğinde kritik tasarım özellikleri üzerine üretim proseslerinin etkisini değerlendirebilmek için ek özellik testleri gerekli olur.

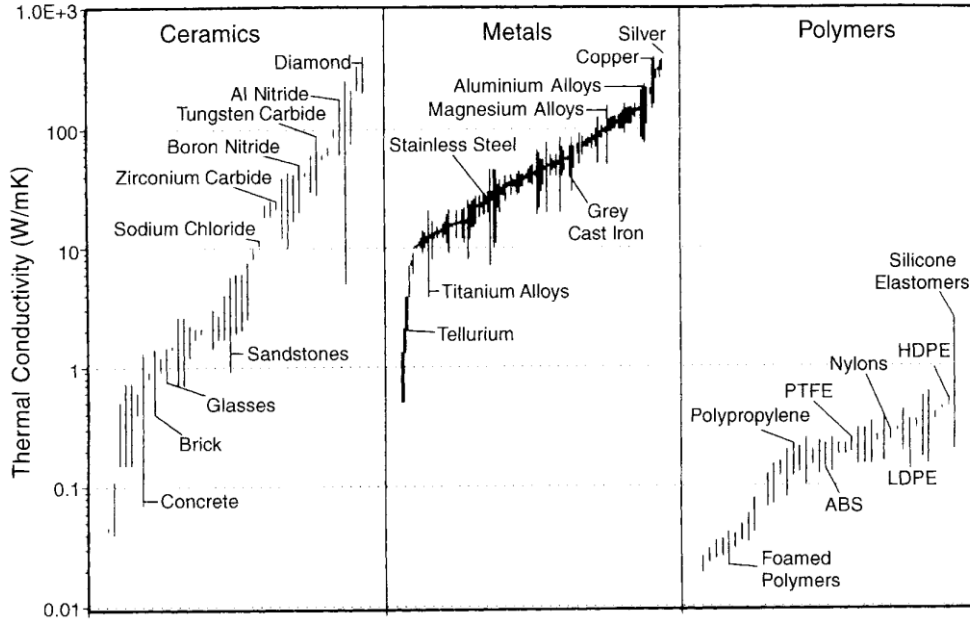
Tasarım servise girdiği zaman, deneysel tecrübeler de toplanmaya başlar. Tasarımın mükemmel çalışması beklense de, kompleks sistemlerde beklenen servis hatalarının ortaya çıkması nadir bir durumdur. Bileşenlerin hataları genelde yanlış malzeme seçiminden ya da yanlış tasarımdan kaynaklanır. Hata analizi, daha iyi bir dizayna ulaşılmasında oldukça iyi bir yöntemdir.[7]



Şekil 2.2: Karmaşık Bir Ürün İçin Uygulanan Malzeme ve Geliştirme Prosesi [7]

Malzeme seçimi genellikle tasarım prosesinin her aşamasında görülsede, sonraki aşamalarda oldukça önemlidir. İnovativ bir tasarım için daha fazla seçeneğin olması, daha geniş bir malzeme seçimiyle olur. Bütün seçeneklerin açık olduğu bu aşamada, tasarımı yapacak kişi mümkün olan en dar malzeme çeşitli üzerine yaklaşık verilere ihtiyaç duyacaktır. Tasarım konsepti için metal malzeme en uygun malzeme iken bir diğeri için en iyi seçim bir polimer olabilir. Ashby, bu amaca yönelik kullanışlı malzeme seçimi grafikleri hazırlamıştır.

ASHBY diyagramaları ile, “Malzemelerin özelliklerini tanıdıktan sonra, bu bilgileri sistematik bir şekilde malzeme seçmek için nasıl kullanacağız? Malzemeyi nasıl seçeceğiz? “ sorularını cevaplıyoruz. Bu soruların çözümlerine ulaşmak için, bize gerekli olan , anahtar malzeme özelliklerini belirlememiz gerekir. Örneğin ; düşük ağırlık-yüksek mukavemet yada yüksek elastik modülü gibi. Elimizde bu özelliklere ait değerler olduktan sonra uygun malzemeyi seçmek için referans kitaplara veya bunun için kaynak oluşturulmuş bilgisayar yazılımlarına bakılarak malzeme datalarına ulaşılır. Bu datalara ulaşıldıktan sonra, seçilen özelliğe göre malzemelerin verilerini gösteren bir grafik oluşturulur. Şekil 2.3. te bu grafiklere bir örnektir.[3]



Şekil 2.3 : Seramik, metal ve polimerlerin termal iletkenlik değerleri[3]

Bu grafiklerden yararlanarak beklenen limitler arasındaki malzemeler belirlenir. Fakat tasarım için iki veya daha fazla özelliğin kesişimini gösteren data'lara ihtiyaç vardır. İşte Ashby diyagramları seçilen iki özelliğin kesişiminde yer alan malzemeleri gösteren diyagramlardır ve bu diyagramlar sayesinde uygun malzemenin seçilmesi en iyi şekilde gerçekleşmektedir. EK.1 de Ashby diyagramları verilmiştir.[3]

2.3. Malzeme Ekonomisi

Özel bir tasarım için karar verirken performans ve maliyet arasında bir karar vermek gerekir. Üretici en üst seviyede performansla sahip malzeme üretmek zorunda değildir. Buna karşılık, aynı ürün için üretici rakiplerine göre daha iyi bir maliyet oranı ile daha değerli bir ürün şeklinde ortaya çıkarmalıdır. "Değer"den kasıt, uygulamaya uygun kriterlerdeki performansların tatmin edici olmasıdır. "Maliyet"ten kasıt ise o "değer"deki ürüne ne ödeneceğidir.

Malzemenin maliyeti çok önemli bir nokta olduğu için bu konu üzerinde daha fazla özen göstermek gerekir. Temel olarak malzeme maliyetinin bağlı olduğu konulara bakarsak :

- Kıtlık (Cevherinde az oranda bulunan bir malzeme ya da piyasada zor bulunan bir malzeme o malzemenin kıtlığını gösterir.)
- Maliyet ve malzemeyi işleyebilmek için gerekli olan enerji miktarı
- Arz ve talep

malzemenin maliyetine etki eden faktörlerdir. Genel olarak, çok miktarda kullanılan malzemeler (örneğin taş, çimento, vb.) çok düşük fiyatlara sahiptir. Fakat endüstriyel elmas gibi nadir bulunan malzemeler ise çok yüksek fiyatlara sahiptirler.

Özellikler arttıkça, örneğin akma mukavemeti, temel malzemenin ötesinde yapısal değişiklikler, alaşım değişiklikleri, ek proses basamakları eklenecektir. Örneğin, çelik için mukavemetteki değişiklik, nikel alaşımıyla ya da ısıtma işlemi ile su verme ya da temperleme ile elde edilebilir. Diğer yandan, alaşımın fiyatı bazen maliyeti ağırlıklı olarak artıracak kadar yüksek olmayacaktır. Fiyatı yükselten faktör, alaşımın saflığı için gereken saflaştırma işlemleri olabilir. Yani, fazladan yapılan saflaştırma adımları ya da yüksek saflıkta yüksek fiyatlı hammadde kullanımı fiyatı artırır.

Malzemeye uygulanan işlemlere göre şu durumlarda fiyatlara ekstra eklenir :

1. Metalurjik Gereksinimler

Derece fazlası: Her bir AISI derecesi, genel çelik tipinin maliyetini fazladan artırır. Örneğin; sıcak haddelenmiş çubuk, sıcak haddelenmiş levha, vb.

Kimyasal fazla: Çelik için standart dışı kimyasal kompozisyon.

Kalite fazlası: Örneğin; vakum ergitmesi ya da gaz alma işlemi.

Denetim ve test: Rutin çekme deneyleri ve kimyasal analizlerin dışında yapılan testler.

Özel spesifikasyonlar

2. Boyutlar:

Boyut ve şekil: Özel şekiller ya da boyutlar.

Uzunluk: Uzunlukla ilgili spesifik istekler pahalıdır.

Kesme: Makasla kesim, makina ile kesim, alevle kesim, vb. Toleranslar: Normale göre daha sıkı toleranslar maliyet artırır.

3.Proses:

Isıl işlem: Örneğin; normalizasyon ya da küreselleştirme.

Yüzey işlemi: Örneğin; dekapaj ya da yağ alma.

4.Miktar:

Standart lotlardan daha düşük yapılan (50-300 ton) alımlar ekstra fiyata tabidir.

5.Paketleme, İşaretleme, Yükleme:

Paketleme: Sargı ya da kutulama vb.

İşaretleme: Damgalı numaralardan farklı numaralar ekstra maliyet getirir.

Yükleme: Yük taşıma araçları için yapılan özel bloklama ekstradır.

6.Metrik Boyutlar:

Amerika Birleşik Devletleri çelik üreticileri hala İngiliz sistemini kullanmaktadır fakat dünya genelinde SI metrik sistemi kullanılmaktadır. Buna göre, metrik toleranslara göre yapılacak üretim ekstra maliyete neden olabilir.

Sonoç olarak tasarımcının reklam amacı içermeyen kararlarının fiyata ne denli büyük etkide bulunduğu yukarıdaki listeden anlaşılmaktadır. Standart kimyasal kompozisyonlar mümkün olduğunca kullanılmalıdır ve alaşım seviyeleri standardize edilmelidir, böylece malzemedeki stok maliyeti düşürülür.[7]

2.4. Malzeme Seçim Metodları

Malzemelerin karşılaştırılmalarının karmaşıklığı ve hem müşteri isteğine en yüksek performansla eksiksiz karşılayacak hem de üretimi en düşük maliyetli malzemeyi seçmenin zorluğu nedeni ile malzeme seçimi konusunda şimdiye dek hiçbir metod öne sürülememiştir. Genelde araştırma ve akademik çabalarla malzeme seçiminde problemin çözümüne ulaşmak mümkündür.

Tasarımcılar ve malzeme mühendisleri malzeme seçimi yaparken çeşitli yaklaşımları kullanırlar. Bunlardan en çok kullanılanı, yeni tasarımın kullanılacağı çevreye benzer çevrelerdeki tasarımlarının performanslarının gözlenmesidir. Tasarımcı için, servis hataları üzerinden elde edilen bilgiler oldukça faydalıdır. Ancak, genellikle bu deneyimlerle fazla bir ilerleme sağlanamaz ve daha önceden kullanılmış malzeme ya da rakip firmanın aynı ürünün yapımında kullandığı malzeme tercih edilir.

Malzeme seçimi metodları içerisinde en genel ve en analitik olanları şöyledir:

- Maliyet-performans indisleri
- Ağırlık özellik indisleri
- Değer analizi
- Hata analizi
- Kar-maliyet analizi

Maliyet, malzeme seçiminde çok önemlidir. Bundan dolayı malzeme seçiminin öncelikli olarak ele alınması gerekir. Günümüzde tasarım prosesinin üretim maliyetini tahmini olarak yapan bilgisayar bazlı metotlar geliştirilmektedir. Bu metotların kullanılmasının mümkün olmadığı durumlarda bir hedef maliyet belirlenerek hedefi aşan pahalı malzemeler elenebilir. Sonuç olarak, tasarımın maksimum performans ve minimum maliyet getireceği arasında bir seçim yapılacaktır ise bu iki değişken arasındaki ilişki çok iyi irdelenmelidir.

Tipik bir malzeme seçimi probleminde birden fazla performans gereksinimini tatmin etmek çok önemlidir. Bunu yapabilmenin basit bir yolu da bir karar verme matrisi kullanmaktır. Böylelikle performansı kontrol eden çeşitli performans gereksinimleri ölçülmüş olur.

Değer analizi; kalite ve güvenilirlikten ödün vermeden bir ürünün en düşük maliyette nasıl üretilbileceğini veren bir yöntemdir. Bu yöntem, sadece malzeme seçimi problemi ile uğraşmaz, artı olarak daha birçok yönü vardır.

Seçilen malzeme ne kadar iyi karakterize edilmiş olursa olsun ve performans gerekleri ne kadar açıklayıcı olursa olsun her zaman için malzemenin göstereceği performans açısından daima bir belirsizlik mevcut olacaktır. Herhangi bir tasarımda ve üretim programında karşılaşılabilecek esas önemli riskler şöyledir:

- Takip edilecek üretim programı
- Maliyet
- Üretilbilirlik
- Performans
- Bakım kolaylığı
- Tamir edilebilirlik
- Dayanıklılık

Özet olarak bütün bunlar göz önüne alınacak olursa, malzeme seçiminin sihirli bir formülü yoktur. Başarılı bir malzeme seçimi için şu soruların sorulması gerekmektedir:

- Performans gereksinimleri ve servis koşulları doğru ve tamamıyla tanımlanmış mı?
- Aday malzeme özelliklerini geliştirirken kullanılan malzeme özellikleri ile performans gereksinimleri arasında iyi bir korelasyon var mıdır?
- Malzeme özellikleri ve bu özelliklerin modifikasyonu arasındaki ilişki, birbirini izleyen üretim prosesleri tasarından yeterince göz önünde bulunduruldu mu?
- Malzeme, kabul edilebilir bir fiyatta istenilen şekil ve konfigürasyona uyuyor mu?

Bütün bu sorular sorulup gerekli cevaplar alındıktan sonra, malzeme seçme süreci kısmında altılan yol izlenerek, tasarım için uygun malzemeye ulaşılabilmektedir.[7]

3. KALİTE FONKSİYONLARINI GELİŞTİRME (KFG) TEKNİĞİ

Günümüzde şirket politikalarını oluşturmanın en önemli gündem maddesini müşteri istek ve beklentilerini karşılama yolundaki girişimlerin oluşturduğu söylenebilir. Geçmişte uzman bir servisin sorumluluğunda olan kaliteyi sağlama işlevi, bugün işletmenin her düzeyine yaygınlaştırılmıştır. Artık amaç ürettikten sonra kaliteyi korumaktan çıkmış, daha tasarım ve planlama aşamasında kalite yaratmaya başlama ve bunu geliştirerek sürdürme işi haline gelmiştir. Günümüz zor rekabet şartları da bu yaklaşıma ilave edildiğinde başarının anahtarının yüksek kalite, hız ve en önemlisi müşteri beklentilerini karşılayacak yeni ürün geliştirme faaliyetleri olduğu görülür. Bu amaç doğrultusunda ürün veya servisin tasarımı ve geliştirmesinde kullanılan tekniklerin başında “Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme (Quality Function Deployment- KFG) “ gelir.

Kalite fonksiyonlarını geliştirme prosesinde, temel girdi olarak müşterilerin istek ve gereksinimleri kullanılır. Böylece şirketler, ürün geliştirme sırasında KFG ‘yi bir metodoloji olarak kullanmaları durumunda, müşterilerine kulak vermek durumunda kalır ve birçok şirket mevcut ve potansiyel müşterileriyle temas haline geçerek, elde edecekleri bilgileri piyasaya daha rekabetçi ve yenilikçi ürünler sunmada kullanabilir. Bu proses sayesinde rekabet gücü artmakta ve bir memnun müşteri temeli oluşturulmaktadır.

KFG’ nin temel amacı, müşteri istek ve beklentilerini karşılarken elde edilen bilgilerle ürün tasarımına yardımcı olmanın yanısıra Toplam Kalite Yönetimi kapsamında daha sonra gerçekleştirilecek olan Deneylerin Tasarımı ve İstatiksel Proses Kontrol çalışmalarına da temel hazırlamaktır.

Sürekli başarılı olmak için şirketler, müşterilerin istekleri,gereksinimleri ve memnuniyet seviyeleri hakkındaki bilgilerini kesintisiz şekilde izleyebilecek ve güncelleştirebilecekleri proseslere sahip olmalıdır. Müşterilerin düşüncelerinin gerektiği şekilde anlaşılabilmesi, yeni ya da revize edilmiş ürünlerin daha en başta önemli bir dezavantaja sahip olması anlamına gelir. Çünkü ürünü satın alacak ve bu üründen memnun olacak taraf müşteridir ve bu yüzden yeni bir ürünün

geliştirilmesine yönelik çalışmaların en önemli girdisini, müşteri istekleri oluşturmaktadır.

KFG, ürün ve hizmetlerin planlanmasına yönelik bir proses ya da metodolojidir ve en önemli girdisi de yine müşterilerin düşünceleridir. Müşterilerin istek ve gereksinimleri, yeni veya revize edilmiş ürünlerin geliştirilmesinde “itici güç” tür. KFG prosesi bir ekip çalışması sonucunda elde edilen bazı girdileri ve kararları gerektirir. Bu nedenle, söz konusu proses, büyük şirketlerde ortaya çıkan engellerin birçoğunu ortadan kaldırır ve böylece, pazarlama bölümü elemanlarının müşteri ile ilgili bilgilerinin, ürün mühendislerinin, müşterilerin gereksinimlerine ilişkin bilgi ihtiyacı ile birleştirilmesine yardımcı olur.

Sonuç olarak , KFG yöntemini kullanmaya kara veren şirketlerin

1. Müşteri isteklerini belirlemesi
2. Şirketin, organize bir ekip yaklaşımı ile bu isteklere nasıl karşılık verdiğini hesaplaması

gerekir. Organizasyonlar çalışmalarında işbirliğinden daha fazla oranda yapılanırlar ve bu nedenle de, yeni bir ürün veya hizmetin nihai müşterileri tatmin etme potansiyeli de artar.

3. 1. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Tanımlanması

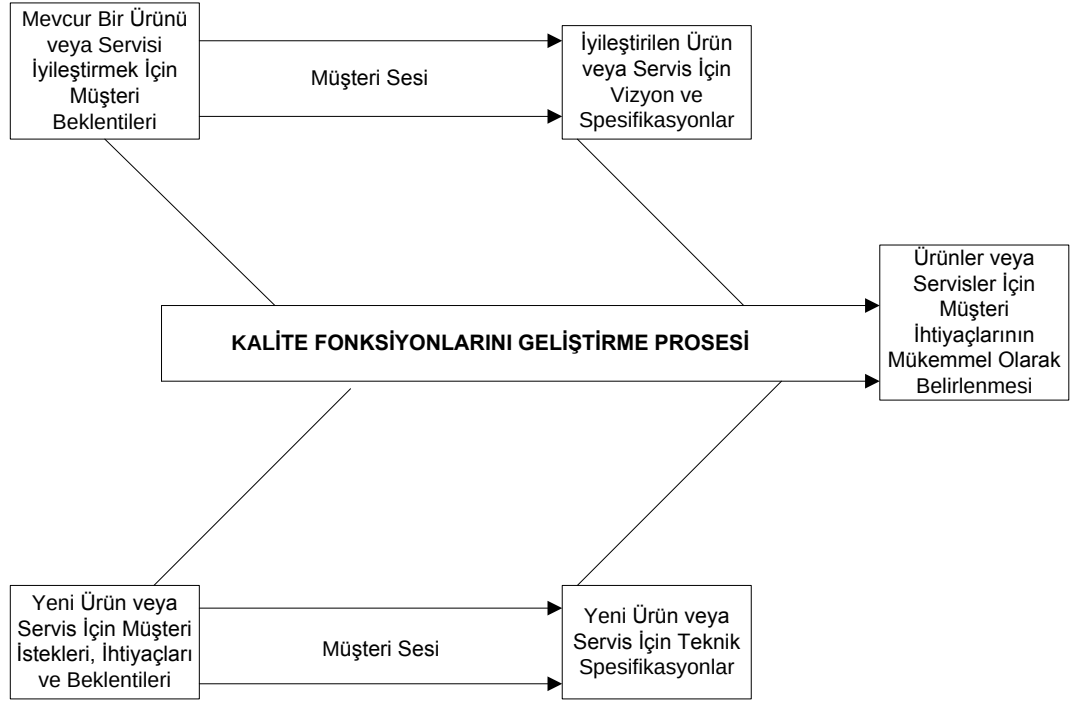
Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme (Quality Function Deployment - KFG) için bir çok tanım yapılabilmesine karşılık, şu tanım KFG'nin özünü çok iyi bir şekilde ortaya koymaktadır: "KFG, her bir ürün geliştirme çalışmasında pazar veya müşteri ihtiyaçlarının, ilgili teknik ihtiyaçlara, doğru bir şekilde dönüştürülmesini sağlayan sistematik bir yöntemdir". Başka bir deyişle, KFG sayesinde bir ürün geliştirme işleminde ürün planlamasının başlangıcından, ürünün kullanımı aşamasında gerekli olacak en detaylı talimatlara kadar açık bir metot yakalanabilir. Bu sonuçlar, araçların her bir aşamada birbirlerine bağlanmasını gerektirir ve bu da ancak sistematik bir yöntem sayesinde gerçekleşir. Müşterinin sesi, KFG için bir başlangıç noktasıdır ve bu, prosesi yönlendirir. Müşteriyi dinlemek, anlamak ve müşterinin ne istediğini yorumlamak, KFG'nin arkasındaki mantığın esasını oluşturur. "Deployment" kelimesinin Japonca'daki anlamı İngilizce'dekinden daha geneldir. Japonca'da "Deployment", faaliyetlerin genişletilmesi veya yaygınlaştırılması

anlamına gelir. Böylece KFG, kaliteli bir ürünü veya servisi üretmek için sorumlulukların işletmedeki tüm birimlere yaygınlaştırılması gerektiği şeklinde ifade edilebilir.

King (1989) KFG'yi, müşteri ihtiyaçlarına göre bir ürün veya servis sunmak üzere kullanılan ve içinde üretici ve tedarikçilerin tüm elemanlarının yer aldığı bir sistem olarak tanımlamıştır. Sullivan (1988) ise KFG'yi, "ürün geliştirmenin ve üretiminin her aşamasında müşteri isteklerini, uygun teknik ihtiyaçlara dönüştüren bir sistem" olarak yorumlamıştır. Maddux ve diğerleri'ne (1991) göre KFG, bir ürünün en kritik karakteristiklerini belirlemede yönetimin birleştirilmiş bilgisini kullanmak için yapısal bir metot sunar. Wolfe (1994) KFG'yi, "sistem geliştirme prosesini iyileştirmek için şekilsel bir yapı" olarak tanımlamaktadır. King (1989) KFG'yi, "müşteri ihtiyaçlarına göre bir ürün veya servis dizayn etmek için bir sistem" olarak tanımlamaktadır. Akao (1990) tarafından KFG, "Her bir fonksiyonel komponentin kalitesinden başlayıp bunu her bir parçanın veya prosesin kalitesine yaymak suretiyle, sistematik olarak talepler ve karakteristikler arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak müşteri taleplerini kalite karakteristiklerine dönüştürme ve bitmiş ürün için bir dizayn kalitesi geliştirmedir" şeklinde tanımlanmıştır.[1]

Shigeru Mizuno'ya göre KFG, organizasyonların kalite konusunda tepkisel olmaktan ziyade aktif olmalarını mümkün kılar. KFG, bir ürünün oldukça kritik karakteristiklerini tanımlamada, yönetimin kollektif bilgisini kullanmak için yapılaşmış bir metot sunar. Düşünce ve sezgileri beyin fırtınası yolu ile yönlendirmek için çapraz fonksiyonel ekipler oluşturulur. KFG, belirli ihtiyaç ve beklentileri yansıtan müşterinin sesinin net bir şekilde algılanarak, buna yönelik bir ürün veya servisin geliştirilmesine ve açınımına yardımcı olan bir kalite güvence sistemidir. Dar kapsamda düşünüldüğünde KFG, dizayn iyileştirmelerini mümkün kılan bir organizasyon olarak algılanabilir. Geniş kapsamda algılandığında ise KFG, dizayn prosesini dökümanate eden çizelgeleri de içine almaktadır.[5]

Özetle, Şekil 3.1'den de görülebileceği gibi KFG, müşteri ihtiyaçlarını, beklentilerini ve isteklerini, tasarımcıların ve geliştirmecilerin ürünü veya servisi ortaya koymak üzere kullanacakları gereklilikler haline dönüştürür. Uygun şekilde kullanıldığında KFG, müşterinin sesini dinlemek, müşteri ihtiyaçlarını servis veya ürün karakteristiklerine dönüştürmek ve pazar ihtiyaçlarını önceliklendirmek amacı ile kullanılabilir.[5]



Şekil 3.1 : Kalite fonksiyonu açılımı ve toplam müşteri tatmini [5]

KFG, Şirket Çapında Kalite Kontrol (Company-Wide-Quality-Control-CWQC) olarak adlandırılan Japon Endüstriyel Standardı Z8101-1981'i ifade etmek için bir araçlar seti olarak geliştirilmiştir. Bu Z8101-1981 standardı kalite kontrol kavramını, "müşteri ihtiyaçlarını sağlayan ürün veya servisleri ekonomik olarak üretmek için bir araçlar sistemi" olarak tanımlamaktadır. Ayrıca bu standarda göre, kalite kontrolün etkin bir şekilde uygulanması, işletme içindeki üst yönetimden, yöneticilerden, danışmanlardan, pazar araştırmasından ve AR-GE, üretim, satın alma, tedarikçi yönetimi, satış, servis, finansman, personel ve eğitim gibi birimlerden de insanların içinde bulunduğu bir işbirliğini zorunlu kılar. Bu boyutta gerçekleştirilen bir kalite kontrol, "işletme çapında kalite kontrol veya toplam kalite kontrol" diye adlandırılır. Böylece, bu hali ile Japon CWQC yaklaşımının Amerikan Toplam Kalite Yönetimi (TKY) yaklaşımı ile eş içerikli olduğu görülmektedir. KFG yaklaşımı, stratejik planlama prosesinde kalitenin önemli bir konusunun yüzeysel bir şekilde algılanma ihtimalini azaltarak, TKY'ye yardımcı olur.[18]

3. 2. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Tarihçesi

KFG'nin tarihçesi bir dereceye kadar belirsizdir. KFG, Japonya'da mühendislerin dizayn proseslerinin erken aşamalarında bile kaliteyi göz önüne almaları için geliştirilmiştir. KFG'nin arkasındaki mantık 40 yıl öncesine dayanmakla birlikte, bu

konuda ABD'deki çalışmalar yakın denecek bir zaman önce başlamıştır. Bugünkü anlamı ile ilk KFG uygulaması, Japonya'da Y. Akao tarafından 1972'de, Mitsubishi Heavy Industries Kobe Shipyard'da başlatılmıştır. Daha sonra bu metodoloji 70'lerde Toyota'da, , otomobillerde paslanmayı önlemek amacı ile başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Böylece Toyota ve tedarikçileri, onu bir çok yönden geliştirmiştir. Bu metodoloji sayesinde, seri üretim başlatıldıktan sonra gerekli dizayn değişiklikleri önemli oranda azaltılmıştır.

Bu konuda ilk İngilizce makale, Japon yazarlardan Kogure ve Akao (1983) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre, KFG konusunda Japonca ilk makale 1967 yılında yayımlanmış ve 1970'lerin sonlarına doğru ise bu sayı yılda 10'a kadar çıkmıştır. KFG'nin tarihçesi konusunda mevcut bir diğer çalışma da Clausing ve Pugh (1991) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre KFG'yi ortaya koyan düşünceler köklerini değer analizi/değer mühendisliği (value-analysis/ value engineering)'ne dayandırmaktadır. Değer analizi/değer mühendisliği kavranılan 1950'lerde oldukça gündemde olmasına rağmen, spesifik KFG metodolojisi 1986'lardan sonra ABD'de popüler olmaya başlamıştır. KFG ismi altında yürütülen faaliyetler ABD'ye Japonya üzerinden gelmekle birlikte bunun Japonya kaynağı bir dereceye kadar belirsizdir. Kaynağı ve kökeni ne ve neresi olursa olsun şu bir gerçektir ki, bugün dünyada bir çok yerde bir çok kişi tarafından KFG konusu üzerinde çalışılmakta ve bu, bir çok işletmede uygulanmaktadır. Günümüzde KFG Japonya'da elektronik, dokuma, ev aletleri, bütünleşik devreler, sentetik kauçuk, konstrüksiyon ekipmanları ve tarımsal makina üreticileri tarafından kullanılmaktadır. Japon tasarımcıları, yüzme okulları ve toptan satış yerleri gibi servislerde, hatta yeni apartmanların yerleşim planlarının hazırlanmasında KFG'den faydalanmaktadır. Digital Equipment, Hewlett-Packart, AT&T ve ITT onu kullanmak üzere çalışmalarını başlatmışlardır. Ford ve General Motors KFG'yi kullanmaktadır. Sadece Ford'ta 50'den fazla uygulaması vardır.[hauser ve clausing]

KFG konusunda daha ayrıntılı bir çalışma King (1989) tarafından gerçekleştirilmiş olup bu, kendi ifadesi ile "kapsamlı KFG" olarak adlandırılmaktadır. Bu yaklaşım, yaklaşık olarak 30 matris ve çizelgeden oluşur. Hauser ve Clausing (1988) KFG konusunda yayınladıkları bir çalışmalarında, bu metodu genel yönetim metodolojisine uygulamışlardır. Bu metodoloji aynı zamanda Makabe Metodu olarak da bilinmektedir. King, Makabe Metodu'nu "odaklaştırılmış yaklaşım"

olarak tanımlamaktadır. King'e göre bu metodoloji, "parça ve komponentler için iyi ancak bilgisayarlar, otomobiller ve diğer karmaşık cisimler için kötü"dür. Ayrıca King bu kavramı, "küçük iyileşmeler için iyi ancak maliyet açısından yenilikçilik için uygun değil" şeklinde ifade etmiştir. King'in bu eleştirisine karşın Makabe veya Hauser ve Clausing'in bu yaklaşımı, üst yönetim için en fazla kabul gören yaklaşımdır. Bu yaklaşım aşırı detaylar ile genel yönetimi fazla sıkmadan, tüm projenin bir görünüşünü ortaya koymaktadır.

Son birkaç yıldır KFG, yüksek miktardaki bilgisayar ürün ve destek elemanlarından, radyoterapi simülatörleri gibi daha düşük hacimli özel sistemlere kadar geniş bir ürün yelpazesinde uygulanmaktadır. Bazı durumlarda geliştirmeler yeni bir ürünün pazara sunulması şeklinde olmakta, diğerlerinde ise kademeli iyileşme ve modülün yeniden dizaynı söz konusu olmaktadır. Asıl ilgi, donanım veya bununla ilgili servislerden ziyade yazılıma yönelmiştir.

Uygulamalardaki bu genişlik KFG'den daha fazla faydalanılması için bir test sürecinden geçmektedir. Her bir durum, geliştirme ekipleri için yeni ve heyecan verici bir deneyim ortaya koymaktadır. Her bir durumda yeni bir hedef seti ortaya çıkmaktadır. Burada üzerinde durulması gereken asıl konu, daha ucuz, daha iyi ve daha hızlı ürünlerin pazara ulaşmasını sağlayabilmek için KFG' den nasıl daha fazla yararlanılacağıdır.

Profesör Yozhishawa KFG nin endüstrideki başarısı konusunda iki önemli nokta üzerinde durmaktadır:

1. KFG, üretim prosesinde bilinen kalite kontrol anlayışını değiştirmiş ve gelişim ve tasarım için yeni bir kalite kontrol anlayışı geliştirmiştir. Diğer bir deyişle, KFG ürün geliştirme ve tasarım için kalite yönetimini kurmuştur. KFG, TKK proses odaklı kalite güvence sisteminden dizayn odaklı kalite güvence sistemine geçmesinde önemli bir rol oynamıştır.
2. KFG tasarımcılar için bir iletişim aracı olmuştur. Mühendisler yeni ürün geliştirme yöntemlerine ihtiyaç duymaktaydılar ve KFG onlara ürün geliştirme için sistem oluşturmalarında güçlü bir kol olmuştur.

Yeni ürün geliştirme yöntemi TKY nin gelecekteki ihtiyacı olacaktır ve KFG de bu ihtiyacı karşılayarak , stratejik ürün planlamada çekici yeni ürünler geliştirmeye yardımcı olacaktır.

Gelecekte TKY, nasıl müşteri odaklı aktivitelerde bulunulacağı konusunu daha fazla dikkate alıp üzerinde duracaktır ve “Voice Of Customer”, yani müşterinin sesi, bu tip uygulamaları gerçekleştirmek için ana kaynak olacaktır. İşletmelerin müşteri memnuniyetini sağlamaları için, bütün çalışanlarının müşteri odaklı düşünme tarzını benimsemeleri gerekir. Bu da, şirketlerin KFG yi kullanmaları ile mümkündür.

Yeni ürün geliştirme , beraberinde kalite dizaynı ile birlikte fiyat dizaynında gerektirmektedir. Gelecekte maliyet dizaynı ve geliştirme metodunun fiyat dizaynına bağlı olarak geliştirilmesi gerekecektir.[2]

3. 3. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğine Genel Bakış

3. 3. 1. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Amacı

KFG, bir şirketin müşterileriyle bütünleştirilmesini sağlayan ve aynı şirkete, planlama prosesinde yardımcı ola bir metodoloji olarak global bir perspektiften ele alınmalıdır. Bir şirketin KFG yaklaşımı, bir matrisin oluşturulması ile şekillenmektedir. Matrisin amaç haline gelmesi, sıkça rastlanan bir sonuçtur. Şirketlerin bu tuzağa düşmekten kaçınması gerekir. Amaç, matrisler oluşturmak değil, müşteriler ile bütünleşmek ve bu bilgileri, müşterileri memnun eden ürünlerin geliştirilmesinde kullanmaktır. KFG prosesi, bir şirkete herhangi bir projeyle ilgili gerekli tüm bilgilerin organize hale getirilmesi ve analiz edilmesinde yardımcı olur. Analiz edilmesi sırasında matristen seçilen öncelikli bölümler, belirli seviyede müşteri memnuniyeti seviyesini artırıcı rol oynar.

Net etki, şirketin eylemlerini yönlendiren bölümlerin, müşterilerin gereksinimleri tarafından yönlendirilmesidir. Müşteriler ve istekleri konusunda verilen önem, her geçen gün daha da artmaktadır. Bu odaklama sonucunda proses, müşterilerin daha iyi anlaşılmasını ve memnuniyet seviyelerinin yükseltilmesini sağlar.[14]

3. 3. 2. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Faydaları

Bir ürün, kavram aşamasından müşterinin eline ulaşması aşamasına gelinceye kadar kaç defa yeniden dizayn edilir? Kaç adet mühendislik değişikliği gerçekleşir? Bir

ürün ortaya konurken kaç kez ateşli tartışma ve ani değişiklik meydana gelir? Bir ürün geliştirme prosesi, nadir olarak herhangi iki ürün için aynıdır. Bu yüzden daha uzun dizayn dönüşümleri, daha fazla ürün problemleri ve daha yüksek maliyet ortaya çıkar. Bu prosesi kısaltma ve daha rekabetçi ve daha üretilebilir dizaynlar oluşturmada iki önemli nokta, ürünün daha iyi dizayn edilmesi ve dizayn prosesinin daha iyi dökümantasyon edilmesidir. Müşteri yönlendirmeli modern mühendislikte en ümit verici tekniklerden bir tanesi KFG'dir, KFG'ye dayalı ürün geliştirme yaklaşımında müşteri ihtiyaçları ve beklentileri, doğrudan ürünlerin ve servislerin tanımlanmasına, dizaynına, uygulanmasına ve açınımına yardımcı olur. KFG esaslı ürün geliştirme, alışılmış diğer yöntemlere kıyasla daha fazla müşteri tatminini, ürünün daha kısa sürede pazara ulaşmasını ve geliştirilmiş ürün performansını ön plana çıkararak önemli rekabetçi avantajlar sağlar. KFG'yi kullanarak bir ürünü tanımlama uzun zaman alır. Ancak toplam dizayn süresi kısalmır. Çünkü öncelikler erken bir şekilde belirlenir, dokümantasyon ve iletişim iyileştirilir.

Planlama ve iletişim olaylarının bir seti olan KFG, organizasyon içinde yeteneklere odaklanır ve onları koordine eder. Müşterinin satın almak istediği ve satın almaya devam edeceği malların, önceden dizaynına ve pazarlaşmasına yönelir. Kalite evinin esası, müşterilerin istek ve beklentilerini karşılayan ürünlerin dizayn edilmesi düşüncesidir. Böylece pazarlamacılar, dizayn mühendisleri ve üretim elemanları ürünün daha fikir aşamasından itibaren birlikte çalışmak zorundadırlar. Bazı yapısal planlama araçlarının kullanımı sayesinde prosese bir disiplin yerleştirilir. Böylece sağlanan net sonuç, kritik bölümlerde yeniden dizayn işleminin yok edilmesi ve tüm mühendislik değişikliklerinde önemli ölçüde azalmanın sağlanmasıdır.

KFG'yi kullanan Japon şirketleri, dizayn-geliştirme prosesinde önemli iyileşmeler sağlamışlardır. Bunlar;

- Mühendislik değişimlerinde %30-%50 oranında azalma,
- Dizayn dönüşümlerinde %30-%50 oranında azalma,
- Ön üretim maliyetlerinde %20-%50 oranında azalma

şeklinde sıralanabilir. KFG, aynı zamanda ürünün kendisine de pozitif bir katkı sağlamaktadır. Bu yüzden kullanıcılar, sık sık aşağıdaki noktaları dile getirirler:

- Arttırılmış müşteri tatmini ve pazar payı,
- İyileştirilmiş dizayn ve performans,
- Garanti taleplerinde yaklaşık %50 oranında azalma.

Bunların yanında KFG, aşağıdaki önemli faydaları da sağlar:

- Daha kararlı kalite güvencesi planlaması,
- Kararların ve düşüncelerin dokümantasyonu,
- Bilginin ekip üyeleri arasında paylaşımı,
- Alternatif ürün özellikleri arasında yer değiştirmeler,
- Mühendislik know-how'ının, kuşaktan kuşağa aktarılması.
- Proses hakkında geri besleme sağlamak için kilometre taşlarının sayısını arttırmak,
- Ekibe yardımcı olan fonksiyonel alanların sayısını arttırmak,
- Her bir ekip üyesinin müşteri ile konuşma süresini arttırmak.[9]

KFG'nin rekabetçi avantajındaki temel nokta, bunun dört stratejik kavramının yapısallaştırılmış uygulamasıdır. Bu kavramlar şu şekilde sıralanabilir:

- Müşteri Sesinin Ortaya Konması: Ürün geliştirme sürecinde müşteri ihtiyaçlarının göz ardı edilmemesini veya çarpıtılmasını sağlar.
- Çapraz Fonksiyonel Ekipler: İşletmenin tüm alanlarında ürün geliştirme çalışmalarına bir
- Girdi Sağlar: Böylece pazarlama, dizayn, açılım ve destek organizasyonlarının endişeleri ortaya çıkarılır ve bunlarla erken bir şekilde ilgilenilir.
- Eş Zamanlı Mühendislik: Geleneksel olarak ürün geliştirme çevrimine daha sonra katılan üretim gibi bölümlerin, daha doğru bilgilerle planlamaya daha erken başlamasına imkan tanır. Bu ise, pazara ulaşma zamanını kısaltır.
- Özlü Bir Grafiksel Gösterim: Açık müşteri beklentilerini ürün geliştirme kararlarına net bir şekilde bağlayan bir görüntü ortaya koyar.[5]

3. 3. 3. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Uygulama Zorlukları

KFG'nin bir çok faydasının yanında, bazı sınırlamaları ve uygulama zorlukları da mevcuttur. KFG orijinal olarak kompüterize edilmiş bir sistemden ziyade, çizelgelerden ve prosedürlerden oluşan bir settir. Doldurulmak üzere çizelge veya prosedür şeklindeki bir grup kağıt form uygulamaya konduğunda, KFG sistemi bazı ciddi sınırlamaları beraberinde getirmektedir. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- Fazla sayıda ihtiyaçlar ve spesifikasyonlar için kağıt formlar yetersizdir ve bu, uygulamada karşılaşılan en belirgin başarısızlık nedenidir. Kağıt formlar,

100'ün üzerindeki ihtiyaç ve spesifikasyon karakteristiğini üzerlerinde bulunduramazlar. Öte yandan kullanıcılar, 10.000'in üzerindeki hücre matrisi ile başa çıkmakta zorlanırlar.

- Bu kağıt formlarda bilgi girişlerinin doğruluğu için bir bölüm olmadığından, son dizayna götüren kararların herhangi bir kaydı yoktur.
- Projenin birkaç yıl sürmesi veya projede farklı bir dizayn veya kullanıcı grubunun çalışması durumunda, bu kağıt formlar herhangi bir hazırlık sunmaz. Bu nedenle, bir ürün üzerinde yeni bir inceleme için veya her bir kullanıcı ihtiyacının uygun şekilde ele alınıp alınmadığını incelemek için, belli bir bölümü arama işlemini otomatik hale getirmek mümkün değildir.
- Basılmış bir KFG kağıt form seti, esnek değildir. Bu yüzden KFG formları kopya edilemez ve her bir farklı uygulama için bu çizelgelerin uyarlanması gerekir.[18]

KFG konusunda geniş sayılabilecek bir birikim olmasına rağmen, tamamen sistematize edilmiş standart bir çizelge yoktur. Böylece, KFG'yi öğrenip etkin bir şekilde uygulamanın yolu, teoriden ziyade deneyimlerden ve uygulamalardan geçer. Yapılan çalışmalarda, KFG'nin kullanımı sayesinde ürün geliştirme aşamalarında karşılaşılan problemler yarıya inmiş ve ürün geliştirme süreleri 1/3 ile 1/2 oranında azalırken müşteri memnuniyeti de önemli ölçüde garanti, altına alınmış ve satışlar artmıştır. Ancak yanlış bir şekilde uygulandığında, KFG bu avantajları ortaya koyamayacağı gibi çalışanların iş yükünü de arttırır. Bunu önlemenin en iyi yolu "kitaplara başvurmak" değildir. Her bir şirketin kendine has koşulları olduğundan, kuralları uygularken yaratıcı olmak ve o şirket için uygun bir metodu bulup, onu uygulamak önemlidir.

KFG'nin başanlı bir şekilde uygulanmasında karşılaşılabilecek muhtemel diğer zorlukları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Müşteri sesini elde etmedeki güçlükler,
- Bu mesajı yanlış yorumlama,
- Sürekli değişen müşteri ihtiyaçları,
- Oldukça çeşitli müşteri türleri ve istekleri.[1]

3. 3. 4. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin TKY ile İlişkisi

TKY, tüm organizasyon kapsamı çerçevesinde girdi-çıktı etkinliğinin sürekli olarak geliştirilmesini odak alır. TKY nin iç ve dış olmak üzere iki perspektifi vardır. İç perspektif, baş yönetimin sözünü ve toplam kalite kavramını uygulamaya organizasyonel olarak hazır olmayı gerektirir. Dış perspektif ise müşteri odaklılığını gerektirir.

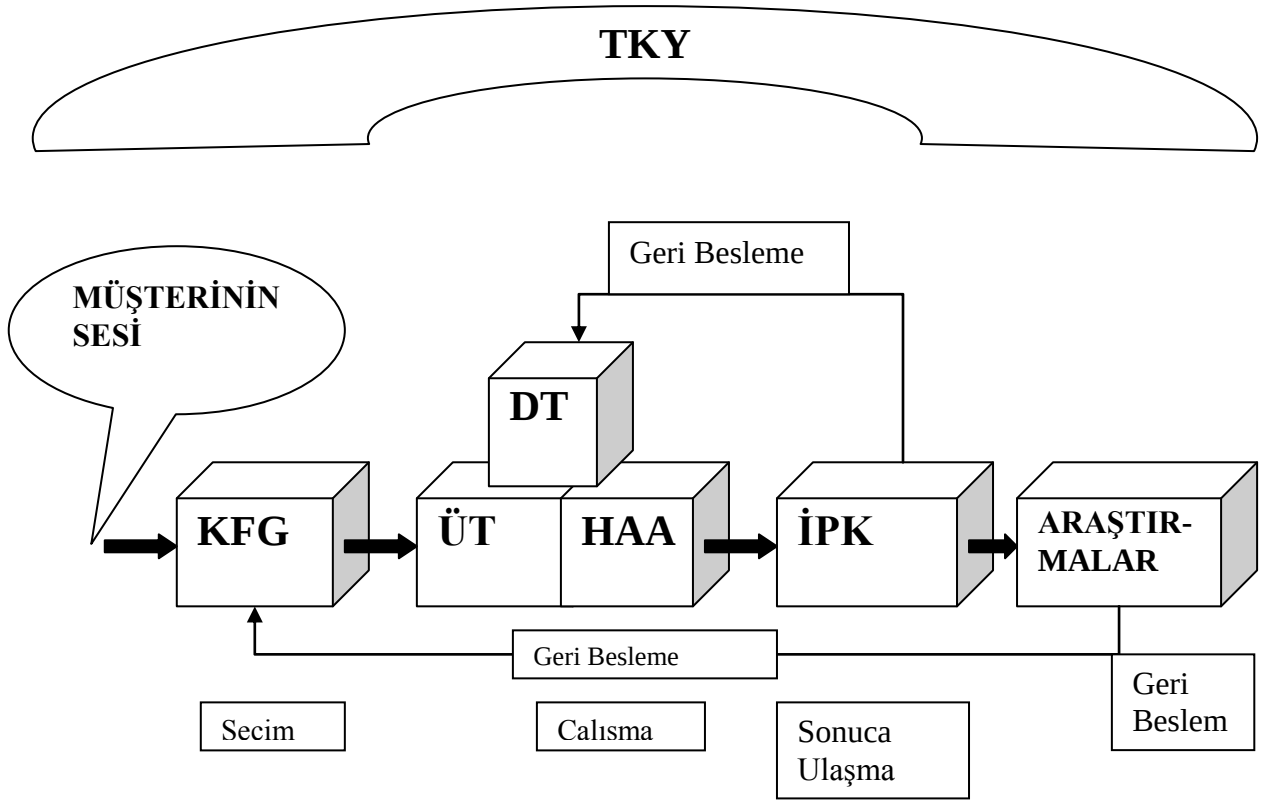
TKY, müşteri memnuniyetini sağlamayı üç konu üzerinde odaklaşarak kolaylaştırır:

1. yönetim bilgi sistemi
2. pazarlama ve ürün mühendisliği
3. üretim

Yönetim bilgi servisi, kalite maliyeti ve müşteri memnuniyeti hakkında bilgi sağlar. Pazarlama ve ürün mühendisliği, TKY felsefesini kullanarak tasarıma yardım eder ve ürün kalitesinin müşteriye ulaşmasını sağlar. Üretim ile de hasarsız ve sorunsuz ürüne ulaşma hedeflenir.

KFG, TKY felsefesinin yeni ürün geliştirmek için uygulaması olarak görülebilir. Müşteri tatmininin arttırılmasına yönelik öncelikli konuların seçimi, bir şirkette, müşteri üzerinde rakiplerine oranla daha fazla odaklanabilme olanağı sağlamaktadır. Müşterilerin hali hazırda memnun olduğu konulara ilişkin prosedür ve prosesler incelemeye tabi tutulabilir. Diğer taraftan, KFG prosesi, bir şirketin, rekabette zayıf bir ürünle ilgili olan müşteri ihtiyaçları üzerinde odaklanmasına neden olabilir. Tüm bunlar Toplam Kalite Yönetimi ile ilgili araçların etkin kullanımı için itici güç olmalıdır.

Bu düşünce Şekil 3.2 de gösterilmektedir. Resmin sol yanında yer alan “müşterilerin sesi” KFG prosesinin girdisini oluşturmaktadır. Aynı prosesin çıktısı ise müşteri tatmininin iyileştirilmesine yönelik öncelikli konuların seçimidir. Bu konuların dikkatli bir şekilde araştırılması gerekmektedir. TKY kavramının uygulanabilir araçları ürün konseptleri üzerinde çalışmada ve kaliteye ulaşmada güvence sağlamak için kullanılmalıdır. İPK ise müşteri isteklerinin karşılanması anlamına gelen, üretimde kaliteyi sağlamak için bu ürünlerde kullanılmalıdır. İzleme amaçlı gözlemler, ilgili kuruluşun KFG çalışmalarının başarısını ölçmede yardımcı olacak şekilde yürütülmelidir. Sonuçlar , takip eden çalışmalara bilgi sağlayıcı geri besleme bilgileri olarak kullanılabilir. [14]



Şekil 3.2 : KFG, kuruluşlara teknik araçların etkin bir biçimde kullanımının planlanmasında yardımcı olur. [deneysel tasarım (DT), hata ağacı analizleri (HAA), üretim için tasarım (ÜT), montaj için tasarım (MT)] [14]

3. 4. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniği Metodolojisi

3.4.1. Müşterinin Sesi

KFG müşteri ihtiyaç ve beklentileri üzerine odaklanmış bir uygulamadır. Bu nedenle müşteri beklenti ve ihtiyaçlarını belirlemek için gerekli olan araştırmalara ağırlık verilmelidir.

KFG'nin yönlendirici kuvveti, müşterinin belirlediği ürün nitelikleridir. Müşteri memnuniyeti, yalnız müşteri beklentilerinin karşılanması ile sağlanabilir. Müşterinin isteklerini belirtmek için kullandığı tüm ifadeler müşterinin sesidir.

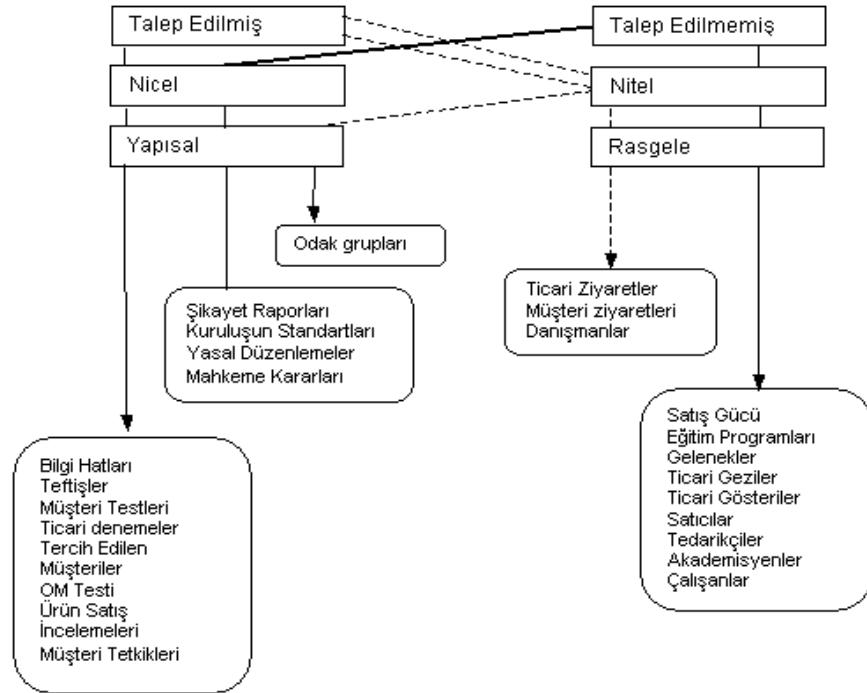
Odak grupları, incelemeler, şikayetler, danışmanlar, standartlar ve mevzuat şartları, müşteri beklentilerini belirlemek için kullanılan kaynaklardır. Müşteri beklentileri genellikle, genel ve üstü kapalı bir biçimde ifade edilmiş kavramlardır. KFG ekibinin görevi bu kavramları daha özel maddelere indirgemektir. Bu işlem

yapılırken müşteri beklentileri tam manasıyla özümsemeli, bu beklentiler yöneticilerin beklentileri şekline dönüştürülmemelidir.

KFG müşteri beklentilerinin piyasa araştırması yapılarak belirlenmesiyle başlar. Veriler toplanırken KFG ekibi çalışmaları sırasında en azından aşağıdaki sorulara cevap vermelidir.

- Müşteriler gerçekte ne istiyor?
- Müşterilerin beklentileri neler?
- Müşterilerin beklentileri uygulamayı yönlendirebilir mi?
- Müşteri memnuniyetini kazanmak için tasarım ekibi neler yapabilir?

Müşteri beklentilerinin tam olarak belirlenememesi, kaliteli ürün yaratılmasını önler. Örneğin 1980’li yılların başlarında Ford firması yeni Taunus modeli için yaptığı piyasa araştırmasında müşterilerin benzin tasarruflu bir araba istediklerini sanmıştı. Halbuki KFG uygulamasının sonuçları gösterdi ki müşterinin asıl istediği güçlü bir arabaydı.[13]



Şekil 3.3 : Müşteri veri türleri ve bunların toplanma yolları [13]

Müşteri verilerini, veri kaynaklarını ve kuruluşun veri toplama yollarını özetlemeye çalışırsak;

Talep edilmiş, nicel ve rutin veri müşteri tetkiklerinden, piyasa araştırmalarından ticari denemelerden, rakip ürünlerin incelenmesinden elde edilir. Bu veriler kuruluşun piyasada nasıl bir performans gösterdiği hakkında bilgi verir.

Talep edilmemiş, nicel ve rutin veri müşteri şikayetleri ve açılan mahkeme davalarından elde edilir. Bu veriler genellikle hoş olmayan olayların sonucu olsa da, değerli ve öğretici niteliktedir.

Talep edilmiş, nitel ve rutin veri genellikle odak gruplarından elde edilir. Odak gruplarını oluşturmadaki amaç, varolan ve gelecekte yapılması planlanan ürünlerin sevilen ve sevilmeyen yönlerini belirlemek ve bu ürünler hakkında genel bir fikir elde etmektir.

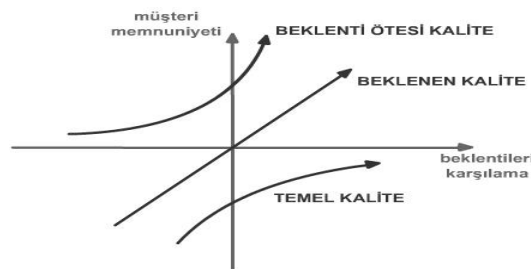
Talep edilmiş, nitel ve rasgele veri ticari ziyaretler, müşteri ziyaretleri ve bağımsız danışmanlardan toplanır. Yararlı gibi gözüken bu veriler bilginin frekansına ve miktarına bağlı olarak kimi zaman yanıltıcı olabilir.

Talep edilmemiş, öznel ve rasgele veri satıcılardan, tedarikçi firmalardan ve çalışanlardan elde edilir. Bu tip veriler genellikle müşterinin sesini yansıtan kayda değer bilgilerdir.

KFG de amaç yalnız müşteri beklentilerinin karşılanması değil, aynı zamanda bu beklentilerin üzerine çıkılmasıdır. Her bir KFG ekibi tasarlanan ürünün mevcut üründen ve rakip firmaların ürünlerinden daha cazibeli ve çekici hale getirmek için çaba sarf eder. Bunun için müşterinin beklemediği ama karşılaşıncı beğeneceği özellikler bulunur ve bunlar ürünün geliştirilmesi aşamasında kullanılır. Örneğin arabalarda bulunan bardak tutacakları, ilk kullanıldığında ekstra birer özelliktiler. Müşteri bunu beklemiyordu ama karşılaşıncı beğendi ve şimdi bu tutacaklar her araçta müşterinin aradığı bir özellik haline geldi. [kurtay]

3.4.3. Kano Modeli

Japon TKY danışmanı Noriaki Kano, müşteri memnuniyetini sağlamak için ürün karakteristikleriyle bağlantı kuran çok kullanışlı bir model geliştirmiştir. Bu model KFG tekniğinin de temelini oluşturmaktadır.



Şekil 3.4 : Kano Modeli [6]

Şekil 3.4 te görüldüğü gibi Kano modeli ürün karakteristiklerini üç ayrı kategoriye ayırmaktadır ve bunlardan herbiri müşterileri farklı yönlerden etkilemektedir.

- **Temel Kalite** : Ürünün işlevselliği açısından kritik önem taşıyan unsurları içermektedir. Müşteri açısından temel kaliteyi oluşturan özelliklerin eksik olması söz konusu dahi değildir. Bu seviyede müşterilerin üründe mutlaka beklediği özellikler bulunmaktaydı. Olmamaları halinde büyük hoşnutsuzluk duyulacaktı. *Mükemmellik İlkesi* açısından yorum getirilirse, ürün kalitesi açısından kritik derecede önem taşıyan bir *Faydalı Unsurun* olmaması veya ürünün işlevselliğini tehlikeye atan bir *Zararlı* unsurun mevcut olması şeklinde yorumlanabilir.
- **Beklenen Kalite** : Müşterinin, ürünün maliyeti göz önünde bulundurulduğunda bu maliyet karşılığında beklenen özelliklerin toplamıdır. Olmaması halinde büyük hoşnutsuzluk duyulacaktır. Ürünün değeri göz önünde bulundurulduğunda müşterinin beklediği kalitedir. Dolayısıyla mevcut olan bir veya birden fazla *Faydalı Unsuru* içermektedir.
- **Beklentinin Ötesinde Kalite** : Rekabet açısından firmanın kendi katma değerini en etkin şekilde ortaya koymasını sağlayacak olan bu seviye, üründe bulunan “heyecanlandırıcı” özellikler ile müşterilerin beklentilerinin ötesine geçilmektedir. Rekabet ortamında ürünü ortaya çıkaran ve müşterinin beklentilerini aşan bu seviyede, müşteri memnuniyetine odaklanarak ürüne kazandırılan bir veya birden fazla faydalı özellikten bahsetmek mümkündür. Müşteriyi heyecanlandıracak başka bir unsur ürünün işlevselliğinde bir çelişme olarak görülen ve hiç geliştirilmeyen bir unsurun teknik parametreleri çözülerek buluşçu mantık içerisinde geliştirilmesidir. [16]

Kano modeline göre, her müşterinin memnuniyet niteliği birbirinden farklıdır. Bunlardan sadece biri diğerine göre daha önemsiz tutulamaz ama bazı noktalar müşterinin memnuniyetini yakalamak açısından diğerlerinden farklıdır. Örneğin; Örneğin lüks olmayan bir otelde kalan müşteri dahi otelin temiz olmasını ister - mutlak özellik. Müşterinin otele giriş kayıtlarının yapılması zaman alır. Bu işlemin hızlandırılması müşteriyi memnun edecektir - tek boyutlu özellik. Bunların ötesinde müşterinin odasına ulaşmasının ardından, odaya gelecek bir şişe şarap ise çekici bir özelliktir.[6]

3.4.3. KFG Tekniğine Göre Ürün Geliştirme

Özellikle sosyal ve ekonomik konularda yaşanan hızlı değişim ile birlikte, teknolojik gelişmeler ve değişen müşteri eğilimleri sayesinde çoğu şirket, endüstriyel yapılarında hızlı değişimlerle karşılaşmaktadır. Bu şirketler, yeni ürün geliştirme konusundaki gayretlerinin, hayatta kalmaları için oldukça önemli olduğunun farkına varmışlardır .

ABD'de ürün geliştirme geleneksel olarak aşağıdaki özellikler ile birlikte ifade edilmekte idi:

- Her bir çalışma grubunun kendi fikirleri ve yöntemleri vardır.
- Ürün geliştirme oldukça sıralı işlemlerden meydana gelmiştir.
- Birçok geliştirme iterasyonları gereklidir.
- Dizayn karakteristikleri, müşteri beklentisinden sapmalar gösterir.
- Her şey önemlidir.
- Dizaynlar, hedeflerden ziyade toleransları karşılar [5]

KFG'ye dayalı bir ürün geliştirme yaklaşımının aşağıdaki özellikleri vardır:

- Çapraz fonksiyonel ekipler, ürünün herkes tarafından aynı şekilde anlaşılmasını sağlar.
- Ürün geliştirme oldukça eş zamanlıdır.
- Ya hiç, ya da çok az iyileştirme gereklidir.
- Dizayn karakteristiklerinde müşterinin sesi esas alınır.
- Sadece müşteri tatminini esas alan konular önemlidir.
- Tasarımcılar teorik olarak belirlenen toleranslardan ziyade, açıkça ortaya konan işletme hedeflerini karşılarlar.

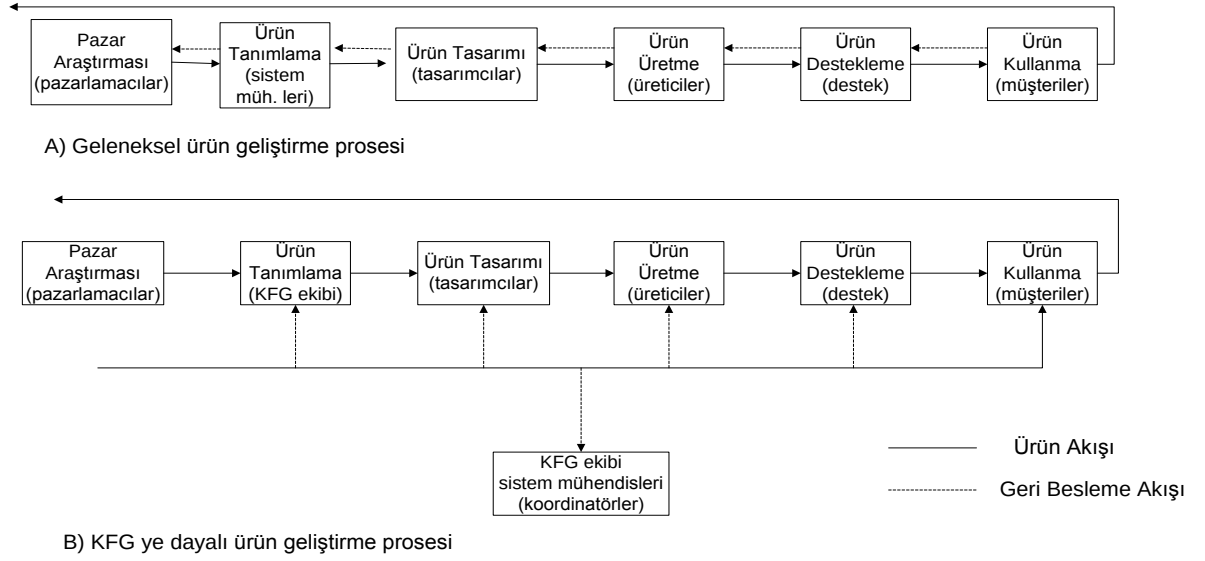
Bir ürünün kalitesi ve güvenilirliği, büyük ölçüde ürünün geliştirilmesi esnasında belirlenir. Çapraz fonksiyonel ekipler, geliştirme prosesinde çalışan bir çok fonksiyonel alanı içine aldığından, tüm alanlarda ürünün herkes tarafından benzer bir şekilde anlaşılması sağlanır. Ekip üyeleri, erken etkileşimler sayesinde, üzerinde herkesin hemfikir olduğu bir ürün görünümü oluştururlar. KFG ile ürün geliştirme, eş zamanlı bir süreçtir. Burada her bir bölüm, ürün geliştirmede açık ve erken bir bakış açısı kazanır. Olayı tanıma, eş zamanlı olarak gerçekleşir ve bu dönüşüm boyunca,

iletişim kesin ve doğru bir şekilde ortaya çıkar. Sonuçta ya hiçbir üründe, ya da çok az ürün üzerinde, yeniden çalışma gerekir.

Fonksiyon icra eden mühendislik çizimleri, bilgisayar programları ve spesifikasyon dokümanları gibi araçlar, KFG esaslı yaklaşımda da geleneksel yaklaşımdakinin aynısı olmakla birlikte, daha bütünleşik ve doğrudurlar. Bunun sebebi, açık müşteri ihtiyaçları ve düzenli data organizasyon yapısı ile çalışan çapraz fonksiyonel ekiplerdir. Amaç ve detaylar iyi anlaşıldığından, nadiren beklenmeyen durumlarla karşılaşılır. Bu, spesifikasyonlar ve dizaynlar konusunda iyileştirme ihtiyaçlarını azalttığından, ürün geliştirme süresini kısaltır ve müşterinin istediği ve ihtiyaç duyduğu ürünün ortaya çıkma olasılığını arttırır.

KFG prosesi her bir adımda müşterinin düşüncesini ön plana çıkarır. Çapraz fonksiyonlu ekipler, müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi ve ürün özelliklerinin geliştirilmesi esnasında, bu btnlyę sürdürmek için özel teknikler kullanırlar. İlave olarak KFG, geliştirme süreci boyunca müşterinin sesinin göz önüne alınmasını sağlayan bir grafiksel görünüm kullanır. KFG, müşteri ihtiyaçlarını gösteren mekanizmalar için hedef değerleri belirlemeye teşvik eder. Bu hedef değerler müşterinin beklediği belirgin çalışma hedefleridir. Bu, i tolerans spesifikasyonlarının karşılanmasından ziyade, müşterinin tatminini ön plana çıkaracak yönde bir tasarıma yönlendirir.

Bir organizasyon çatısı olarak KFG'yi kullanan bir geliştirme prosesinin fonksiyonları, birimleri ve akışı şekil 3.5B'de görülmektedir. Her bir fonksiyon, KFG ekibinin bir parçası olarak ürün geliştirme prosesinde eş zamanlı bir şekilde görev alır. Ayrıca her bir fonksiyon, müşteri ihtiyaçlarının açık bir şekilde göz önünde tutulması ile, paralel bir şekilde prosese katkıda bulunur. Yüksek teknoloji gerektiren dizaynların organizasyonunda, KFG ekibinin organizasyonu, tipik olarak bir sistem mühendisliği çalışma grubu tarafından yapılır. Diğer muhtemel koordinatörler pazarlama veya ürün yöneticileri olabilir.



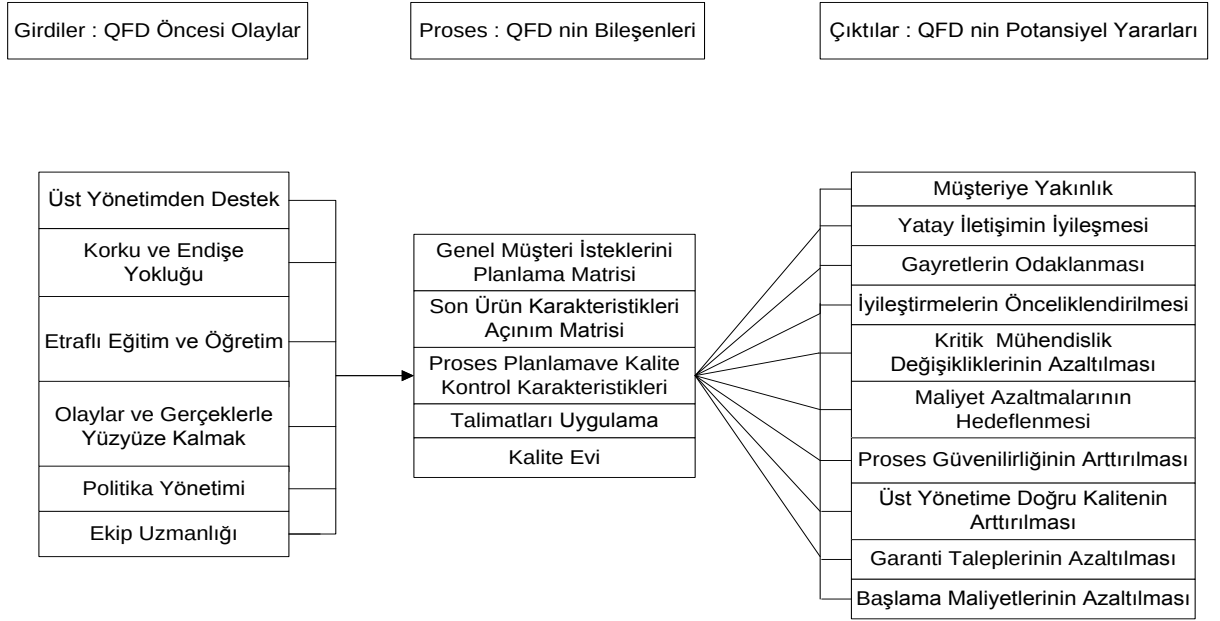
Şekil 3.5 : Geleneksel ve KFG ye dayalı ürün geliştirme prosesleri [5]

KFG sayesinde elde edilen faydalar çok açıktır. Bu sayede ürün üzerinde yeniden çalışma minimumdur ve KFG prosesi, ürün geliştirme süresince optimize edilir. Ürünler aşırı gecikme olmadan pazara ulaşırlar ve bunların müşterileri tatmin etme olasılığı oldukça yüksektir.[5]

3. 5. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Yapısı

KFG için başlangıç noktası müşteri isteklerinin ve ihtiyaçlarının belirlenmesidir. Başka bir deyişle, projenin amacının ne olduğu veya şirketin sonuçta ne için çalışarak nerede olacağını bilmesi gerekir. Hedef değerleri mümkün olduğunca spesifik bir şekilde belirlenmelidir. Çok basit ürünler hariç, müşteri ihtiyaçları (NE) ile teknik karakteristikler (NASIL) arasındaki ilişki, kısa sürede oldukça karmaşık bir hale gelebilir. Spesifik bir KFG metodolojisinde 80'den fazla KFG matrisi ve çizelgeleri bulunabilir. Ancak bu çizelgelerin bir çok ortak yönü vardır. Düzgün bir şekilde kullanıldığında bu çizelgeler, her bir müşteri ihtiyacının göz önüne alındığını ve belki daha da önemlisi, müşteri beklentilerine karşılık vermeyen hiçbir dizayn parametresinin dizaynda yer almayacağından emin olunmasını sağlamalıdır. KFG matrisi basit bir kavram olmakla birlikte, ancak bu şekilde her iki bilgi seti (NE-NASIL) sistematik olarak birbiri ile ilişkilendirilmektedir. Matris herhangi bir ürün veya servisin bir çok kritik noktasına mantıklı ve derinlemesine bakılmasını sağlar. Her bir KFG çabası, seçilen uygulama alanına göre düzenlenmelidir. Detayların seviyesi, açılımın seviyesi vb. konular her bir uygulama için aynı değildir.

Kathawala ve Motwani'ye (1994) göre KFG, Şekil 3.6.'daki gibi üç bileşenli bir sistem modelidir. Bu model, KFG uygulama prosesi için girdiler olan kritik faktörleri (veya ön koşulları), KFG'nin farklı bileşenlerini ve KFG'nin uygulanmasının organizasyona sağladığı potansiyel faydaları gösterir. Benzer bir model, KFG'yi uygulamayı düşünen bir organizasyon tarafından kullanılabilecek bir çatı sağlar. [12]



Şekil 3.6 : KFG nin üç bileşeni: Bir sistem modeli [12]

3. 6. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Elemanları

KFG'nin temel bileşenleri, Çapraz Fonksiyonel Ekipler ve Kalite Evi olarak sıralanabilir. Her bir bileşen, verilen bir projenin faaliyet alanını karşılamak için ayarlanabilir ve daha da önemlisi uyarlanabilirlik, başarılı bir KFG uygulamasının kalitesinin bir göstergesidir.

3.6.1. Çapraz Fonksiyonel Ekipler

KFG ekibi, bir ürün geliştirme prosesinde yer alan temel çalışma gruplarının her birinden temsilcileri ihtiva eder. Karmaşık bir ürünün pazarlandığı bir firma için ekip, bir pazarlama temsilcisini, sistem mühendisini, proje yöneticisini, devre tasarımcısını, yazılım tasarımcısını, sistem güvence uzmanını, fiziksel tasarımcıyı,

üretim mühendisini ve ürün destek uzmanını içerebilir. Bu bir çapraz fonksiyonel ekip olduğundan her bir üye, kendi fonksiyonel alanları ile ilgili proseslerin kapasiteleri ve ihtiyaçları hakkında diğer üyelere bilgi aktarır. Her bir üye, müşteri değerlerinin açık ve net anlamını yakalar. Bu yeni kurulan kollektif anlayış, ekip üyelerine kendi fonksiyonel alanları ile ilgili potansiyel ürün geliştirme zorluklarını belirleme fırsatı sağlayacaktır.

Ekip üyeleri, kendi ilgi alanlarında temel bilgilere sahip olmalı ve ekipte hizmet etmek için istekli olmalıdırlar. Ayrıca bunlar, ürünün pazarda başarılı olmasını etkileyecek olan kararlar almak üzere yetkilendirilmelidirler. Projenin türüne bağlı olarak ekipler tipik olarak haftada iki ile altı kez toplanırlar. Bazı özel durumlar hariç, her bir üye bu toplantılara katılmalıdır.

Ekipler fikir birliği doğrultusunda hareket ederler. Bu yüzden konular, her bir ekip üyesi tarafından desteklenen bir karara varıncaya kadar tartışılır. Genellikle belirlenen bir ekip lideri vardır ve bu lider, prosesi işler durumda tutmakla yükümlüdür. [5]

3.6.2. Kalite Evi

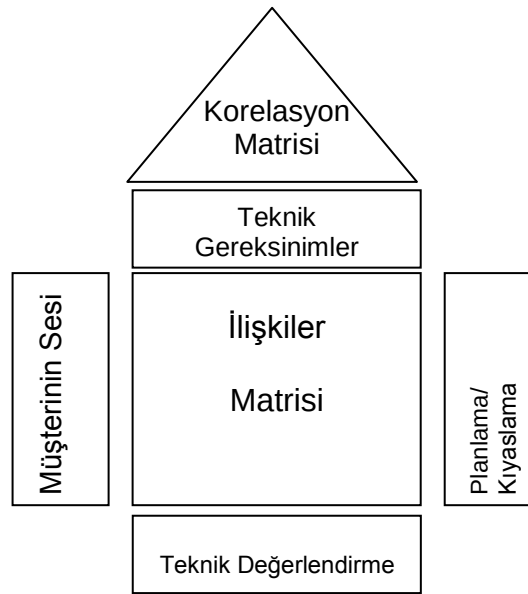
KFG'nin temel dizayn aracı olan kalite evi, ürün veya servis geliştirme ve sunmada yararlanılan bir tür kavramsal haritadır. Kısaca kalite evi, içinde, müşteri ihtiyaçlarının ve ilgili üretim adımlarının sıralandığı ve birbirleri ile ilişkilerine bağlı olarak önceliklendirildiği detaylandırılmış bir matristir. İyi tasarlanmış bir Kalite Evi, aşağıdaki sorulara rahatlıkla cevap verecek şekilde oluşturulur :

- Müşteri istekleri nelerdir?
- Tüm istekler eşit şekilde önemli midir?
- Arzu edilen ihtiyaçları karşılamak, ürüne rekabetçi bir avantaj sağlar mı?
- Ürün nasıl değiştirilebilir?
- Mühendisler, müşteri yönlendirmeli kaliteyi sağlamada ne kadar etkindirler?
- Teknik karakteristiklerden birinin değişimi diğerlerini nasıl etkiler?

Şekli dolayısı ile bu ismi alan KFG'nin grafiksel gösterimi, KFG işlemi boyunca ekibi yönlendiren bir iskelet sağlar. Kalite evi, müşteri ihtiyaçları hakkındaki bilgileri, üründe bu ihtiyaçları ortaya koyan teknik karakteristikleri ve en fazla

müşteri tatminini sağlayan teknik karakteristiklerin ne olduğuna karar vermek üzere, kriterleri içerir.[5]

Kalite evi, ekibe hedefleri tesbit etmede yol gösterir ve bu da evin son satırında yer alır. Mühendisler için kalite evi, temel bilgileri kullanır bir formatta özetlemek amacıyla bir metodoloji sunar. Pazarlama yöneticileri için, kalite evi müşteri sesini yansıtır. Genel müdürler kalite evini stratejik konulara ışık tutması açısından kullanırlar. Gerçekte kalite evi, her bir grubu diğer bir grubun önceliklerini ve hedeflerini anlamaları konusunda birlikte çalışmaya teşvik eder.



Şekil 3.7 : Kalite Evi

Kalite evinin oluşturulmasında herhangi bir zorluk yoktur. Ancak bu, üzerinde biraz çalışmayı ve deneyimi gerektirir. Karşılaşılan uygulamalarda, 100'ün üzerinde müşteri beklentisi ve 130'dan fazla mühendislik özellikleri olan projelere rastlanmıştır. Bazı uygulamalarda müşteri isteklerinin yer aldığı liste hızlı bir şekilde uzayarak, matrisin kısa zamanda kontrolden çıkmasına sebep olur. Böylesine çok boyutlu bir matris, isteklere hızlı bir şekilde cevap veremeyecektir. Zaman son derece değerli olduğundan, önemsiz olan müşteri isteklerini ve dizayn NASIL'larını yok etmek mantıklı olabilir. Bu amaçla, farklı pazar bölünmelerine gitmek bir çözüm oluşturabilir.

Kalite evini oluşturan bölümlere ve bu bölümlerin işlevlerine KFG tekniğinin aşamaları bölümünde ayrıntılı olarak değinilecektir.[10]

- 1) NE (MÜŞTERİNİN SESİ)
- 2) NASIL (TEKNİK GEREKSİNİMLER)
- 3) NASIL-NASIL (KORELASYON MATRİSİ)
- 4) KIYASLAMA (PLANLAMA)
- 5) NE-NASIL (İLİŞKİ MATRİSİ)
- 6) NASIL-NE KADAR (TEKNİK DEĞERLENDİRME)

3. 7. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniği Metodları

KFG için birçok faydalı yaklaşım geliştirilmiştir, ancak bu yaklaşımların hiçbirinin mükemmel olmadığı ve bunların çapraz fonksiyonel ekibin bulunduğu duruma göre şekillendirilmesi gerektiğinin farkına varılmıştır. Uygulamadaki esneklik, başarılı bir KFG uygulaması için temel teşkil eder.. Bu yaklaşımlar şu şekilde sıralanabilir:

3.7.1. Matrislerin Matrisi Yaklaşımı

KFG konusunda yaygın bir yaklaşım, Dr. Yoji Akao tarafından geliştirilen "Matrislerin Matrisi" olarak bilinmektedir. Bu yaklaşıma göre KFG , uygulamacıların belirli problemlerle karşılaştıklarında kullandıkları bir araçlar seti olarak tanımlanmıştır. Bu, müşteri ihtiyaçlarının ürün karakteristiklerine nasıl dönüştürüleceğinden, FMEA çalışmalarının nasıl önceliklendirileceğine kadar her şeyi tanımlayan 30 matristen oluşur. KFG ekibi gerekli gördüğünde 30 farklı gösterim içinde uygun matrisleri seçer.

Matrislerin Matrisi yaklaşımı, yeni uygulayıcıları genellikle korkutur. Çünkü bunlar kendilerini 30 matrisi de oluşturmak zorunda hissederler; bunu gerçekleştiremedikleri durumda da KFG'yi gerçek anlamda uygulamadıklarını düşünürler. Aynı zamanda bu, kavramsal olarak takip edilmesi kolay bir prosesi ortaya koymaz. [14]

3.7.2. Dört Aşama Yaklaşımı (Makabe Metodu)

KFG konusunda en yaygın yaklaşım, "Macabe" veya "ASI 4 aşamalı yaklaşım" olarak bilinir. Bu yaklaşım, müşteri sesini dönüştüren dört QFD matrisinden

meydana gelir. İlk aşamada, KFG metodolojisi kullanılarak müşterinin sesi ürün karakteristiklerine dönüştürülür. İkinci aşamada yeni, zor ve kritik ürün karakteristikleri parça veya alt sistem karakteristiklerine dönüştürülür. Üçüncü aşamada, parça karakteristikleri üretim proses karakteristiklerine dönüştürülür. Son olarak dördüncü aşamada ise, proses karakteristikleri ürün kontrollerine dönüştürülür.

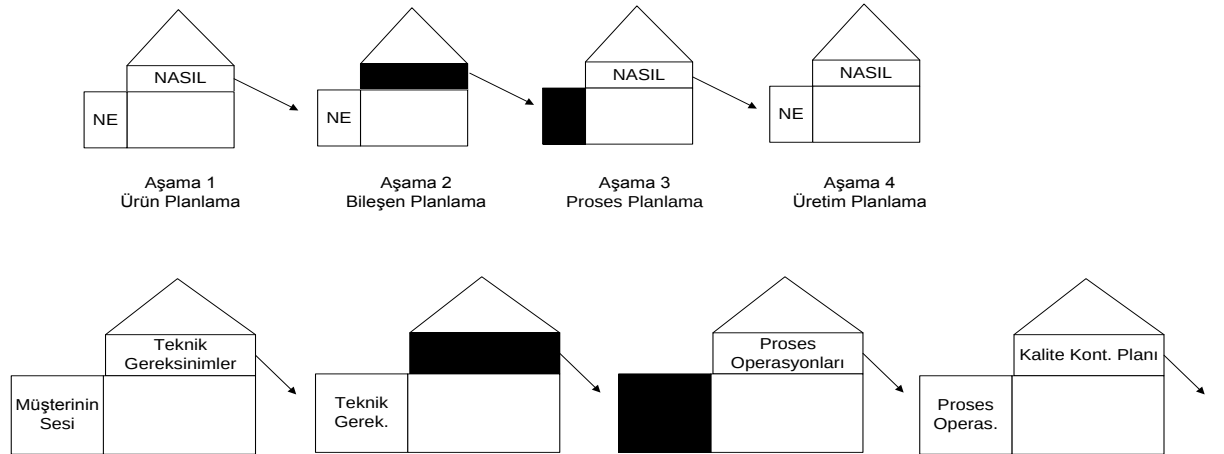
Bu stratejide her bir matris seviyesi, bir önceki seviyeden seçilen NASIL'ları NE olarak kullanır. Bu dört aşama ve ilgili matris içerikleri şunlardır:

Aşama 1 (Ürün Planlama): Bu aşama, temel aşamadır. Ürün veya servise ait müşteriler belirlendikten sonra, her bir müşterinin veya müşteri grubunun istekleri tespit edilir. Burada, NE olarak bilinen müşteri ihtiyaçlarını, NASIL olarak bilinen teknik gereksinimler belirler ve yerine getirmeye çalışır.

Aşama 2 (Bileşen Planlama): Bu aşama birinci aşamaya benzer. Bu aşamada, birinci aşamada tanımlanan teknik karakteristikleri tatmin etmek için gerekli olan ve NASIL olarak bilinen bileşen karakteristikleri tanımlanır. Bu aşamada hedef değerler, fonksiyon ve görünüm belirlenir.

Aşama 3 (Proses Planlama): Bu aşamada, ikinci aşamada tanımlanan ve şimdi NE olarak işlem gören bileşen karakteristiklerini ortaya koyan ve NASIL olarak bilinen proses karakteristikleri tanımlanır.

Aşama 4 (Üretim Planlama): Bu aşamada, NE olarak işlem gören ve üçüncü aşamada tanımlanan proses karakteristiklerini sağlamak için NASIL olarak bilinen üretim ihtiyaçları belirlenir. [5]



Şekil 3.8 : KFG matrislerinin dört aşaması ve dört kalite evi [5]

3. 8. Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Tekniğinin Aşamaları

KFG prosesi, müşteri değerlerini göz önüne almak için faaliyetlerin düzenli bir şekilde sıralanmasıdır. Böylece bu değerler, ürünün dizaynını ve açılımını direkt olarak şekillendirebilir. Bir KFG işlemindeki temel adımlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Projenin organize edilmesi
2. Müşteri isteklerinin (yani NE lerin) toplanması ve organize edilmesi
3. Teknik gereksinimlerin (yani NASIL ların) ve hedef değerlerinin oluşturulması
4. İlişkilerin oluşturulması
5. NASIL ların değerlendirilmesi
6. Kalite evinin analiz edilmesi ve hedef değerlerinin sonuçlandırılması

Bu temel adımlar doğrultusunda KFG aşamalarını inceleyelim

3.8.1. Ürün Matrisi

Ürün matrisi, Kalite Evi'nin stratejik pazarlama bilgileri ile planlama kararlarını içeren bölümüdür. Bu matrisin tamamlanması demek, Kalite Evi'nin en önemli bölümünün tamamlanması demektir. Ürün matrisi, takım organizasyonunun geliştirmeler yapmasına ve müşteri isteklerini teknik gereksinimlerle birleştirerek müşteri sesinin önceliklerinin belirlenmesini sağlar. Bu belirlemelerde ortaya çıkacak ürünün geliştirilmesi ve planlaması açısından çok önemlidir.

Ürün matrisindeki sayısal bilgiler, Pazar araştırmalarının bir sonucudur. Takım müşteri ihtiyaçlarını doğru bir şekilde yorumlayarak stratejik kararlar alırlar ve kendi çıkarları ve rekabet koşullarıyla bu ihtiyaçların karşılaştırmasını yaparlar. Burada ulaşılabilecek en önemli stratejik karar, müşteri memnuniyeti performans hedefleri ve olası satış değerlerinin uygun olarak ürün veya servis planlaması için yapılmasıdır.

Ürün matrisinin genel olarak Kalite Evi'ndeki rolünü açıkladıktan sonra, matrisin her bir bileşenin nasıl oluşturulduğunu inceleyelim.

1) NE (MÜŞTERİNİN SESİ): Kalite evini hazırlamada NE kısmındaki satırlar, uygun bir sınıflandırma ile organize edilen müşterinin sesini (voice of customer) gösterir. Bunlar, müşterinin ürünü ve ürün karakteristiklerini değerlendirmek için

kullandığı kavramlardır. Tipik bir örnekte bu atıflar 30 ile 100 arasında olabilir. Bazı Japon şirketleri kendi ürünlerini orta yerde ve herkese açık bir alanda sergilerler ve potansiyel müşterilerin gelip ürünü incelemelerini teşvik ederler. Bunu yaparken de dizayn ekibinin elemanları insanların ürün hakkında neler söylediklerini dinlerler ve not ederler. Ancak genellikle odak grupları üzerinde, ayrıntılı kalitatif görüşmeler yapılarak ve diğer teknikler kullanılarak daha ciddi pazar araştırmaları yaptırılır.

KFG, “Müşterinin Sesi” prensibine bağlı olarak çalışan bir sistemdir. Müşterilerin herbirinin isteklerinin ana bir çatı altında toparlanması için KFG bünyesinde çalışan uzman ekipler adım adım 3-4 ay süren bir araştırma ve değerlendirme aşamasına girerler ve “Müşterinin Sesinin Algılanması” adımını oluştururlar. Müşterinin sesi;

- Müşteri ihtiyaçları,
- Müşteri istekleri,
- Müşteri beklentileri,

şeklinde olabilir. Genellikle belli bir noktayı vurgulayan müşteri sesleri, gruplar halinde toplanırlar, örneğin "performans", "desteklenebilirlik" gibi. Genellikle proje ekibi bu atıfları, uzlaşarak gruplara ayırır. Ancak bazı şirketler modern araştırma teknikleri kullanarak, bu gruplaşmayı direkt olarak müşterilerin kendi tepkisinden algırlarlar. Böylece bu durumda, ekip toplantılarında tartışmalardan kaçınılmış olunur.

Bu alanda müşterinin sesini önceliklendirmek için "önem derecesi" diye bilinen bir sütun yer alır ve bu genellikle % olarak ifade edilir. Bu %'lerin toplamı, %100 olmalıdır. Bu derecelendirme, ekibin müşteriler konusundaki doğrudan deneyimlerine veya tespitlerine göre yapılır.

Müşteri beklenti ve gereksinimlerinin KFG sisteminde nasıl değerlendirildiğini gördükten sonra biraz da detayları üzerinde duralım. Öncelikle KFG sisteminin amaçlarının iyi saptanması ve kimlik kazandırılmış olması gerekmektedir. Bundan sonraki adımda ise müşteri veya müşteri topluluğu bulunmalıdır. Müşteriler içsel ve dışsal olabilir. Yani işletmenin diğer departmanlarından veya işletmeyle ilgisi olmayan halk topluluğundan seçilmiş olabilir. Müşterilerin içsel veya dışsal olması prosesin işerliğine göre değişebilir. KFG ekibi bunu çok iyi değerlendirip öyle anket çalışmalarına karar vermelidir. Ayrıca müşteri anketleri birincil ve ikincil olarakta sınıflandırılır. Öncelikli fikirler için birincil, kalıplaşmış fikirlerin

değerlendirmelerinde gözden kaçan özellikler ve parametreler için ikincil müşteri anketi yapılır. Daha sonra ise elde edilen veriler için örnek bir matris oluşturulur ve “müşterinin sesi” çalışmasının sonuna kadar bu matris üzerinde optimizasyon çalışmaları yapılır. Araştırma sonuçlarının analizinde ortaya çıkacak kavram ürünün, servisin veya yeni ticari operasyonun müşterilerin herbirine göre farklı oluşu son adımda kararsızların ve beklentileri arada kalanların oluşmasına neden olacaktır. Analiz aşamasında bu tip pürüzlerin temizlenmesi ve müşterilerin düşünce beklentilerinin sınıflandırması yapılır. [10]

Bir örnek üzerinde müşterinin sesi tablosunun nasıl oluşturulduğunu aşamalarıyla görelim:

1. Müşteri bilgileri tablosunun hazırlanması (Brainstorming)

Müşteriler görüşlerini organize bir şekilde açıklamazlar. Şekil 3.9 da görülen bir fincan kahve örneğinde ilk görüş fincanla ilgilidir, ikincisi kapakla ilgilidir, bir sonraki kahvenin cinsi ile ilgili tercihleri belirtir. Bu bir ekibe aynı düşünceleri, benzer konular üzerinde yoğunlaşabilmelerini kolaylaştırmak amacıyla gruplar halinde sınıflamaya olan ihtiyacı göstermektedir. [14]



Şekil 3.9 : Kahve ile ilgili beyin fırtınası örneği

2. Afinite Diyagramı

Afinite diyagramı büyük miktarlardaki verileri bir araya getirerek, onların doğal iç-ilişkileri baz alarak gruplandırılmasını sağlayan bir araçtır. Bu aşamada beyin fırtınası ardından, toplanan müşteri talepleri kendi aralarında uygun şekilde, birbirileriyle olan benzerliklerine göre, gruplanır. Şekil 4.10. da yukarıda beyin fırtınası yapılan kahve örneği için yapılmış afinite örneği gösterilmektedir.[14]



Şekil 3.10 : Kahve ile ilgili müşteri verilerine ait afinite diyagramı

3. Ağaç Diyagramı

Tablo 3.1. de kısaltılmış ve doğal gruplar halinde organize olmuş düşünceler gösterilmektedir. Amaç, benzer kelimelerin ekibi tatmin edecek şekilde gruplanmasıdır. Gruplandırılan düşünceler, ekip tarafından organize edilir ve üzerinde çalışılır. Oluşturulan gruplama ekip üyelerini tatmin ettiği sürece, hedefe ulaşılmış demektir.

Tablo 3.1. Kahve ile ilgili ağaç diyagramı[14]

KAP	FİNCAN	Fincan ısınmıyor
		Kahve sıcak kalıyor
		Dökülmüyor / devrilmiyor
		Sıkıca tutulduğunda içe doğru esnemiyor
		Sızdırmıyor
		Çevre dostu
	KAPAK	Kapak yerine oturuyor
		Dökülmeden çıkıyor
		İçme ağızı mevcut
		Çıkarmadan boşalabiliyor
		Kolay açılıyor
		Kapak sızdırmıyor
		Dökülmeyi önüyor
MALZEME	ÖZELLİKLER	Normal/kafeinsiz kahve
		Tadı iyi
		Kokusu iyi
		vs.

4. Matrisin Müşteri Bölümü: Müşteri Tablosu

Müşteri tablosunda, birincil müşteri beklentileri olarak adlandırılan bölümde, özellikler, genel kavramlarla ifade edilir.İkincil müşteri beklentileri bölümünde ise

birincil bölümdeki maddeler detaylandırılır. Ancak bu açıklamalar henüz mühendislik aşamasında kullanılacak yeterlilikte değildir. Bunun için üçüncül bölümden yararlanılarak ikincil bölümdeki maddeler daha da detaylı olarak ifade edilir ve müşterilerden alınan cevaplar doğrultusunda her bir madde için önem derecesi belirlenir. Müşteri beklentilerinin, hiyerarşik bir yapı içerisinde detaylandırılması beklentilerin mühendislik aşamasında kullanılabilecek şekilde ifade edilmesinde sistematik bir yaklaşım sağlar. [14]

Tablo 3.2. Kahve ile ilgili müşteri tablosu[14]

			Önem derecesi
KAP	FİNCAN	Fincan ısınmıyor	8
		Kahve sıcak kalıyor	7
		Dökülmüyor / devrilmiyor	7
		Sıkıca tutulduğunda içe doğru esnemiyor	6
		Sızdırmıyor	7
		Çevre dostu	6
	KAPAK	Kapak yerine oturuyor	7
		Dökülmeden çıkıyor	5
		İçme ağzı mevcut	8
		Çıkarmadan boşalabiliyor	8
		Kolay açılıyor	6
		Kapak sızdırmıyor	6
		Dökülmeyi önüyor	8
MALZEME	ÖZELLİKLER	Normal/kafeinsiz kahve	8
		Tadı iyi	7
		Kokusu iyi	7
		vs.	

2) NASIL (TEKNİK GEREKSİNİMLER): Tasarımcı, ürünü mühendislik lisansı ile tanımlamak zorundadır. Bu alandaki sütunlar, teknik özellikler veya mühendislik karakteristikleri içindir. 1. BÖLÜM tasarımcıya ne yapması gerektiğini gösterir, 2.BÖLÜM ise bunun nasıl yapılması gerektiğini açıklar. Bu karakteristiklerin oluşturulması ürün performans spesifikasyonlarına, mevcut teknik ürün bilgi tabanlarına ve ekibin beyin fırtınasına ve bunların kombinasyonuna bağlıdır. Bu karakteristikler ölçülebilir terimlerle ifade edilmelidir, çünkü ancak bu şekilde sonuçlar kontrol edilebilir ve amaçlanan hedef değerleri ile kıyaslanabilir. 5.BÖLÜM'ün ilk satırı, kullanılan bu teknik spesifikasyonların birimlerini gösterir. Kullanıcı ihtiyaçlarından teknik spesifikasyonlara gitme, kalitatif değerlendirmeleri

kantitatif değerlendirmeye dönüştürerek gerçekleştirilir. Bu zor problem, "Feigenbaum'un darboğazı" olarak bilinir.

2.BÖLÜM'de yer alan teknik gereksinimlerin her biri, bir veya daha fazla müşteri sesi'ni etkiler. Bu etki bazen pozitif bazen de negatif olabilir. Ekipler müşteri sesinin yorumlanmasında, belirsizliklerden ve hızlı değerlendirmelerden kaçınmalıdır. Bu süre içinde, beyin fırtınası yöntemi kullanılarak, her bir karakteristik için sabırlı ve sistematik bir analiz gereklidir. Bu konuda karşılaşılan her bir belirsizlik, müşteri beklentilerini daha az karşılayan bir ürün demektir. Öte yandan önemsiz karakteristikler ekibin etkinliğini azaltır ve yaratıcılığını köreltir.[10]

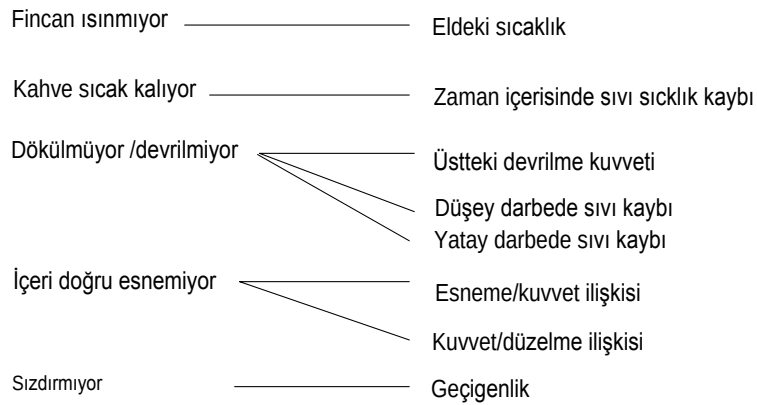
Kahve fincanı rneği üzerinden devam ederek, teknik gereksinim bölümünü oluşturalım :

1. Müşteri Düşüncelerinin Teknik Gereksinimlere Dönüştürülmesi

Matrisin teknik kısmına başlamanın ilk adımı, müşterilerin düşüncelerinin teknik gereksinimlere dönüştürülmesidir. Düşünceler, şirketin ürünlerini, tasarım, işleme ve üretimle ilgili olarak açıklamakta kullanacağı lisana dönüştürülmelidir.

şekil 3.11. de kahve fincanı örneğindeki bazı tipik müşteri düşünceleri ve teknik gereksinimler gösterilmektedir. [14]

Kahve Fincanı

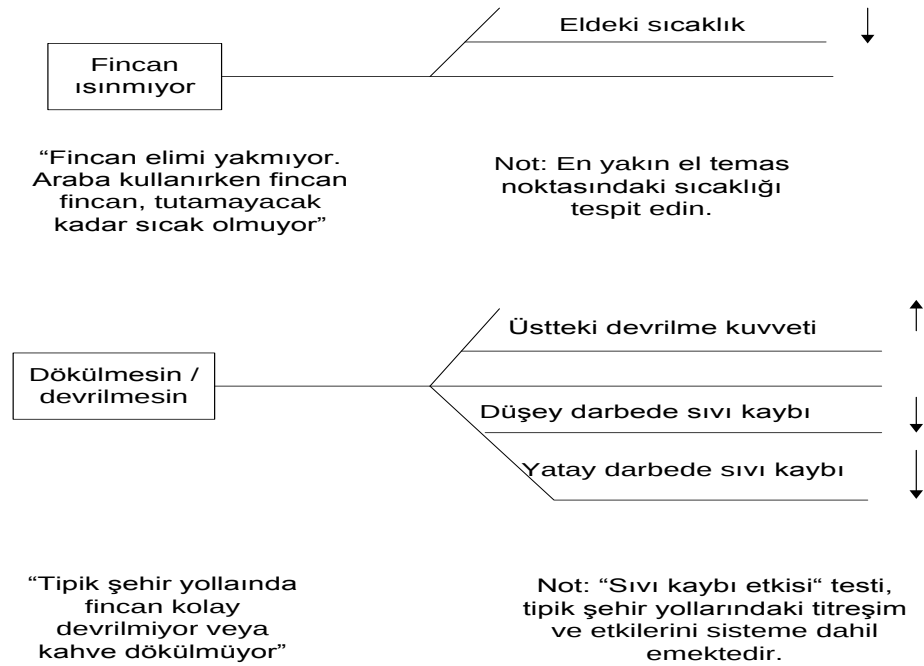


şekil 3.11: Kahve fincanı ile ilgili müşteri verilerinin teknik gereksinimlere dönüştürülmesi[14]

2. Gelişmenin Yönlendirilmesi

Bir ekibin müşterilerin tercih ettiği gelişim yönünü göstermek için her bir teknik gereksinim hakkındaki kararlarını kaydetmesi yardımcı bir faktördür. Her teknik gereksinim için, müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkaracak ve müşteri için olumlu nitelikte olan bir gelişim yönü vardır. Bu bilgi ekiplere teknik gereksinimler arasındaki ortak ilişkiyi incelerken ve hedefleri tayin ederken yardımcı olabilir. Bu bilgiyi kaydetmenin etkin bir yolu da, müşteriler için gelişim yönünü belirtecek semboller kullanmaktır. Yukarıya doğru olan bir ok işareti müşterinin daha geniş kapsamlı, daha büyük, daha ağırlıklı veya genelde daha fazla olmasını tercih ettiği bir teknik gereksinimi belirtmektedir. Bunun aksine aşağı doğru ok işareti ise, müşterinin söz konusu teknik gereksinimin daha az, daha yavaş, daha hafif veya daha kısa süreli olmasını tercih edeceğini gösterir.

Müşteri gelişim yönünün seçimi, teknik gereksinim görüşmeleri sırasında yapılabilir ve bu, ekibin kullanmayı tercih ettiği kayıt föyüne kaydedilebilir. Buna ait bir örnek Şekil 3.12. de görülmektedir.[14]



Şekil 3.12 : Gelişim yönünün belirlenmesi için balık kılçığı şemasının kullanılması

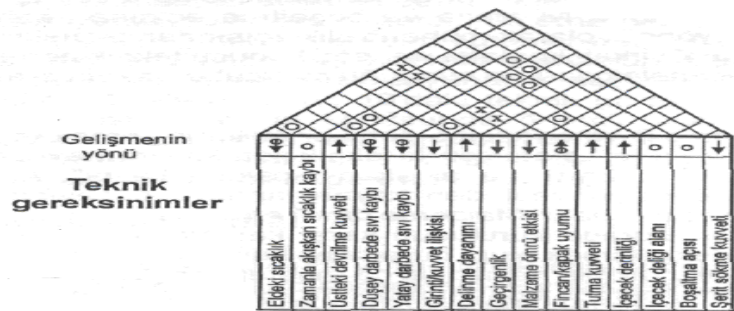
[14]

Müşteri gelişiminin yönlendirilmesini gösteren semboller, matriste genellikle teknik gereksinimlerin üstüne yerleştirilir ve bunların, özellikle teknik gereksinimler arasındaki ortak özellikleri incelerken çok büyük önemi vardır.

Tablo 3.3. Teknik gereksinimler tablosu

Eldeki sıcaklık	↓
Zamanla akışkan sıcaklık kaybı	↑
Üstteki devrilme kuvveti	↓
Düşey darbede sıvı kaybı	↓
Yatay darbede sıvı kaybı	↓
Girinti/kuvvet ilişkisi	↑
Delinme dayanımı	↓
Geçirgelik	↓
Malzeme ömrü etkisi	↑
Fincan/kapak uyumu	↑
Tutma kuvveti	↑
İçecek derinliği	↑
İçecek deliği alanı	
Boşaltma açısı	
Şerit sökme kuvveti	↓

3) NASIL-NASIL (KORELASYON MATRİSİ): Bu BÖLÜM evin çatısı olup, bunun sayesinde bir çok mühendislik parametreleri arasındaki etkileşim ortaya konarak, mühendislik karakteristiklerinin birbirlerini nasıl etkilediği tespit edilir. Bir hedef özelliğin, diğer bir çok özelliği olumsuz yönde etkileyebildiği durumlarda ekip bu özellikten vazgeçebilir. Korelasyon matrisi aynı zamanda teknik gereksinimler arasındaki değişimin ve birbirinin yerini almasının gerekliliğini de ortaya koymaktadır. Böylece bu çatı, teknik gereksinimler arasında bir dengenin oluşturulması konusunda mühendislere çok önemli bilgiler sağlar. Bu ilişkileri göstermek için "-" ile zayıf ilişki "+" ile kuvvetli şeklinde semboller kullanılır. Şekil 3.13' te kahve fincanı örneğinin korelasyon matrisi gösterilmektedir.[14]



Şekil 3.13 : Teknik gereksinimler ve korelasyonlar[14]

4) KIYASLAMA (PLANLAMA): Bu bölüm, BÖLÜM 5 ile verilen fikri grafiksel olarak devam ettirir. Burada 1'den 5'e kadar olan bir ölçekte BÖLÜM 5'te belirlenen her bir alternatifin, ilgili fonksiyonel ihtiyaçları nasıl karşıladığı gösterilir. Kendi rakiplerini yakalamak hatta aşmak isteyen şirketler, öncelikle rakiplerine göre nerede olduklarını bilmek isterler. İdeal olarak bu değerlendirmeler müşterilerin bilimsel olarak ankete tabi tutulması sureti ile elde edilir. Farklı müşteri dilimleri, ürünleri farklı şekilde değerlendirirler ise, ürün planlama ekip elemanları her bir dilim için değerlendirmeler yaparlar. [18]

Tablo 3.4. Kıyaslama ve planlama matrisi

		Önem	Mevcut Ürün	A Firmasının Ürünü	Hedef Değer	Geliştirme Oranı	Satış Puanı	Nihai Değer	%
1	Rahat tutulabilmeli	3	4	3	4	1.0	1.0	3.0	12
2	Dağılmamalı	4	5	4	5	1.0	1.2	4.8	19
3	Ucu Uzun Sürmeli	5	4	5	5	1.25	1.5	9.4	37
4	Yuvarlanmamalı	3	3	3	3	1.0	1.0	3.0	12
5	Silmesi Kolay Olmalı	3	3	5	5	1.7	1.0	5.1	20

Tablo 3.4. te bir kurşun kalem örneği için yapılmış kıyaslama ve planlama matrisi gösterilmektedir. Bu örnek üzerinden her bir değer nasıl hesaplandığına bir bakalım:

1. Önem Derecesi : Müşteri isteklerinin anketlerle önceliklendirilmesi sonucu oluşur.
2. Rakip Firmalar İle Kıyaslama : Tüm istekler rakip firma ile 1 den 5 e kadar oluşan değerlerin bulunduğu bir skala üzerinden değerlendirilir.
3. Hedef Değer : Elde edilen veriler karşısında takım bir hedef değer belirler.

4. Geliştirme Oranı :

Hedef Değer – Mevcut Değer = $X \rightarrow (X \times \text{Artış Faktörü}) + 1 = \text{Geliştirme Oranı}$

Artış faktörü, bu özellik ne derece önemlidir?, sorusuna verilen cevaba göre 0 ile 1 arasında bir değerdir.

5. Satış Puanı : Pazar payındaki önemine göre 1 ile 1.5 arasında bir sayı seçilir. (Genellikle 1.0 – 1.2 -1.5 gibi)

6. Nihai Değer :

Önem Derecesi x Geliştirme Oranı x Satış Puanı = Nihai Değer

Kalite evini kullanan üreticiler, bu bölüm sayesinde o anki kendi ürünlerini diğer rakip şirketlerin ürünleri ile kıyaslamaktadır. Rekabetçi değerlendirmesi, rakip ürünlerin belirgin üstünlüklerini ve zayıflıklarını ortaya koymada yardımcı olur. Bu ise tasarımcıya iyileşmeye açık noktaları belirlemede kolaylık sağlar. Bu aynı zamanda, KFG'yi şirketin vizyonu ile birleştirir ve dizayn prosesinde önceliklerin belirlenmesinde yardımcı olur. Örneğin bir müşteri sesi, rakip ürünlerde düşük bir değerlendirme alıyor ise, bu noktaya konsantre olmak önemli bir avantaj sağlar. [18]

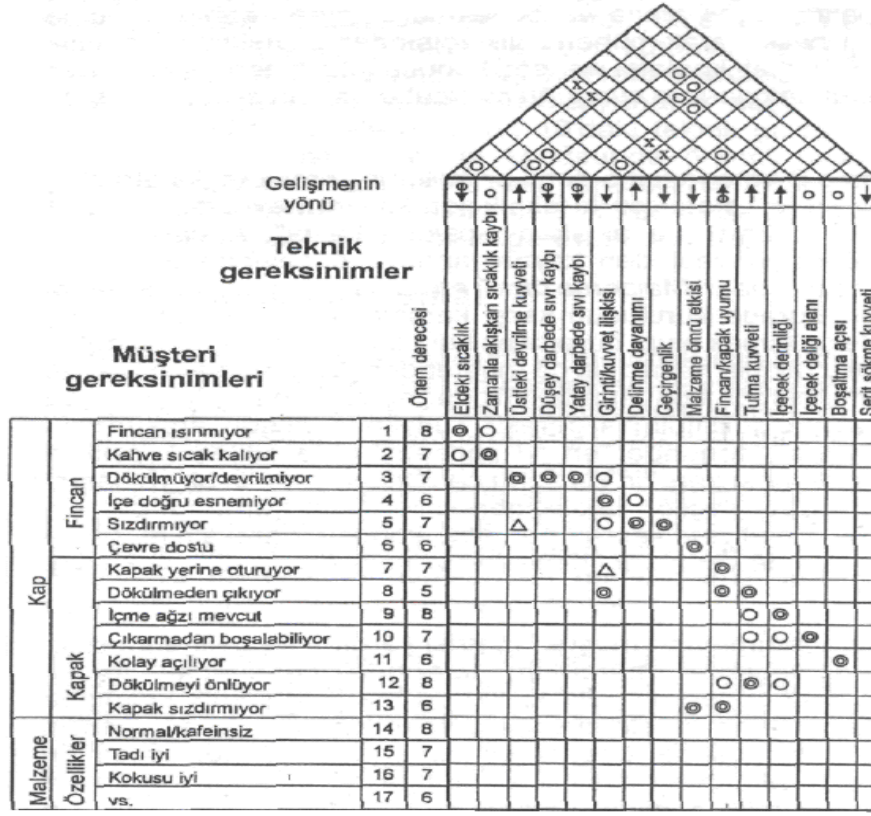
5) NE-NASIL (İLİŞKİ MATRİSİ): Bu BÖLÜM, her bir son kullanıcının düşüncesinin bir dizayn kontrol parametresi tarafından ortaya konduğu yerdir. Her bir teknik spesifikasyon kolonunun ve müşteri beklentileri satırının kesişimi, kalite evinin ortasında bir alan oluşturur. Bu alanlar, bu çiftler arasındaki ilişkileri içerir. Burada her bir teknik spesifikasyonun her bir müşteri sesini nasıl etkilediği gösterilir. Ekip bu değerlendirmelerde uzman mühendislik deneyimlerinden, müşteri davranışlarından, istatistiksel çalışmalardan veya kontrollü deneylerden sağlanan bilgiler ışığında uzlaşmaya varır. Ekip bu ilişkileri ortaya koyarken rakamlar veya semboller kullanır. Bazı ekipler deneylere veya istatistiğe dayalı ilişkiler için semboller, bazı ekipler ise rakamları kullanırlar. Tablo 3.5. te en yaygın olarak kullanılan semboller gösterilmektedir.

Tablo 3.5. İlişki matrisinde kullanılan semboller ve değerleri

Sembol	Anlam	Değer
	İlişki yok	0
Δ	Zayıf	1
○ veya □	Orta	3
●	Kuvvetli	9

İlişki kuvvetlerinin belirlenmesinde sütunlar şeklinde çalışılması önemli olup, ekiplerin her bir teknik gereksinime bakıp kendilerine “söz konusu müşteri gereksinimini karşılamak için teknik gereksinim üzerinde çalışma yapacak mıyız?” sorusunu sormak suretiyle, ilgili sorunu aşağı doğru takip etmeleri gerekir.

Şekil 3.14. te ilişkiler ilave edilmiş olan kahve matrisini göstermektedir. Burada ekip kendi kendine “Bu müşteri gereksinimini karşılamak için eldeki fincanın sıcaklığı konusunda çalışma yapacak mıyız?” sorusunu sorduğunda, yalnızca ilk iki düşüncenin bununla ilgili olduğuna dikkat ediniz. Bu durumda şirketin eldeki fincanın sıcaklığını kontrol etme konusunda çalışma yapması halinde, bunun “fincan ısınmıyor” düşüncesi üzerinde kuvvetli bir etkiye sahip olacağına karar verilmiş ve ekip bu kararını sıcaklık kaybındaki düşüğe yardımcı olacağı gerekçesine de dayandırmıştır. [8]



Şekil 3.14 : İlişkiler Matrisi [14]

İlişki matrisi tamamlandığında, ekip matrisin ilişki kısmını gözdengeçirmek için birkaç dakikasını ayırmalı, her bir satır ve sütun incelenmelidir. Hiçbir ilişki sembolü bulunmayan ya da sadece zayıf sembolü blunan hiçbir satır veya sütun olmamalıdır. Sembollerin mevcut olmaması veya yalnızca zayıf sembollerin mevcut olması, bir müşteri gereksiniminin doğru şekilde tespit edilmediğini ya da teknik gereksinimin müşteri istekleri ile hiçbirönemli ilişkisinin bulunmadığını gösterir.

6) NASIL-NE KADAR (TEKNİK DEĞERLENDİRME): Ekip, müşteri sesini belirledikten ve bunları mühendislik karakteristikleri ile ilişkilendirdikten sonra, "Teknik Değerlendirmeler" olarak bilinen bir bölümün oluşturulmasına geçer. Bu alan, üreticilere BÖLÜM 2'de verilen teknik ölçüleri kullanarak kendi mevcut ürünlerini rakiplerinin ürünleri ile kıyaslama imkanı sağlar. Teknik değerlendirmeler biliniyorsa ekip, kendi hedef değerlerini belirlemek üzere hareket eder. Bu değerler yeniden dizayn edilecek bir üründe, her bir mühendislik karakteristiği için yeni ideal değerlerdir. Mühendisler bu hedef değerleri ifade etmek amacıyla her bir teknik

gereksinim için bir birim belirlerler (kilogram, metre/saniye, desibel, vb.). BÖLÜM 6, geliştirilecek sistem için uyarlanmalıdır.

Ayrıca BÖLÜM 6, yeni dizayn için de kullanılır. Her bir hedefi sağlamada tahmini maliyet, teknik zorluk (risk) ve öngörülen önem ile yeni dizaynı kontrol eden tüm parametreler için hedef değerler belirlenir. Bu, ürünlerdeki veya mevcut sistem dizaynındaki her bir iyileştirmenin en iyi uzmanlarca ortaya konan maliyetinin ve faydalarının tahminlerini göstererek, kaynakları yönlendirmek üzere yönetime önemli bir bilgi sağlar.

Teknik gereksinimler tespit edildiği anda, yapılacak test ve kontroller için ekibin gerekli düzenleme sürecine başlaması gerekir. Test süresini etkileyen tespitlerden biri de değerlendirilmesi gereken rakiplerin ürün sayısıdır. Toplam test süresi ve masrafı, matrise ait teknik gereksinimlerin sayısını yönlendirmek ve değerlendirmeye tabi tutulan rakip sayısını sınırlandırmak suretiyle kontrol altına alınabilir. Ekip, karşılaştırmalı testler için rakip sayısını toplam süresi, maliyeti ve bilgilendirme ihtiyacı arasında bir denge oluşturacak şekilde seçmelidir.

Rekabete yönelik testler tamamlandığında, bu verileri matris üzerine grafik biçiminde kaydetme ve hedef değerler hakkında ekip tartışmasını başlatma işine geçilebilir. Çoğu durumlarda, bazı testler diğerlerinden daha fazlasını alır. Toplam ilerlemeyi belirlemek üzere ekip elemanlarından birinin rekabete yönelik testleri izlemekle görevlendirilmesi iyi bir uygulama yöntemidir. Ekip verilerin çoğunun mevcut olduğuna ve geri kalan bilgilerin çoğunun tartışma dönemi içinde kullanılabilir duruma geleceğine inandığı takdirde, hedef değerlerin tartışmasına ve verilerin grafik biçiminde matrise kaydedilmesine başlanabilir. [18]

3.8.2. Bileşen Matrisi

Geçmişte bakacak olursak, birçok kuruluşun bileşen değerlendirme ve seçimi için belirli bir proses kullanmadığı görülür. Bu, ürün geliştirme mühendisine bırakılmıştır. Bu kişi, ürün üzerinde bir takım alternatif değerlendirme yaparak bunların birini seçmiş ve prototiplerin yapımı ve testleri ile proje revizyonu gibi işlere başlamış olabilir. Bu yapım, test ve düzeltme süreci zaman tükenene kadar devam eder. Bu noktada genellikle projede yine de bazı kusurlar vardır, üretim de başlamak zorundadır. Bu yöntem, müşteri tatminine yönelik olmayan masraflı bir süreçtir.

Bileşen değerlendirme için, etkin biçimde kullanılabilecek çeşitli teknikler mevcut olmakla birlikte, bu durumların hepsinde uygulanması gereken temel yaklaşım, çeşitli ürün önerilerinin değerlendirilmesine esas teşkil eden kriterleri tespit etmektir. Bu kriter grubu, kuruluşun bilgi ve deneyimleri ile beraber müşteri bilgisinden başlayarak aşamalı olarak geliştirilmelidir. Bunun için, önce kriterlerin gereklerini yerine getirmeye yönelik bir dizi proje alternatifi gerçekleştirilir. Ancak, bu değerlendirmeler üzerinde yapılacak tartışmaların, en iyi konseptin sentezlenerek geliştirilmesine olanak sağlayacak güçlü bir ekip çalışmasına dayanması gerekir.

Bileşen sayısının sınırlandırılması gerekli olup, maksimum olarak önerilen sayı 20 dir. Sadece birkaç tane değil, birçok bileşen üretilmelidir. Bileşenlerin herhangi birisi referans olarak seçilebilir. Bu amaçla ekipler genellikle mevcut projeyi kullanır. Ekibin tek tek her satırda baştan sona çalışma yaparak bileşen önerilerinin herbirini o sıradaki kriterle karşılaştırması gerekir. Her bileşen referanstan daha iyi (+), referanstan daha kötü (-) ya da referans ile aynı (S) şeklinde karşılaştırılır. Bunlar deneyim, mühendislik ve imalat bilgilerine dayanan kararlar olup, hiçbir ağırlıklı değer kullanılmaz. Her bir sütun için sembol toplamları belirlenir. Yapılması gereken işlem en çok artıya sahip sütunları belirlemektir.

Ürün bileşeni geliştirildiğinde, bir sonraki bir sonraki mantık aşaması, sanayi terminolojisine bağlı olarak bir malzeme reçetesi çıkartmaktır. Şekil 3.15 te gösterilen örnekte bir tek ürün (fincan) ve bir tek malzeme (polistiren boncuklar) vardır.

Bu noktada matrise geri dönmek ve seçilen en iyi tasarımlı konseptte ait kritik parça gereksinimlerini yerlerine yerleştirmeye başlamak mümkündür. Bu kritik gereksinimleri belirlemek için, ekip elemanları ve uzmanların kollektif çalışma deneyimlerinden yararlanılabilir.

Bu noktada pek çok kuruluş, önerilen ürünü sahip olduğu hata potansiyeli açısından inceler. Bu hata analizleri, kuruluşu hata potansiyeli yönünden derinlenmesine düşünmeye ve proje gereksinimleri, proses kontrol ve ürün kalite kontrolleri vasıtasıyla bu potansiyel hataların kontrol altına alınması yönünde plan yapmaya zorlar. Bu konuda yaygın olarak kullanılan iki yaklaşım vardır: Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), ve Hata Ağacı Analizi (FTA). Proje ve prosesteki potansiyel hataları incelemek için bu iki teknikten biri kullanılabilir.

[illegible]

FMEA veya FTA'da belirlenmiş olan hata mekanizmaları, bir ekip tarafından, parça planlama matrisine ait kritik parça gereksinimlerinin tespiti için ekibin kendi deneyimleri ile birlikte kullanılabilir. Matrisin üst kısmında liste halinde belirtilen parça gereksinimlerinin her biri, "Teknik gereksinimlerin (matris girdilerinin) karşılanabilirliğini sağlamak için mutlaka kontrol altında tutmamız gereken elemanlar nelerdir?" sorusuna cevap vermelidir.

Özet olarak, bu bileşen matrisini oluştururken izlenecek basamaklar şunlardır:

- Bir şirket, seçilmiş herhangi bir öncelik düşüncesine ilişkin olarak yapacağı çalışmalarda çok sayıda seçenekten yararlanabilir.
- Yöntem olarak KFG prosesi seçildiği takdirde, ilk aşamada yapılması gereken iş, seçilen her bir önceliğe ilişkin teknik gereksinimleri yeni bir matrise, yani bileşen matrisine aktarmaktır. Genellikle, eğer birden fazla düşünce seçilmiş ise, her biri için yeni bir matris kullanılacaktır.
- Parça planlama matrisinde dört esas kısım mevcut olup, bunlar aktarılmış gereksinimler, kritik parça gereksinimleri, ilişkiler, ve parça spesifikasyonlarıdır. İstenildiği takdirde sütun ağırlıkları da ilave edilebilir.
- Bir proje konsepti seçilene kadar kritik parça gereksinimleri belirlenemez. "En iyi" proje konseptini belirlemek için bir bakıma örgütlenmiş bir konsept seçme prosesi kullanılması kuvvetle tavsiye edilir.
- Kritik parça gereksinimlerinin tespiti tecrübe ve bilgiye dayanır. Potansiyel hata nedenlerinin tümüyle araştırıldığını garantilemek için (FMEA) yada (FTA) gibi organize yöntemlerin kullanımı önerilir.
- En iyi proje konsepti seçilip potansiyel hatalar sıra ile belirtildiğinde, bileşen matrisi tamamlanabilir.
- Tamamlanmış matris, proses işlemleri ile alakalı olduğu düşünülen parça gereksinimlerini belirlemek üzere incelenmelidir. Bunlar değişken nitelikteki maddeler oldukları için, proses kontroluna ihtiyaç gösterirler. Genel olarak, en iyi yaklaşım, ekip elemanlarının deneyimlerine güvenmektir. Bunların verecekleri karara, sütunlardaki kuvvetli ilişkilerin sayısı, sütun ağırlıkları ve FMEA'de risk değerlendirmesinin incelenmesi suretiyle yardımcı olunabilir.[14]

3.8.3. PROSES MATRİSİ

Kahve fincanı örneğinde, bileşen matrisinden tespit edilen kritik parça gereksinimleri yayılarak bir proses planlama matrisine dönüştürülecektir. Bir önceki matrsten seçilen gereksinimler yeni proses matrisine girdi teşkil eder. Dahili düşünceleri temsil eden diğer konular da matrise ilave edilebilir. Bunlar, genelde kuruluş

bünyesindeki elemanların kendi deneyimlerine dayanarak dile getirdiği proses işlemlerine ilişkin konular olacaktır. Bir sonraki aşama, kritik proses gereksinimlerine benzer nitelikte olan ve parça karakteristikleri ile dahili seslerin yerine getirilmesini sağlamak için mutlaka kontrol altında tutulması gereken parametrelerdir. Bundan sonra ilişkiler belirlenir ve proses spesifikasyonları tespit edilir. Son aşama ise, hangi maddelerin bir sonraki aşama olan üretim planlamasına yayılmak üzere öncelikli konular olarak seçilmesi gerektiğini belirlemek için proses planlama matrisini incelemektir.

Bileşen matrisinde olduğu gibi, kritik gereksinimler, organizasyon bünyesindeki deneyime dayalı olarak belirlenebilir. Tipik olarak, proses mühendisleri, sorun çözücü ekip elemanları ve kalite güvencesi birimine mensup kişiler, proses konularına ilişkin sorunlar ve karmaşık durumlar hakkında tecrübe sahibidir. Montaj ve ayar, bakım, proses değişkenliği ve güncel konular tipik olarak güçlük çıkaran alanlardır. O nedenle ekip, kritik proses gereksinimleri ve spesifikasyonları belirlerken kendisine yardımcı olacak kaynaklar olarak bu alanlara mensup insanlardan yararlanabilir. Ekip hiç zaman kaybetmeden ve mutlak surette her gün makinelerde ve proses hatlarında çalışacak tecrübe kazanmış olan operatörleri de çalışma kapsamına dahil etmelidir.

Proses matrisi kendi gelişim derecesi itibariyle bir ikilem durumu gösterebilir. KFG'ye kesin uygunluk yönünden, matrisin muhtemelen yalnızca şu iki testi yerine getiren proses gereksinimlerini içermesi gerekir:

- 1) parçanın müşterinin amacını karşılayacak olmasını sağlayacak kadar kritik olmaları, ve
- 2) yalnızca bir önceki matristen (bileşen matrisinden) aktarılan parça gereksinimlerine yanıt vermeleri.

Diğer taraftan, ekibin proses akışı, potansiyel arızalar ve kritik proses gereksinimlerinin belirlenmesi işine daldığında çalışma kapsamını sınırlamaması gerektiği görüşü savunulabilir. Pek çok proses, makul bir zaman çerçevesi içinde, akış, potansiyel arızalar ve kritik gereksinimler bakımından incelenebilir. Ancak, yalnızca bir önceki matristen aktarılan parça gereksinimleri konusuna konsantre olunursa, bu süre yüzde otuz oranında azaltılabilir. Bununla beraber, her türlü olasılık dikkate alındığında, kuruluş, üretim planlamasını belirlemeye yönelik olarak

mesafe katettikçe komple proses etüdü ve kritik karakteristiklerin belirlenmesini isteyecektir. Dolayısıyla, KFG ekibinin söz konusu parçaya ait proses etüdünü tam kapsamlı olarak yapmayı ciddi biçimde düşünmesi gerekir.

Tipik olarak, KFG uygulamalarında proses matrisinin önceki matrislere benzer biçimde incelenmesi önerilir. Bunun için, bir sonraki aşama olan mühendislik planlamasına yayılımı sağlamak üzere kritik noktaların seçilmesi gerekir. Bu seçilen sütunların önem dereceleri konusunda verilecek karara dayanarak yapılacak ve zayıf ve orta derecede ilişki sembollerine sahip olanlar muhtemelen gözardı edilecek, geriye kalanlar ise normal olarak bir sonraki aşamaya yayılacaktır.

Özet olarak, proses planlama matrisi bileşen matrisi ile hemen hemen özdeş bir yapıda olup, matrisin ana kısımları olan "ne", "nasıl" ve "ne kadar" şeklindeki ilişkiler itibarıyla bu iki matris aynıdır. Ancak doğal olarak ekibin ihtiyaçlarına tam olarak uygun düşecek şekilde matrise sütun ve satırlar ilave edilebilir. Şekil 4.16 da gösterilen örnekte, proses akış şemasını göstermek için bir satır ilave edilmiş, ikinci bir satır da proses kapabilitesi için eklenmiştir.

Tipik bir matristeki proses spesifikasyonlarının birçoğu, ürün veya bileşen matrislerindeki karşılıklarında olduğu kadar spesifik veya ölçülebilir özellikte olmayıp, prosesin bu spesifikasyonlara uygunluğunu sağlamak için kesinlikle izlenmesi gereken prosedürler veya talimatlar içerir. Proses daha fazla hizmete yönelik nitelikte oldukça, prosedürlere yönelik talimatların sayısı da o oranda artar.[14]

3.8.3. Üretim Matrisi

Önceki matrislerde, çeşitli girdilerin incelenmesi ve uygun yanıtların belirlenmesi bakımından KFG matrisinin uygulanması açıklanmaktadır. Yayılım sürecinde, proje ürün planlama matrisinden parça ve proses planlama seviyelerine doğru ilerledikçe çok işe yarar. Bu yayılım sırasında bir matristeki “nasıllar” alınıp bir sonraki matrise aktarılır ve “neler” şekline dönüşür. Üretim aşamasına ulaşıldığında ise farklı bir durum ortaya çıkar. Şöyle ki; hala çeşitli ürün ve proses gereksinimlerine yanıt verebilmek için gerekli işlemleri belirlemeye ihtiyaç vardır. İlk üretim planlaması için matrise benzer bir tablo çok iyi iş görür ve tipik KFG matrisi yerine kullanılır. Onu takip eden bir planlama aşaması ise normal olarak üretim planlarının belgelenmesi için mevcut şirket proseslerinin kullanımını içerir.

Son yıllarda birçok kuruluş, kendi gelişim prosesini dengeleme ihtiyacını idrak etmiş ve tipik sanayi uygulamaları, güçleri ve zorluklarını inceleyerek "en iyi" prosesi belirlemiştir. Tipik olarak bu "en iyi prosesler", konsept başlangıcından itibaren konsept geliştirme ve seçimi, prototip üretimi, proses planlaması, pilot üretime geçme ve piyasaya girme, üretim ve hizmet dahil tüm önemli aşamaları tarif eder. Birçok firma da, ürün, proses ve üretim gereksinimlerinin geliştirilmesine yönelik proses ve sorumlulukları tarif etmek için akış şemaları geliştirmiştir. Ayrıca, sık sık, kritik ürün ve proses gereksinimlerini tanımlamak için bazı aşamalarda ilave edilmiştir. Komple proses planı ve akış semasındaki açıklamalar, parçayı ve nasıl işleneceğini tarifeden bir doküman zincirinin geliştirilmesine yardımcı olur. Bu tür bir kuruluştaki üretim işi, bu gereksinimlere nasıl uygunluk sağlanacağı hususunu belirleyen faktörlerden biri olup; olayların sırası genel olarak şöyledir:

- Kritik parça gereksinimleri tayin edilir.
- Kritik parça gereksinimlerinin değişimini etkileyen proses aşamaları tayin edilir.
- Örneğin zaman, hız, miktar ve sıcaklık gibi, parça değişikliğine tesir edecek proses değişkenleri belirlenir.
- Bundan sonra bu proses değişkenleri için işletme aralıkları belirlenir. Bunlar değişkenliğin kontrol altında tutulmasını sağlamak için prosesin içinde kalması şart olan aralıklardır.

- Son aşama ise, bu aralıklar içinde işletmeyi sağlamak için gerekli proses kontrollerinin uygulama şeklini tanımlayan ve tarif eden üretim planlarının geliştirilmesi aşamasıdır.

Bu bilginin geliştirilmesine yönelik belli bir prosese sahip olmayan firmalar üretim işini daha karmaşık bir hale getirir. Kritik gereksinimler hakkındaki bilgilerin geliştirilmesi yine de şart olup, bu konudaki sorumluluk genellikle üretim grubuna aittir. KFG yöntemi kullanmakta olan firmalar bu bilgilerin, müşterilerin ilgi alanına giren kalemlere ilişkin kısımlarını geliştirecek, KFG planlaması ile ilgili olarak geliştirilen FTA veya FMEA dokümanları da bir imalatçı kuruluş için, kendi kalite güvencesi programını geliştirdikçe son derece değerli bir araç olacaktır.

Özet olarak, üretim planlaması fabrikalarda daima zorunluluktan ortaya çıkmıştır. Üretim işlemleri uygun yerleşim planı, mühendislik gereksinimlerine uygunluk, gerekli dokümantasyonun geliştirilerek sürdürülmesi ve performans ölçütlerinin ortaya çıkarılması gibi birtakım şeyleri sağlayacak üst düzey bir planlamayı gerekli kılar. Bir tesiste KFG konseptinin varlığı, çalışanların planlama için matris ve tablolar kullanılmasının değerini ve ekip incelemelerinde söz konusu olan gücü anlamalarına yardımcı olabilir.[14]

4. KFG UYGULAMASI

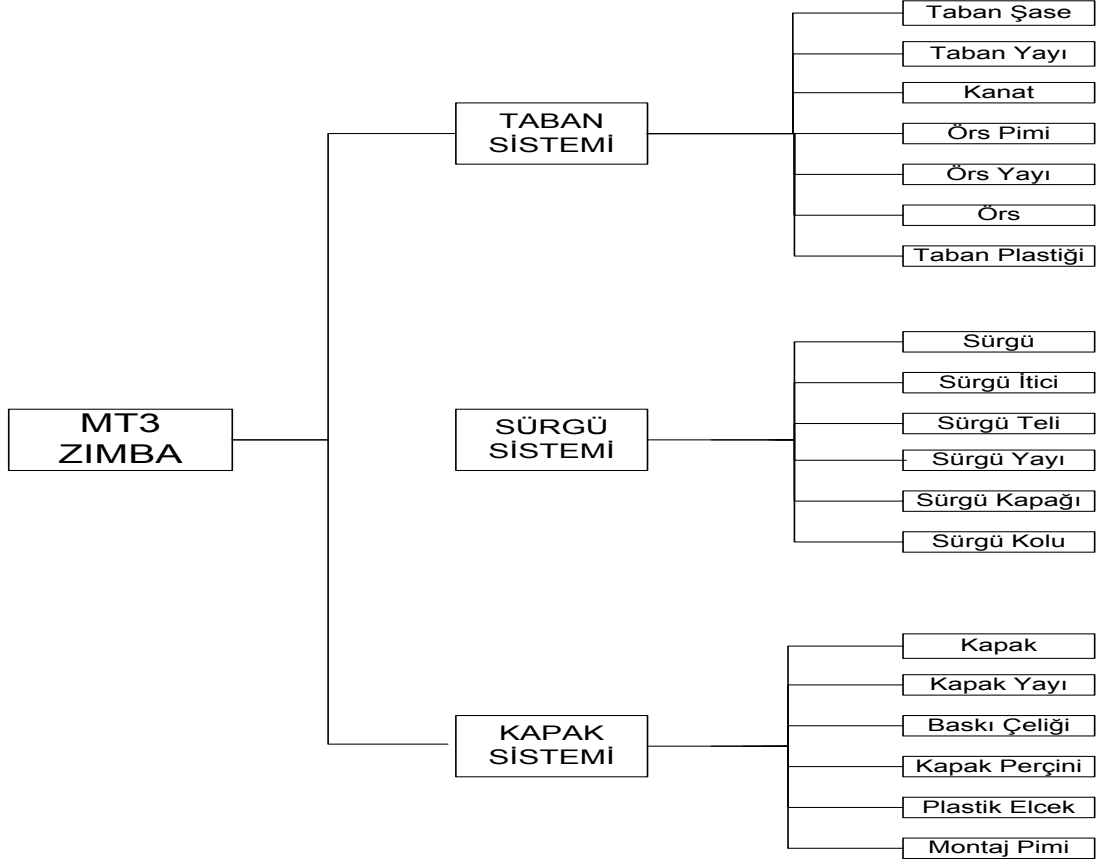
Bu bölümde, KFG tekniğini hepimizin ofis ortamında veya alışırken kullandığımız zımbaya uygulayarak yapılan çalışma sunulmaktadır. Rnek zımba ürünü için, ofis malzemeleri üreten Mimaks A.Ş. nin MT3 Masa Tipi zımbası baz alındı.

4.1. Ürün Matrisi

4.1.1. Müşteri İstekleri

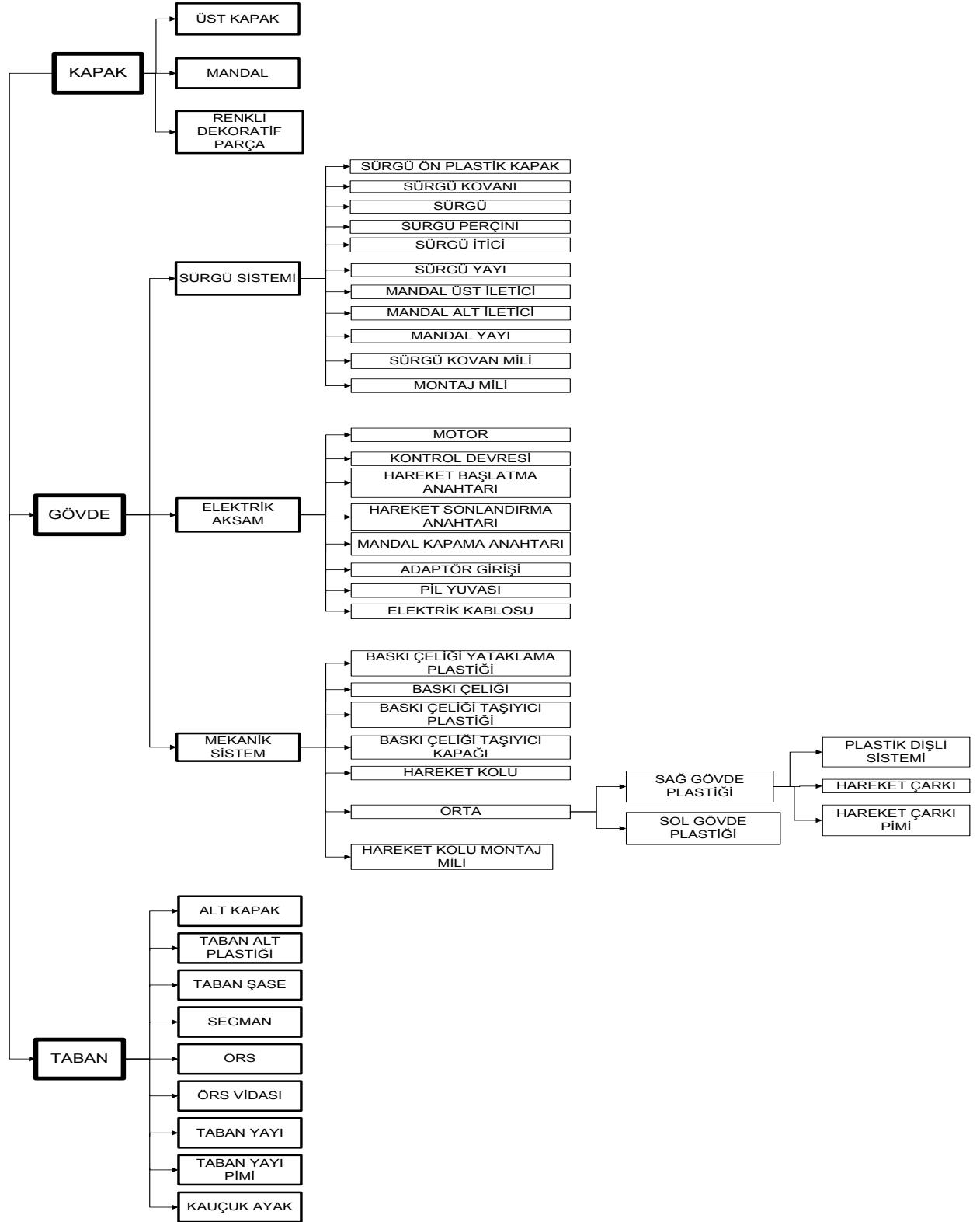
Tablo 4.1. Müşteri istekleri

Tek seferde 20 kağıt basın	5
Estetik görünsün	3
Hafif olsun	3
Dayanıklı olsun	4
Uzun ömürlü olsun	4
Kullanımı kolay olsun	5
Ekonomik olsun	4
Kağıda zarar vermesin	3
Tutukluk yapmasın	3
Pil uzun süre dayansın	4



Şekil 4.1 : Masa Tipi Zimba Ürün Ağacı

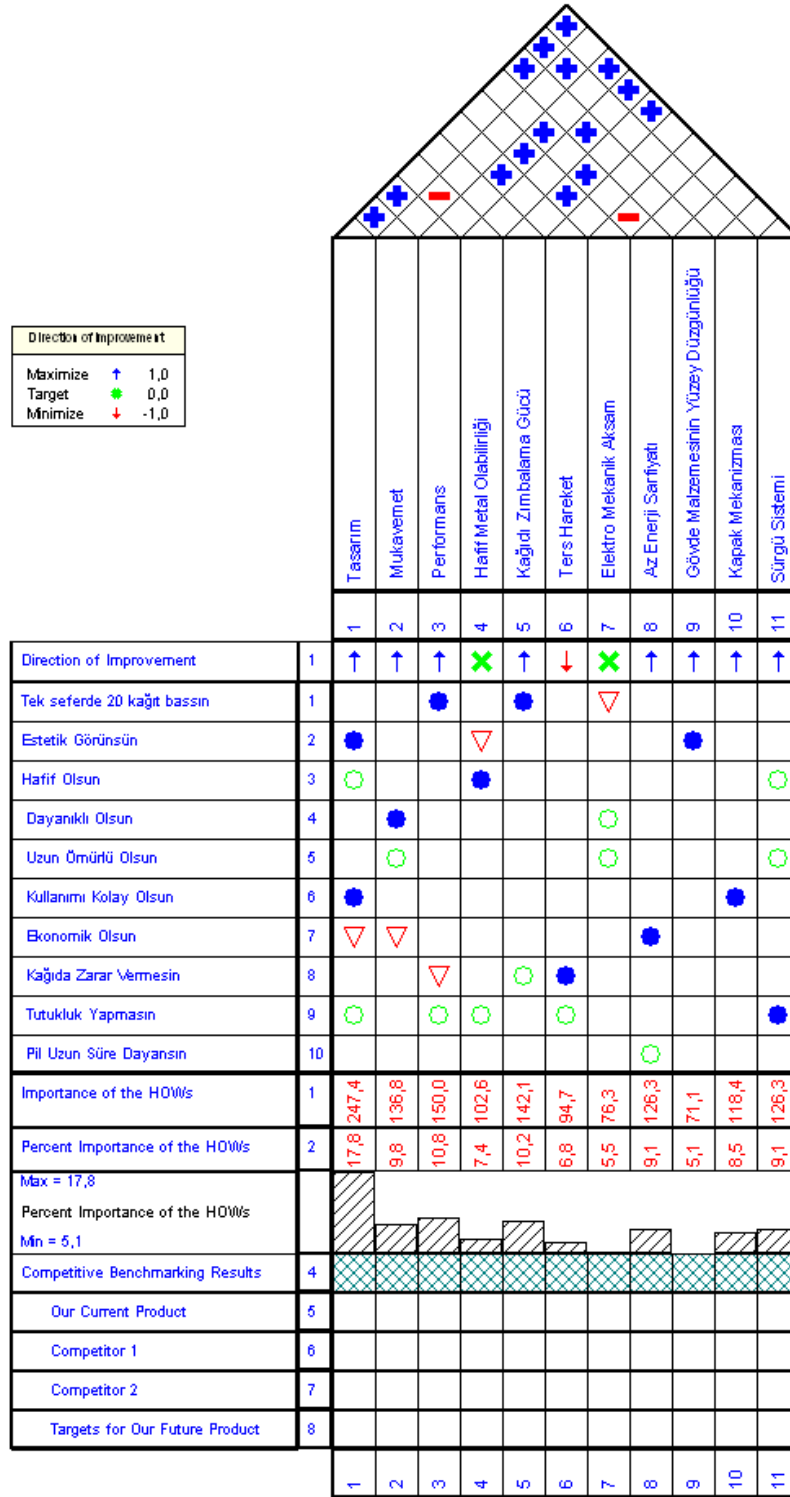
ELEKTRONİK ZIMBA



Şekil 4.2 : Elektronik Zimba Ürün Ağacı

4.1.2. Ürün Planlama Matrisi

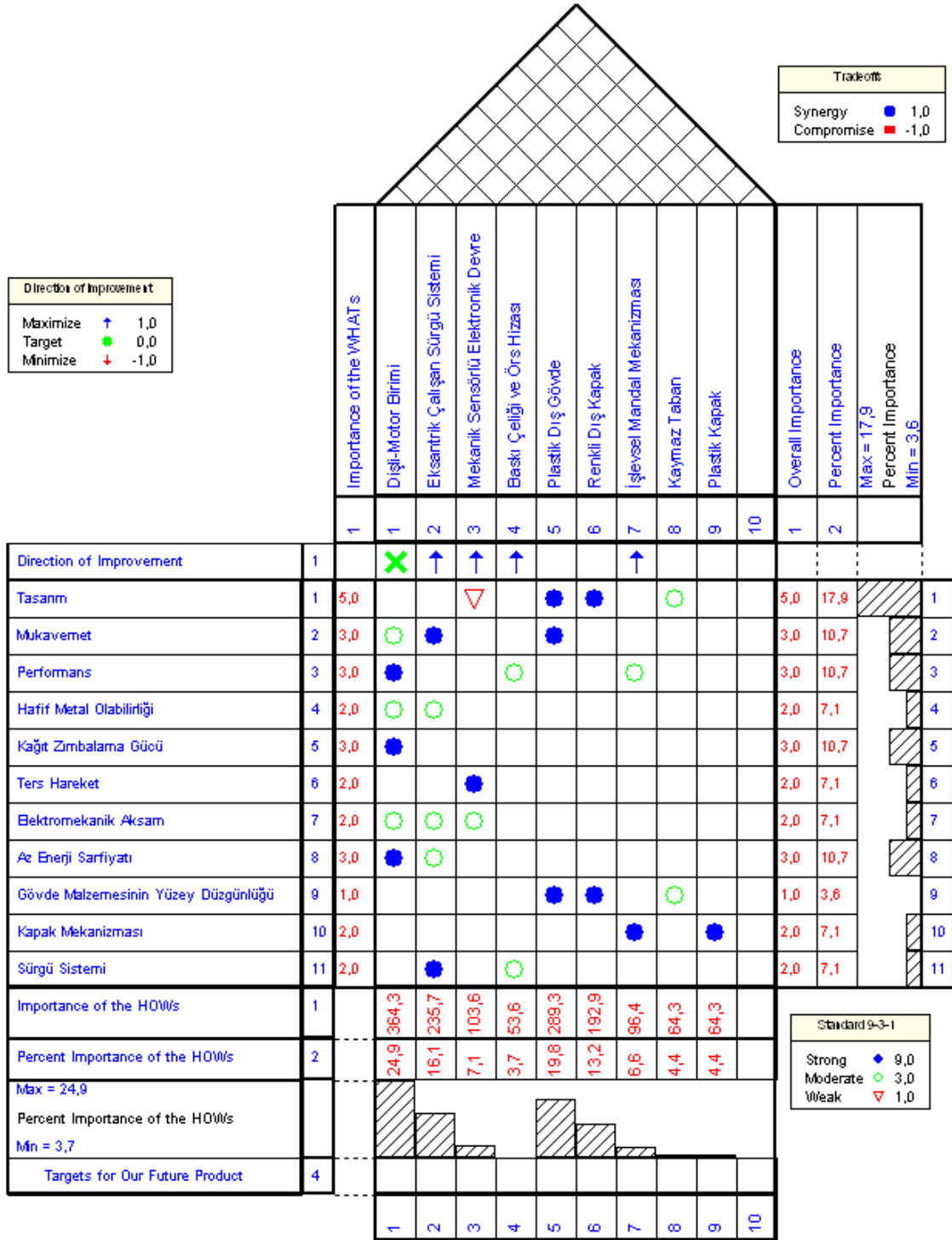
Ürün Matrisi



Şekil 4.3. Ürün planlama matrisi

4.1.3. Ürün Planlama Matrisi

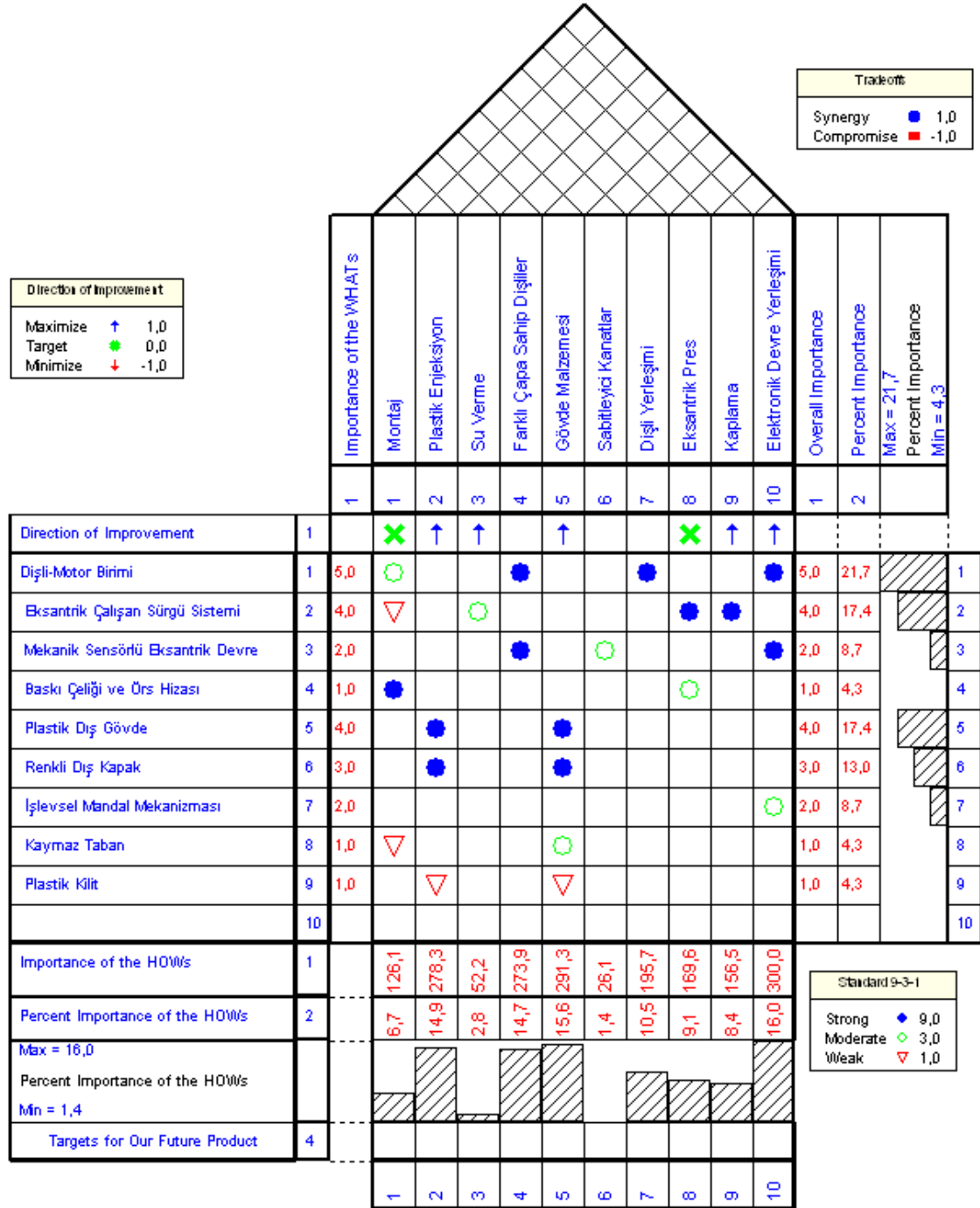
Bileşen Matrisi



Şekil 4.4. Bileşen matrisi

4.1.3. Ürün Planlama Matrisi

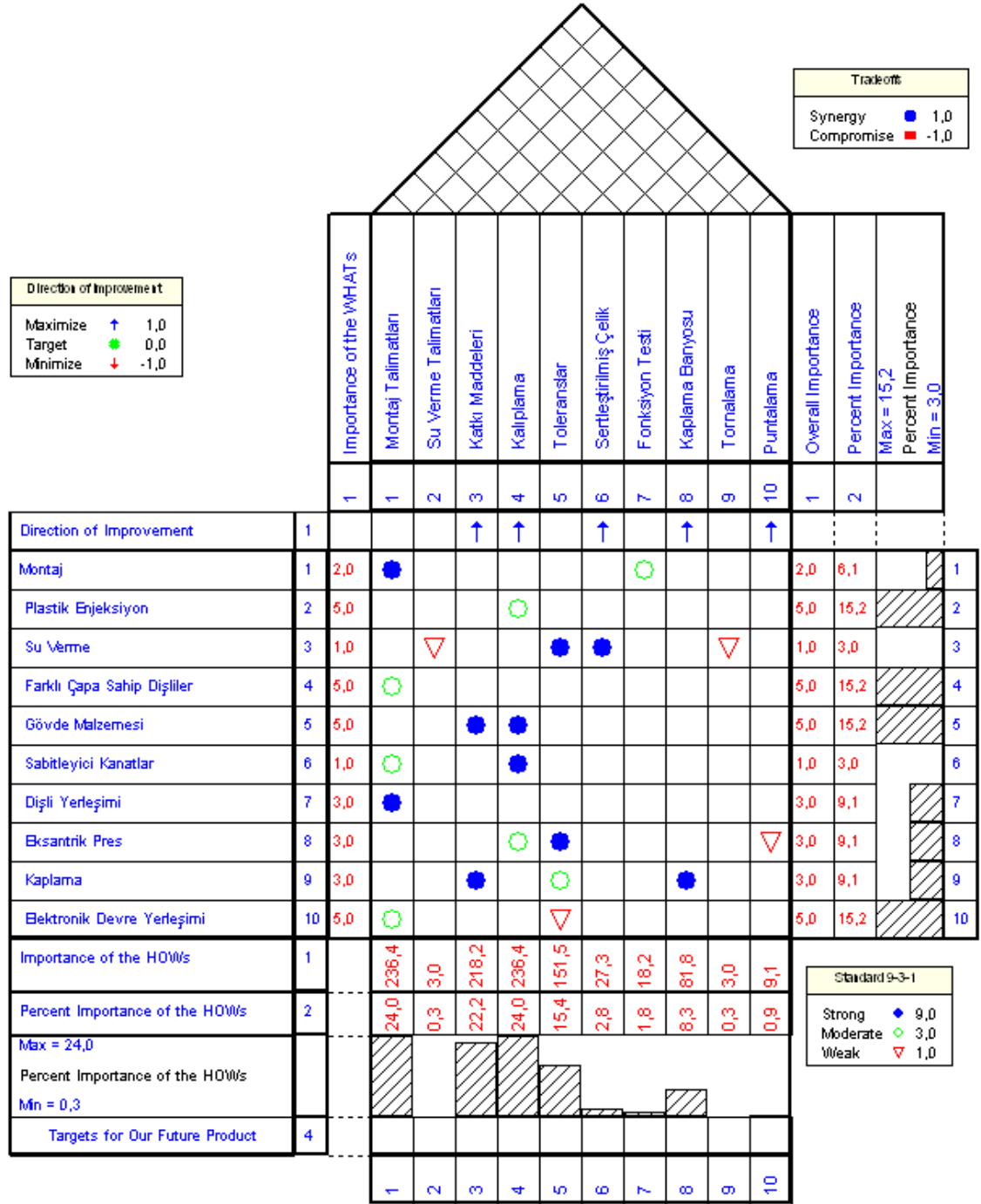
Proses Matrisi



Şekil 4.5. Proses matrisi

4.1.4. Ürün Planlama Matrisi

Üretim Matrisi



Şekil 4.6. Proses matrisi

4.1.4.1. Elektronik Zımba İçin Kuvvet Hesabı

60 gr/mm² , 1. kalite hamur kağıt için delme kuvveti;

$$P \cdot \sin \theta = 0,85 \times (TS) \times h \times l$$

P = Kuvvet

(TS) = Kağıdın çekme dayanımı, 20 gr/mm²

h = Kağıt kalınlığı, 1,05 mm

l = Kesme uzunluğu, 4(x+y)

θ = Zımba telinin açısı

$$P \times \sin 90 = 0,85 \times 20 \text{ gr/mm}^2 \times 1,05 \text{ mm} \times 4 (0,35+0,5) \text{ mm}$$

$$P = 60,7 \text{ N}$$

Kuvvet Kolundaki F Kuvvetinin Hesaplanması

X = Yük Kolu (14 mm)

Y = Kuvvet Kolu (36 mm)

Z = Çarkın Merkeze Uzaklığı (16 mm)

$$P \cdot X = F_{\text{çark}} \cdot Y$$

$$60,7 \cdot 14 = F_{\text{çark}} \cdot 16$$

$$F = 53,1 \text{ N}$$

Dişli Sistemindeki Kuvvet Aktarımının Hesaplanması

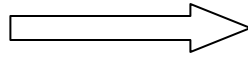
$$F_{\text{çark}} \times Z = M_{\text{çark}}$$

$$R_1 / R_2 = 4/1$$

$$R_3 / R_4 = 2/1$$

$$R_5 / R_6 = 2/1$$

$$R_7 / R_8 = 4/1$$



$$4 \times 2 \times 2 \times 4 = 64$$

$$M_{\text{kol}} = M_{\text{motor}} \times 64$$

4.2. Malzeme Seçimi

Malzemeler genel olarak dört ana grupta toplanabilirler.

1. Metalik malzemeler
2. Organik malzemeler
3. Seramik malzemeler
4. Kompozit malzemeler

Organik, seramik malzemeler metal dışı mühendislik malzemeleridir. Kompozit malzemeler ise metalik veya metal dışı malzeme olabilmektedirler. Organik polimerler, polimer olarak bilinen plastikler, elastomerler ve fiberlerdir. Bunlar karbonun, metal olmayan elementlerle (H, O, Cl, N) meydana getirdiği büyük moleküllü organik bileşiklerdir.

Polimerlerin kimyasal yapılarına, kaynaklarına, fiziksel özelliklerine ve molekül yapılarına göre bir genel sınıflandırılması yapılabilir. Mevcut polimer malzemelerden bir kısmı bu sınıflandırmanın dışına düşebilir. Fiziksel özelliklerine göre sınıflandırmada, sınıflandırma kesin çizgilerle ayıramayabilir. Söyle ki, aynı polimer hem elyaf hem de termoplastik sınıfı içinde yer alabilir. Örneğin; poliester'den hem elyaf hem de plastik malzeme yapmak mümkündür (Poliester iplik ve PET şişe gibi). Buna benzer birçok örnek göstermek mümkündür. Plastik, elastomer ve elyaf tanımları, o malzemenin gerilme- uzama eğrisine bakılarak ortaya çıkar. Ayrıca, çeşitli plastik türleri için bu gerilme uzama eğrilerinde belirgin farklılıklar görülür. Diğer yandan termoset terimi hem sıcakta hem de oda sıcaklığında çapraz bağlı yapıya (termoset'e) dönüşebilen anlamına gelmektedir

4.2.1. Plastikler

Günlük hayatımızda plastik eşya kullanımı her gün biraz daha artmaktadır. Eskiden ağaç, metal, yün, pamuk, kağıt, vesaire gibi geleneksel malzemelerden imal edilen bir çok eşya bugün plastik esaslı malzemelerden yapılmaktadır. Elektronik cihazların, beyaz eşyaların, giysilerin, inşaat malzemelerinin, döşemelerin vb. yapılarında plastik malzeme miktarı giderek artmaktadır. Mühendislik plastikleri adı verilen ve sayıları zamanla hızla artan malzemeler makine ve teçhizatlar da metallerin yerini almaktadır.

4.2.1.1. Plastiklerin Tanımı

Plastik, istenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca “plastikos” sözcüğünden gelir. Plastiklerin başlıca özelliği, kolayca biçim değiştirmeleri ve kalıplama ya da haddeleme gibi işlemlerle çeşitli biçimlere sokulabilmeleridir. Plastikler, birbirine eklenme özelliği gösteren moleküllerin, bir düzen içerisinde sıralanarak eklenmesi ile oluşturulan organik kimyasal bir maddedirler, yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşurlar.

Bütün plastiklerde bir şey ortaktır. Plastikler makromolekül olarak bilinen çok uzun molekül zincirlerinden oluşurlar. Söz konusu moleküller bir gerdanlık üzerindeki boncuklar gibi tek sıra olarak dizilmişlerdir. Bir plastiği birçok bireysel iplikler içeren bir yün topuna benzer bir şey olarak düşünebiliriz. Bu toptan bir ipliği çekip çıkarmak çok güçtür, çünkü top içindeki uzun moleküller bir birlerini sıkıca tutmaktadırlar. Makro molekülü yapan çok sayıda bireysel yapı elemanı "monomer" olarak isimlendirilir (mono=tek, meros=parça). Bu bakımdan makro moleküller ve böylece plastiklerin kendileri genellikle polimer olarak da isimlendirilir (poly=birçok).

4.2.1.2. Plastiklerin Genel Özellikleri

Plastikler, günümüzde gerek miktar gerek çeşit bakımından oldukça gelişme göstermektedirler. Hafif, kolay işlenebilir, korozyona karşı dayanıklı, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlığına, iyi yüzey kalitesine ve görünüşe sahip polimerler, makina uçak, elektrik ev aletleri gibi sanayinin hemen hemen bütün dallarında kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra tekstil, mobilya ve inşaatlarda, kaplama ve sentetik yapıştırıcı olarak kırtasiye ve ambalaj malzemesi yapımında ve diğer birçok alanlarda ucuzluk , dayanıklılık ve kolay işlenebilme özelliklerinden dolayı çok kullanılmaktadır. Ayrıca insanların dokuları ve organları arasında plastikten yapılan yapay doku ve organlar gittikçe yaygınlaşmaktadır. Kısaca yer yüzü ve uzay teknolojisine kadar plastiklerle iç içe yaşamaktayız.

a. Plastiklerin Görünüşü: Plastiklerin çoğu renksizdir. Bu yüzden istenilen renkleri elde etmek için renk verici maddeler kullanılır.pigmentlerle opak görünüş elde

edilebildiği gibi çözünür organik boyalarla şeffaf bir görünüş de elde edilebilir. Polimetilmetakrilat gibi bazı polimerler çok berraktırlar ve bu özelliğinin yanısıra polimetilmetakrilat hafif de olduğu için hem optic camın yerine hemde uçak sanayinde kullanılır.

b. Plastiklerin Yüzey Sertliği: plastik malzemelerin dezavantajı, yüzeylerinin yumuşaklığı ve çizilmeye karşı direncinin az olmasıdır. Plastikler cam, seramik ve metallere göre daha az serttirler. Opak, renklendirilmiş plastikler, yüzeyi boya ile kaplanmış plastiklerden daha serttir. termoplastiklerin sertliği sıcaklık ve katılan lastifiyan miktarının artmasıyla azalır. Termosetler solgu maddeleri ilave edildikten sonra sert bir hal alırlar.

c. Plastiklerin Yoğunluğu: Plastiklerin yoğunluğu $0,9-2,5 \text{ g/cm}^3$ arasındadır. Bundan dolayı ağırlığın dezavantaj olduğu yerlerde plastic kullanılmaktadır.

d. Isısal Özellikler: Çoğu plastikler geniş bir sıcaklık aralığında yumuşama gösterirler. Bununla beraber düşük zorlamalarda veya uzun aralıklı yüklemelerde plastikler yüksek sıcaklıklara da dayanabilmektedir.

Genellikle plastiklerin ısı iletkenlikleri kötüdür. Plastiklerin ısı iletkenliklerinin kötü olmasından dolayı, sürtünme veya tekrarlanan gerilmelerin sebep olduğu sıcaklık büyümesi, malzeme içerisinde sıcaklık birikmesine neden olur. Bu olay ısı yorulmaya yol açar. Plastiklerin ısı iletkenlikleri molekül ağırlığının yanısıra, kristalinite derecesi ve yönelme gibi yapısal faktörlere bağlıdır. Bu özellikler artarsa, ısı iletkenliği de artar. Başka bir ısısal özellik ısısal genleşmedir. Plastik malzemelerin işlenmesinde önemli bir problem olan ısı genleşme katsayısı, metallere göre çok daha büyüktür ve değer olarak $2-20 \times 10^{-5} \text{ (cm/cm } ^\circ\text{C)}$ arasında değişir.

e. Kimyasal Özellikler: Plastikler, metal malzemelere göre kimyasal alanlara daha dayanıklıdırlar. Genellikle termoplastikler zayıf asit, alkali ve tuzların sulu çözeltilerinden etkilenmezler. Termosetler termoplastiklere göre kimyasal çevreye daha az duyarlıdırlar.

Kimyasal çevre ile birlikte gerilmenin etkisi, plastik malzemenin yüzeyinde gerilmenin konsantre olduğu zayıf bölgeler oluşturur. Gerilme altında bu bölgelerde çatlak oluşumu gözlenir ve kimyasal madde çatlak içine sızar, kimyasal etkiyle bozunmayı başlatır.

f. Hava Etkisiyle Bozulma: Polimerler, Uv radyasyonu, oksijen ve atmosfer yayımlarının etkisine maruz kalmaktadır. Aynı şekilde, polimer, işleme esnasında yıpranma başlatabilen ısı, mekanik kuvvetler ve oksijenin etkisi altında bulunmaktadır. Genelde iklim şartları plastiğin görünüşü değiştirir. Özellikle renginin solmasına veya bozulmasına neden olur. Plastik malzemelerin iklim etkileri ve atmosfere karşı dayanımını arttırmak için antioksidant ve stabilizatör gibi katkı maddeleri ilave edilir.

h. Plastiklerin Fiziksel Özellikleri

- Plastikler hafiftir :

Plastikler hafif inşaat malzemeleridir, genellikle seramik veya metallerden hafiftirler, birçok plastik sudan hafiftir ve bu nedenle yüzebilirler. Uçak inşaatında, otomobil üretiminde, ambalajlamada ve spor eşyalarında hafif aksamlar olarak kullanılırlar. Örneğin Alüminyum, plastik polietilene göre üç defa daha, çelik ise sekiz defa daha ağırdır.

- Plastiklerin işlenmesi kolaydır:

Düşük sıcaklık işlenmeyi kolaylaştırdığı gibi karşılaştırılmalı olarak daha az enerji gerektirir, bu nedenle üretim maliyetleri karmaşık parçalarda dahi oldukça düşüktür.

Plastiklerin işleme sıcaklıkları oda sıcaklığından yaklaşık 250 C dereceye kadar, özel durumlarda 400 C dereceye kadar değişen aralıktadır.

- Plastiklerin özellikleri katkı maddeleri ile geliştirilebilir
- Plastikler düşük geçirgenliğe sahiptir : Plastikler elektrik akımına (elektrik kablosu olarak) ve soğuk veya ısıya karşı yalıtıkcıdır. Plastiklerin ısı geçirgenlik kabiliyeti metallerden yaklaşık 1000 defa daha azdır, eğer işlemeden önce plastiğe iletken malzemeler (örneğin metal tozu) katılırsa izolasyon etkisi azalır. Bunun sonucu olarak elektrik şarj etme meyl de azalır.

- Plastikler birçok kimyasala karşı dirençlidir: Plastik maddelerde atom bağlantıları metallerdeki ilgili mekanizmadan çok farklıdır. Bu nedenler plastikler paslanmaya karşı metaller kadar duyarlı değildirler. Bazı plastikler asitlere, bazlara ve tuz eriyiklerine karşı çok dirençlidirler, bununla birlikte birçok durumda benzin, alkol gibi organik solventlerde (eriticilerde) eriyebilirler.

- Plastikler geçirgendir (nüfuz edilebilirdir)

- Plastikler genellikle tekrar kullanılabilirler (rejenere edilebilirler):

Plastikler çeşitli metotlarla tekrar kullanılabilirler. Ekonomik olarak rejenere edilemeyen çeşitli plastiklerin yakılmasından enerji elde etmek mümkündür. Bununla birlikte bazı malzemeler sorunsuz yakılamazlar. Bu özellikle klor (PVC gibi) veya flüor (ticari ismi ile Teflon veya PTFE) içeren maddeler için önemlidir. Bu plastiklerin yakılması zehirli gazlar yaratır.

- Plastiklerin diğer özellikleri

- Bazı plastikler esnektir

- Plastikler cam gibi kırılğan değildirler. (Buna karşılık kolay çizilirler.)

- Bu nedenle plastikler inşaat, otomobil üretimi ve gözlük camı gibi uygulamalarda artan bir şekilde diğer malzemeler ile yer değiştirmektedirler.

4.2.1.3. Plastiklerin Sınıflandırılması

- Semikristal termoplastikler
- Amorf termoplastikler
- Termosetler
- Elastomerler

4.2.1.3.1. Termoplastikler

- Polietilen (PE)
- Polivinüklörür (PVC)
- Polipropilen (PP)
- ABS (Akronitril-Bütadien-Stiren)

- Polistiren (PS)
- Naylon
- Polimetil metakrilat (PMMA)
- Polikarbonat (PC)
- Politetrafloretilen (teflon)

A. Polietilen

- En çok kullanılan en ucuz plastik türüdür
- Arı halde saydamdır ve sudan hafiftir.
- Genellikle ince film halinde paketlenme, ambalaj ve örtü işlerinde, boru hortum ve çeşitli ucuz mutfak ev eşyası üretiminde kullanılır.

En çok kullanılan termoplastik olan polietilenin çok değişik özellikleri vardır. Genellikle polietilenler tok, iyi elektriksel ve kimyasal özellikleri olan, düşük sürtünme katsayısına sahip, sıfıra yakın nemlenme özelliği olan ve kolay işlenebilen reçinelerdir. Çalışma sıcaklıkları -4.5°C ila $+90^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Polietilenler alçak, orta ve yüksek olmak üzere üç gruba ayrılır; bunlara çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen denilen bir dördüncü grup ilav edilebilir. Ayrıca kimyasal işlemle elde edilen ve termoset olan çapraz bağlı polietilen çeşidi de vardır.

B. Polivinüklorür (PVC)

- Polietilenden sonra en çok kullanılan plastik türü olup oldukça ucuzdur.
- Mukavemeti yüksek, kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklıdır.
- Alevle yanmaya karşı dirençli olmakla beraber zehirli gaz yayar.
- Döşeme kaplamaları, boru hortum, yapay deri üretiminde elverişlidir.
- Son yıllarda kapı ve pencere malzemesi olarak büyük ölçüde kullanılmaya başlanmıştır.

Polivinil klorür amorf plastiklerin basında gelir. PVC beyaz veya açık sarı renkli toz polimerdir. Normal PVC %53-55 klor içerir. Polivinil klorürü 60°C 'ye kadar işletmek mümkündür. Isıtıldığında klorlanmış hidrokarbonlar tarafından çözünür. Asitlerin ve bazların

etkisine karsi dayaniklidir. Su, alkol ve benzin PVC'ye hiçbir etki göstermez. PVC yüksek elektroliz özelligine sahiptir ve yanmayan bir polimerdir. PVC 140°C'de yavas yavas, 170°C'de ise kolaylikla HCl ayrilmasiyla parçalanir ve polimerde çift bag meydana gelir. Bu nedenle polimere stabilizotörler katilir.

PVC sert ve fleksible olarak iki çeşit kullanım alanı vardır. Sert PVC daha çok boru, pencere profili, duvar kaplamaları vb. alanlarda kullanilir. Bunlar hava şartlarına dayanikli, mukavemeti yüksek, sert ve kendi kendine yanmamazlık özelliklerine sahiptirler. Yumusak veya fleksible PVC türleri ise daha çok kablo sanayi, yer döşemeleri, oyuncak ve eldiven yapiminda kullanılmaktadır. Özellikle düşük ısı kararlılığına sahip olan PVC ısıtıldığı zaman metal yüzeylere yapışma özelliği çok yüksektir. PVC hava şartlarına olan yüksek dayanıklılığı, kolay ıslenebilmesi, metal yüzeye yapışma özelliğinin olması ve iyi elektriksel özelliklerinin bulunması nedeni ile kablo imalatında geniş yer almıştır. Su anda ülkemizde yapılan alçak gerilim kablolarının tamamına yakın kısmı PVC den imal edilmektedir.

PVC direkt olarak ısıya maruz kaldığında hidrojen klorür (HCl) açığa çıkar ve PVC rengine sararmalar meydana gelir. Bozunma derecesine bağlı olarak PVC rengine sirasi ile sararma, kızillasma, kahverengi ve siyah renkler görülür. Bununla birlikte ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değışmeler görülür. Proses sırasında meydana çıkan atık gazlar ve nem vakum ile ortamdan uzaklastirilarak bertaraf edilir. PVC emülsiyon ve süspansiyon türleri ile emülsiyon türlerinin öğütülmesi ile hazırlanan pastalık türleri bulunmaktadır.

C. Polipropilen (PP)

- Mukavemeti ve yumuşama sıcaklığı oldukça yüksek olup sudan hafiftir.
- Büyük ölçüde şişe, mutfak ve laboratuvar malzemesi üretiminde elverişlidir.
- Ayrıca ambalaj, paketlenme ve çuval üretiminde kullanılır.

Alçak yoğunluklu bir reçine olan polipropilen tabi olarak yarı saydam ve süt beyaz rengindedir. Ayrıca çok iyi boyanma kabiliyeti vardır. Genellikle malzemenin sınırlı ısısal, kimyasal ve elektriksel özellikleri vardır. Polipropilen parçaların özellikleri 120°C'de beş sene, 110°C'de 10 senedir. Pratikte saf, cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş,

darbe mukavemetli ve köpük çeşitleri vardır. Genellikle polipropilene enjeksiyon, ekstrüzyon ve üfleme gibi yöntemler uygulanır. Polipropilen ilaç, kozmetik ve besin alanında kutu, şişe kap v.b. parçaların; köpük çeşidi ise mobilya veya koltuk yastıklarının yapımında kullanılır.

D. ABS

ABS plastikleri lastik gibi tok ve butadiene ihtiva eden bir fazın, stiren-akrilonitril kopolimerlerinden oluşan sürekli fazın içinde tanecikler şeklinde dağılmasından meydana gelmektedir. ABS düşük sıcaklıklarda dahi sert, rijid ve tok bir malzemedir. Pratikte standart ve özel amaçlı olmak üzere iki grup olarak üretilmektedir. Standart çeşitleri çok yüksek darbe mukavemetli ve orta darbe mukavemetlidir; özel amaçlı grup ise yüksek ısıya dayanıklı, aleve dayanıklı, berrak ve genişleyebilen çeşitlerinden meydana gelmektedir.

ABS reçineleri genellikle opak veya yarı saydam olabildikleri gibi çeşitli renkte üretilirler. Ayrıca enjeksiyon, ekstrüzyon, üfleme ve köpük kalıplama için uygun çeşitleri vardır.

Özelliklerini iyileştirmek için ABS başka plastiklerle, örneğin ısı ve darbe özelliklerini dengelemek için polikarbonatla harmanlanabilir; ayrıca rijidliğini değiştirebilir. Kuvvetlendirilmiş çeşitinde %40'a kadar cam elyafı bulunabilir.

ABS plastiklerin iyi çekme, darbe ve abrazyon mukavemeti, boyut kararlılığı, yüzey sertliği, rijidliği, kimyasal mukavemeti ve elektriksel özellikleri vardır. Yüksek gerilmelerde plastik akma gösterirler; bu nedenle elastik sınırın ötesinde kırılmadan bükülebilirler. Çok iyi darbe mukavemetine sahip olan ABS'nin yüksek deformasyon hızlarında gösterdiği akmadan dolayı darbe kırılması gevrek olmaktan çok sünektir. Uzun süre güneş ışınlarının etkisi altında kaldığında, rengi değişir. Darbe mukavemeti ve sünekliği azalır. Bu mahsuru önlemek için çeşitli kaplama ve boyama sistemleri kullanılır. Kalıplanmış ABS parçaları su, tuzlar, inorganik asitler ve alkaliler tarafından hiç etkilenmezler; ancak bu özellik zamana, sıcaklığa ve zorlama seviyesine bağlıdır.

E. Polistiren

Amorf bir polimer olan polistirenin dikkat çeken özellikleri parlayan bir berraklık, sertlik, kolay işlenebilme ve çok iyi renklenme kabiliyetidir. Bu özelliklere bağlı olarak homopolimer ve kopolimer şeklinde imal edilir. Homopolimerler genel-amaçlı ve darbe mukavemetli; kopolimerler ise kristal berraklığında, darbe mukavemetli ve cam ile kuvvetlendirilmiş şeklinde üretilmektedirler. Bu reçinelere enjeksiyon kalıplama levha ve profil enjeksiyonu, köpük kalıplama gibi birçok yöntemler uygulanabilir.

Değiştirilmemiş polistiren, rijid ve kırılğan, orta mukavemetli ve kristal berraklığında bir reçinedir. Polibutadien gibi lastik çeşitleri ile harmanlığında darbeye mukavim bir bileşim elde edilir. Isı mukavemeti oldukça düşük, oda sıcaklığında elektriksel özellikleri iyi ve birçok aromatik ve klorlananmış çözücülerde çözülür. Fakat yiyecek ve içeceklere karşı dayanıklıdır.

F. Naylon (Poliamid)

İlk mühendislik plastiği olan naylonun, pratikte naylon 6, naylon 6/6, naylon 6/10, naylon 6/12, naylon 11 ve döküm naylon gibi çeşitleri vardır. Tüm naylon çeşitleri elyaf ve takviye malzemeler ile kuvvetlendirilebilirler.

Naylonun özellikleri çeşidine bağlı olarak çok geniştir. Genelde bu malzemelerin çok iyi yorulma mukavemeti, iyi sürünme mukavemeti, düşük sürtünme katsayısı ve oldukça iyi darbe mukavemeti, iyi kimyasal dirençleri ve elektrik özellikleri vardır. Polimerizasyon sırasında kontrol edilebilen kristalinite derecesi naylonun rijitliğini, mukavemetini ve ısıya karşı dayanıklılığını etkiler. Genellikle düşük kristalinite derecesi tokluğu, uzamayı ve darbe mukavemetini yükseltir, fakat çekme mukavemeti ve rijitliği azaltır.

İyi mekanik ve tribolojik özelliklere sahip olarak naylon, zorlamalara maruz kalan dişli çark, kam, kaymalı yatak, rulman kafesleri, kızak gibi elemanların yapımında kullanılır. Ayrıca aşınmaya karşı takım tezgahların kızaklarında kaplama olarak kullanılır. Bu bakımdan en iyi sonuç, erimiş halde çok iyi akma özelliklerine sahip olan naylon 11 verir.

Naylon 6/10 ve 6/12 daha düşük nem absorpsiyonu ve dolayısıyla daha iyi boyut kararlılığı istenilen yerlerde kullanılır. Ultraviyole ışınlarına karşı hassastır ve bu

nedenle havada kullanılmaya elverişli değildir. Ultraviyole ışınlarına karşı mukavemeti arttırmak için stabilizatör olarak genelde karbon siyahı ile takviye edilir. Karbon siyahı aynı zamanda çekme mukavemeti ve sertliği yükseltir, sünekliği ve tokluğu hafif azaltır.

G. Polikarbonat

Amorf bir mühendislik plastiği olan polikarbonatın, genel amaçlı kalıplama ve ekstrüzyon çeşidinin yanı sıra bazı özellikleri ve işleme karakteristiklerini sağlayan çeşitleride vardır. Bu son çeşitlerarasına aleve dayanıklı, besin maddeleri ve ilaçlarla temasta bulunan, hava ve ultraviyole ışınlarına mukavim, cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş ve köpük çeşitleri girmektedir. Polikarbonat reçineleri çeşitli sıcaklıklarda çok iyi bir tokluğa, ısı ve ateşe karşı mukavemete, boyut kararlılığına ve saydamlığa sahiptirler. Darbe mukavemeti parça kararlılığına bağlıdır ve kalınlık arttıkça darbe mukavemeti azalmakta, ancak 6,5 mm kalınlıkta dahi hala yüksek kalmaktadır.

4.2.1.3.2. Termoset Plastikler

- Fenolikler
- Epoksitler
- Poliesterler
- Aminler
- Silikonlar

A. Fenolikler

- Mukavemeti ve sertliği yüksek, sıcaklığa ve kimyasal etkilere dayanıklı kolay uygulanan ve oldukça ucuz plastik türüdür.
- Cam lifi, pamuk ve odun talaşı pekiştirilerek mukavemet ve toklukları arttırılır.
- Elektrik ve oto endüstrisinde çeşitli parçaların üretiminde ayrıca levha halinde mobilya ve yapılarda, kaplama ve yapıştırma işlerinde kullanılırlar.

Fenolik kaplama malzemeleri yüksek performanslı mühendislik termosetleridir. Fenolik reçineleri genel amaçlı, katkısız, darbeye karşı mukavemetli, ısıya mukavemetli, cam elyafı ve özel amaçlı, iyi elektrik özelliklere sahip şeklinde imal edilir. Genellikle

fenolikler basınçlı kalıplama, enjeksiyon ve ekstrüzyon yöntemleri ile şekillendirilirler. Uzun elyafli reçineler için en iyi yöntem basınçlı kalıplamadır. Fenolik reçineleri siyah veya kahve rengidir. Genellikle fenolikler düşük fiyatlı, iyi ısı mukavemeti, yüksek ısı eğilme sıcaklığı, iyi elektriksel özellikleri, aleve karşı dayanıklı, boyut kararlılığı iyi, su ve kimyasal mukavemeti iyi ve çok iyi kalıplanabilen reçinelerdir. Bu özelliklere bağlı olarak fenolikler hemen hemen tüm alanlarda kullanılmaktadır. En ucuz olan genel amaçlı fenolikler tahta unu ve boyut kararlılığını iyileştirmek için mineral dolgu ile kuvvetlendirilir. Bu reçine elektrik parçaları, düğme, el manivelaları gibi yapılarda kullanılır.

B. Epoksitler

- Mukavemeti ve sertliği yüksek, düşük kimyasal etkilere dayanıklı ve boyutları kararlıdır.
- Koruyucu ve dekoratif kaplama işlerinde elverişlidirler.
- Uçak ve uzay aracı gövdelerinde, spor malzemelerinde kullanılmaya elverişli olmakla beraber oldukça pahalıdırlar.

Epoksiler, epoksi gruplarının kendi aralarında homopolimerizasyonu veya anhidrid, amin, novolak gibi maddelerle reaksiyona girerek elde edilirler. En çok kullanılan epoksi reçineleri epiklorohidrin ile bisfenol-A'nın reaksiyonu ile elde edilirler. Genellikle epoksiler çok iyi elektrik, termik ve kimyasal mukavemete sahiptir. Oldukça düşük olan mukavemetleri lifli kuvvetlendirici veya mineral dolgu ile iyileştirilebilir. Kalıplama ile elde edilen epoksi parçaları sert, rijid nispeten kırılmandır; ayrıca çeşitli sıcaklıklarda çok iyi boyut kararlılığına sahiptirler. Epoksi reçineleri elektrik ve elektronik alanında, açık havada parçaların yapımında, ayrıca kalıplama ve yapıştırma malzemesi olarak kullanılmaktadır.

C. Poliesterler

Poliester reçineleri termoset ve termoplastik olarak üretilir. Termoset poliester reçineleri bir katalizör tarafından başlatılan reaksiyonda bir monomerle çapraz bağlanan alçak molekül ağırlıklı alkid reçinelerdir. Genellikle termoset poliesterler, cam ile kuvvetlendirilmiş olarak kullanılır. Cam miktarına bağlı olarak parçanın mekanik özellikleri farklıdır.

Mühendislik reçineleri olan termoplastik poliestерler polibutilen tereftalat ve polietilen tereftalat olarak bilinirler. Bu reçineler kristalin, yüksek molekül ağırlıklı ve mekanik özellikler ile işlenme kabiliyetleri arasında çok iyi bir denge olan malzemelerdir. Çok çabuk kristalleşebildiği ve akabildiği için, termoplastik poliestерin kalıplama zamanı çok kısadır.

D. Aminler

Amino reçineleri formaldehidin ve NH_2 amino grubu ihtiva eden bileşiklerin ilave reaksiyonu ile elde edilen termosetlerdir. Bunlar oda sıcaklığında sıvı veya katı reçine ve kuvvetlendirilmiş kalıplama bileşikleri halinde bulunurlar. Bir katalizörün varlığında, ısıнын etkisi altında, malzeme sert ve mukavim ürüne dönüşmektedir. Ençok kullanılan amino plastikler üre ve melaminden elde edilenlerdir. Bu malzemelerde kullanılan ana reçine saydamdır; ancak renklendirici ilave edilerek renkli çeşitleride elde edilir.

Genellikle amino reçineleri, sert, rijid, aşınmaya karşı dayanıklı ve yük altında çok az bir şekil değiştirme gösteren malzemelerdir. Ayrıca oldukça yüksek elektriksel yalıtkanlığı ve yiyeceklere koku vermeme gibi özellikleri vardır.

Aminler kalıplanmış parça, haddelenmiş reçine, ağaç adezifleri, kaplamalar, tekstil ile işlem görmüş reçine olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu malzemelerden elektrik ve elektronik parçaları, düğme, mutfak eşyaları vb. parçalar yapılır.

4.2.1.3.2. Renklendiriciler

Plastik malzemenin görünümüne estetik etki, renklenme ile sağlanır. Renklendiriciler, kullanıldığı ortamda çözülebilen boylar ile çözünemeyen ve ortamda ince tanecikler halinde dağıtılan, pigmentler olmak üzere genelde ikiye ayrılırlar. Boyalar saydamdırlar ve yapıya parlaklık verirler. Ancak ışığa dayanıksızdırlar. Pigmentler ise tanecik boyutu ve pigment ile plastik yapı arasındaki göreceli kırılma indisi farkına göre saydamlık veya opaklık verirler. Pigmentler organik veya anorganik, doğal veya sentetik olabilirler. Sentetik organik pigmentlerle parlak, saydam renkler elde edilmekle beraber, bunların ısı ve ışık kararlılıkları türüne göre değişim gösterir. Buna karşın doğal anorganik pigmentler opak ancak ısı ve ışık dayanıklılığı yüksek renklendiricilerdir.

Renklendirme birkaç şekilde sağlanabilir:

- renk verici madde plastiğin üretimi sırasındakatılabilir
- renk verici madde basit karıştırma ile, ekstrüzyon, kalender veya öğütücülerde plastiğin işlenmesi sırasında katılabilir
- plastik madde işlendikten sonra renklendirme yapılır. Bunun için önce kaydırıcılar yüzeyden temizlenir, bir çözügede çözünmüş boyar maddenin içine plastiğin daldırılması veya bu çözeltinin plastik yüzeye püskürtülmesiyle boyama işlemi gerçekleştirilir.

Boyar maddenin plastik içinde dağılma ve göçme özelliği, ısı ve ışık kararlılığı, kimyasal maddelere dayanıklılığı ve diğer katkı maddeleri ile etkileşiminin bilindiği takdirde, kullanım yerine göre seçimi kolaylaşır. Renklenmenin homojen olabilmesi için boyar maddelerin plastiğin içinde iyi dağılmaları gereklidir boyar madde kaydırıcı ve stabilizatörlerle uyumsuz olduğunda, plastik işleme makinesinin yüzeyinde veya plastik ürünün belli yerlerinde toplanır. Boyar madde işleme sırasındaki ısıtmadan dolayı renk değiştirmemeli, ışıktaki solma yapmamalıdır. Ayrıca renklendirilmiş plastiğin kullanım yerine göre, çözücülere ve atmosferik koşullara da dayanıklı olmalıdır.

Kullanılan plastiğin cinsine göre boyar maddeden istenilen öncelikli özellikler farklılık gösterir. Örneğin ABS polimerinde ısı ve ışığa karşı dayanıklı olan, polimer içinde iyi dağılan boyar maddeler tercih edilirken, PVC polimerinde solmama, iyi dağılma, güçle direnç önemlidir. Polikarbonatlarda boyar maddenin tamamen susuz olması şarttır.

4.2.1.3.TEKNİK PLASTİKLER

4.2.1.3.1. TEFLON® (PTFE)

Özellikleri

- * Mükemmel kimyasal dayanım
- * Çok geniş kullanma sıcaklığı aralığı
- * En düşük sürtünme katsayısı
- * Kesinlikle yapışmama
- * Üstün elektriksel izolasyon
- * Yüksek ısı izolasyonu
- * Yanmazlık

- * Nem ve ortam şartlarına tam dayanım

Kullanım Yerleri

- * Conta, keçe, O-ring, V-ring, salmastra ve benzeri sızdırmazlık malzemeleri
- * Burç, yatak ve segmanlar
- * Elektrik izolatörleri
- * Kayar mesnetler
- * Konveyör bantları
- * Korozyif malzeme aktarımı için kılıflı boru, vana ve bağlantı parçaları
- * Yapışmayan yüzey uygulamaları
- * Teflon kaplı cam kumaş yapımı
- * Kimyasal dayanım gerektiren laboratuvar malzemeleri

Politetrafluoroetilen, TEFLON, FLUON, HOSTAFLON, ALGOFLON ticari isimleri ile tanınan bir fluoropolimerdir. Teflon, karbon ve fluor atomlarından oluşan molekül yapısından dolayı, başka hiçbir malzemede bir arada bulunmayan üstün özelliklere sahiptir. Sanayide kullanılan bütün kimyasal maddelere dayanıklıdır. Çok düşük sürtünme katsayısı vardır. Yüzeyine hiçbir şey yapışmaz. Sıcaklık ve basınç bu özelliklerini değiştirmez. -200°C ile +270°C arasında kullanılır. Çok üstün elektriksel izolasyon özelliklerine sahiptir. Hava koşullarından etkilenmez. Su ve rutubet almaz.

TEFLON, kimyasal dayanım bakımından, bilinen en iyi malzemedir. Çalışma sıcaklık aralığında (-260°C ile +270°C), sanayide kullanılan bütün asitler, bazlar ve çözücülere tam dayanıklıdır. Hiç bir kimyasal maddede erimez, çözünmez ve yumuşamaz. Sadece erimiş veya çözünmüş haldeki saf sodyum, saf potasyum gibi alkali metaller ve fluor gazı, yüksek sıcaklık ve basınç altında TEFLON' a etki ederler. TEFLON' un korozyona dayanımı sonsuzdur. Korozyif maddelerle çalışan ortamlarda, pompa, vana, boru, bağlantı parçaları gibi ekipmanların TEFLON' la kılıflanması ve çeşitli TEFLON malzemenin kullanılması, korozyon problemlerinde mutlak çözümdür.

TEFLON' un çalışma sıcaklık aralığında insan sağlığı üzerine hiçbir etkisi yoktur. Cildi tahriş etmez. Mutfak eşyalarının kaplanması, gıda ve ilaç gibi sanayi kollarında çeşitli uygulamalar için tereddütsüz kullanılır. 325°C' nin üzerindeki sıcaklıklarda dekompozisyon sonucu açığa çıkan florlu gazlardan korunmak için havalandırma

şarttır. Ayrıca TEFLON' un işlenmesi sırasında TEFLON tozlarının tütüne bulaşmasını ve sigara yakıldığında dekompoze olmasını önlemek amacıyla çalışma sahasında kesinlikle sigara içilmemelidir.

Tablo 4.2. Teflonun mekanik özellikleri

ÖZELLİKLER	BİRİM	TEST ASTM	SAF T - 100	TEFLON ALAŞIMLARI				
				CAM ELYAFLI		KARBONLU		BRONZLU
				C - 15	C - 25	K - 25	K - 35	B - 60
Özgül Ağırlık, 23°C	gr/cm ³	D 792	2.1-2.2	2.2-2.3	2.2-2.24	2.11-2.15	2.13-2.15	3.7-3.8
Çekme Dayanımı (Kopmada) 23°C	kg/cm ²	D 638	140-380	175-220	150-190	110-150	110-150	140-180
Kopma Uzunluğu 23°C	%	D 638	200-400	280-300	250-270	70-100	55-90	110-140
Basma Dayanımı (%1 deformasyon), 23°C	kg/cm ²	D 695	45-50	60-65	65-70	85-110	95-120	105-110
Yük Altında Deformasyon (140 kg/cm ² yük, 23°C)								
Toplam Deformasyon	%	D 621	14-16.8	11-15	9.5-13.5	2.9-4.8	2.3-4.3	3.7-4.8
Kalıcı Deformasyon			7.5-8.5	6-8	4-8	0.4-2.1	0.3-1.8	1.5-2.0
Yük Altında Toplam Deformasyon 150°C, 24 Sa								
10 kg/cm ² yük altında	%			2.8-3.0	2.6-2.8	1.8-2.0	1.3-1.5	1.1-1.3
50 kg/cm ² yük altında				15.0-16.0	18-19	8-9	5-6	9-10
Eğilme Modülü, 23°C	kg/cm ²	D 790	3500 - 6300	10000 - 20000	13000 - 16000	10000 - 12000	11000 - 13000	13000 - 14000
Darbe Dayanımı - Izod	$\frac{\text{cm.kg}}{\text{cm}}$	D 256	15.5-16.5	14-15.5	12-15	8.5-9.0	-	10-11
Sertlik (15 sn. için)	Shore D	D 2240	50-60	54-56	57-60	60-65	63-66	65-70

Tablo 4.3. Teflonun fiziksel özellikleri

ÖZELLİKLER	BİRİM	TEST ASTM	SAF T - 100	TEFLON ALAŞIMLARI				
				CAM ELYAFLI		KARBONLU		BRONZLU
				C - 15	C - 25	K - 25	K - 35	B - 60
Sürtünme Katsayısı								
Statik			0.04	0.05	0.07	0.11	0.13	0.07
Dinamik			0.06	0.06	0.09	0.12	0.16	0.13
Teflon/Çelik (yağlı) Din			0.07-0.11					
Teflon/Çelik (kuru) Din			0.02-0.06					
PV Limitleri								
3 m/dak. da	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{cm}^2 \cdot \text{dak}}$	-	23-25	210-215	215-220	220-300	220-230	300-320
30 m/dak. da			37-40	250-270	270-300	250-400	250-450	390-400
300 m/dak. da			52-56	310-320	330-340	300-450	300-500	450-550
Aşınma Faktörü K, (x 10 ⁻⁸)	$\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{dak}}{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sa}}$	-	17000 20000	16-19	12-25	14-16	10-15	6.8-7

Tablo 4.3. Teflonun termal özellikleri

ÖZELLİKLER	BİRİM	TEST ASTM	SAF T - 100	TEFLON ALAŞIMLARI				
				CAM ELYAFLI		KARBONLU		BRONZLU
				C - 15	C - 25	K - 25	K - 35	B - 60
Özgül Isı	kcal/kg.°C	-	0.23-0.25	-	-	-	-	-
Isı İletkenliği ($\times 10^{-4}$) 30°C	$\frac{\text{cal}}{\text{cm.sn.}^{\circ}\text{C}}$	-	5.5-6.0	8-9	10-11	15-17	19-21	17-20
Genleşme Katsayısı $\times 10^{-5}$								
25°C - 100°C	°C ⁻¹	D 696	12.5-16	12-14.5	7-11.5	9.5-10	7.5-8.0	7.5-9.0
25°C - 200°C			15-19	9-16	7.5-14	11-12	9-11	10-11.5
25°C - 300°C			21.5-25	15-18	8.5-18	13-15	12-14	13-14
Çalışma Sıcaklığı								
Minimum	°C	-	- 260	- 260	- 260	- 260	- 260	- 260
Maksimum			+270	+270	+270	+270	+270	+270

Tablo 4.4. Teflonun elektriksel özellikleri

ÖZELLİKLER	BİRİM	TEST ASTM	SAF T - 100	TEFLON ALAŞIMLARI				
				CAM ELYAFLI		KARBONLU		BRONZLU
				C - 15	C - 25	K - 25	K - 35	B - 60
Dielektriksel Dayanım, 0,1mm, kısa süreli	kV/mm	D 149	40-80	16-19	13-16	-	-	-
Dielektrik Sabiti, 50 Hz - 10 ⁷ Hz		D 150	2.0-2.1	2.3-2.5	2.5-2.8	-	-	-
Hacimsal Direnç, 23°C	ohm-cm	D 257	> 10 ¹⁸	> 10 ¹³	>10 ¹³	10 ³	10 ²	10 ⁷
Yüzeysel Direnç, 23°C,% 50 bağıl nem	ohm	D 257	> 10 ¹⁸	>10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ⁷	10 ⁴	10 ⁹
Dielektriksel Kayıp Faktörü								
50 Hz (23°C)	-	D 150	0.00005	0.00075	0.007			
10 ³ Hz (23°C)			0.0001	0.00065	0.00107			
10 ⁴ Hz (23°C)			0.0001	0.00063	0.00097			
10 ⁵ -10 ⁷ Hz (23°C)			0.0001	-	0.0003			
10 ³ -10 ⁶ Hz (-50°C,+200°C)			<0.0001	-	<0.0003			
50-10 ⁷ Hz (-100°C,+250°C)			<0.0001	<0.0003	<0.0003			

4.2.1.3.2. KESTAMİD® (Cast- Polyamide)

Özellikleri:

- * Çok yüksek çekme ve basma dayanımı
- * Yüksek darbe dayanımı
- * Aşınma ve bükülmeye karşı dayanım

- * Yüksek kimyasal dayanım
- * Düşük yoğunluk nedeni ile ekonomik olma
- * Yağsız ve sessiz çalışabilme
- * Çok büyük boyutlarda ekonomik olarak üretilebilme

Kullanım Yerleri:

- * Döner ve kayar hareketli makine parçaları
- * Yağlamasız ve sessiz çalışabilen dişliler
- * Aşınma plakaları, makaralar
- * Yatak ve burçlar
- * Göbeği çelik takviyeli parçalar

Kestamid, Döküm Poliamid, Döküm Naylon adları ile de tanımlanır. Kestamid üstün mekanik, fiziksel, kimyasal ve elektriksel özelliklerden dolayı her türlü sanayide çok kullanılan bir mühendislik plastiğidir. Kestamid darbe ve yorulma dayanımı iyi, aşınma mukavemeti yüksektir. Isı dayanımı iyi, sürtünme katsayısı düşüktür. Muhtelif makine parçaları ve plastik dişli ve yatak yapımında kullanılır.

KESTAMİD, kimyasal yönden bir Nylon türü olmakla beraber belli ölçüde (crosslinked) çapraz bağlı moleküler yapısı nedeni ile daha üstün bazı özelliklere sahip bir poliamid türüdür. Poliamidler üstün mekanik, fiziksel, kimyasal ve elektriksel özelliklerden dolayı sanayide en çok kullanılan mühendislik plastikleridir. KESTAMİD çok yüksek molekül ağırlığı, yüksek kristal yapı çapraz bağlara sahip olma özelliklerinden dolayı sert, aşınmaya ve bükülmeye dayanıklı ve Nylon 6 ya göre daha az su emen sağlam bir plastiktir. KESTAMİD' in bilinen yüksek mekanik ve fiziksel özelliklerini daha da arttırmak amacı ile cam elyafı veya özel katkıli tipleri imal edilmektedir. KESTAMİD doğal olarak sarı rengindedir. Arzu edilirse siyah veya değişik renklerde de üretilmesi mümkündür. KESTAMİD Üniversal metal ve ağaç işleme tezgahlarında kolaylıkla işlenebilir.

KESTAMİD üretiminde ölçü ve miktar sınırı yoktur. Özel imalat tekniği ile çok büyük boyutlarda ve istenilen şekillerdeki parçaların ekonomik olarak üretilmesi mümkündür. KESTAMİD üretimine özgü teknik ve metallerin mekanik dayanımlarından yararlanarak göbeği çelik burçlu dişli, makara, karıştırıcı pervanesi yapmak veya çelik milli Nylon

silindir üretmek mümkündür. Bu ve benzeri çelik takviyeli KESTAMİD makina aksamı kağıt, tekstil, kimya, matbaa ve gıda sanayiinde yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. KESTAMİD hafif oluşu, korozyona, darbeye, aşınmaya dayanıklılığı, yağsız ve sessiz çalışabilmesi nedenleri ile döner ve kayar hareketli makina parçalarının ve ekipmanların yapılmasında demir, çelik, alüminyum, bronz ve birçok plastiğin yerini almıştır. KESTAMİD üretim tekniği her ölçü ve miktardaki yatak, dişli, aşınma plakası ve makara gibi mamullerin üretimini sağlaması bakımından son derece ekonomiktir.

4.2.1.3.3. ULPOLEN® (UHMW - PE)

Özellikleri:

- * Çok yüksek darbe dayanımı
- * Çok yüksek aşınma direnci
- * Düşük sürtünme katsayısı
- * Kendinden yağlama, kayganlık
- * Yüksek kimyasal dayanım
- * İklim koşullarına tam dayanım
- * Su emmeme
- * Geniş çalışma sıcaklığı aralığı
- * Titreşimleri azaltma ve sessiz çalışma

Kullanım Yerleri:

- * Aşınma plakaları
- * Yatak ve burçlar
- * Zincir kızakları
- * Ekipmanların aşınmaya maruz kalan yüzeylerinin kaplanması
- * Vakum kasası, örtüsü, hidrofolyo kasası, vakafoil sınırlama plakaları

ULPOLEN çok yüksek molekül ağırlıklı bir polietilendir. Özgül ağırlığı düşüktür. Su emmez. Darbeye ve aşınmaya son derece dayanıklıdır. Sürtünme katsayısı düşüktür. Kimyasal dayanımı ve elektriksel özellikleri iyidir.

4.2.1.3.4. POLİPROPİLEN

Özellikleri:

- * Polipropilen düşük özgül ağırlıklı olefin sınıfı bir plastiktir.

- * 100 °C. ye kadar kullanılabilir.
- * Darbe mukavemeti iyidir.
- * Kaynakla birleştirilebilir.
- * Kimyasal ortamlarda dayanıklılığı iyidir.

Kullanım Yerleri:

- * Tanklar* Döner filtreler
- * Fanlar, aspiratörler
- * Kanallar
- * Küvetler
- * Şamandıralar
- * Laboratuvarlar eşyası

POLİPROPİLEN düşük özgül ağırlıklı olefin sınıfı bir plastiktir. 100 °C. ye kadar kullanılabilir. Darbe mukavemeti iyidir. Kaynakla birleştirilebilir. Kimyasal ortamlara dayanıklılığı iyidir.

4.2.1.3.5. DELRİN® (Polyacetal)

Özellikleri:

- * Çok yüksek mekanik dayanım
- * Çok yüksek darbe dayanımı
- * Yorulmama
- * Bükülmeme, deforme olmama
- * Kendinden yağlayıcı olma
- * Düşük sürtünme katsayısı
- * Yüksek aşınma dayanımı
- * Değişik ortam şartlarında ölçülerini koruma

Kullanım Yerleri:

- * Dişliler
- * Yataklar
- * Burçlar
- * Kamlar

* Makaralar

* Sulu ve nemli ortamda yağlamasız çalışması gereken hareketli makina parçaları

DELRİN, POLİASETAL, HOSTAFORM vb. ticari markalarla tanınır. Yüksek mekanik özelliklere sahiptir. Sertliği, çekme mukavemeti, ölçü stabilitesi geniş bir sıcaklık aralığında değişmez. Akmaya ve bükülmeye dayanımı iyidir.

DELRİN, piyasada POLİTAL, HOSTAFORM, CELCON ve ULTRAFORM olarak bilinen malzemelerin muadili olan formaldehit esaslı bir mühendislik plastiğidir. Kimyasal adı polioksimetilen (POM) yada teknik dilde daha fazla bilinen şekli ile poliasetaldır.

DELRİN' in su emmesi oldukça düşüktür ve doymuş halde bile mekanik ve elektriksel özelliklerinde önemli bir değişiklik olmaz. DELRİN kimyasal yapısı ve yüksek kristalli bünyesinden dolayı takviyesiz plastikler içinde en sağlam ve en rijit olan termoplastiktir. DELRİN sahip olduğu üstün mekanik ve fiziksel özellikleri nedeni ile metaller ile plastikler arasında bir yer alır ve birçok alanda metallerin yerine kullanılır.

DELRİN solventlere, petrol ürünlerine, yağ ve greslere tam dayanıklıdır. Kuvvetli asit ve bazlara, oksidanlara dayanıklı değildir. UV ışınlarından etkilendiği için açık havada kullanılmaması tavsiye edilir. Mühendislik plastiklerinden yapılan parçaların büyük bir çoğunluğu enjeksiyon metodu ile imal edilir. Ölçü uygunluğu ile yüzey düzgünlüğünün kalıpta elde edilmesi mümkündür. İstenen parça sayısı enjeksiyonla üretim için gerekli kalıp masraflarını karşılayamayacak kadar az ve parça boyutları çok büyük ise üretimin yarı mamullerin mekanik işleme ile yapılması çok daha ekonomik olmaktadır.

DELRİN' in üstün mekanik, termal, elektriksel ve kimyasal özellikleri, universal tezgahlarda kolay işlenebilir oluşu ile birleşince birçok uygulama alanı ortaya çıkmıştır. DELRİN çeşitli endüstriyel uygulamalarda dişli, yatak, burç, kam, makara gibi parçaların imalinde kullanılır. Birçok uygulamada gerek performans, gerek ekonomik yönden metallerden ve diğer plastiklerden daha kullanışlıdır.

DELRİN' in üstün özelliklerinden bu malzemenin dişli yapımında geniş şekilde kullanılmasına yol açmıştır.

DELRİN takviyesiz plastikler arasında mekanik dayanımı ve ölçü stabilitesi en yüksek olan plastiktir.

- DELRİN' in sürtünme katsayısının düşük olması nedeni ile yağlamaya gerek olmadan yada çok az yağlama ile aşınmaya maruz kalmadan çalışabileceği gibi sürekli yağlamanın mümkün olması durumunda ise aşınma miktarı daha az azalabilir.
- DELRİN dişlilerde toleranslar metal dişlilerdeki kadar dar ve kritik değildir. DELRİN dişli, yapısındaki esneklik nedeni ile sessiz ve düzgün çalışır.
- Metallerin yoğunluklarının fazla olması nedeni ile görülen ilk hareket güçlüğü çok daha hafif olan DELRİN sayesinde önemli ölçüde azalmaktadır.
- DELRİN' in birçok kimyasal maddeye metallerden daha dayanıklı olması da kullanımını arttıran önemli bir faktördür.
- DELRİN, ağaç ve metal işleme tezgahlarında çok kolay işlenebildiği için işçilikten, tasarruf ve ekonomiklik sağlar.
- DELRİN' in aşınma dayanımı çok fazla olduğundan ve ani darbelerde kırılmadığından rahatlıkla metal dişlilerin yerine kullanılabilir.

4.2.1.3.TEKNİK PLASTİKLER

Plastiklerin Kullanım Alanları

Alışverişte Plastikler:

- *Plastik ambalajlar
- *Otomobillerin çamurlukları, ön panelleri ve içlerindeki diğer birçok malzeme
- *Buzdolabı, çamaşır makinası veya bulaşık makinası gibi büyük ürünlerin imalinde

Ambalajlamada Plastikler:

- *Plastik torbalar
- *Plastik kaplar

Evde Plastikler:

- *Plastik doğrama
- *Plastik köpük

Sağlık Sektöründe Plastikler:

*Plastikten üretilen kalp cihazları

*Birçok sağlık ürünü için plastik malzemeler temel bileşendir:şırıngalar, lensler, protezler, kapsüller, ecza ürünlerinin ambalajlanması, kan ve serum torbaları, diyaliz cihazlarının filtreleri, valfler, bantlar ve gözlükler

Tarım Sektöründe Plastikler:

*Plastik malzemelerin başlıca kullanım alanları şöyledir: Kök koruma, tüneller, seralar, su dağıtım ve kanalizasyon boruları, silo folyoları, rüzgar tutucuları, su depolarının ve halatların kaplanması

Plastiklerin Kullanıldığı Diğer Sektörler:

*İnşaat Sektörü

*Elektrik ve Elektronik Sektörü

*Oyuncak, Eğlence ve Spor Sektörü

*Tekstil ve Ayakkabı Sektörü

*Mobilya Sektörü

4.2.1.4. Plastiklerin Avantaj ve Dezavantajları

Eğer bir ürün çelikten ya da aliminyumdan, seramikten ya da odundan değil de plastikten imal ediliyorsa muhakkak bunun geçerli sebepleri vardır. Bu sebepler hem üreticiyi hem kullanıcıyı memnun eden önemli sebeplerdir. Nedir bu sebepler? Sağlık! Güvenlik! Performans! Maliyet! İşte plastikler bu konulardaki üstünlüklerinden ve sağladıkları avantajlardan dolayı tercih edilirler

A.Çevresel Koruma: Plastikler petrol, diğer fosil yakıtlar, su ve gıda gibi kaynakların tasarrufunu sağlıyor. Hafif olmaları ve özellikle uygulamada taleplere uygun olarak biçimlendirilmeleri dolayısı ile plastikler daha çoğunu yapmak için daha azını kullanıyorlar ve bunun sonucu olarak da atıklar minimize edilmiş durumdadır.

B. Ekonomik Gelişme: Plastik endüstrisi yarattığı zenginlik ve önemli istihdam sayesinde topluma değer katmaktadır. Batı Avrupa'daki geniş plastik endüstrisi bir milyonun üstünde insan çalıştırıyor ve plastiklerin tüketimi dünya çapında ulusal gayri safi milli hasıladaki (GSMH) gelişimi geride bırakmaktadır.

C. Sosyal Gelişme: Plastiklerin modern teknolojilerde ve tıptaki oynadığı hayati rol, daha yüksek hayat standardına, sağlığa ve iletişime ulaşma konusunda dünyadaki her bir bireye aktarılmasında hayati rol oynamaktadır. Plastik endüstrisi daha sürdürülebilir bir toplum için katkılarını iletirmek adına, yeni ürünler, sistemler ve teknolojiler geliştirmeye devam etmektedir.

Plastiklerde dengeleyici (PVC, TBT (halılarda toz/mite engelleyici) ve PVC yer kaplamalarında kullanılır. TBT'nin deri ile teması zararlı, içilirse zehirli, ve tahriş etme özelliği vardır. Uzun süreli solunumu ve içilmesi ciddi zarar verebilmektedir.

Bazı plastiklerin yapısında kısa zincirli klorlu parafinler bulunur. Bunlar AB kanunları tarafından sıvı halde çok tehlikeli olarak sınıflandırılmış olup kanserojenik özelliğinden geri dönüşümsüz etki riskine sahiptir.

4.2.2. Çelikler

Çelikler sahip oldukları özellikleri sayesinde kullanım alanları bulurlar. Başka bir ifade ile, genel olarak, herhangi bir kullanım alanı için çelik cinsi ve kalitesi belirlidir. Beton çeliği, sementasyon çeliği, otomat çeliği gibi. Yine aynı anlamda özellikli bir çelik grubu olarak anılan “özel ve süper alaşımlı çelikler” ise yüksek alaşım elementlerini bulunduran çelikleri ifade ederler.

Çeliklerin öne çıkan özellikleri; bulundurdıkları alaşım elementleri ve geçirdikleri işlemlerle ilgilidir. Özel ve süper alaşımlı çelikler; ifade edilişlerinden de anlaşılacağı gibi, özel kullanım alanlarında gereksinilen üstün özelliklerin sağlanması amacıyla, özel olarak alaşımlandırılmış çeliklerdir. Maraging çelikleri, paslanmaz çelikler, hadfield çelikleri gibi. Özel olarak alaşımlandırılmış bu çelikler; istenen potansiyel özellikleri sağlayacak metalurjik yapıları kazandıracak ısıtma işlemleri yapılarak kullanılırlar.

Çelikler, kimyasal bileşimlerine bakılarak, genel olarak öncelikle;

- a) alaşımsız (sade karbonlu) çelikler,
 - b) alaşımlı çelikler
- şeklinde iki grup altında değerlendirilir.

Sade karbonlu çelikler, çeliğin tipi ve uygulamalarına bağlı olarak pek çok farklı sistemlerle sınıflandırılırlar. Bu nedenle bütün sade karbonlu çeliklere uygulanabilen bir sınıflandırma sistemi yoktur.

Karbona ilave olarak sade karbonlu çelikler aşağıdaki alaşım elementlerini içerirler:

% 1' e kadar mangan

%0.05' e kadar kükürt

%0.04'e kadar fosfor

%0.3'e kadar silisyum

Sade karbonlu çeliklerde bu alaşım elementlerinin her birinin etkileri gelecek kısımlarda özetlenmiştir.

Mangan, sade karbonlu çeliklerin akma dayanımını, perlitini incelterek ve ferriti katı eriyik mukavemetlenmesi oluşturularak artırır. Mangan, östenitten su verme sırasında sertlik derinliğini artırır ancak büyük miktarlarda katıldığında çatlak ve çarpılmaya olan eğilimi de artırır.

Kükürt, sade karbonlu çeliklerde maksimum %0.05 kadar bulunur. Kükürt, çelikte MnS inklüzyonları oluşturmak için manganla birleşir. Buna karşın kükürt demirle birleşirse, genellikle tane sınırlarında çökelen FeS oluşur. FeS sert ve düşük ergime sıcaklığına sahip olduğu için çeliğin sıcak ve soğuk şekillendirilme sırasında kırılmalara neden olabilir. Bu nedenle FeS inklüzyonlarını önlemek için bu çeliklerde manganının kükürde oranı yaklaşık 5:1'dir.

Fosfor maksimum %0.04'le sınırlandırılmıştır. Çünkü fosfor çelikte oldukça gevrek Fe_3P bileşiği oluşturur ve segrage olur.

Silisyum miktarı %0,1'den 0,3'e kadar değişir. Silisyum oksijen giderici olarak kullanılır ve SiO_2 ve silikat inklüzyonları oluşturulur. Yoksa silisyum ferrite çözüldüğü için sade karbonlu çeliklerin mekanik özellikleri üzerine çok küçük bir etkiye sahiptir.

Yukarıdaki açıklamalara uyan ve dünyada en çok kullanılan özel ve süper alaşımlı çeliklerin en başta geleni paslanmaz çeliklerdir. Paslanmaz çeliklerin de bileşimlerine göre farklı çeşitleri vardır. Maraging çelikleri ve östenitik mangan çelikleri de özel ve süper alaşımlı çeliklere örnektir. Bu özel ve süper alaşımlı çeliklerin ısıtılma işlemleri;

istenen özel metalurjik yapıların elde edilmesine yönelik işlemleri kapsarlar. Bu nedenlerle farklı amaçlar için farklı işlemler yapılmaktadır.

Örneğin; ostenitik paslanmaz çelikler, içeriğindeki kromun serbest şekilde çözelti içerisinde yer alması sağlanarak paslanmazlık direncinin korunması için hızlı soğutulur, ısıtılma işlemle mukavemet artışı sağlanamaz. Mukavemet artışı ancak deformasyonla sağlanabilir. Maraging çeliklerinde martenzitik dönüştürme ve yaşlandırma sertleşmesi ile üstün özellikler (çok yüksek akma gerilmesi ve çekme dayanımı, süneklik, tokluk) sağlanmaktadır. Ostenitik manganez çeliğinde de yapının homojenliğini sağlamak amacıyla ısıtılma işlemi yapılmaktadır.

4.2.2.1. Sertleşebilir Karbonlu Çelikler

Sertleşebilir karbonlu çelikler karbon içeriklerine göre üç gruba ayrılır.

1. %0.1–0.25 C’lu düşük karbonlu çelikler
2. %0.25–0.55 C’lu orta karbonlu çelikler
3. %0.55–1 C’lu yüksek karbonlu çelikler

a. Düşük karbonlu çelikler

Bu gruptaki çeliklere, ısıtılma işlemi uygulanamaz %0.06–0.1 düşük karbonlu çeliklere kıyasla yükseltilmiş dayanım ve sertlik ve azaltılmış soğuk şekillendirilebilirliğe sahiptir. Bu tip karbonlu çelikler, dayanımı arttırmak için su verilir ve temperlenebilir olmakla beraber genellikle ekonomik değildir. Bu çelikler, ısıtılma işlemi amacıyla karbürlenir veya yüzeyi sertleşebilir. Karbürleme uygulamaları için AISI 1016, 1018, 1019 çelikleri ince kesitler ve AISI çelikleri kalın kesitler için yaygın olarak kullanılır.

b. Orta karbonlu çelikler

Orta karbonlu tip sade karbonlu çelikler genellikle, yüksek karbon içerdiklerinden dolayı su verme ve temperleme ile mukavemetlendirilir. Bu sınıflar normal olarak durgun çelikler olarak üretilir. Kesit alan nispeten küçükse ve ısıtılma işleminden sonra istenen özellikler çok yüksek değilse suda soğutma yerine yağda soğutma kullanılır. Çünkü bu işlem çatlama problemlerini elimine eder ve çarpılmaları azaltır.

c. Yüksek karbonlu çelikler

Bu gruptaki çelikler üretim maliyetleri yüksek olduğu için ve zayıf şekillendirilebildiklerinden ve kaynaklanabilirliklerinden dolayı uygulamaları orta

karbonlu çeliklerden daha sınırlıdır. Bu elikler de su verilmiş maksimum sertliğe ulaşmak için gereğinden daha fazla karbona ihtiyaç vardır ve bu nedenle orta karbonlu çeliklerden daha düşük sertleşebilirliğe sahiptir. 1050, 1080, 1095 çelikleri bu tip eliklerdendirler. Çoğu durumlarda yüksek karbonlu çeliklere yağda soğutma ve temperleme ile ısıt işlemler uygulanır. Suda soğutma büyük kesitler ve kesme kenarları istendiğinde kullanılır.

Sade karbonlu çelikler çok farklı dayanım aralıklarında ve düşük maliyetlerde retilibilmelerine rağmen bu çeliklerin özellikleri, bütün mühendislik uygulamaları için her zaman uygun değildir. Bu nedenlerden dolayı alaşımlı çelikler geliştirilmiştir. Maliyetleri yüksek olmakla birlikte pek çok kullanımlar için daha ekonomiktirler. Bazı uygulamalarda alaşımlı çelikler mühendislik taleplerini karşılayabilecek yegane malzemelerdir. Bu elikleri üretmek için ilave edilen prensip elementler nikel, molibden, mangan, silisyum, wolfram ve vanadyumdur. Ayrıca bazen kobalt, bakır ve kurşunda ilave edilebilir.

Alaşım elementleri sade karbonlu çeliklere pek çok amaç için katılırlar bunların en nemlikleri:

1. Sertleşebilme derinliğini arttırmakla mekanik özellikleri iyileştirmek.
2. Yüksek dayanım ve iyi sünekliği korurken yüksek temperleme sıcaklıkları sağlamak
3. Yüksek ve düşük sıcaklıklarda mekanik özellikleri iyileştirmek.
4. Yüksek sıcaklık oksidasyonunu ve korozyon direncini iyileştirmek.
5. Aşınma direnci ve yorulma davranışı gibi özel özellikleri iyileştirmek.

4.2.2.2. Takım elikleri

Takım elikleri metaller, plastikler ve ahşap gibi temel malzemelerin işlenmesinde, şekillendirilmesinde ve istenilen biçimin verilmesinde kullanılır. Takım elikleri kompozisyon bakımından sertleştirilebilen ve temperlenebilen karbonlu ve alaşımlı çeliklerdir. Takım eliklerinin arzu edilebilen özelliklerinden bazıları yüksek aşınma direnci, sertlik, iyi ısı direnci ve malzemelerin işlenmesi için yeterli dirençtir. Takım eliklerinin bazı uygulamaları delicileri, derin çekme kalıplarını, kesme bıçaklarını, zımbaları, ekstrüzyon kalıplarını ve kesme kalıplarını içerir.

Takım eliklerinin sınıflandırılması:

W Tipi: Suda sertleştirilen takım çelikleri

S Tipi: Darbe dirençli takım çelikleri

O Tipi: Soğuk-ış (yağda sertleştirme) takım çelikleri

A Tipi: Soğuk-ış (orta alaşım, havada sertleştirme) takım çelikleri

D Tipi: Soğuk-ış (yüksek-karbon, yüksek krom) takım çelikleri

H Tipi: Sıcak iş takım çelikleri

T ve M Tipi: Yüksek hız takım çelikleri

L Tipi: Özel amaçlı takım çelikleri

P Tipi: Kalıp takım çelikleri

D tipi soğuk iş takım çeliklerinin mükemmel aşınma dirençleri yüksek krom ve karboniçeriklerinden kaynaklanmaktadır. Bu çeliklerde farklı tipler oluşturmak için küçük miktarlarda Mo,V,Co,W katılır. Molibden sertleşebilirliği ve tokluğu artırır. Vanadyum %0.8 den fazla katıldığında sertleşebilirliği azaltır. Ayrıca kalıntı östenitide azaltır ve tokluğuda % 1 miktarında artırır. D2 takım çeliklerine %8 Mo katılması perlitin oluşmasını kısıtlar ve havada soğutma ile tam sertlik sağlar. Küçük molibden ilavesi sertleşebilirliği büyük ölçüde artırır.

D2 takım çelikleri Alman standartlarında 1.2601 numaralı olup kimyasal kompozisyonu %1.5 C, % 1.0 Mo, %12 Cr, %1.0 V dur. Bu çeliklerin çok yüksek aşınma dayanımı vardır. Özellikle aşınma dayanımının gerekli olduğu 5mm'ye kadar ince sacların kesme kalıplarında, kağıt ve plastik bıçaklarında, derin çekme kalıplarının şekillendirme rölelerinde ve tel çekme merdanelerinde kullanılırlar.

Östenitleme sıcaklığının. D2 çeliğinin temperlenmesinden sonra sertlik etkisi 1120 °C'de numunede büyük miktarlardaki kalıntı östenit temperleme şartlarında düşük sertliğe neden olur. 450 °C üzerinde krom karbürlerin çökmesi ile birlikte östenitin martensite dönüşümü sertlikte artışa neden olur.

4.2.2.3. Otomat Çelikleri

Otomat çelikleri, genellikle hızlı talaş alma işleminde talaşların kırık çıkmasıyla talaşlı imalat maliyetleri düşük çeliklerdir. Taşıdıkları kolay işlenebilirlik özelliklerinden dolayı, bu çelikler milli veya revolver torna tezgahlarında yapılan boyuna ve alın tornalama, diş açma, matkapla delme, raybalama gibi talaş kaldırma işlemlerine en uygun çelikler olarak tanımlanabilir.

Otomat elikleri %0.1 ile %0.6 karbon, yüksek miktarda kükürt ve fosfor içeren sementasyon ve ıslah elikleridir. Mukavemetin çok önemli olmadığı seri üretim parçaların üretilmesinde kullanılır. Belli oranda kurşun katılarak kesme hızları önemli ölçüde artırılabilir. Kaynar ve sakın döküm olmak üzere iki Şekilde üretilir, kaynar dökülmüş otomat çeliklerine yapısındaki empüritelerden ötürü ısıl işlem uygulanamaz ama sakın dökümle üretilmiş otomat çelikleri ıslah ve sementasyon ile sertleştirilebilir. Bunun dışında %0.12 karbon ve düşük miktarda fosfor içeren yarı otomat çeliği diye anılan otomat çeliği ise zımba, kalıp yapımında kullanılır.

Otomat elikleri uygulanan ısıl işlemlere göre sınıflandırılır:

1. Isıl işlem uygulanmayanlar (Yumuşak otamat elikleri)
2. Isıl işlem uygulananlar
3. Islah uygulananlar
4. Sementasyon işlemi uygulananlar

4.2.2.4. Paslanmaz elikler

Bileşimlerinde en az %12 krom bulunan çelikler paslanmaz çeliklerdir. Tüm paslanmaz çeliklerin korozyon direnci, çok yoğun ve koruyucu krom oksit ince pasif yüzey tabakasının oluşmasına dayanır. Korozyona karşı korumayı sağlayan bu mekanizmanın anlamı şudur: Çeliğin yüzeyindeki pasif tabaka kırıldığında elik bölgesel olarak korozif saldırıya uğrar ve bu Şekilde aktif hale gelen bölgede metalin korozyonu devam eder. Bu yüzden oyuklanma ve çatlak korozyonu, gerilmeli ve tane sınırı korozyonu gibi bölgesel korozyon tipleri genellikle genel korozyondan daha kritiktir.

Bu nedenlerle çeliğe ilave edilen bazı alaşım elementleri, bölgesel saldırılara oldukça etkili karşı koyabilme özelliği kazandırmaktadır. Oyuklanma ve çatlak korozyonuna karşı direnç, katı zeltiiler Şeklindeki Cr, Mo, N içerikleri ile artırılır.

Paslanmaz çeliklerdeki başlıca alaşım elementleri önem sırasına göre krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunlardan öncelikle krom ve nikel iç yapının ferritik veya östenitik olmasını belirlerler.

Söz konusu çeliklerden çökelme sertleştirilmesi uygulanabilenler dışında kalan standart türlerin özellikleri iki genel başlık altında incelenebilir.

- Ferritik Cr elikleri (tam ferritik, yarı ferritik, perlitik, martenzitik)
- Östenitik Cr-Ni elikleri (tam östenitik, östenitik-ferritik)

Duyarlılık paslanmaz çeliklerde ısıt ısılemler sırasında, kaynak ısılemi sırasında, yeniden ısıtma (veya yaşılandırma) sırasında veya duyarlılık sıcaklığı aralığında yapılan herhangi bir ısılem sırasında oluşabilir. Stabilize edilmemiş paslanmaz çeliklerde duyarlılığın kontrolü için eliğı 1040 °C ‘nin üzerindeki bir sıcaklıkta (1040-1150 °C aralığında) tavlayarak karbürleri çözeltiye almak ve ardından duyarlılık için kritik sıcaklık olan 870-430°C sıcaklık aralığını hızlı geçecek şekilde soğutmak gerekir. Duyarlılık açısından en kritik sıcaklık 650 °C civarındır.

5. SONUÇLAR

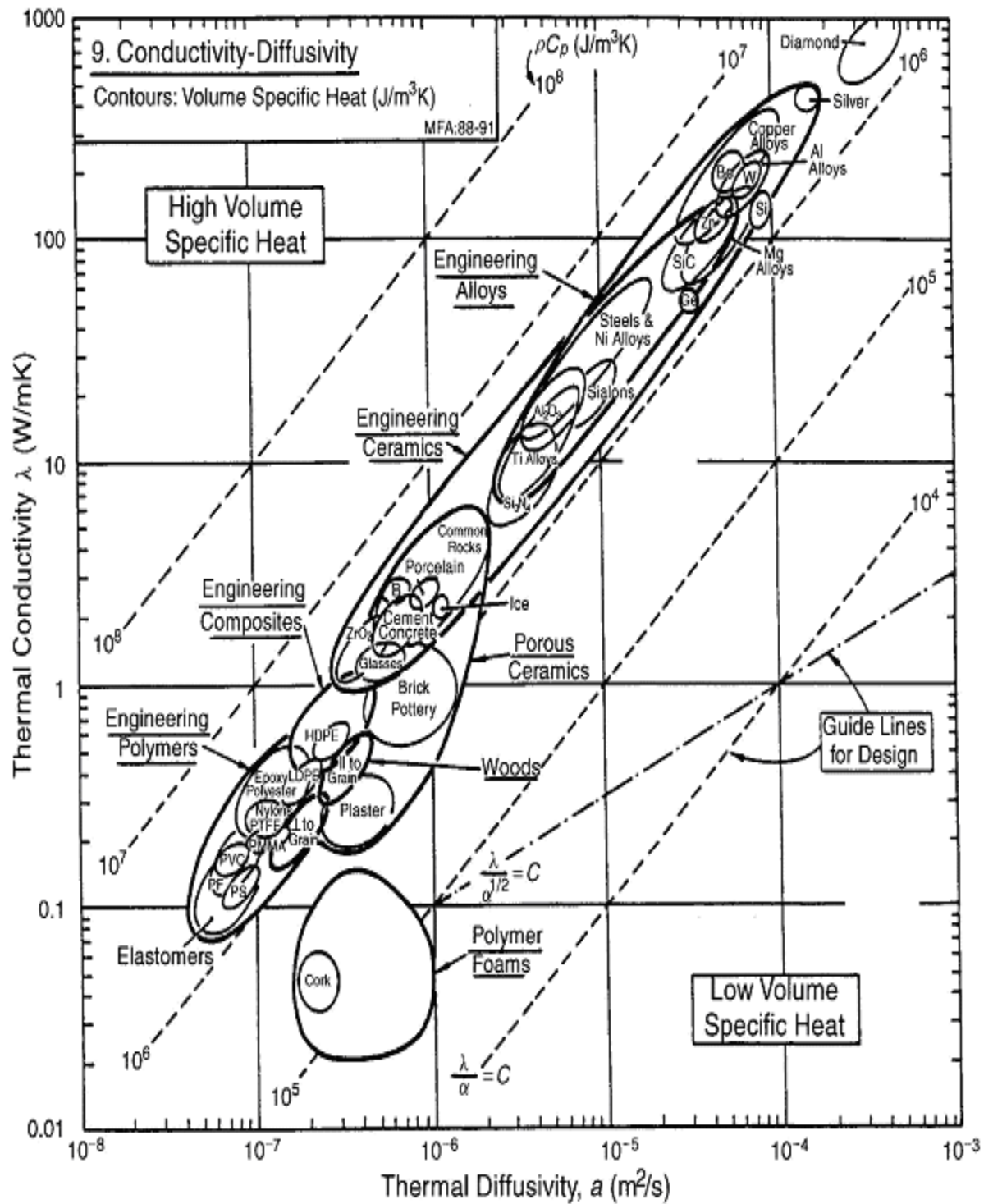
1. Matris çalışmasının sonucunda, elektronik zımba üretiminde kullanılacak malzemeler ; dişlilerde Delrin, üst kapak ve alt tabanda ABS, kanatlarda Polipropilen, kuvvet kolunda DKP Sac (6112) ve baskı çeliğinde Sertleştirilmiş Çelik olarak belirlenmiştir.
2. Montaj sonrasında hatalı ürünün minimuma indirilmesi için montaj talimatları tüm ayrıntılarıyla detaylı bir şekilde hazırlanıp, bu talimatlara uygun olarak montaj yapılmasına dikkat edilmelidir.
3. Kalıplama işleminde toleranslar çok önemlidir ve montajın minimum hatayla gerçekleştirilebilmesi için parçaların teknik resimlere uygun ölçülerde üretilmesi gerekmektedir. Bunun için kalıplama aşamasında toleranslar doğru bir şekilde hesaplanıp, bu toleranslara uygun üretim yapılmalıdır.

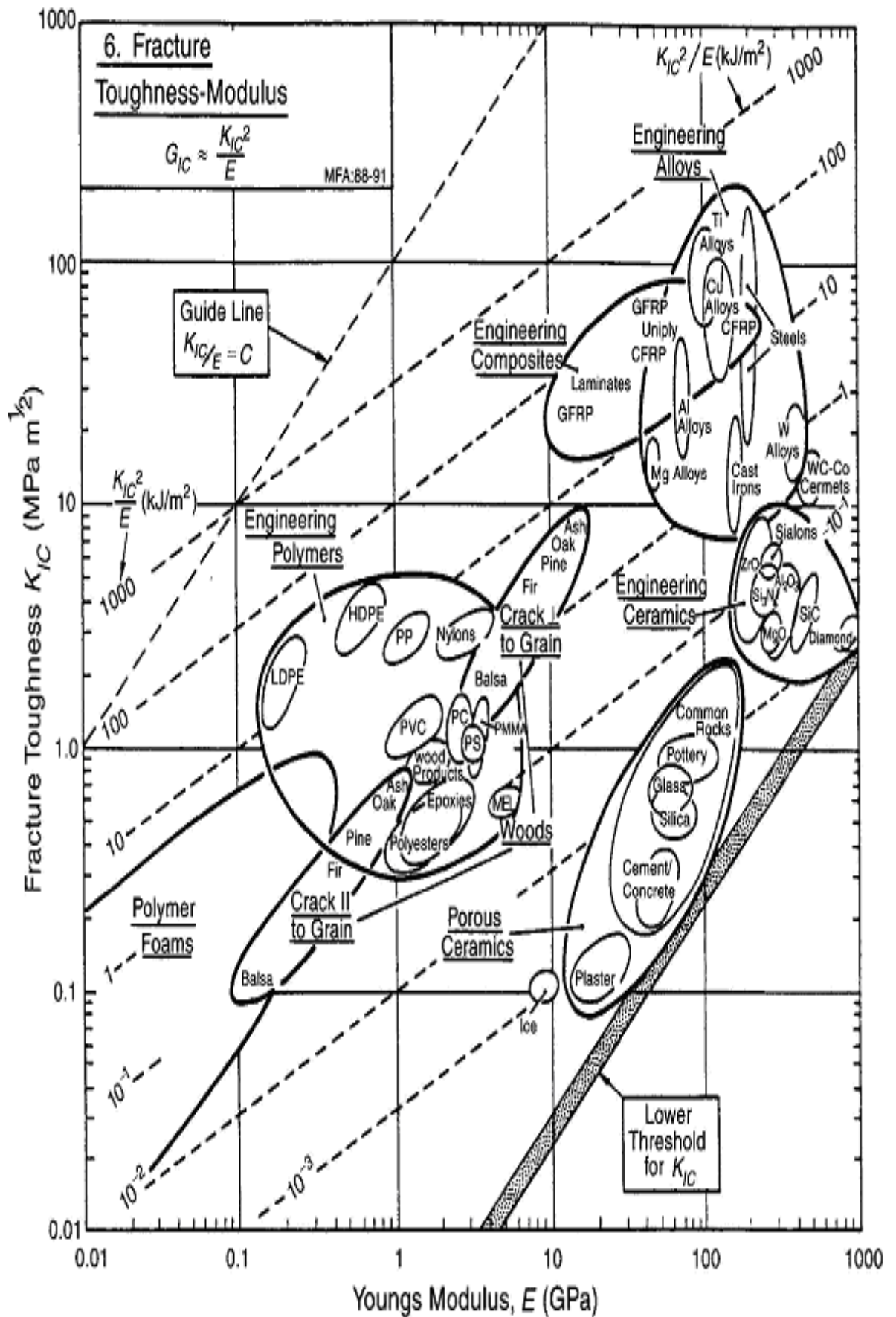
KAYNAKLAR

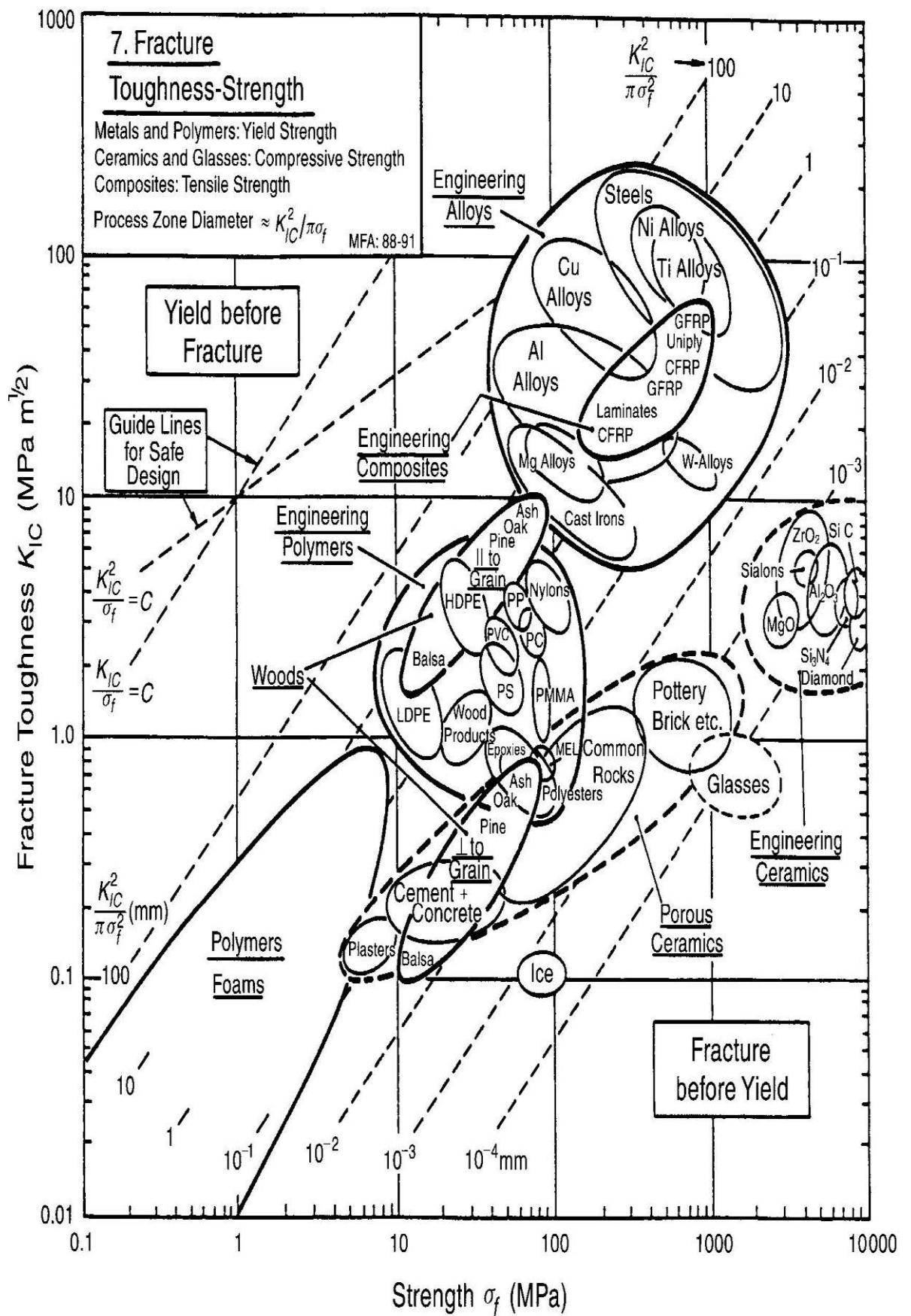
- [1] **AKAO, Y.**, 1990. Quality Function Deployment- QFD- Integrating Customer Requiriments into Product Design, Poductivity Press, Massachusetts
- [2] **AKAO, Y.**, 1997. QFD: Past, Present, and Future, Asahi University, International Symposium on QFD'97
- [3] **ASHBY, M. F.**, 2003. Materials Selection in Mechanical Design
- [4] **BAYAZIT, N.**, 1994. Endüstri Ürünlerinde ve Mimarlıkta Tasarlama Metodlarına Giriş, Literatür Yayınları, İstanbul
- [5] **BROWN, P. G.**, 1991. QFD: Echoing the Voice of Customer, AT&T Technical Jurnal, March/April, pp. 18-32
- [6] **COHEN, L.**, 1995. Quality Function Deployment Addison Wesley Longman, Massachusetts
- [7] **DIETER, G. E.**, 1991. Engineering Design – A Materials and Processing Approach, McGraw-Hill, New York
- [8] **EVANS, J.R., LINDSAY, W.M.**, 1993, The Management and Control of Quality, West Publishing Company, 2nd. Ed.
- [9] **FORTUNA, R.M.**, 1988. Beyond Quality : Taking SPC Upstream, Quailty Progress, June, pp.23-28
- [10] **HAUSER, J.R., CLAUSING, D.**, 1988. The House of Quality, Hardvard Business Review, No.3, June
- [11] **ISHII, K.**, 1995. Life Cycle Engineering Design, ASME Journal of Mechanical Design, Vol. 117, p.42
- [12] **KATHAWALA, Y., MOTWANI, J.**, 1994. Iplementing Quality Function Deployment, The TQM Magazine, Vol 6, No. 6, pp. 31-37

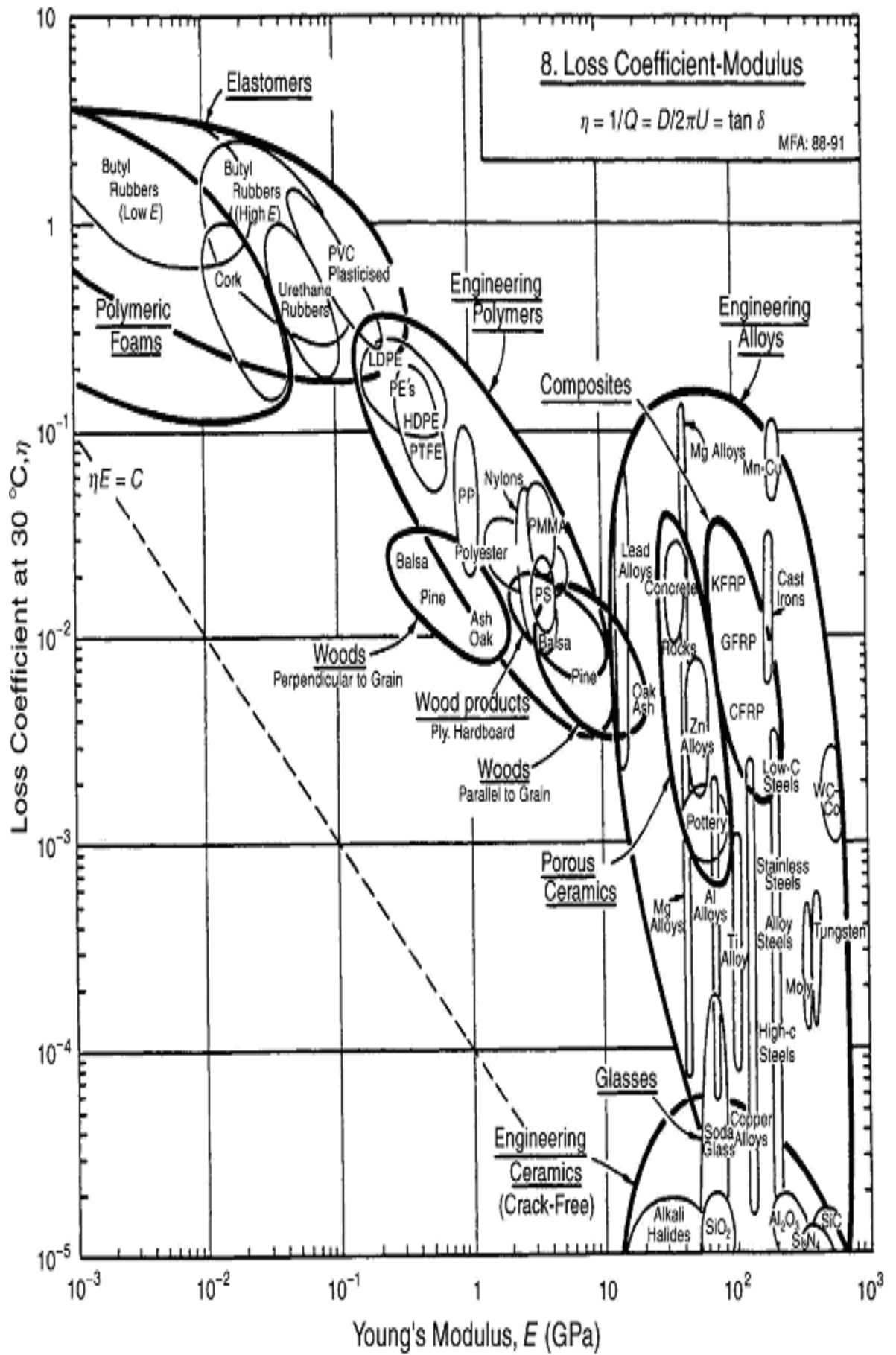
- [13] KURTAY, E.,** QFD
- [14] RAY, R.G.,** 1990. Quality Function Deployment: Linking A Company With Its Customers, ASQC Quality Press, Wisconsin
- [15] TAPTIK, Y., KELEŞ, Ö.,** 1998. Kalite Savaş Araçları, Kalder Yayınları, İstanbul
- [16] TAPTIK, Y.,** Kalite Fonksiyonlarını Geliştirme Notları
- [17] TEKER, M.,** 1995. Endüstri Ürünlerinde Tasarımın Değerlendirilmesi
- [18] WOLFE, M.,** 1994. Development of The City of Quality: A Hypertext-Based Group Decision Support System for Quality Function Deployment, Decision Support Systems, Vol. 11, No. 3., pp. 299-318

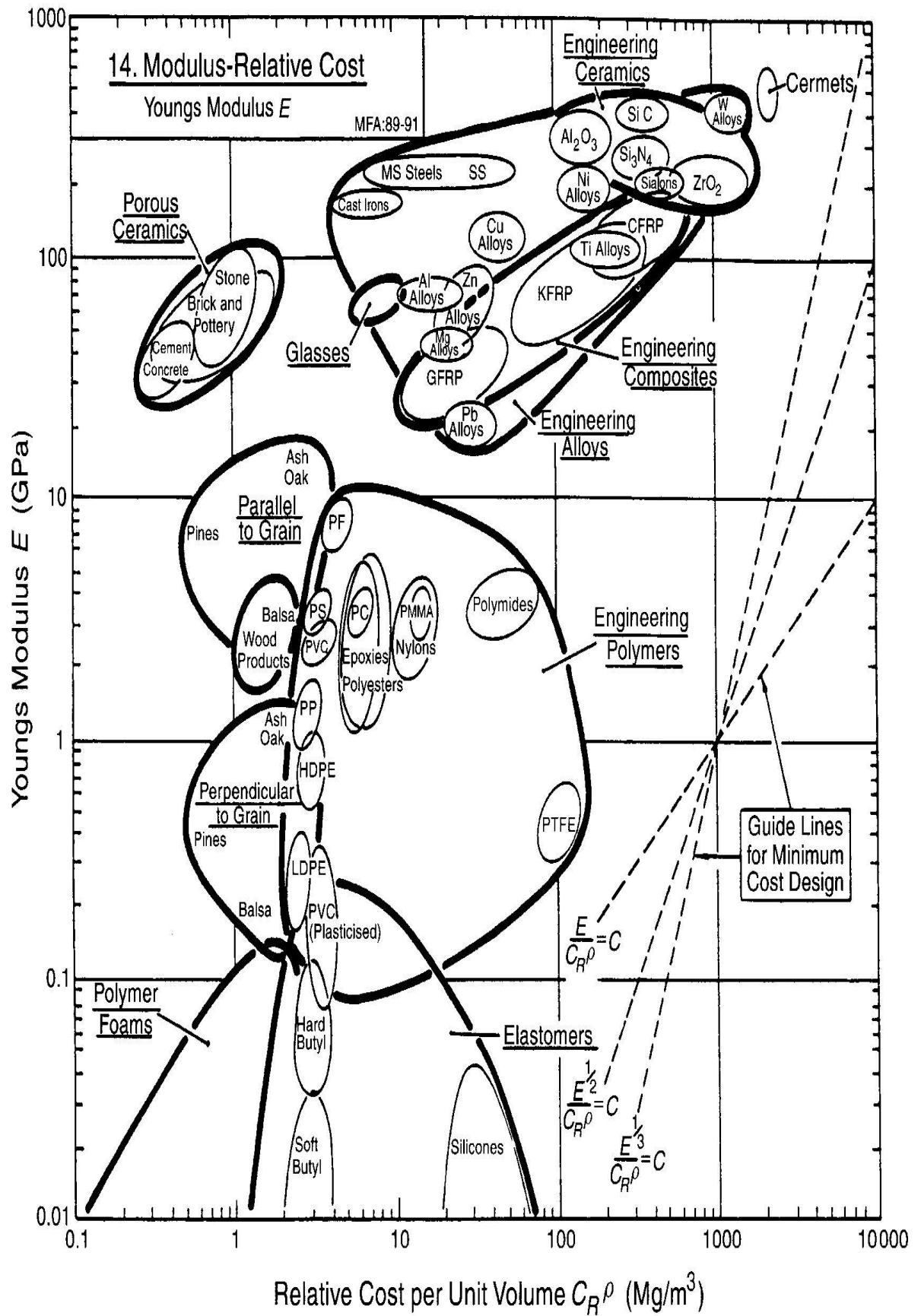
EK 1

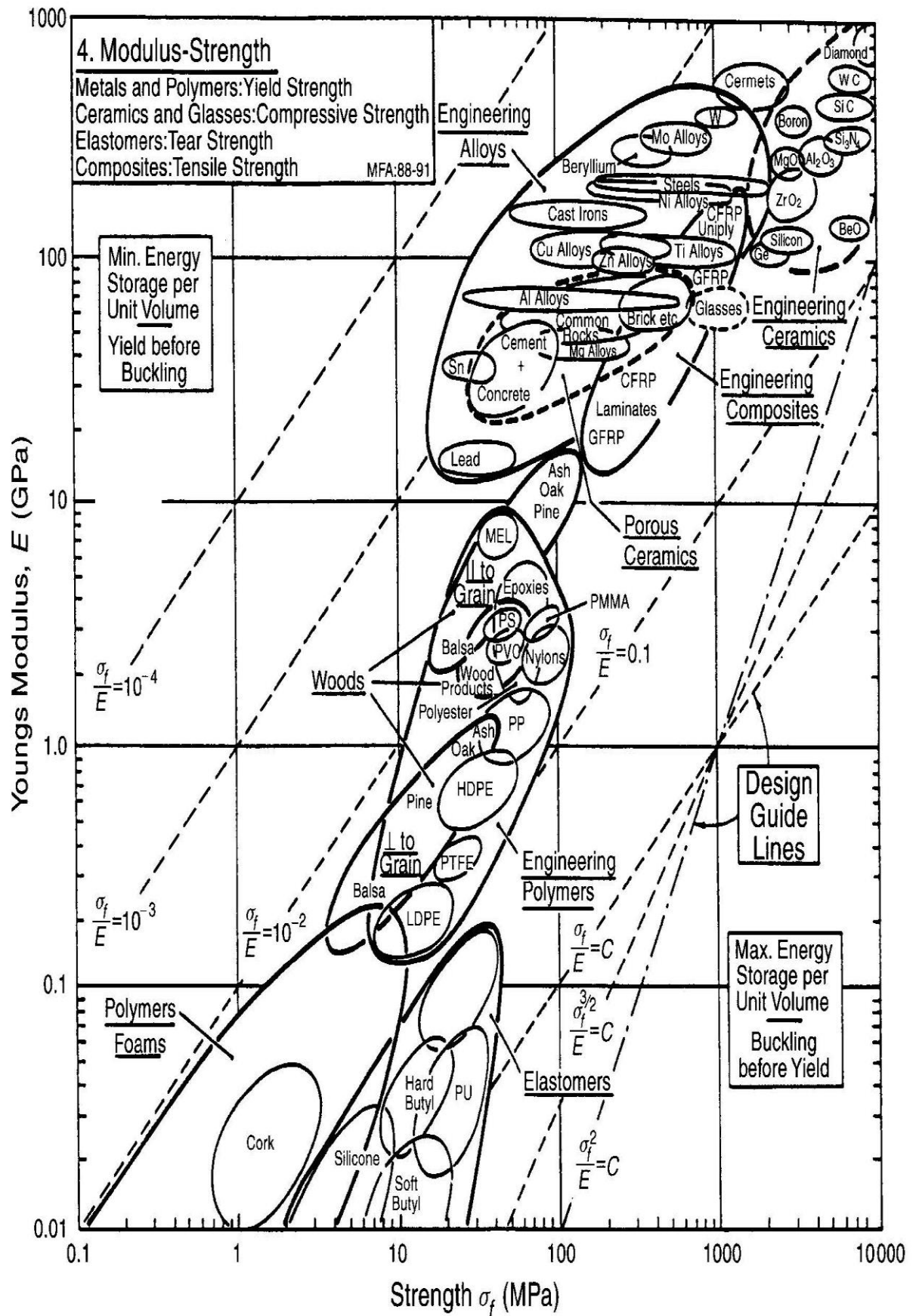


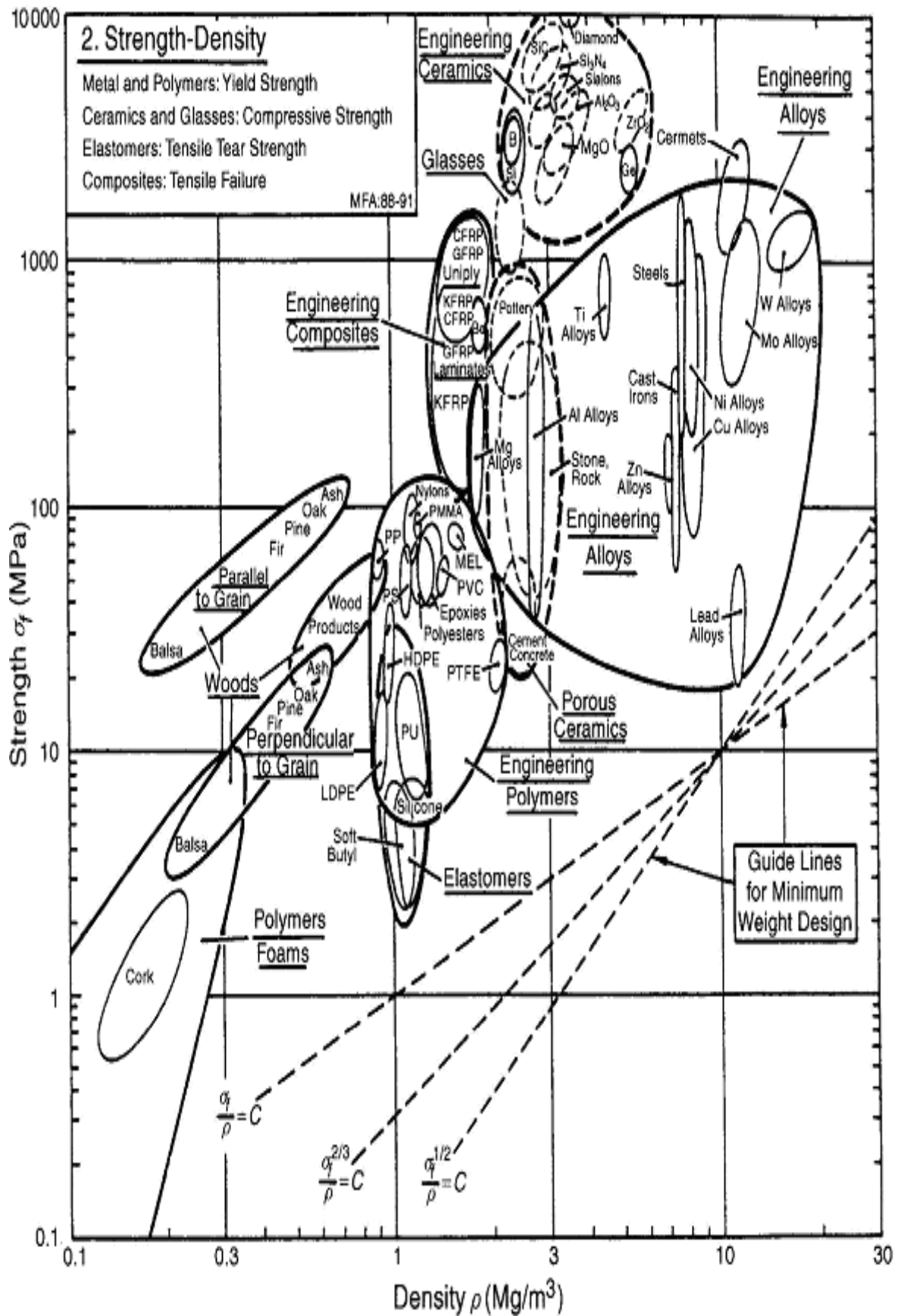


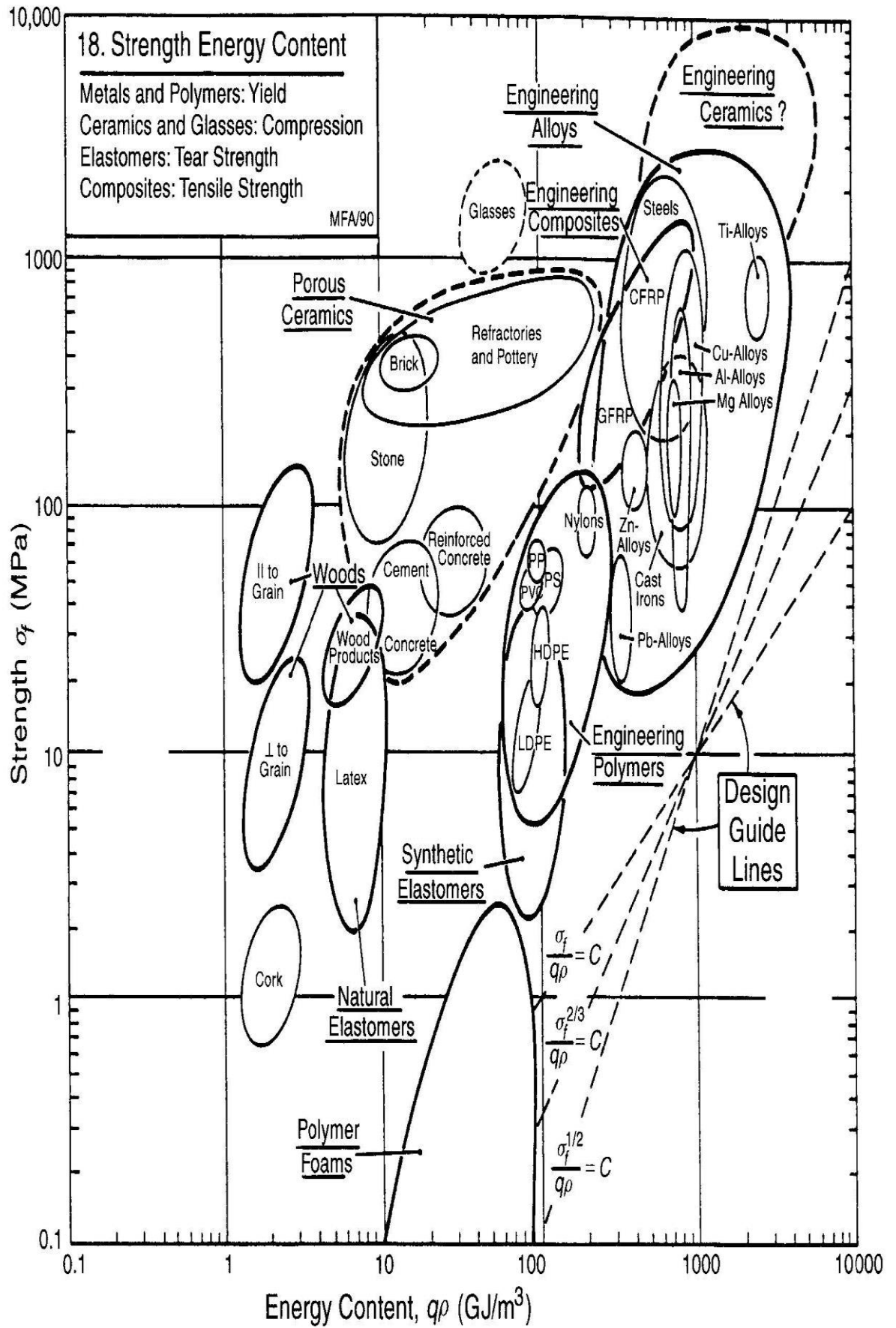


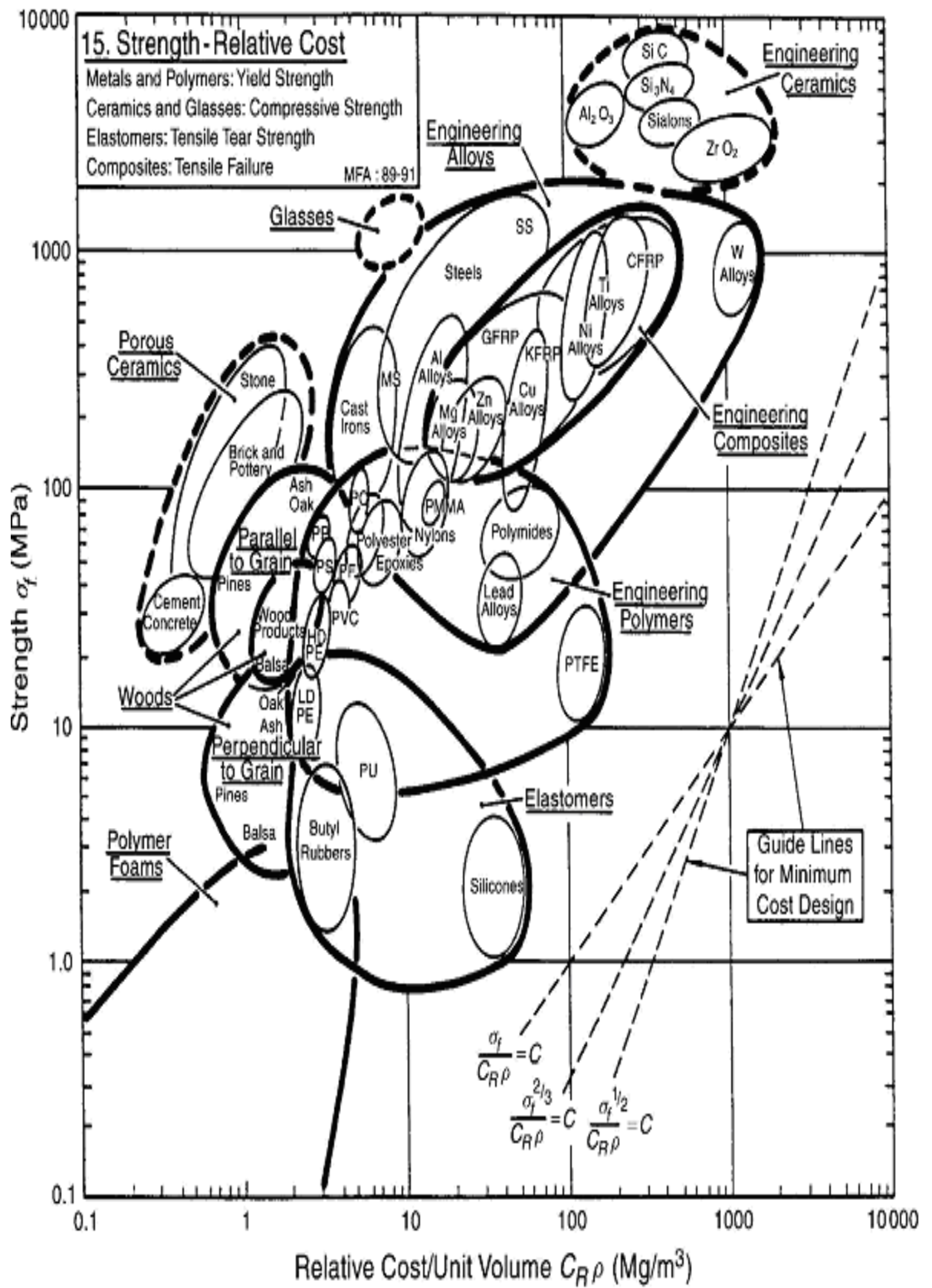


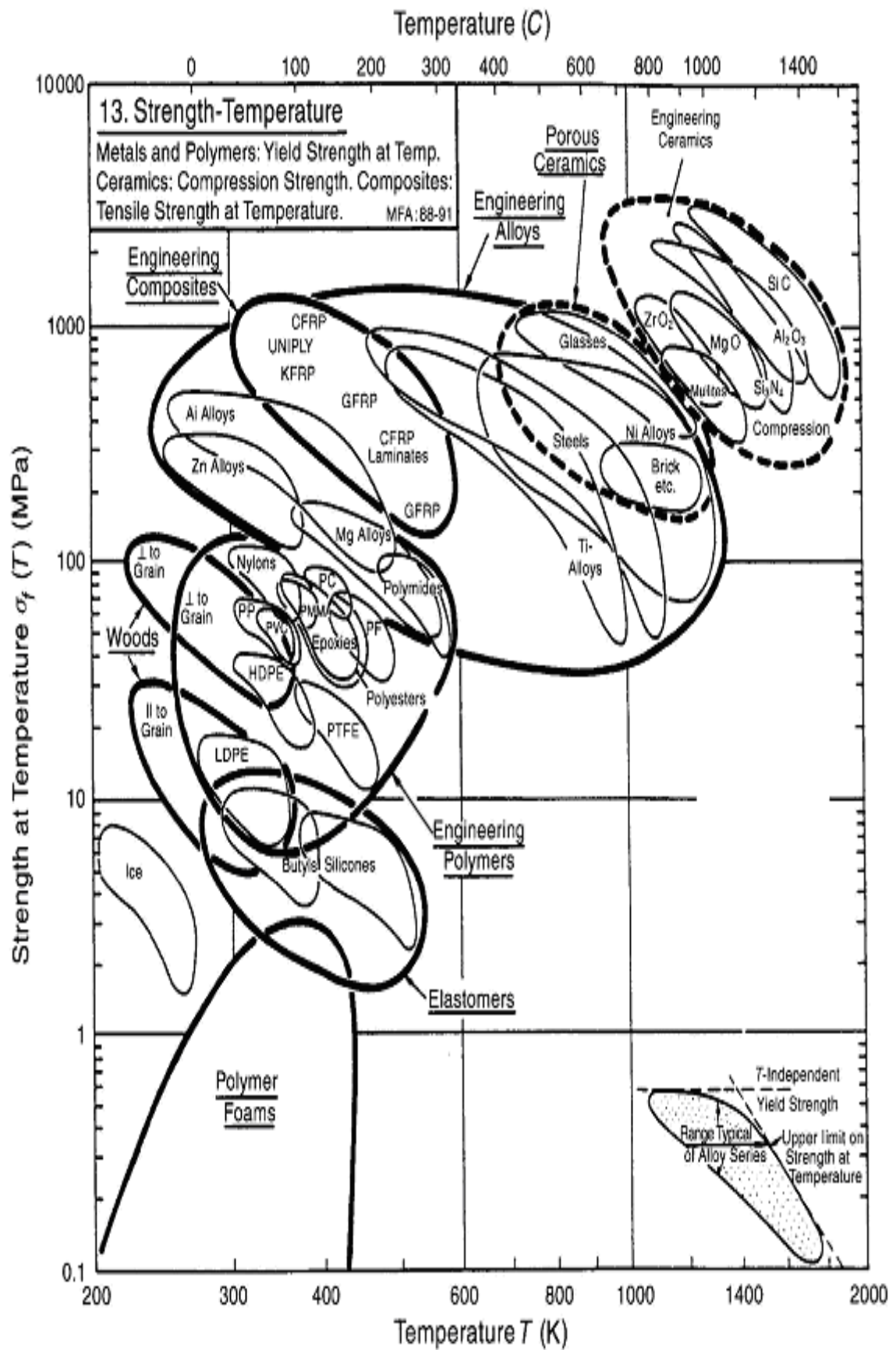


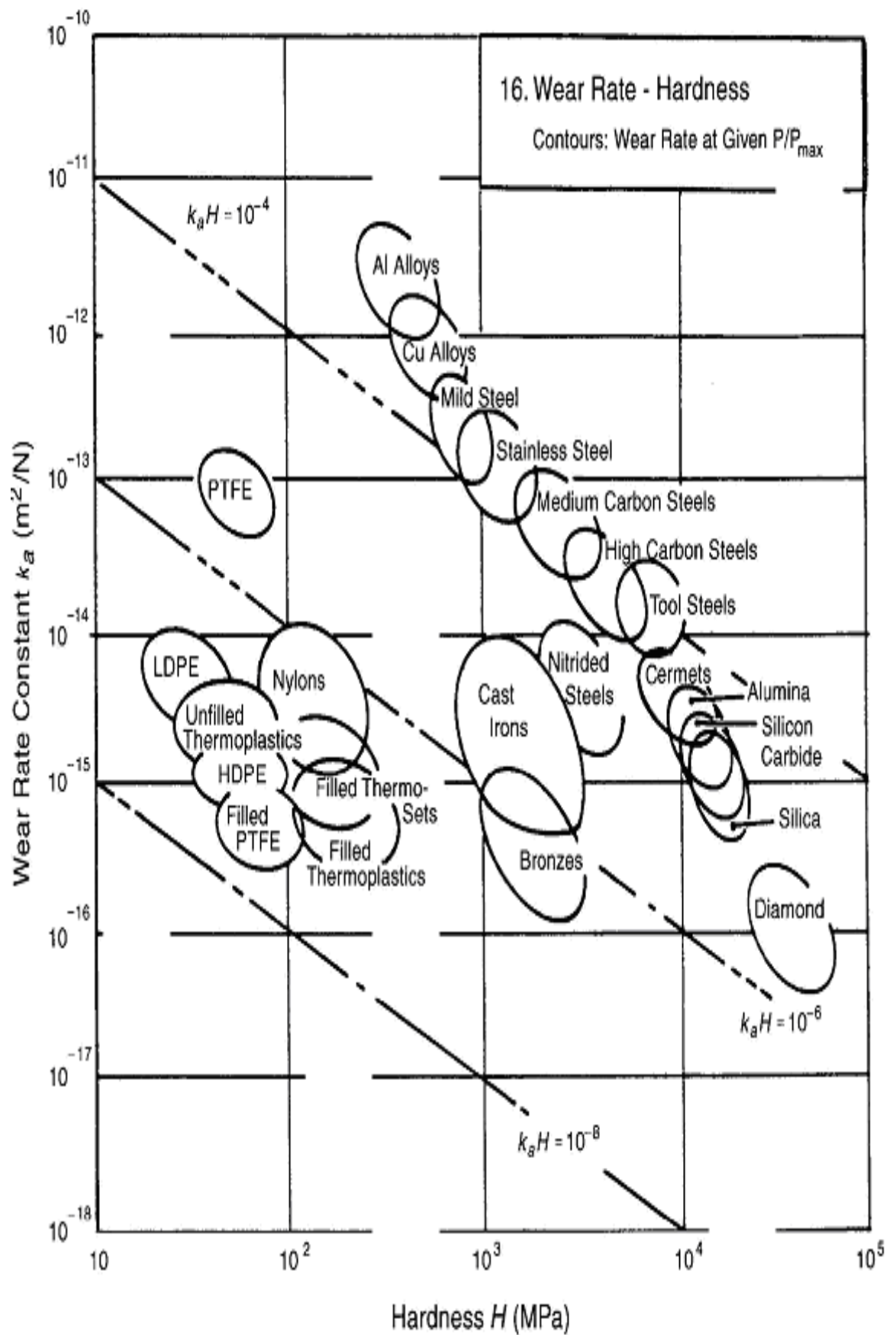












ÖZGEÇMİŞ

Suna BAŞLANTI, 1980 yılında Rize’ de doğdu. Beşiktaş Lisesi’ni bitirdikten sonra, 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü’nü kazandı ve 2003 yılında bu bölümden mezun oldu. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi’nde Malzeme Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. Halen yüksek lisans programına devam etmektedir.