

BAKIM TEKNİĞİNE UYGUN TASARIM

Talât TEVRÜZ *

Makinalarda ve makina elemanlarında bakım işlemlerinin kısa sürede ve mümkün olduğu kadar kolay gerçekleştirilmesi, işletme maliyeti bakımından büyük önem arz etmektedir. Bunu sağlayacak unsurlardan biri de bakım tekniğine uygun tasarımıdır. Günümüzde, makina tasarımlarının çok amaçlı, buna bağlı olarak çok karmaşık bir yapıya sahip olmaları bunu zorunlu kılmaktadır. Bakım tekniğine uygun tasarımın gerçekleştirilmesinde, hasar analizinin -özellikle aşınma için- çok iyi yapılması, pazar ve müşteri istek ve şikâyetleri büyük önem arz etmektedir.

Anahtar sözcükler : Bakım, Tasarım, Bakım Tekniği

Realizing maintenance in machines and machine elements in short times and with easy has great importance when operating costs are considered. One of factors to ensure it is the design suitable for the maintenance technique. Today, this is necessitated by the the fact that the machine designs become more multipurpose and therefore more complex. To implement a design which is suitable for maintenance technique, a good damage analysis - especially for wear- and requests and complaints of the market and customer are of great importance.

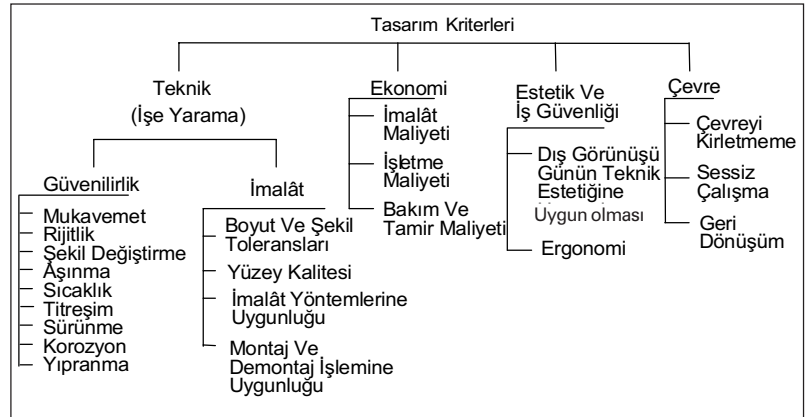
Keywords : Maintenance, design, maintenance technics

GİRİŞ

Bir tasarım faaliyetinden beklenen, her şeyden önce elde edilen ürünün (mamulün) işe yaramasıdır. İşe yarama, bir parçanın veya ürünün ön görülen fonksiyonlarını, normal kullanım şartlarında belli bir süre içerisinde yerine getirmesidir. Bu amaçla tasarımcı (konstrüktör), pazarın oldukça genel isteklerini tespit etmekle işe başlar. İlk önce bu istekleri karşılayacak bir ön tasarımı Şekil 1'deki teknik kriterleri kullanarak gerçekleştirir. Ön tasarımın prototipi yapılır ve test edilir, düzeltilir ve tekrar test edilir. Ön tasarım için karara varıldıktan sonra nihai tasarıma geçilir. Nihai tasarım sırası ile fonksiyonel tasarım, şekil tasarımı ve üretim tasarımı kademelerini içerir. Tasarımcı tasarımın bakım tekniğine uygunluğunu fonksiyonel tasarım safhasında düşünür. Burada pazar ve müşteri istek ve şikâyetleri dikkate alınır.

Bakım ürünün çalışma devamlılığının sağlanması için gereklidir. Bakım kolay ve/veya ucuz olması ile değerlendirilir. Tasarımcı ürün için özel bakım cetvelleri yapmalı ve şu gibi hususlarda karar vermelidir: Müşteri ilerde bu ürünün bakımını yapabilecekmii? Herhangi bir teknisyen bu ürüne bakım yapabilirmi, yoksa ürün özel olarak yetiştirilmiş teknisyenlermi gerektiriyor? Ürün tamir için fabrikaya geri mi gönderilse iyi olur? Servis temsilcileri ilerde müşteriyi yerinde ziyaret etsin mi? Nasıl bir servis taahhüdü sunulmalı?

Bakıma diğer tasarım faktörleri açısından da bakılmalıdır. Meselâ, bir ürünün imalâtı kolay ve fiyatı müşterinin kaldırıp atacağı



Şekil 1. Tasarım Kriterleri

* İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi

kadar düşükse, ürün hasara uğradığında (hesap makinaları, telefonlar, saatler gibi), bakımı tartışılabilir bir husustur. Benzer şekilde, bir ürün nadiren bozulacak kadar güvenli ise tamirin kolaylığı o kadar önemli değildir. Diğer taraftan, bir ürünün bakımını daha kolay yapmak onun güvenilirliğini yükseltmekten daha az pahalı olabilir. Bazı ürünler için güvenilirlik ve bakım çok önemlidir (ofis makinaları, bilgisayarlar gibi).

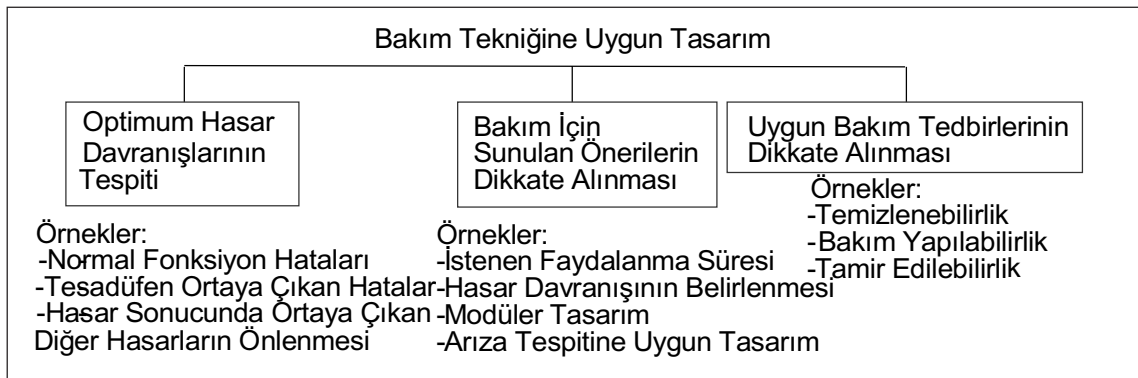
Bir ürünün tamiri için harcanan ortalama zaman (TİÖZ) ve hasarlar arasındaki ortalama zaman (HAOZ) birlikte düşünülecek olursa, bunlar bakım için bir ölçü kabul edilebilirler.

BAKIM TEKNİĞİNE UYGUN TASARIM

Bakım işlemlerinin az sayıda, kolay ve kısa sürede

güçlüktür. Aşınmada rol oynayan parametrelerin çokluğu buna imkân vermemektedir. Bu itibarla, tasarımcının bu safhada yüksek emniyet katsayıları ile hesap yapması tavsiye edilir. Daha sonra, müşterilerden edinilecek bilgilerle tasarım bakım açısından daha uygun hale getirilebilir. Bu itibarla, üretici firmanın, müşterilerden ürünün çeşitli davranışları hakkındaki bilgileri ve müşterilerin bakımla ilgili istek ve şikayetlerini sağlaması, bunları sistematik bir incelemeye tabi tutması gerekir (Şekil 3).

Bakım otomatik sistemlerde özellikle önemlidir. Çünkü, üretimin başarısı makinanın "çalışıyor olmasına" ve güvenilirliğine bağlıdır. Yeni imalât sistemleri tam otomatiğe doğru gittikçe ve beklenmedik başarılar kazanıldıkça, bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi kontrol sistemlerinin esas bir gereksinimi olmaktadır.

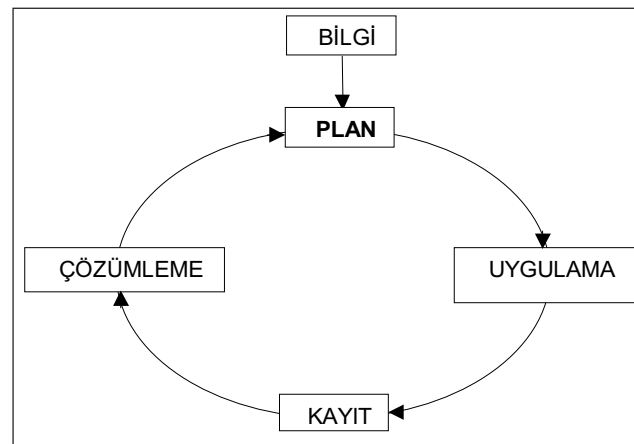


Şekil 2. Bakım Tekniğine Uygun Tasarım

gerçekleştirilmesi gerekir. Bakım sırasında geçen sürenin kısılması imalâta artışa, dolayısıyla maliyet düşüşüne sebep olur. Bunun sağlanabilmesi, bakımı yürüten personelin eğitimi ve becerisi yanında, bakımı yapılacak tesis veya makinanın konstrüktif özelliklerine de sıkıca bağlıdır.

Bakım tekniğine uygun bir tasarımın birbirinden ayrılması mümkün olmayan üç kriteri vardır (Şekil 2).

Bakım tekniğine uygun bir tasarım gerçekleştirilmesi oldukça emek ve sabır gerektiren bir işittir. Bunun en önemli sebebi aşınma davranışlarının tespitindeki



Şekil 3. Bilginin Kullanılmasındaki Sistematik.

Bakım tekniğine uygun bir tasarım aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır¹ :

- 1. Temizlik:** Makina demonte edilmeden temizlenebilmeli. Yüzeyler mümkün olduğu nispette kolay temizlenebilen düz yüzeyler olmalı. Toz, kir, vs. nin toplanabileceği girintili yüzeylerden imkân nispetinde kaçınılmalıdır. İç Parçaların Temizlenmesi: Makinalar, tehlikeli maddeler ve preparatlar ihtiva etmiş olan iç kısımlarının fiilen içlerine girmeden temizlenmesine imkân verecek şekilde tasarlanmalı ve üretilmeli, gerekli kilit açma işlemi aynı zamanda dışarıdan da yapılabilirdir. Makinanın içine girmenin kesinlikle imkânsız olduğu hallerde, üretici temizlemenin en az tehlike ile yapılmasına imkân verecek tedbirleri imalat sırasında almalıdır.
- 2. Aşırı Yükler:** Makina, herhangi bir sebeple hesapta olmayan aşırı bir yük aldığı takdirde, hasarı önleyecek bazı emniyet tedbirlerinin alınması uygun olur. Bu, uygun yerlere emniyet kavramaları, emniyet pimleri, basınç ventilleri vs. konarak sağlanabilir.
- 3. Kullanma:** Bazen, makina, çalıştırıcılar (operatörler) tarafından bazı çalışma parametreleri değiştirilerek yüksek verim alma cihetine gidilebilir. Kullanma hatalarının önüne geçmek için emniyet şalterleri, aşırı yüklemeye sigortaları, ikaz lambaları gibi bazı koruyucu tedbirler alınabilir.
- 4. Fazla Aşınan Parçalar:**
 - Tasarımcının, fazla aşınan parçalarda, aşınmayı önlemek için özellikle tedbirler alması gerekir.
 - Aşınma normal dahi olsa, demonte edilmesi güçlük arzeden elemanlarda aşınmanın en aza indirilmesi için özellikle tedbir alınmalıdır.
 - Sürtünen yüzeylerin sertleştirilmesi tercih edilmelidir. Otomatik makinalarla yapılan üretimlerde, aşınma ile

ilgili bilgiler, değiştirilecek parçalarla ilgili kararlarda ve makina veya iş parçasındaki hasarlardan kaçınmak için alınacak kararlarda ana yol göstericidir.

- 5. Yağlama:** Bir tasarımcı için en kolay yağlama yöntemleri gresle veya fitille yağlamadır. Bu yöntemler zaman kaybına yol açarlar ve yağlamanın unutulması halinde hasara yol açarlar. Mümkünse merkezî yağlama yöntemi tercih edilmelidir. Dişli çarkların yağlanmasında sıçrama yönteminin yetersiz kalacağı şüphesi varsa püskürtmeli yağlama yöntemi kullanılmalıdır. Yağlama yapılacak yerler kolay ulaşılabilir ve az kirlenen yerler olmalı ve dikkat çekecek şekilde işaretlenmelidirler. Yağlamanın aşınmadaki önemli rolü dikkate alınacak olursa, gereğinden bir-iki üst spesifikasyonlu yağ kullanılması tavsiye edilir.
- 6. Kontroller:** Makinanın önemli özellikleri kolayca kontrol edilebilmelidir. Yakıt, yağ, su seviyesi, sıcaklık, basınç, elektrik, hidrolik sistem ölçümlerinin ve denetimlerinin yapılacağı noktalara kolay ulaşılabilmesi, denetimler çabuk ve zahmetsizce yapılabilmelidirler. Bu noktalara emniyet içinde erişilmesini sağlayacak olanaklar (merdivenler, platformlar gibi) geliştirilmelidir. Söz konusu noktalar şemalarda belirtilmiş ve makina üzerinde işaretlenmiş olmalıdırlar.
- 7. Sıcaklık:** Dişli çark, yatak gibi sürtünen elemanlarda sıcaklığın belli bir değerin üzerine çıkmamasına özen gösterilmelidir. Aksi takdirde yağlama bozulacağından bu elemanlar aşınır, hatta oluşabilecek anî aşınma (yenme) sistemi kitleyerek hasara yol açabilir.
- 8. Kaldırma ve Nakil:** Tasarımcı ekseriya nakil kolaylığını düşünmeden projesini hazırlar. Nakil için rasgele halat ve kanca bağlanmaları makinaların hassasiyetini bozabilmekte; yatak, mil gibi çeşitli elemanların dengesiz yüklenmesi ile çalışma

¹ Tamir için de aynı özelliklerin söz konusu olacağı açıktır.

özelliklerini kaybedebilmektedirler. Bu durum bilhassa takım tezgahlarında ortaya çıkmaktadır. Makinanın kaldırma ve nakil yönergesi makina ile birlikte verilmelidir. Bu hususta aşağıdaki tavsiyelerde bulunulur:

Makinaların veya değişik parçalarının ağırlığı, büyüklüğü veya şeklinin el ile taşınmasına müsaade etmediği durumlarda, makina veya değişik parçaları:

- Taşıyıcı vinçlerin bağlantılarına kolayca takılabilecek şekilde tasarımılanmalı (taşınma delikleri vs. nin olması), veya
- Standart bir taşıyıcı vincin taşırken hasara uğratmayacağı şekilde, kolayca bağlanacağı bir şekle sahip olmalı.

Makinaların veya parçalarının elle taşınmalarının söz konusu olduğu durumlarda bu makinalar veya parçaları:

- Kolaylıkla taşınabilir olmalı, veya
- Kaldırma ve kolaylıkla taşıma için gerekli eklentileri (saplar, vs. gibi) bulunmalıdır.

Takımlar ile tehlike arzeden parçalar hafif bile olsalar, özel önlemler alınmalıdır (şekil, malzeme ve benzer bakımlardan).

9. Emniyet: Tasarım iş emniyeti açısından problem yaratmamalıdır. Sonradan ilâve koruyucu vs. gerektirmemelidir.

10. Basit Tasarım: Tasarım imkân nispetinde basit olmalıdır. Ayrıca, tasarım elemanlarının da basit olmaları tavsiye edilir. Böylece hesaplar daha kolay ve hata payı daha az olacağından, istenen ömrün sağlanma ihtimali artacaktır.

11. Modüler Tasarım: Ürünler modüller halinde monte edilirse bakımları daha kolay yapılabilir. Meselâ, bilgisayarlarda kontrol panelleri, kartlar veya disk sürücülerini fonksiyonlarını yerine getiremediklerinde değiştirilebilirler. Kritik parçaların yeri veya hasara

uğraması sözkonusu olan parçalar demontajın kolaylığını ve dolayısıyla tamirini etkilerler.

12. Montaj ve Demontaj: Montaj ve demontajın kolay ve basit olması sağlanmalıdır. Bunun sağlanıp sağlanmadığı denenmelidir. Montaj ve demontaj kolaylığı onarım ve bakımda büyük öneme sahiptir. Montaj ve demontaj esnasında hasarsız parçalara zarar verilmemelidir. Gerekirse, montaj hatasını önlemek için ilgili parçalar ve/veya yuvaları üzerinde gerekli bilgiler verilmelidir. Sık sık değiştirilmeleri gereken otomatik makina parçaları ve özellikle imalat değişiklikleri olan veya aşınabilecek veya bir kaza nedeni ile kırılabilecek parçalar kolaylıkla ve emniyetle sökülebilecek ve değiştirilebilecek durumda olmalıdır. Bu işlerin, üreticinin belirttiği çalışma metoduna uygun olarak yapılabilmesi için, gerekli teknik teçhizatla (alet, ölçme cihazı, vb.) birlikte söz konusu parçalara kolayca ulaşılabilmesi sağlanmalıdır.

13. Çevre ve Çalışma Şartları: Ürün tasarımı, ürünün çeşitli çevre ve çalışma şartları² altında fonksiyonunu yerine getirmek üzere yapılmalıdır. Böylece, söz konusu şartlardaki değişimler ürünü hasara uğratmayacaktır.

14. Yedek Elemanlar: Bilhassa büyük ve/veya pahalı sistemlerde, arıza yapan eleman veya grup yerine devreğe girecek bir yedeğinin bulunması gerekebilir. Yedeğin çalışma prensipleri farklı olabilir.

15. Çektirme Delikleri: Kasnak, dişli çark, rulmanlı yatak gibi bazı elemanların kolayca çıkarılmalarını temin için mil uçlarına veya uygun yerlere çektirme yuvaları açılmalıdır. Bu gibi elemanların sökülüp takılmaları bazen oldukça vakit almaktadır.

16. Anî Hasar Noktaları: Yatak sarması, dişli çark

² Bunların çok olması ideal değildir.

yenmesi gibi ani hasara uğraması ihtimali olan yerler tasarım esnasında iyi bir şekilde analiz edilmelidirler. Zira, buralarda oluşacak kitlenmeler sistemin diğer elemanlarında da hasara yol açabilirler. Bu sebeple buralarda yüksek bir emniyet katsayısı ile hesap yapmakta fayda vardır ³.

17. Kontrol: Son zamanlarda kullanılan klasik bakım yerine kestirimci bakımda ölçümler önem kazanmaktadır. Ölçüm yerleri, sınırları vs. verilmelidir. Tasarımda çok önemli fonksiyonu olan pahalı parçalar müstakilen kontrol edilebilmelidirler. Bunun için bu parçaların arıza ve hasar sınırları verilmelidir.

18. Korozyon: Rutubetli ve sıcak yerlerde çelik materyal boyanmış olsa dahi bir müddet sonra paslanma görülmektedir. Paslanmaz çelik pahalı olmasına rağmen korozyona mani olmak için kullanılmalıdır. Bu, sonraki parça değiştirmelerini ve bakım ve tamir masraflarını azaltacağından daha ekonomik olabilir.

19. Yüksek Sıcaklıklarda Çalışan Sistemler: Bu sistemlerde, mukavemet hesabı henüz oturmadığından ve malzemenin mukavemet sınırlarını bulmak zor olabileceğinden ön tasarımda yüksek emniyet katsayısı ile hesap yapmakta fayda vardır. Müşteri şikâyetleri ve tecrübe ile tasarımın mükemmelleştirilmesi önem taşımaktadır. Bu sistemlerde yağın soğutucu etkisi çok önemli olup, bir yağ soğutucu ilâvesi düşünülebilir.

20. Yataklar: Bunların toz, kir, su gibi materyaller ile temaslarının önlenmesine özel bir önem verilmelidir. Şüpheli durumlarda sızdırmazlık elemanları birkaç kez kullanılmalıdır. Takılırken ve çıkarılırken yatakların tahrip olmamaları için olanaklar ölçüsünde önlem alınmalıdır. Büyük yataklar, kaplin, kavrama, büyük dişli çark, kasnak vs. elemanların çıkarılmasında çekirme kullanma olanakları sağlanmalıdır. Büyük

eksenel yataklarda hidrostatik yağlama tercih edilmelidir. Zira, hidrodinamik yataklarda yatak sarma riski daha fazladır. Ancak, yağlama sisteminin çalışmasından sonra ana sistemin çalıştırılması için ikaz işaret ve levhaları konulmalıdır. Bu husus, alınan tedbirlerle sistemi çalıştıranın inisiyatifine bırakılmamalıdır.

21. Teçhizat: Makinalar, herhangi bir risk söz konusu olmaksızın ayarlanmaları, bakımlarının yapılması ve çalıştırılmaları için gereken bütün önemli teçhizat ve aksesuarları ile birlikte verilmelidirler.

22. Kontrol Sistemleri: Emniyetli ve güvenilir olmalıdırlar. Mantık hatalarının tehlikeli durumlara yol açmasını önleyecek biçimde tasarlanmalıdırlar.

23. Muayene ve Bakım Aralıkları: Üretici, işletme talimatında gerekli muayene ve bakım aralıklarını belirtmeli ve gerekli hallerde aşınmaya maruz parçalarda değiştirilme kriterlerini de bildirmelidir. Spesifikleştirilmiş mutad bakım cetvelleri bakımın bir unsurudur. Çünkü, değiştirilecek kritik parçaların elde mevcut olması için daha gerçekçi bir planlama sağlar.

24. Ayar, Yağlama ve Bakım Noktaları: Bu noktalar tehlike bölgeleri dışında kalmalı ve bütün ayar, bakım, temizleme ve servis işlemleri makina hareketsiz durumda iken yapılabilir. Yukardaki koşullardan birinin veya birkaçının yerine getirilememesi durumunda, bu işlemlerin herhangi bir risk mevcut olmadan yapılabilmesi olanakları sağlanmalıdır.

Otomatik ve durumun icabına göre diğer makinalarda üretici, tanısal arıza bulma gereçleri yerleştirilebilmesi için yer hazırlamalıdır.

25. Güç Kaynaklarının Yalıtılması: Bütün makinalar tüm enerji kaynaklarından yalıtılmalarını sağlayacak olanaklarla donatılmalıdırlar. Yalıtıcılar, açık bir

³ Bilhassa yenme hesabı henüz kesin kabul görmediğinden ön tasarımda tavsiye edilir.

biçimde belirlenebilir olmalı, güç verilmesinin kişiler için tehlike yaratabileceği durumlarda kilitlenebilmelidirler. Bir akım devresinden priz vasıtasıyla güç alınarak çalıştırmanın söz konusu olduğu yerlerde prizin ayrılması yeterli sayılabilir. Yalıtıcı, çalıştırıcının (operatörün) erişebileceği herhangi bir noktada akımın kesik olduğunu saptayabilecek konumda olmadığı hallerde de kilitlenebilme özelliğine sahip olacaktır. Akım kesildikten sonra, makinanın çeşitli devrelerinde kalan veya depolanmış bulunan enerji şahıslara herhangi bir zarar vermeksizin boşaltılabilmelidir. Yukarıdaki şartlara bir istisna olarak kısmî devreler (örneğin parçaları tutmak), bilgiyi muhafaza etmek ve iç mekanları aydınlatmak üzere enerji kaynağına bağlı kalabilirler. Bu durumlarda çalıştırıcının emniyetini sağlamak için özel önlemler alınmalıdır.

26.Çalıştırıcı (Operatör) Müdahaleleri: Makinalar çalıştırıcının müdahalesi ihtiyacının sınırlı olacağı biçimde tasarlanmalı, imal edilmeliler ve donatılmalıdırlar. Çalıştırıcı müdahalesinin kaçınılmaz olduğu durumda, bu müdahale kolay ve güvenli bir şekilde yapılabilirdir.

27.Talimatlar: Müşterilere, ürünün fonksiyonlarındaki sapmaların nasıl önleneceğini ve bunları nasıl düzelteceklerini öğreten talimatlar ürünün unsurlarından biri sayılabilir.

28.Kararlılık: Makinalar, parçaları ve bunları bağlayıcı unsurlar normal işletme koşullarında devrilme, düşme gibi risk taşıyamalıdırlar.

29.Bakım Personeli: Bakım personelinin kalitesi belirtilmelidir.

SONUÇ

Bakım tekniğine uygun bir tasarım oldukça çaba gerektiren bir faaliyettir. Her ne kadar imalât maliyeti

ürüne bağlı olarak bir miktar artacak ise de, bakım tekniğine uygun bir ürünün bakım maliyeti önemli ölçüde azalacaktır.

Aşınma, bakım tekniğine uygun bir tasarım oluşturmada çok dikkat edilmesi gereken bir hasar türüdür. Zira, aşınma üzerinde etkili parametreler çok fazladır ve etki dereceleri henüz tam tespit edilebilmiş değildir. Bu itibarla, ön tasarımın, hatta gerekiyorsa nihai tasarımın yüksek bir emniyet katsayısı ile yapılması tavsiye edilir. Sonradan müşteriden ve pazardan gelecek şikâyet ve isteklerle tasarım mükemmelleştirilebilir.

Müşteri ve pazar istek ve şikâyetleri, bilhassa bu günkü yoğun rekabetin yaşandığı ortamda bir tasarımın iyileştirilebilmesi için son derece önemlidir. Söz konusu istek ve şikâyetler tasarımcı (üretici firma) tarafından sistematize edilmelidir ve bu sürekli olmalıdır.

KAYNAKÇA

1. **Russel, R. S. And Taylor, B. W.**, Production and Operations Management, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1995.
2. Makina Emniyet Yönetmeliği (98/37/AT) Taslak Metni, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Gen. Müdürlüğü, Ankara, 1992.
3. **Güngör, E.**, Makina Konstrüksiyonunda Bakım ve Bakım Yöntemlerinin İncelenmesi, Bitirme Çalışması, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2001.
4. **Dorf, R. C., ve Kusiak, A.**, Handbook of Design, Manufacturing and Automation, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1994.
5. **Akkurt, M.**, Makina Elemanları, Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1997.
6. **Kocaaslan, B.**, "Bakım", Makina Mühendisliği El Kitabı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul, 1983.
7. **Groover, M. P.**, Automation, Production, Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1987.