

KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)* VE PİSTON ÜRETİMİNDE BİR UYGULAMA

Osman ÇEVİK**

Gamze ARAN***

Özet

Bu çalışmada kalite iyileştirme sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) tekniği incelenmiştir. FMEA tekniği; sistem, tasarım, süreç ve servis konularında hataları ortaya çıkmadan tanımlamayı ve gidermeyi veya en azından kullanıcıdaki etkisini ortadan kaldırmayı hedefleyen bir mühendislik tekniğidir.

Çalışmanın uygulama kısmında Y. Piston&Segman San. ve Tic. A.Ş.'de¹ üretilen motor pistonlarına uygulanan Proses FMEA ele alınıp, süreçleri incelenmiştir. Piston üretim sürecinde karşılaşılan hatalar FMEA tekniğine göre analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, tekniğin firmanın kalite fonksiyonlarını iyileştirme konusunda başarı sağladığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA), Kalite iyileştirme, Piston.

Abstract

In this study, FMEA technique is examined for quality improving process. FMEA is an engineering technique that is used to identify and eliminate known and/or potential failures, problems, errors and so on from the system, design, process and service before they reach the customer.

In the application, Process FMEA is discussed and examined for engine piston which is produced in Y. Piston&Segman San. ve Tic. A.Ş. The failure which is meet when piston is produced, is analysed for FMEA technique. Then it is demonstrated that its success about improving firm's quality functions.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Quality Improving, Piston.

* FMEA; "Hata Türü ve Etkileri Analizi"nin İngilizce karşılığı olan "Failure Mode and Effect Analysis" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır.

** Doç.Dr., Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Öğretim Üyesi

*** Mühendis. Hava Lojistik Komutanlığı, Etimesgut, Ankara.

¹ Uygulamanın yapıldığı şirket özel bir işletme olduğundan makalede tam ismi verilmemiştir.

GİRİŞ

Son yarım yüzyıl içinde kalite, işletmelerin en önemli rekabet silahlarından biri haline gelmiştir. Günümüzde ise kalite, hem yerel hem de küresel pazarda kalıcı olmanın baş gereklerinden biridir. Bu amaçlar doğrultusunda kalite iyileştirme sürecinde işletmeler çeşitli yöntemleri kullanmaktadırlar. Kalite iyileştirme; işletmelerin, bir yandan mamul veya hizmetlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörleri belirleyip ortadan kaldırmak, öte yandan da müşteri memnuniyet düzeyini artırmak için yapmış oldukları çalışmalardan oluşan bir süreçtir.

Kalite ve süreç iyileştirmede istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır. Japonya’da geniş kitlelere öğretilen ve çok iyi tanınan bu yöntemler, “Ishakawa’nın yedi basit aracı” olarak bilinen çetele tablosu, sınıflandırma, histogram, pareto analizi, sebep sonuç diyagramları, serpilme ve kontrol çizelgeleridir. Ayrıca son yıllarda kalite çemberleri, Deming döngüsü, deney tasarımı, yapay zeka teknikleri ve hata türü ve etkileri analizi yöntemleri de kalite iyileştirme sürecinde kullanılan teknikler arasında yerlerini almıştır.

Bu tekniklerden FMEA, hataların sistematik analizini ve hataların giderilmesini sağlaması nedeni ile, hataların oluşturabileceği risklerin minimizasyonuna, hata maliyetlerinin düşürülmesine, güvenilirliğin artırılmasına ve kalitenin sistematik olarak geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. FMEA’nın amacı; sistem, süreç ve ürünlere ait potansiyel hataların, oluşmadan önce, planlama ve geliştirme safhasında tespiti, önem derecelerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve önlenmesi için uygun önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Bu nedenle, FMEA, işletmelerin rekabette üstünlük sağlamak için uygulamaya koydukları önleyici kalite güvence yaklaşımları arasında en çok ilgi çeken ve kabul göreni olmuştur.

FMEA, önceleri imalat sektöründe, özellikle otomotiv sektöründe, birinci tahminleme tekniği olarak yaygın bir şekilde kullanılırken (Elliott, 1998), son dönemlerde tüm sektörlerde hataların önlenmesine yönelik olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Zira FMEA; QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001: 2000 ve diğer Kalite Yönetim Sistemleri dahilinde zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışmada önce FMEA tekniği tanıtılmış daha sonra da bir otomotiv yan sanayi işletmesinde yapılan bir uygulama ve sonuçları verilmiştir.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kullanılan veriler, Y. Piston&Segman San. ve Tic. A.Ş.'de uygulamanın yapıldığı toplantılarda görev alınarak elde edilmiştir.

Hizmet ve mal üretiminde kalite iyileştirme süreci kapsamında uygulanan kalite iyileştirme metotlarının çok sayıda ve kapsamlı olması sebebiyle, araştırma konumuz bunların içinden önemli yere sahip olan FMEA tekniği ile sınırlanmıştır. Araştırmanın temel yaklaşımının üretimde oluşabilecek hataları göz önüne alması sebebi ile çalışmada sadece Proses FMEA tekniği üzerine yoğunlaşmıştır.

Yapılan araştırmanın amacı, FMEA tekniğinin örnek bir uygulama üzerinde değerlendirilmesinin yapılması ve metodun kalite iyileştirme sürecinde etkisinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, uygulamanın yapıldığı firmada üretilen PY.1643 kodlu özel bir piston incelenmiştir.

İnceleme sürecinde, öncelikle belirlenen ürüne ait iş akış şeması çıkarılmıştır. Daha sonra iş akış sürecine göre üründe oluşabilecek potansiyel hatalar, etkileri, nedenleri ve kontrol önlemleri; toplanan FMEA ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemiyle belirlenmiştir.

Ortaya çıkan bulguların değerlendirilmesi ile birlikte söz konusu bu metodun, firmanın mevcut kalite güvence sistemleri içindeki yeri değerlendirilmiştir.

2. HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)

2.1. FMEA'nın Tarihi ve Günümüz Endüstrisindeki Yeri

FMEA tekniği Amerikan Ordusu tarafından geliştirilmiştir. Bu konuda hazırlanmış ilk prosedür 'Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis' başlığıyla basılan 9 Kasım 1949 tarihli MIL-P-1629 (Military Procedure)'dur. İlk olarak sistem ve ekipman hatalarının değerlendirilmesi için kullanılmış bir güvenilirlik saptama tekniğidir. Hatalar üstlenilen projenin başarısı ile personel ve ekipman güvenliği açısından sınıflandırılmıştır (www.fmeca.com, 2006).

FMEA tekniğinin günümüzdeki uygulama alanları; Uzay, Atom, Otomobil, İlaç, İletişim ve Ev gereçleri endüstrisi şeklinde sıralanabilir (Düzgüner, 2002: 35).

2.2. Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) Tanımları

Hata Türü ve Etkileri Analizi, yüzlerce hata türü için iyileştirme yapılmasının planlanması yerine, sistemin bütünü üzerinde en büyük katkıyı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir (Musubeyli, 1999: 18).

Hata Türü ve Etkileri Analizi, riskleri tahmin ederek hataları önlemeye yönelik güçlü bir analiz tekniğidir. Hatanın ortaya çıkması ile doğacak problemin müşteri gibi algılanması ilkesine dayanmaktadır. Hata Türü ve Etkileri Analizi çalışmasında belirlenen bütün hatalar için olasılık, ağırlık ve saptanabilirlik tahmini yapılmaktadır (Akın, 1998: 7).

FMEA; ürünün tasarımını ve montaj süreçlerinin değişkenliklerini daha iyi kontrol altına alabilmek veya ortadan kaldırmak için kullanılan çok güçlü bir kalite aracıdır (Omdahl, 1988: 19). FMEA; bir sistem veya parça tasarımı gibi geçmişteki tecrübe ve endişelere dayanarak ve yanlış gidebileceği düşünülerek her bir konunun analiz edilmesini kapsayan bir mühendisin düşüncelerinin özetidir (Çiğdem, 1994: 3).

Aynı zamanda FMEA, ürün geliştirme ve imalat planlamasına eşlik eden, önleyici kalite güvence kapsamında, entegre bir risk analizi ve hata önleme metodudur (Zebedin, 1998: 826). Amacı ürün geliştirme ve imalat planlama safhalarının kalitesini sorgulamak ve geliştirmektir (VDA, 1996: 5).

1980 yılında yayınlanan ve bu konuda yayınlanmış ilk standartlardan biri olan MIL -STD 1629A (Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik Analizi Uygulaması için Prosedür)'da FMEA'nın genel tanımı "Sistemdeki her bir olası hata türünün, sistemdeki sonuçlarını veya etkilerini belirlemek ve önemlerine göre her bir hata türünü sınıflandırmak için analiz edildiği bir prosedürdür" şeklinde verilmektedir. Stamatis (1995: 4), tanımı daha genişleterek "FMEA tasarım, proses, sistem ve hizmet ile ilgili bilinen ve/veya olası hataları, yanlışları ve problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemeyi, tanımlamayı ve ortadan kaldırmayı amaçlayan mühendislik tekniğidir" şeklinde vermektedir.

2.3. FMEA ile İlgili Kavramlar

Aşağıda FMEA ile ilgili çeşitli kavramların açıklamaları verilmiştir (Filiz, 2006; www.fmeca.com, 2006).

Müşteri: Hata türünden etkilenebilecek son kullanıcı, iç veya dış departmanlar, kişiler ve proseslerdir.

Fonksiyon: Bir proses veya üründen gerçekleştirilmesi beklenen amaçlardır.

Hata Türü: Hata kategorisi olarak da kullanılmaktadır. İç ve dış müşterinin ihtiyaç, istek ve beklentileri ile örtüşmeyen; bir ürün veya prosesin arzulan fonksiyonunun gereği gibi veya hiç yerine getirilmemesidir.

Hata Nedeni: Tasarım veya prosesin belli bir elemanın hata türü ile sonuçlanmasına yol açan faktördür.

Hata Etkisi: Müşterinin yaşayabileceği hoşnutsuzluk ve tehlike oluşturabilecek durumlardır. Gerçekleşmesi olası hatalar üzerinde çalışarak, hata veya hataların üretim, servis veya diğer parçalara yansması ve tümünün performansı üzerindeki etkisi belirlenir.

Mevcut Kontroller: FMEA çalışması yapıldığı sırada hatanın ortaya çıkmasını veya müşteriye ulaşmasını önlemek için kullanılmakta olan mekanizmalardır.

FMEA Elemanı: FMEA çalışmasında belirlenen veya incelenen konulardır.

Ortaya Çıkma (O): Hata nedeninin oluşması ve ürünün beklenen ömrü içinde kullanımı sırasında hata türüne yol açmasının ihtimalidir. [Derecelendirmede genellikle 1-10 (Çok düşük - Çok yüksek) skalası kullanılır.]

Ağırlık (A): Hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir. [Derecelendirmede genellikle 1-10 (Çok düşük - Çok yüksek) skalası kullanılır.]

Saptama (S): Mevcut kontrollerin hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir. [Derecelendirmede genellikle 1-10 (Çok düşük - Çok yüksek) skalası kullanılır.]

Risk Öncelik Sayısı (RÖS): Belirlenen ortaya çıkma (O), ağırlık (A) ve saptama (S) değerleri kullanılarak elde edilen bir değerdir. Hata türlerini öncelik sırasına koymakta kullanılır.

Ortaya çıkma (O) hatanın sıklığını, Ağırlık (A) hatanın ciddiyetini (etkisini), Saptama (S) ürün müşteriye ulaşmadan hatayı tespit etme yeteneğini gösterir. Bu bileşenlerin değerlerini belirlemede pek çok yöntem vardır. Alışılmış yöntem, nümerik skalaların (risk ölçüt tablosu) kullanımınıdır (Yılmaz, 1997: 45).

Kritiklik: Hatanın ortaya çıkma ve müşteriye ulaşmadan bu hatanın saptanabilmesi ihtimallerinin çarpımıdır. Ek kalite planlaması gerektiren hataların önceliklerini belirlemede kullanılır.

Kritik Karakteristikler: Yasal düzenleme veya ürün/hizmet emniyetini etkileyebilen karakteristiklerdir. Genel olarak, kritik karakteristikler şu faktörler tarafından belirlenir (Stamatis, 1995: 10): Mahkemeler, Düzenleyici kurumlar, Endüstriyel standartlar, Müşteri talepleri, Dahili mühendislik ihtiyaçları.

Önemli Karakteristikler: Proses, ürün veya hizmet kalite özelliklerinin toplanması gereken verileridir. Bu karakteristikler, müşteri-tedarikçi konsensüsü ile tanımlanır. Tedarikçinin özel tasarımı kullanılırken, müşteri karakteristiklerini ve kalite gereksinimlerini etkileyecek dahili karakteristiklerin belirlenmesinde müşteri ve tedarikçi kalite planlama takımlarının katılımı zorunludur. Bütün önemli karakteristikler fizibilite aşamasında tayin edilmelidir (Yılmaz, 1997).

Anahtar Karakteristikler: Prosesle hızlı geri bildirim sağlayan ölçü göstergeleridir. Kalite sorunlarının hızlı bir şekilde düzeltilmesine kaynağında olanak sağlarlar (Yılmaz, 1997).

2.4. FMEA'nın Amaçları

FMEA tekniğinin amaçlarını şöyle sıralamak mümkündür (Gül, 2001: 17; Huang, 2000: 603):

Ürün veya proseste oluşabilecek hata türlerini, etkilerini ve kritiklik derecelerini kararlaştırmak.

Ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek.

Nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağlantılı olarak bir ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmek.

Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltmak ve böylece ürünün geliştirilmesini sağlamak.

Montaj veya imalat prosesi için sistemin dayandığı neden ve ilkeleri de dokümante etmek.

2.5. FMEA Tekniğinin Uygulandığı Durumlar

Bir FMEA'nın uygulanmasını gerektiren durumlar aşağıda kısaca açıklanmıştır (Düzgüner, 2002: 39):

Emniyet, güvenlik ile ilgili parça ve fonksiyonlar söz konusu olduğunda, ağır ve yüksek maliyet ile sonuçlanabilecek hata durumlarında, yeni ürün veya proses geliştirmelerinde, Yeni teknoloji, malzeme ve proseslerde, önemli tasarım ve proses değişikliklerinde, mevcut ürünlerin yeni uygulama alanlarında, kalite açısından yüksek risk beklentisi olan problemler parça ve proseslerde uygulanmaktadır.

2.6. FMEA’da Uygulama Öncesinde Dikkat Edilecek Hususlar

FMEA uygulamalarına katılacak ekip üyeleri, oturum öncesinde metoda ait temel bilgiler ile uygulamanın adımları konusunda bilgilenmeleri gerekmektedir. Metot konusunda uzman bir kişi, FMEA tekniği konusunda genel bir bakış açısı sunar ve uygulamanın doğru bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar (Düzgüner, 2002: 41).

Hataların etki ve sebeplerini ortaya koymak için yapılan analiz sırasında da yine bazı tahminler ve kabuller söz konusu olacaktır. Çalışmanın ana hedefi problemlerin kullanıcılara ulaşmadan çözümlenmesi olduğundan bu kısımda yapılacak tahmin ve kabuller olayın bütününe verimi açısından son derece önemlidir (Yazgaç, 1993: 4).

FMEA tekniği diğer risk analizi teknikleri gibi, girdi olarak sayısal verilere (olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik) ihtiyaç duyar. Ancak pek çok durumda hazır veri mevcut değildir veya mevcut veriler yeterli ve güvenilir değildir. Bu durumda, çoğu kez sayısal veriler uzman yargısına başvurulmuş tahmin edilmektedir. Onlu skalada puanlamada katılımcıların konu ile ilgili bilgi seviyesi ve deneyimleri nedeniyle ciddi sapmalar olmakta, uzlaşım güçlüğü yaşanabilmektedir (Stamatis, 1995: 13).

Kişiler değerlerini sayısal olarak ifade etmekten çok, niteliksel olarak ifade etme eğilimindedir. Yani çoğu kez, bu yolla elde edilen veriler sayısal değildir. Uzman yargısına dayanılarak elde edilen bilgiler, niteliksel olma özelliğinden dolayı, bir dile ait sözcükler ve deyimler (az, çok az gibi) ile ifade edilen “bulanık bilgiler”dir. Bu terimler belirsizlikten çok, kötü tanımlanmış ifadeler olmaları nedeniyle kesin olmama halini arttırmaktadır. Bu tür dilsel ifade bulan faktörlerin, olasılık kullanan yöntemler ile doğrudan incelenmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca olasılık puanı 2, şiddet puanı 8, keşfedilebilirlik puanı 3 olan bir hata türü, bu değerleri sırasıyla 4, 4, 3 olan bir hata türüyle aynı risk önceliğine sahip olabilmektedir ($RÖS=2 \times 8 \times 3=4 \times 4 \times 3$). Bu iki eksikliğin giderilebilmesi için, FMEA’nın bulanık kümeler yaklaşımı-

mıyla ele alınması çeşitli kaynaklarda önerilmektedir (Öndemir, Şen ve Baraçlı, 2004: 2).

2.7. FMEA Uygulamalarındaki Güçlükler

FMEA uygulamalarında bazı güçlükler ile karşılaşılır. FMEA uygulamalarında karşılaşılan güçlüklerin başlıcaları şunlardır (Yılmaz, 1997: 35):

Veri kaynaklarının olmaması veya eksik olması, ortak bir standart olmamasından dolayı kavram kargaşası, yönetim ve organizasyonda yer alan kişilerin yöntemin kullanılmasına isteksizlik duymalarıdır.

Yöntemin iki temel olumsuzluğu söz konusudur; birincisi hataların önlenmesine yönelik iyileştirmelerin saptanmasında yapılan değerlendirmenin kısmi subjektifliğidir. “Şiddet, olasılık ve keşfedilebilirlik kriterlerindeki puanlama kuralları, uygulama yapan bir kuruluştan bir diğerine göre değiştiğinden FMEA’deki risk öncelik göstergesi hesaplama yönteminin doğal bir subjektiflik taşıdığı konusunda hemfikir olunmuştur” (Kara-Zaitri ve Flemming, 1997). Diğeri ise saptama ve önleme bölümlerinin bazı uygulamalarda birbirlerinden kopuk kalmalarıdır. Uygulamada çözümler öncelik belirleme grubundan bağımsız başka gruplara havale edilmekte, bu durum ise çalışmanın bütünlüğünü bozarak etkinliğini azaltmaktadır (Dale ve Shaw 1990).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda FMEA tekniğine çeşitli eleştiriler getirilmiştir. Bu eleştirilerden başlıcası uygulama sonucunda aynı RÖS değerine sahip hata türleri oluşabilmesidir. Böyle bir durumda klasik FMEA yaklaşımının önerdiği sıralama önceliği kaynakların gereksiz yere sarf edilmesine yol açabilir. Eleştirilerden bir diğeri, yöntemde risk faktörlerinin ağırlıklarının eşit kabul edilmesi ve önemlerinin farklı olabileceğinin ihmal edilmesidir. Ayrıca verilerin olmadığı durumlarda teknik, risk faktörlerini sayısallaştırmada yetersiz kalabilmektedir (Pillay ve Wang, 2003). FMEA’nın tekniğinden kaynaklanan bu problemleri gidermek için son zamanlarda bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmaya başlanılmıştır (Price ve Taylor, 2001; Pillay ve Wang, 2003).

2.8. FMEA’nın Yararları

Bir FMEA çalışmasına başlamanın en önemli nedeni gelişme ihtiyacıdır. Başarılı bir FMEA çalışması pek çok olumlu değişimi beraberinde getirecektir.

Yöntemin uygulanması sırasındaki temel hedef, olası hatanın sebebinin, dolayısıyla hatanın etkisinin minimuma indirilmesidir. Bu basit yaklaşım kalitatif veya kantitatif boyutta olabilir. Hangi boyutta olursa olsun sonuç, kişilerin veya firmaların almak isteyecekleri veya alabilecekleri risk ile doğru orantılıdır (Eryürek ve Tanyaş, 2003).

FMEA hataları önlemesi nedeniyle, hata maliyetlerini ve ürün riskinin azaltılmasını ve ürün güvenilirliğinin iyileştirilmesini sağlar. FMEA tekniği kararlı ve istikrarlı bir şekilde uygulandığında aşağıdaki başlıca faydalar elde edilir (VDA, 1996: 9; Bolat, 2000: 74);

İncelenen ürünlerin kalite, güvenilirlik ve emniyetinin geliştirilmesi; üründeğişiklikleri için harcanan zaman ve maliyetlerin azaltılması; risklerin azaltılması için alınan önlemlerin dokümantasyonu ve takibi; güçlü kontrol planlarının oluşturulması için yardımcı olması; mümkün hataların tespit edilmesi ve bu hata etkilerine ait şiddet derecelerinin değerlendirilmesi; ürün ve proseslerdeki zayıf noktaların giderilmesi ve problemlerin önlenmesi ile seri üretimin sorunsuz gerçekleştirilmesi ve müşteri temrinlerinin daha iyi sağlanması; kritik ve önemli ürün karakteristiklerinin belirlenmesinde yardımcı bir araç olması; üretimin daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi; müşteri hizmetlerinin daha da iyileştirilmesi; hataların ürün geliştirme, imalat ve kullanım safhalarında önemli ölçüde azaltılması; hatalı ürün geliştirmelerinin ve müşteri şikayetlerinin önlenmesi; tekrarlanan hataların devre dışı bırakılması veya tekrarlanmasının önlenmesi; ürünlerin hatalar nedeni ile sahadan geri çağırılma tehlikesinin azaltılması.

FMEA'nın başarılı olmasının en önemli şartlarından biri, zamanında uygulanmasıdır. FMEA ürün veya proses geliştirmenin en erken evrelerinde uygulanmalıdır (Schiegg, vd, 1999; Vollrath, 2000: 65). Hatalar ortaya çıktıktan sonra FMEA'nın uygulanması fayda sağlamayacaktır veya çok sınırlı olacaktır.

FMEA tekniğinin en önemli uygulama nedenlerinden birisi de sürekli gelişme gerekliliğidir. FMEA uygulama sonuçlarının sistematik bir şekilde dokümantasyonu ürün geliştirme sürecindeki sürekli gelişmeyi desteklemek ve elde edilen bilgi birikiminin korunmasına veya gelecekteki projelerde faydalanılmasına imkan sağlamaktadır (Knapp, 1999: 148). Ancak FMEA'dan en üst düzeyde fayda sağlanabilmesi için uygulamaların işletme kültürü ile bütünleşmesi gerekmektedir. Aksi durumda FMEA başarısı sınırlı olacaktır.

Hata Tr ve Etkileri Analizi'nin sağladığı avantajlar incelendiğinde bu tekniğin, firmaların pazarda yksek gvenilirliğe sahip, kaliteli rnleri dŐk maliyet ile tasarlamasını ve retmesini sağladığı ve ktye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların mŐteriye yansımadan en erken biçimde nlenmesine yardımcı olduğu grlmektedir. Bu teknik, geliŐtirdiėi belgelendirme yapısıyla srekli olarak gncelleŐtirilebildiėinden, uygulayan firmalara sonsuz bir kalite geliŐimi ve mŐteri memnuniyeti kazandırmaktadır.

Unutulmamalı ki; baŐarılı bir FMEA programı, çıkarılan sonuçların iyileŐtirme programlarına dnŐtrlmesi ile gerekleŐir. Btn organizasyon tarafından devamlı iyileŐme konusu benimsenmediği takdirde FMEA statik bir program olarak kalır (TaŐyrek, 2006).

2.9. FMEA'nın eŐitleri

İlk FMEA uygulamaları donanıma ynelik olarak yapılmıŐtır. Metot yaygınlaŐtıėı fonksiyonel olarak prostedeki olası hataların belirlenip bunların giderilmesi için kullanılmaya baŐlamıŐtır. FMEA, daha sonraları tasarım ve hizmet alanlarında da uygulama bulmuŐtur.

Gnmzde genel olarak 4 eŐit FMEA'dan sz edilebilir. Bunlar (Sankar ve Prabhu, 2001):

Sistem FMEA, Tasarım FMEA, Proses FMEA ve Servis FMEA'dır.

2.9.1. Sistem FMEA

Sistem FMEA'da hedef; operasyonel (etkinlik ve performans) faktrler ile ekonomik faktrler arasında uygun bir denge tanımlamak ve oluŐturma'dır. Bu hedefe ulaŐmak için sistem FMEA; mŐterinin belirlenmiŐ ihtiyaç, istek ve beklentileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistem FMEA tasarım ve ilk konsept belirlemede sistem ve alt sistemlerin analiz edilmesinde kullanılır. Bir sistem FMEA alıŐması, sistem yetersizliklerinden kaynaklanan sistemin fonksiyonları arasındaki potansiyel hata trlerine odaklanır. Aynı zamanda sistemler arası iliŐkileri ve sistemin elemanlarını da kapsar (Stamatis, 1995: 16).

2.9.2. Tasarım FMEA

Tasarım FMEA, retim kararı verilmeden nce uygulanır. Tasarımdaki hatalardan dolayı hizmet veya imalat aŐamalarında ortaya çıkabilecek olası

ürün hata şekillerini ele alır. Tasarım bütünlüğünü sürekli kılmak amacı doğrultusunda, tasarım aşaması dışında imalatta, montajda, donanımda ve müşterinin kötü kullanımından dolayı üründe oluşacak tasarımla ilgili sorunları tanımlar. Bu teknik ile sistem veya bileşenlerin güvenilirlik riskleri yazılı hale getirilir, her hata türünün etkisi analiz edilir ve düzeltici faaliyetler yani tasarım değişiklikleri tanımlanır (Yılmaz, 1997). Kısaca bu aşama, tasarımda mümkün olan tüm hataların belirlenmesi ve fiziksel olarak tanımlanması aşamasıdır (Düzgüner, 2002: 50).

2.9.3. Proses FMEA

Proses FMEA, imalat ve montaj süreçlerini analiz etmede kullanılır. Proses veya montaj yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerinde odaklanır.

FMEA sonucu, proste yapılan iyileştirmeler, bu tekniğin aynı zamanda proses geliştirme yaklaşımı olarak tanımlanmasını sağlar. Proses FMEA, kusursuz ürünler üretmek için analizecilere montaj ve imalat proseslerinde kullandıkları makineleri, aletleri, prosesleri ve insan gücünün etkilerini analiz ederek, imalat proseslerini değerlendirebilme yani zayıf noktalarını belirleme olanağını verir (Yılmaz, 1997). Donanım hataları, çalışanların hataları, uygun olmayan malzeme ve yöntemlerin kullanımı sonucu oluşan hatalar, proses FMEA ile ürün üretime girmeden önce belirleneceğinden kusurları düzeltmek kolay olacaktır. Ancak, makine, malzeme, insan, yöntem, ölçme ve çevre olarak tanımlanan üretim bileşenleri arasında etkileşimlerin olması, proses FMEA'nın daha zor ve zaman alıcı olarak tanımlanmasına neden olmaktadır (Stamatis, 1995: 15).

2.9.4. Servis FMEA

Servis FMEA, servisin müşteriye ulaşmadan analiz edilmesidir. Bu analizin uygulanmasıyla; geliştirme faaliyetleri arasında önceliklendirme yapılması ve değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi sağlanır. İş akışının, sistem ve proses analizinin etkin bir şekilde yapılmasında, işteki hataların ve kritik önemli işlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının oluşturulmasında yol göstermesi gibi avantajlar sağlar. Analizin uygulanmasıyla sistem ve prosesi takip etmek için liste oluşturulmaktadır. Kritik veya önemli iş ve proseslerin RÖS ile ağırlıklandırılmış listesi sayesinde sınırdaki potansiyel servisle ilgili hataların yok edilmesinin sağlanması mümkün olmaktadır.

2.10. FMEA'nın Diğer Kalite Teknikleri ile İlişkisi

1980'li yılların başından beri kalite alanında yapılan çalışmaların, sistem veya ürün/hizmet oluşturulmasının her aşamasında karşılaşılabilecek sorunları belirleyip, ortadan kaldıracak, böylece hem güvenilirliği artıracak, hem de kalitede sürekli iyileştirme sağlayacak teknikler geliştirme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Sürekli iyileşme, geçmişteki sorunların öğrenilerek, gelecekte yeniden ortaya çıkmalarının önlenmesiyle gerçekleşecektir. Hata Türü ve Etkileri Analizi de bu amaca hizmet eden bir tekniktir. FMEA, ürünün tasarım veya prosesini geliştirme ve yorumlamada yararlanılabilecek niceliksel bir tekniktir. FMEA, bu özelliklerinden dolayı Toplam Kalite Yönetimi'nde önemli bir yere sahiptir. Toplam Kalite Yönetimi'nde kaliteyi üretmek hedeflenir. Burada kontrol önemli olmakla birlikte kontrol yoluyla hatayı yakalamak, istenen başarıya götürmemektedir. Bunun yerine hatanın oluşum nedenlerine inerek ortaya çıkışını önlemek, dolayısıyla kusursuzluğu hedeflemek gerekmektedir. Bu yüzden ki, FMEA tekniği, Toplam Kalite Yönetimi'nde önemli bir işleve sahiptir (Kasa ve Boran, 1993). FMEA çalışması sonucunda, hatalara yönelik ayrıntılı bir kontrol planı hazırlanmaktadır. Ancak diğer kalite iyileştirme tekniklerinin sonucunda böyle bir plan hazırlanmamaktadır. Ayrıca FMEA, risklerin azaltılması ve kontrolü için dökümantasyon sistemi sağlamaktadır.

Kalite yönetim sisteminde yer alan tekniklerden bazıları ile FMEA arasındaki ilişkiler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA), grafiksel ve mantıksal olarak normal ve hatalı olması muhtemel olayların etkilerinin kombinasyonlarını gösterir. FTA ile hata nedenleri ve ortaya çıkma olasılığı bulunarak FMEA çalışmasında yararlanılabilir (Stamatis, 1995: 5).

Kontrol Planı, üreticinin belirli bir ürün, proses veya hizmet için kalite planlama faaliyetlerinin yazılı özetidir. Müşteri için önemli olan ve özel önlem gerektiren proses parametreleri ve tasarım karakteristikleri bu planda listelenir. FMEA da kritik ve önemli karakteristikleri belirler ve kontrol planı için başlangıç noktasını oluşturur (Stamatis, 1995: 8).

Deney Tasarımında (Design of Experiments-DOE), belirli bağımsız değişkenler önceden belirlenmiş bir plana göre değiştirilirler ve bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri belirlenir. FMEA uygulamalarında DOE'nin en uygun kullanılışı, birkaç bağımsız değişkenin veya hataların/hata nedenlerinin bileşik etkisinin belirlenmesinde olur.

Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment-QFD), müşteri girdilerinin tasarım, imalat ve servise kadar iletilmesinin, biçimi eve benzeyen bir dizi matris kullanarak fonksiyonlar arası bir takım tarafından yapıldığı bir ürün (hizmet) geliştirme sürecidir (Mazur, 1993). QFD ve FMEA'nın pek çok ortak tarafı vardır. FMEA genellikle, QFD içinde hata önleme aracı olarak kullanılmaktadır.

İstatiksel Proses Kontrol (Statistical Process Control-SPC), FMEA'da ortaya çıkma ve saptama değerlerini belirlemede ve hataların saptanmasında kullanılmaktadır.

FMEA, süreç iyileştirmede hangi süreçten ve/veya hatadan başlanacağını belirlemek amacıyla kullanılabilir.

3. UYGULAMA

3.1. Uygulamanın Yapıldığı İşletmenin Tanıtımı

Y. Piston & Segman Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1995 yılında halen faaliyet gösterdiği ilin 2. Organize Sanayi bölgesinde, bütün araçlar için piston ve pim üretmek amacı ile kurulmuş olup EN ISO 9001: 2000 standardına göre kurulan kalite yönetim sistemi kapsamında üretimini devam ettirmektedir. Şirket 10.000 metrekarelik alan üzerine yerleştirilmiştir.

Kuruluş, bugüne kadar gelinen noktada, pistonu; kendi bünyesindeki dökümhanesinde spektrometrik kontrol altında indüksiyon ocaklarda hazırlanmış alaşım maddenin kokil kalıplarda montaj tasarımına uygun şekilde dökülmesinden elde etmektedir. Gerekli Giriş Kalite Kontrollerinden sonra modern CNC (Computerized Numerical Control) makineler ile donatılmış işleme bölümünde şekillenen pistonlar, son kalite kontrollerden geçerek müşterisine sunulmaktadır.

2002 yılı kayıtlarına göre yıllık 320.000-350.000 adet arasında piston ve pim üretilerek yurtiçinde bayiler vasıtası ile dağıtılmakta ve başta Avrupa olmak üzere yurtdışı ülkelere ihraç edilmektedir.

Şirketin personel sayısı toplam 175 kişidir. Bunların 150'si mavi yakalı 25'i beyaz yakalı personeldir.

İşletmede halen piston, pim ve segman üretimleri yapılmaktadır.

3.2. FMEA Uygulaması

Uygulamanın yapıldığı firmada gerçekleştirilen FMEA uygulaması temel olarak 5 aşamadan oluşmaktadır:

- i. İşletmenin, ürünün ve üretim sürecinin incelenmesi.
- ii. Proseste meydana gelen hataların, hata nedenlerinin, hata etkilerinin ve bu hataları önlemede kullanılan mevcut kontrollerin saptanması.
- iii. Ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerinin atanması, Risk Öncelik Sayısının (RÖS) hesabı.
- iv. Hataların RÖS'e göre sıralanıp önlem alınması gereken hataların ve önlemlerin saptanması.
- v. Öngörülen önlemler sonrası için ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerinin bulunup yeni RÖS değerlerinin hesaplanması.

Proses Açıklamaları

Dökümhanede dökümü gerçekleştirilen pistonlar, piston bekleme bölgesine sevk edilir ve piston iş emri açılarak imalat atölyesinde aşağıda gösterilen sırada işlem görmeye başlar.

Dış Çap Tornalama: Dökümhaneden işlenmek üzere imalat atölyesine gelen pistonların ilk olarak tabi olduğu operasyon dış çap tornalamadır. Bu operasyonda pistonun dış çapı +0,50/-0,10 toleransları dahilinde işlem görür.

Merkezleme: Dış çap tornalama operasyonundan sonra pistonlar merkezleme operasyonuna tabi tutulur. Bu operasyonda pistonun flanş çapı, flanş derinliği, merkezleme derinliği ölçüleri ilgili toleranslar dahilinde işlenmektedir.

Kanal Açma: Merkezleme operasyonu tamamlanan pistonlar kanal açma operasyonu için ilgili tezgahlara gönderilir. Kanal açma operasyonunda pistonların; piston tepe bölgesi dış çapı, piston etek bölgesi dış çapı, segman kanal dip çapları, piston tam boyu, piston kanal z mesafesi ölçüleri ve piston segman genişlikleri ilgili ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Yağlama Deliği: Kanal açma operasyonundan geçen pistonlar, yağ deliği çapları ve yağ deliği-etek ucu arası mesafesi işlemleri için ilgili tezgahlara gönderilir.

Kaba Delik: Kanal açma ve yağlama deliği operasyonları tamamlanan pistonlar kaba delik operasyonu için ilgili tezgahlara gönderilir. Bu operas-

yon dahilinde pistonun pim delik çapı, kompresyon yüksekliği ve pim deliği eksen kaçıklığı ölçüleri ilgili ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Hücre Açma: Kaba delik operasyonundan geçen pistonlar hücre açma operasyonunun gerçekleştirilmesi için ilgili tezgahlara gönderilir. Bu operasyonda, hücre ağız çapı, hücre eksen kaçıklığı, hücre derinlikleri ve hücre çukur radüsleri ilgili ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Delik Finiş: Kaba delik operasyonundan geçen pistonlar, pim deliğinin son olarak işlendiği operasyon olan delik finiş operasyonu için ilgili tezgahlara gönderilir. Burada pistonun pim delik çapı, kompresyon yüksekliği ve pim deliği eksen kaçıklığı ölçüleri tam toleranslarda işlenmektedir.

Emniyet Segmanı Kanalı Ve Havşa Açma: Bu operasyonda emniyet segmanı kanal genişlikleri, pim emniyet kanalları arası mesafe, dış havşa çapı ve emniyet segmanı kanal dip çapları ilgili ölçü ve tolerans dahilinde işlenmektedir.

Frezeleme (Palet, Yargı, Subap): Bu operasyonda, pistonda segmanların takıldığı bölgelerde, iç bölge radius'u ve iç bölge genişliğinin verilmesi amaçlı işleme yapılmaktadır.

Finiş: Piston imalatının son aşamasıdır. Bu operasyon; pistonun motorda tam olarak görevini yerine getirmesi için, piston dış çapları (koniklik a,b,c kontrolü) ve piston dış çapları (ovallık a,b,c kontrolü) ölçülerinin toleranslar dahilinde işlenmesinden ibarettir.

Tüm operasyonları tamamlanan pistonlar son kontrollerinin yapılması için Final Kalite Kontrol bölümüne gönderilir ve ambalajlama işlemleri yapılır.

3.3. Başlangıç Çalışmaları

FMEA kapsamı olarak piston imalatının tamamı belirlenmiştir. Piston üretiminde bir çok firma ile rekabet etmek zorunda olan firma, ürettiği ürünlerde yakalayacağı kalite ve üretim verimliliği ile rekabet gücünü arttırmayı hedeflemektedir. Piston, motor performansını etkileyen önemli aksamlardan biridir. Piston üretiminde istenilen özellik; dayanıklılık ve dünya standartlarında bir üretim kalitesidir. Otomobil ve motor üreticileri, motor pistonlarını kendileri üretmek yerine yedek parça üretimi yapan kuruluşlardan temin etmeyi yeğlerler. Otomobil firmaları bu tedarikçilerini sıkı denetimlerden geçirmekte ve istenilen kalitenin yakalanması için yaptıkları çalışmaları kontrol etmektedirler. Bu yüzden firma, üretimde kaliteyi yakalayabilmek ve

kurulan kalite yönetim sisteminin işler halde olmasını sağlamak için gerekli çalışmalarını yapmaktadır.

Daha önce de belirtildiği üzere FMEA bir ekip çalışmasıdır. Araştırmaya konu olan firmada gerçekleştirilen çalışmanın ekip üyeleri şunlardır:

- FMEA Proje Lideri,
- Kalite Güvence Müdürü,
- İmalat Müdürü,
- Dökümhane Müdürü,
- Kalite Mühendisi,
- Kalıp Formeni.

FMEA ekibi, ilgili konularda beyin fırtınası yaparak problemi incelemiştir.

3.4. Piston Üretim Sürecinde Meydana Gelebilecek Hatalar, Nedenleri, Etkileri ve Mevcut Kontroller

Yapılan kapsamlı inceleme sonucunda piston üretiminde meydana gelebilecek 10 hata bulunmuştur. Bu hatalarla ilgili bilgi aşağıda verilmiştir.

1. Merkezleme Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı): Hatanın oluşmasına; döküm esnasında maçaların olması gereken yerden aşağıda veya yukarıda oturması ve kaba torna operasyonunda pistonun salgılı işlenmesi neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; merkezleme farkından dolayı pistonların istenen ağırlıkta olmaması ve farklı ağırlıkta olan pistonların motora takılması durumunda motorun gürültülü çalışmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; mevcut döküm proses kontrollerinin numune alma yöntemine göre alınması gerekmektedir.

2. Hücre Eksen Kaçıklığı: Hatanın oluşmasına; döküm sürecinde alt flanşın ters bağlanması, operatör, resim ve ölçü hatası neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; enjektör püskürtmesinin istenen yerde olmaması ve pistonun aşağı yukarı hareketinde kasıntı geçirmesine neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; mevcut döküm proses kontrollerinin numune alma yöntemine göre alınması gerekmektedir.

3. Hücre Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı): Hatanın oluşmasına; operatör, resim, ölçü hatası neden olabilir. Bu hatanın

potansiyel etkisi; motordaki gücün azalmasına veya yakıt tüketiminin fazla olmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; mevcut döküm proses kontrollerinin numune alma yöntemine göre alınması gerekmektedir.

4. *Alfin Birleşme Hatası*: Hatanın oluşmasına döküm esnasında alfinin yeterince ısıtılmadan ve yüzey pürüzlülüğü giderilmeden kalıba yerleştirilmesi veya talaşlı imalatta kaba tornalama işlemi sırasında operatörün; takımı, parçaya yüksek hızda yaklaştırması neden olabilir. Bu hata pistonun motora takıldıktan sonra pistonun tepe bölgesinin kopmasına neden olur. Hata için kontrol önlemi olarak ultrason cihazı ile kontroller sıkılaştırılmalıdır.

5. *Kanal Çap ve Genişliklerinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; tezgah, uç, hatalı ölçüm neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; kanal çap ve genişlikleri istenen değerlerden fazla ise; yağ yakmasına, az ise segmanın yuvaya oturmayarak, görevini yapamaz hale gelmesine neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; ölçümü onaylanmış referans numune kullanılması gerekmektedir.

6. *Strok Yüksekliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; döküm sürecinde alt flanşın olması gereken yerden yüksek veya alçak yerleştirilmesi delik finişte hatalı işleme neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; strok boyu istenen değerden uzunsa, pistonun üst kapağa vurmasına ve bloğu çatlatmasına; kısa ise, yakıtın fazlalaşmasına ve gücün azalmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; ölçümü onaylanmış referans numune kullanılması gerekmektedir.

7. *Pim Delik Çapının Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; tezgah, uç, operatör, ölçü aleti neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; biyel kolunun çatlamasına, perno yağlamasının sorunlu olmasına, pernonun takılamamasına, vuruntu olmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; kontrollerin sıkı tutulması, ölçüm onayının yapılması gerekmektedir.

8. *Koniklik-Ovallık Ölçüsünün Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)*: Hatanın oluşmasına; ucun aşınması, tezgahın uygun parametreye göre işlememesi neden olabilir. Bu hatanın potansiyel etkisi; ölçü toleranstan büyükse piston krepaj yapmasına, küçükse silindire vurup, ses çıkarmasına neden olmasıdır. Kontrol önlemleri olarak; kontrollerin sıkı tutulması, ölçüm onayının yapılması gerekmektedir.

9. *Pistonlarda Isıl İşlem Uygulamasında Sertlik Dağılımının Homojen Olmaması*: Hatanın oluşması ısıl işlem cihazındaki teknik bir sorundan veya

ısı işlem süresinden kaynaklanmaktadır. Olası hata, pistonun yüksek ısılarda çalışırken piston yüzeylerindeki genleşme oranlarının farklı olmasına, motorun yağ yakmasına, motor gömleğinin aşınmasına ve pistonun krepaj yapmasına neden olur. Hatanın kontrol önlemi olarak, laboratuvar sertlik ölçüm numune sayısı artırılmalıdır.

10. Ergitmede Alaşımın Özelliklerinin İstenen Değerde Olmaması: Hatanın oluşmasına gerekli alaşımın hazırlanması için kullanılacak maden oranlarında operatör tarafından yanlışlık yapılması neden olmaktadır. Bu olası hata; pistonun motor içerisindeki yüksek ısılarda -alaşımındaki hata nedeninden dolayı- erimesine ve belirli bölgelerinin kopmasına, motorun zarar görmesine neden olur. Hatanın kontrol önlemi olarak ocak şarj talimatlarına uyulmasının sağlanması, numunelerin sıklaştırılması ve spektrometre cihazı analiz sonuçlarının gerçek değerlerle karşılaştırılması gerekmektedir.

3.5. Ortaya Çıkma - Ağırlık - Saptama Değerlerinin Belirlenmesi ve Risk Öncelik Sayısı Hesabı

Ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerini belirlemek üzere 10'luk skala kullanılmıştır. Değerler saptanırken mümkün olduğunca geçmiş verilerden yararlanılmaya çalışılmış, ortaya çıkma ağırlık değerleri ve saptama değerleri ekip üyeleri tarafından belirlenmiştir. RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değeri hesaplanırken “Çarpma ile RÖS Hesabı” yöntemi kullanılmıştır.

3.6. Öncelikle Önlem Alınacak Hataların Belirlenmesi ve Öngörülen Önlemler

Ekip üyeleri tarafından ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerleri belirlenen hatalar RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerlerine göre aşağıda Tablo: 1'de sıralanmıştır. Tablodan da görülebileceği üzere ilk üç sırada yer alan hatalar diğerlerinden bariz bir şekilde ayrılmaktadır. Öncelikli olarak bu hatalar için önlemler saptanmalıdır.

FMEA'da genel uygulama, $RÖS \geq 100$ olan hatalar için öncelikli olarak önlem almaktır.

Tablo: 1. RÖS Değerlerine Göre Sıralanmış Hatalar

S. No	Hata	RÖS
1	<i>Alfin Birleşme Hatası</i>	160
2	<i>Pim Delik Çapının Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	140
3	<i>Koniklik-Ovallik Ölçüsünün Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	120
4	<i>Merkezleme Derinliğinin tolerans dahilinde olmaması</i>	84
5	<i>Hücre Eksen Kaçıklığı</i>	56
6	<i>Hücre Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	54
7	<i>Kanal Çap ve Genişliklerinin Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	42
8	<i>Strok Yüksekliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması</i>	42
9	<i>Ergitmede Alaşımın Özelliklerinin İstenen Değerde Olmaması</i>	42
10	<i>Pistonlarda Isıl İşlem Uygulamasında Sertlik Dağılımının Homojen Olmaması</i>	32

Bu sonuçlara göre, önlem saptamak ve önlemleri uygulamak için hazırlanan plan şu şekildedir:

1. Aşamada Önlem Uygulanacak Hatalar:

Alfin Birleşme

Pim Delik Çapının Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)

Koniklik-Ovallik Ölçüsünün Tolerans Dahilinde Olmaması
(Tolerans Dışı)

2. Aşamada Önlem Uygulanacak Hatalar:

Merkezleme Derinliğinin tolerans dahilinde olmaması (Tolerans Dışı)

Hücre Eksen Kaçıklığı

Hücre Derinliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)

Kanal Çap ve Genişliklerinin Tolerans Dahilinde Olmaması
(Tolerans Dışı)

Strok Yüksekliğinin Tolerans Dahilinde Olmaması (Tolerans Dışı)

Ergitmede Alaşımın zelliklerinin İstenen Değerde Olmaması
Pistonlarda Isıl İşlem Uygulamasında Sertlik Dağılımının Homojen
Olmaması.

Yukarıda verilen hatalar için saptanan önlemler uygulanmaya başladıktan ve bu nlemler RS üzerinde beklenen derecede düşme sağladıktan sonra yeniden bir FMEA yapılacak, böylece yeni durum için hata öncelikleri bulunacaktır. Amaç, daha önce de belirtildiği üzere, sürekli iyileştirme ile arzulanan kalite seviyesine ulaşmaktır.

Birinci aşamada ele alınacak hatalar için öngörülen önlemler aşağıda açıklanmıştır.

3.6.1. Alfin Birleşme

Yapılan FMEA analizi sonucunda RS değeri yüksek bulunan alfin birleşme hatasının saptama olasılığı yüksektir ve alfin birleşmeden oluşan hatanın şiddeti yüksek oluğu için bu hatanın RS değerini düşürebilmek için, saptama olasılığını düşürmek amaçlanmıştır. Bu amaçla alfin birleşme hatasını tespit edebilme kabiliyetine sahip ultrason cihazı alınması kararlaştırılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri sayesinde pistondaki alfin birleşme hataları tespit edilebilmektedir. Ayrıca ultrason cihazı alfin hatasının döküm prosesinden mi yoksa talaşlı imalattan mı gerçekleştiği hususunda bize bilgi vermektedir. Ultrason cihazı, pistonun alfin hatasını ve hataya sebebiyet veren nedenlerini tespit edilebilmektedir ve tespit edilen bu nedenler üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılabilmesine imkan vermektedir. Böylelikle ultrason cihazı, üretilen pistonların kalitesini artıracak ve bu konudaki müşteri şikayetlerinin ortadan kalkmasına yardımcı olacaktır.

3.6.2. Pim Delik apının Toleranslar Dahilinde Olmaması

Bu hatanın tespit edilememesi sonucunda firmayı uğratacağı zararların yüksek olması nedeni ile şiddeti yüksektir. Ayrıca bu hata konusunda da firma sık sık sorun yaşamış ve müşteri şikayetleri ile karşılaşmıştır. FMEA ekibinin yapmış olduğu çalışma sonucu firma içerisinde delik finiş operasyonunda yapılan örnekleme tekniği ile alınan numunelerin delik çaplarını ölçmek için kullanılan cihazların yeterli hassasiyete sahip olmaması nedeni ile hatanın tespit edilemediği görülmüştür. Bu konuda yapılan araştırma sonucu 1/100000 hassasiyete sahip havalı etamik cihazının alınması ve kont-

rol numunelerinin sıklaştırılmasına karar verilmiştir. Yapılan kontrol önlemi sonucunda üretilen pistonların delik çaplarının istenilen ölçüler içerisinde olması ve hatanın tespit edilememesi olasılığının azaltılması sağlanacaktır. Bu sayede hatanın RÖS değeri düşecektir.

3.6.3. Piston Koniklik ve Ovallık Ölçüsünün Toleranslar Dahilinde Olmaması

Bu hatanın önlenmesi için koniklik ve ovallık ölçüm noktalarının artırılmasına karar verilmiş ancak eldeki cihazların yetersizliği, eğitimli personel eksikliği ve bu kontrol işleminin uzun sürmesi nedeni ile maliyetlerin yükseleceği, üretim performansının düşeceği FMEA ekibi tarafından tespit edilmiştir. Bu amaçla yapılan araştırma sonucu koniklik ve ovallık ölçülerinin kontrolü için marpoos cihazı alınmasına karar verilmiştir. Ayrıca marpoos cihazının birçok noktayı aynı anda ölçebilmesi özelliği sayesinde hem üretim performansı artacak hem de zaman kaybı azaltılmış olacağından maliyetlerde düşüş sağlanacaktır. Marpoos cihazının 1/1000 hassasiyette olması proses toleransları ile firma tarafından istenilen toleransların dengelenmesine imkan verecektir. Bu sayede firma tarafından üretilen pistonların kalitesi dünya standartları seviyesine gelecek ve müşterilerden gelebilecek şikayetler önlenmiş olacaktır. Bu hatalara karşı alınan önlemler sonucu hata RÖS değeri azaltılabilecektir.

3.7. Öngörülen Önlemler Sonrası İçin Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerlerinin Bulunup Yeni RÖS Değerlerinin Hesaplanması

Öncelikli belirlenen 3 hata için saptanan önlemler uygulandığında RÖS faktörlerinde aşağıdaki değişmeler olduğu görülmüştür:

Alfın Birleşme Hatası → Saptama 2'ye düşmüş ve bu durumda RÖS=64,

Pim delik çapının toleranslar dahilinde olmaması → Saptama değeri 2'e düşmüş ve bu durumda RÖS = 56,

Piston Koniklik ve Ovallık ölçüsünün toleranslar dahilinde olmaması → Saptama değeri 3'e düşmüş ve bu durumda RÖS = 72 olmuştur.

Görüldüğü üzere en önemli üç hata için saptanan önlemlerin uygulanması durumunda RÖS değerleri 100'ün altına düşmekte ve yeterli bir iyileşme sağlanmaktadır.

FMEA çalışması sonucu altı aylık müşteri şikayetleri sayılarında genelde % 47,4 azalma gözlenmiştir. Ayrıca alfin birleşme hatasından kaynaklanan müşteri şikayetlerinde % 62, pim delik çapı ve koniklik ovallik ölçülerinden kaynaklanan müşteri şikayetlerinde ise % 52,4 azalma gözlenmiştir

Bulunan sonuçlar, daha önce bu tekniği kullanarak yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen olumlu sonuçlarla uyumludur. Örneğin, bu tekniği, çok sayıda parça içeren ürünlerin hata türlerinin önceliklendirilmesinde kullanılan ve servis oranlarında iyileşmelerin sağlandığını gösteren Musubeyli (1999)'nin, turizm sektöründe kullanan ve müşteri tatmininin kolaylaştırılmasına, maliyetlerin düşürülmesine, rekabet gücünün artırılmasına ve imajın güçlendirilmesine katkı yaptığını ortaya koyan Yılmaz (2000)'in, yer telsiz atölyesinde bakım ve onarımı yapılan telsizlerdeki geniş bant anten sisteminde karşılaşılan hataların onarım maliyetinde büyük oranda düşüş sağlandığını belirleyen Gül (2001)'ün, Bosh San. ve Tic. A.Ş.'de müşteri memnuniyetini artırmaya katkı sağladığını tesbit eden Düzgüner (2002)'in, trafik kazalarının önlenmesinde kullanan ve kaza oranlarının düşürüldüğünü tespit eden Engin ve Kaya (2004)'nin çalışmaları ile benzerlik arz etmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kalitenin özünde yer alan müşteri tatmininin en üst düzeye çıkarılması ve müşterinin gereksinimlerinin eksiksiz karşılanması, müşteriye hatasız ürünlerin sunulmasıyla sağlanabilir. Amacı, müşterilere sunulacak bir üründe ortaya çıkabilecek hataların henüz gerçekleşmeden ve ürün müşteriye ulaşmadan belirlenmesi ve önlenmesi olan Hata Türü ve Etki Analizi, uygulandığı işletmelerde yüksek bir kalite standardı ve yüksek düzeyde müşteri tatmini sağlamaktadır.

FMEA tekniği, firmaların yüksek güvenilirliğe sahip, kaliteli ürünleri düşük maliyet ile tasarlamasını ve üretmesini sağlamakta; kötüye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların müşteriye yansımadan en erken biçimde önlenmesini sağlamaktadır. Bu teknik geliştirdiği dokümantasyon yapısıyla sürekli olarak güncelleştirilebildiğinden sürekli bir kalite gelişimi ve müşteri memnuniyetini de beraberinde uygulayıcı firmalara kazandırmaktadır.

1970'lerde Hata Türleri ve Etkileri Analizi otomotiv sektöründe riskleri en aza indirmek ve güvenlik ile araç performansını iyileştirmek amacıyla uygulanmaya başlanılmıştır. Günümüz ortamında kuruluşlar Hata Türleri ve Etkileri Analizi'ni değişik amaçları gerçekleştirmek için kullanmaya başlamışlardır. Özellikle Uzay, Atom, Otomobil, İlaç, İletişim ve Ev gereçleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta olan teknik, hataların son tüketiciye ulaşmadan önlenmesini amaçladığı için üretim ve hizmet sektöründe faaliyet göstermekte olan tüm firmalarda, ihtiyaç alanına göre, uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada da, Y. Piston&Segman San. ve Tic. A.Ş.'deki piston imalat süreci FMEA tekniği ile incelenmiştir.

İnceleme sonucu 10 hata türü tespit edilmiştir. Bu hata türlerinin etkileri, nedenleri ve bu hata türlerini müşteriye ulaşmadan saptamak için alınan mevcut kontroller dikkate alındığında 10 risk öncelik sayısı hesaplanmıştır. Bu değerlerin 3 tanesi ≥ 100 kriterini sağladığı için bunların öncelikli olarak ele alınması gerektiğine karar verilmiştir. Bu nedenle RÖS değeri diğerlerinden bariz şekilde ayrılan ilk üç hatanın ilk aşamada, kalan 7 hatanın da ikinci aşamada ele alınmasının uygun olacağı kararlaştırılmıştır. Böylelikle ilk aşamada elde edilecek olumlu sonuçların, işletmede FMEA çalışmasına olan inancı arttıracığı düşünülmüştür. İlk üç hata için belirlenen önlemler sonunda RÖS değerleri 100'ün altına düşürülmüştür. Yapılan FMEA çalışması sonucunda müşteri şikayetlerinde ortalama % 47,4 oranında bir düşüş sağlanmıştır. Ayrıca öncelikli olarak önlem alınması gereken 3 hatada ise; % 62, % 52,4 ve % 52,4 oranlarında azalmalar gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, FMEA tekniğini kullanarak olumlu sonuçlar elde edilen araştırmalarla uyumludur.

FMEA; firmalarda, hatalara yönelik ayrıntılı kontrol planları hazırlamaya yardımcı olan ve kalite iyileştirme sürecinde kullanılan önemli tekniklerden biridir. Ancak, kalite iyileştirme süreklilik arz eden bir süreç olduğu için, FMEA tekniği ile kontrol önlemleri alınan operasyonların İPK teknikleriyle izlenmesi ve desteklenmesi ilgili firmalara daha çok yarar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akın, B. (1998), *ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi*, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- Bolat, T. (2000), *Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulanması)*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, s. 74.
- Çiğdem, S. (1994), *Hata Türü ve Etkileri Analizi*, Koç Holding A.Ş. Eğitim ve Geliştirme Merkezi, İstanbul.
- Dale, B. G and P. Shaw (1990), "Failure Mode and Effects Analysis in the U.K. Motor Industry (A State-of-the-art Study)", *Quality and Reliability Engineering International*, 6 (1): 179-188.
- Düzgüner, E. (2002), *Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Elliott, J.B. (1998), *Risk Analysis - Two Tools You Can Use to Assure Product Safety and Reliability*, The Validation Consultant, Booth Scientific Inc., p.12.
- Engin, O. ve İ. Kaya (2004), "Trafik Kazalarının Önlenmesinde Hata Modu ve Etkileri Analizi (HMEA) Modeli", *Polis Bilimleri Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 1-2.
- Eryürek, Ö.F. ve M. Tanyaş (2003), "Hata Türü Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı", *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 2 (6): 31-40.
- Filiz, A., "Hata Türü Ve Etkileri Analizi" (25.07.2006) www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=654-32k
- Gül, B. (2001), *Kalite Yönetiminde Hata Türü ve Etkileri Analizi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- <http://www.fmeca.com> (19.07.2006). "Failure Mode and Effect Analysis".
- Huang, G.Q. (2000), *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Over The www*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 16 (8): 603-608.
- Kara-Zaitri, C. and P.V. Fleming (1997), "Applications of Fuzzy Inference Methods to Failure Modes Effects and Criticality Analysis", *International Conference on Safety And Reliability*, p. 2403-2414.
- Knapp, C. (1999), *Projekt-FMEA-Know-how-Sicherung*, Durch Systematisches Methodeneinsatz bei Entwicklungsprojekten, Konferenz-Einzelbericht: Deutsches Projektmanagement Forum, p.148-158.
- Kasa, H. ve S. Boran (1993), "FMEA ve Toplam Kalite Yönetimi İçin Önemi", *YA/EM93 Yöneyim Araştırması Endüstri Mühendisliği 15. Ulusal Kongresi "Küreselleşme Ve Türk Endüstrisi" Bildiriler Kitabı*, s. 87.
- Mazur, G. H. (1993), *Qfd For Service Industries: From Voice Of Customer To Task Deployment*, The Fifth Symposium on Quality Function Deployment: Novi, Michigan.
- Musubeyli, E. N. (1999), *Ürünün Önemli Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Tasarım Hata Türü Ve Etkileri Analizi İle Kalite Evinin Birlikte Kullanılması*, yayınlanmış doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Omdahl, T.P. (1988), *Reliability, Availability, And Maintainability Dictionary*, Milwaukee: ASQC Quality Pres.
- Öndemir, Ö., C. G. Şen ve H. Baraçlı (2004), “Hata Türü Ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımının Kullanılabilirliği”, *Yöneylem Araştırması /Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, 15-18 Haziran 2004, Gaziantep – Adana.
- Pillay, A. and J. Wang (2003), “Modified Failure Mode And Effects Analysis Using Approximate Reasoning”, *Reliability Engineering and System Safety*, 79 (1): 69–85.
- Price, C. J. and N. S. Taylor (2001), “Automated Multiple Failure FMEA”, *Reliability Engineering and System Safety*, 76 (1): 1–10.
- Schiegg, H., vd., *Early, In-Process FMEA Application*, *Qualitat Zyverlassigkeit*, 44 (7): 879-882,884.
- Sankar N.R. and B.S. Prabhu (2001), "Application Of Fuzzy Logic to Matrix FMECA", *Review of Progress in Quantitative Non-destructive Evaluation*, 20 (1): 1987-1994.
- Stamatis, D. H. (1995), *Failure Mode And Effects Analysis – FMEA from Theory To Execution*, ASQC Quality Pres, Wisconsin.
- Taşyürek, M., “Hata türleri ve etkileri analizi” 29 Kasım 2006. (http://www.fisek.org.tr/proje_calismaortami.php)
- VDA, (1996), *Quality Management in the Automotive Industry*, *Quality Assurance Before Series Production*, 4 (2): 5.
- Vollrath, M. (2000), *FMEA requires Methodical Know-How And Support By The Management*, *Qualitat und Zuverlassigkeit*, 46 (1): 65-68.
- Yazgaç, E. (1993), *Toplam Kalite*, Koç Holding Malzeme ve İkmal Koordinatörlüğü, İstanbul.
- Yılmaz, A. (1997), *Hata Türü Ve Etki Analizi*, yayınlanmamış yüksek lisans tezi: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zebedin, H. (1998), *FMEA From The Standpoint Of An Engine Developer*, The practical application of a designrelated FMEA and Evaluation in an FMEA Database, *Qualitaet und Zuverlaessigkeit*, 43 (7): 826-828, 830-832.