

OTOMOTİV YAN SANAYİNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ

Mehmet Emin BAYSAL* Erdal CANIYILMAZ Tamer EREN*****

*Selçuk Üniversitesi, Müh.Mim.Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü 42039 Kampus/Konya

**Erciyes Üniversitesi, Müh. Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü

***Kırıkkale Üniversitesi, Müh. Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Hata Türü ve Etkileri Analizi(HTEA) bir sistemde varolan ve/veya potansiyel problemleri tanımlayıp elimine etmek için kullanılan bir mühendislik tekniğidir. HTEA ürünün ilk tasarım aşamasından başlayıp, ürünün yaşamı boyunca devam eden bir süreçtir. Hata Türü ve Etkileri Analizi, ürün ve süreç problemlerini meydana çıkmadan önlemeye yönelik sistematik bir metottür. Bu çalışmada, bir HTEA çalışmasının nasıl yapılacağı gösterilmeye çalışılmıştır. Burada HTEA süreci, otomotiv endüstrisinde bir uygulaması ve takım çalışması üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi, Süreç Analizi, Kalite

FAİLURE MODE AND EFFECT ANALYSIS IN AUTOMOTİV INDUSTRY

ABSTRACT

The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is an Engineering Technique used to define, identify and eliminate known and/or potential problems from a system. The FMEA is an ongoing process that should start as a part of the first Design Review and continue throughout the life of the product. Failure Mode Effect Analysis (FMEA) is a systematic method of identifying and preventing product and process problems before they occur. It focuses on preventing a failure or error. At this study, we will try to present how to conduct a Failure Mode Effect Analysis. We will focus on the FMEA process, its application to automotive industry and team development.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Process Analysis, Quality

1.GİRİŞ

Hata Modları, Etkileri ve Kritiklik Analizi, HTEA (Failure Mode, Effect and Criticaly Analysis, FMEA), tesis ekipmanlarında olabilecek her bir kusurun sisteme olan etkisi ve potansiyel tehlikesini kritiklik sırasına göre tablolanarak listelenmesini içerir. Diğer bir ifade ile bu yöntem, ekipmanları, bunların arıza yapabileceği durumları ve ortaya çıkabilecek etkileri inceler [1, 2]. HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi), meydana gelebilecek hataları önceden tahmin ederek önlemeye yönelik güçlü bir tekniktir. HTEA, hataların ortaya çıkmasıyla meydana gelebilecek problemlerin son kullanıcıya(müşteriye) olan etkilerini, kullanıcı(müşteri) gözüyle analiz etme prensibine dayanır.

Yöntem, sistemin kritik olarak incelenmesi, parçalar ayrılması, parçaların hataya açık taraflarının bulunması, hatanın yarattığı tehlikelerin derecelendirilmesi, sistemin her bir parçası için her potansiyel hatanın incelenmesi ve sonuçların ne olabileceğinin bulunması olarak dört temel aşamayı içerir [3, 5, 6, 20].

2. FAİLURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

HTEA, otomotiv ve uzay gibi ileri imalat sistemlerinde emniyet açısından kritik ürünler üreten, gelişmiş elektronik ve mekanik donanımları içeren alanlarda sıkça kullanılan bu yöntem, sistem analizini esas tutar [2, 3, 5]. Bu çalışmada proses HTEA'sı otomotiv yan sanayiinin imalatında uygulanmıştır. [19].

HTEA ile hatalar incelenirken üç etken göz önünde bulundurulur. Bunlar: Hatanın ortaya çıkma durumu (frekans), Hatanın etkisi (ağırlığı), Hatanın tespiti (saptama) [4].

Bu üç etken doğrultusunda söz konusu hataya ait Risk Öncelik Göstergesi(RÖG) hesaplanır. RÖG 1 ile 1000 arasında değişen bir kritiklik göstergesidir. Bu sayı hesaplanarak, öncelikle ele alınması gereken hata kaynakları belirlenir ve düzeltici faaliyetler bu sıraya göre gerçekleştirilir. Amaç, RÖG'ü 1'e doğru çekmek için çeşitli önleyici faaliyetler geliştirmektir.

Bir HTEA uygulamasının optimum düzeyde etkili olabilmesi için, çalışma mümkün olan en erken zamanda başlatılmalıdır. Ancak çoğu kez eldeki verilerin yetersiz olduğu düşünülerek bu yapılmamakta ve HTEA çalışmasına hiç başlanmamaktadır. Bu ise, özellikle toplam kalite yönetimi felsefesini uygulayan işletmeler açısından zararlı sonuçlar doğurmaktadır.

HTEA uygulamasına başlanmadan önce yönetimin desteği kesinlikle sağlanmalıdır. HTEA'nın bir takım çalışması olduğu düşünülerek, oluşturulan HTEA proje grubunu, projenin sonuna kadar yaşatabilmek için animatör(motivasyonu sağlayan kişi), toplantılar esnasında uyulması gereken kuralların üzerinde hassasiyetle durmalıdır. Grup oluşturulurken, incelenecek prosesle ilgili herkesin gruba dahil edilmesi sağlanmalıdır. Bu şekilde daha nesnel sonuçlara ulaşılabilecektir.

Genel olarak dört tür HTEA olduğu kabul edilmektedir [5]. Buna göre HTEA: Sistem HTEA, Tasarım HTEA, Proses HTEA ve Servis HTEA olarak ortaya çıkmaktadır.

Ancak temel olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi iki şekilde yapılabilir [8]: Ürün – Proje(Tasarım) bazında, HTEA Ürün – Proses bazında.

Bu çalışmada bir proses HTEA'sı örneği sunulmuştur. HTEA'nın uygulama süreci aşağıdaki gibi özetlenebilir: Başlangıç (Hazırlık çalışmaları), Sistem analizi, Analiz sonuçlarını değerlendirme, Takip – uygulama, Doğrulama.

Tablo1. HTEA çalışmasının nedenleri

SÜREÇ	ÇEVRE ŞARTLARI	HTEA
Biliniyor, hedefleri belli	Biliniyor	HAYIR
Bilinmiyor ve/veya hedefler belli değil	Bilinmiyor	EVET
Mevcut Proseste değişiklik	Mevcut çevrede değişiklik	EVET
Yeni	Yeni	EVET

Bir HTEA çalışma grubunun oluşturulması [8, 9]:

- Grup lideri (Animatör) seçilmelidir.
- Grubu oluşturan üye sayısı 5–8 kişiyi arasında olmalıdır. (Yeterli sayıda fikir üretebilecek ve konuyu dağıtmayacak şekilde)
- Grup, sorumlu ve konu hakkında deneyimli kişilerden oluşmalıdır.
- Mühendislik, kalite güvence, imalat bölümündeki üyeler doğal üyelerdir. İhtiyaç olduğu takdirde diğer bölümlerden geçici veya sürekli üye seçilir.
- Bir HTEA çalışması 2 aylık bir süreyi aşmamalıdır.
- Toplantılar 3 saatten fazla olmamalıdır.
- Çalışmanın sınırları belirlenmelidir.
- Toplantılar HTEA çalışmaları sonuna kadar periyodik olarak sürdürülmelidir.
- Olumlu sonuçların alınabilmesi için üst yönetimden kişilerin de grupta yer alması sağlanmalıdır.

Hata şekli, hatanın görünme şeklidir. Bu şekil, bir fonksiyona bağlıdır. Dolayısıyla hata şekli, bir sistemin fonksiyonlarını yerine getirememeye durumu veya normal olmayan işleyişidir. Başarılı bir hata şekli analizi yapabilmek için [8-10]:

- Parçanın spesifikasyonları karşılayamadığı durumlar nelerdir?
- Tasarımla veya prosesle ilgili olası sorun nedir?
- Bir sonraki veya daha sonraki operatör neyi kötü olarak değerlendirecektir?
- Müşteri neyi kabul edilemez olarak nitelendirecektir? vb. sorularına verilen cevaplar tam ve doğru olmalıdır.

Hata şeklini belirlemek için: Garanti verileri, Test raporları, Müşteri şikayet raporları, Benzer ürün ve sistem verileri, Benzer ürünler için daha önceden yapılmış HTEA çalışmaları sonuçları, Simülasyon çalışmaları sonuçları kullanılmaktadır [9-11].

Olası hata sebebi, olası hata şeklini oluşturabilecek ilk anormallik olarak tanımlanır. Hata sebepleri tasarım veya proses esnasında sorunların ortaya çıkma nedenlerini gösterir.

Hata sebeplerinin belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntem, balık – kılıcı (neden – sonuç, Ishikawa) diyagramıdır. 4M + 1İ; makine, malzeme, metot, insan ve bilgi(ortam ölçüm) olarak tanımlanan hata kaynaklarına göre nedenler, beyin fırtınası yöntemi ile tespit edilir. HTEA tekniğinde grup üyelerinin tecrübelerinden azami ölçüde yararlanma söz konusudur [11-16].

Bir hatanın muhtemel etkisi, bir müşterinin duygularının ifadesidir. Hata etkisi, hata şekliyle bağlantılı olup, her bir hata şekliyle neden olunan, sistemin fonksiyonelliğindeki değişikliği gösterir [17]. Olası hata etkisi, hatanın ortaya çıktığı kabul edildiğinde, müşterinin neyin farkında olacağı ile ilgilidir. Buradaki müşteri, bir sonraki bölüm ya da işlem yapacak kişi veya son kullanıcı olabilir.

HTEA Tekniği 'nde tespit, hatanın nedeni veya şekli oluştuğunda bu hatanın müşteriye ulaşmaması için öngörülen olarak tanımlanır. Hataların saptanmasında temel yaklaşım kontroldür. Ancak hatalar sadece kontrol ile bulunamaz. Sistem veya ürünün oluşturulması aşamalarında gerçekleştirilen diğer faaliyetler ile de hatalar fark edilebilir. Örneğin; tasarım aşamasındaki, malzeme dayanımlarının hesapları, bitmiş parçalar üzerinde yapılan hesaplamalar, deneyler, ön üretimde yapılan denemeler etkin hata tespit yöntemleridir.

3. DEĞERLENDİRME

HTEA Yöntemi'nde değerlendirmenin amacı; muhtemel risklerin sayısal olarak ifadesi ve sınırlandırılmasıdır. Bu aşamada her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. Kritikliği belirleyen ölçüt, kritiklik sayısı veya onun eşdeğeri olan Risk Öncelik Göstergesidir. RÖG risk faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Ancak uygulamada işlem kolaylığı sağlamak amacıyla kritiklik, olasılık bir değer yerine sayısal olarak ifade edilir. Risk Öncelik Göstergesi veya Risk Öncelik Sayısı olarak adlandırılan bu sayı, hata ortaya çıkma ve bulunabilirlik risk faktörlerinin olasılık ile ağırlık risk faktörünün sözel olarak tanımlanan değerlerine belirli aralıkta yer ala sayılar atanıp matematiksel işlem uygulanması sonucu bulunur. RÖG sayısı hataların kritiklik yönünden göreceli olarak sıralanmasını ve karşılaştırılmasını sağlar.

Frekans indisi muhtemel nedenin ve bunun yol açtığı hata şeklinin gerçekleşmesi olasılığıdır[3]. Bunu belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır. Birincisi, bir hata türü(veya nedeni) için ortaya çıkma olasılık değerini belirlemektir. Diğerinde ise, olasılık değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır. Bu durumda olasılık değeri, hata nedeni ortaya çıkma olasılığı P1 ile hata nedeni oluşuktan sonra bunun hata türüne yol açması koşullu olasılığı, P2/1'in çarpımı ile bulunur [9].

Hata nedeninin oluşma olasılığı istatistiksel yöntemler ve benzer ürünlerden yararlanılarak belirlenir. Veri tabanları oluşturulmamış ise veya hesaplama yöntemleri kullanılmıyorsa grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır.

HTEA yöntemi'nde hatanın önemi hatanın müşteriye yansıyan sonuçlarını ifade eder. Hatanın etki düzeyi arttıkça önem de artar. Hata şekillerinin olası sonuçlarını niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek amacıyla sınıflandırma yapılır. Önem sınıflandırması olarak adlandırılan bu sınıflandırmada analiz edilen her birimin, ürünün veya sistemin hata türünün sonuçlarının kayıp ile ifadesidir. Kayıplar sistemin hasar görmesi, fonksiyonunun yitirmesi, can kaybı, yaralanma şeklinde ortaya çıkar. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirler.

Etki derecelerine göre bir önem sınıflandırması aşağıda verilmiştir [9].

1. derece: Güvenlik problemleri: Ani arızalar, Hayat kaybına neden olan, Ürün–hizmetin çıktısını ciddi olarak azaltan.
2. derece: Büyük hoşnutsuzluk ve tamir masraflarına yol açan hata: Aniden ortaya çıkan arızalar, Bakım görevlileri tarafından tamir edilemeyen arızalar, Çalışanların yaralanmasına yol açan.
3. derece: Hoşnutsuzluğa sebebiyet veren hata: Performansı düşüren, Küçük sistem hasarına yol açan.
4. derece: Müşteriyi zor durumda bırakan hata: Arıza öncesi belirtiler, Müşteri tercihlerini etkileyecek hatalar.
5. derece: Performansı düşürmeyen hata: Hafif rahatsızlığa neden olan, Planlanmamış bakım veya tamirle giderilebilecek olanlar.
6. derece: Farkına varılmayan: Küçük arıza, Sistemin bozulmasına yol açacak kadar ciddi olmayan arızalardır.

Tespit indisi ile ortaya çıktığı varsayılan hata sebebinin(ya da şeklinin) müşteriye ulaşabilme olasılığı bulunur. Bazı işletmelerin bu olasılık değerini hatanın müşteriye ulaşmama olasılığı olarak aldığı görülmektedir.

Risk Öncelik Sayısı(RÖG), kritiklik sayısı göstergesidir. HTEA’da her hata nedeni yukarıda tanımlanan şu üç indis ile kıyaslanır: Önem (ağırlık), Frekans (sıklık), Tespit (Saptama).

RÖG değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılık olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında tanımlanan değerleri alınır. RÖG değeri ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖG’e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması kısa dönemde en azlanması için alınacak düzeltici önlemler belirlenir.

Önem, tespit, frekans indislerine sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğüne ilişkin bir standart yoktur. Bugün uygulamalarda sıkça kullanılan iki aralık 1–5 ve 1–10 aralıklarıdır. 1–5 aralığının kullanılması yorumlama kolaylığı sağlamasına rağmen duyarlılık yönünden yetersizdir. Yaygın olarak kullanılan aralık 1–10 aralığıdır. Sayılara karşılık gelen olasılıklar ve sözel ifadeler işletmelerin yapısına ve müşterilerin beklentilerine göre değişmektedir [8, 9, 12, 14].

Bu çalışmada sıklık (frekans) olasılıklarına değer atamada, olasılık değerlerinin en küçüğü için “1” ve en büyüğü için “10” sayısal değerleri kullanılmıştır.

Hata ağırlıklarına değer atanmasında “1” en düşük önemi “10” en büyük önemi gösterir. Bu önem derecelerine atanan değer, hoşnutsuzluğa, tamir masraflarına, can güvenliğinin tehlikede olup olmamasına bağlı olarak artacaktır [14-16].

Ortaya çıktığı varsayılan hatanın müşteriye ulaşma olasılığıdır. Hata saptama değeri müşteriye ulaşma olasılığına göre değerlendirilirse, en büyük olduğunu gösteren değer “10”, hatanın müşteriye ulaşmama olasılığına göre değerlendirilirse en küçük olduğunu gösteren değer “1” olacaktır.

Risk Öncelik Göstergesi (RÖG) , Önem, Frekans ve Tespit değerlerine atanan değerlere çarpma işleminin uygulanması ile hesaplanır.

RÖG değeri hesaplanırken Ö, F ve T için atanan değerler 1’den 10’ a kadar değer aldığından RÖG sayısının değeri 1 ile 1000 arasında değişecektir.

$$RÖG = Ö \times F \times T$$

Bir HTEA uygulamasında hesaplanan RÖG değeri için aşağıdaki şartlar geçerlidir[3];

Ö = Değiştirilemez

T =Kontrol mekanizmalarının etkinliğinin araştırılması

P1 =P1’ i aşağıya çekmek için ürün hatasına hakim olmak gerekir.

P2/1=P2/1’e hakim olmak tasarımda değişikliği gerektirir veya tanımda değişikliği gerektirir(Toleransların değişimi, malzeme değişimi, form değişimi vb.).

4. DÜZELTİCİ FAALİYETLER

Düzeltilici faaliyetler, RÖG değerleri daha önceden belirlenmiş bir seviyeyi aşan hata nedenleri için uygulanır. Düzeltilici önlemler ile RÖG değerleri aşağıya çekilmeye çalışılır. Bu değerlerin küçültülmesi önem, frekans ve tespit gibi risk faktörlerine atanan değerlerin küçültülmesi ile mümkün olacaktır [14-20].

HTEA'nın bu safhasındaki amaç, eşik değeri üzerinde bulunan RÖG katsayılarını, eşik değerin altına çekilmesini takip etmek ve bunun devamını sağlamaktır. Bu aşamada kritik RÖG değerlerinin aşağıya çekilmesi için, düzeltilici önlemlerin kesinlikle alınması sağlanır, bunların azaltıldığı doğrulanır ve gerçekleştirilen iyileştirmeler korunur. Bu amaçla organizasyonda, akış diyagramında ve imalatta kullanılan araçlarda değişiklikler yapılır. Bir HTEA çalışmasında takip aşaması olmazsa, proje çekmecedeki bir HTEA projesi olarak kalır ve hedefe hiçbir zaman ulaşılmaz [18-20].

HTEA Tekniği' nin bu aşamasında amaç, düzeltilici önlemlerin uygulanmasının ve sistemin zaman içinde değişime uğramamasının doğrulanmasıdır.

Doğrulama aşamasında, uygulama sırasında kullanılan tüm HTEA sentez formları, bütün kabul ve koşullar ve sonuçlar dokümanite edilerek, raporlanmalıdır. Bu raporlar, sonraki HTEA çalışmalarında kaynak oluşturması amacıyla ilgili birimlere dağıtılmalıdır. Bu belgeler yaşayan doküman olmalı ve sürekli güncelleştirilmelidir. HTEA Tekniğinin en olumlu yanı, zorluğunun bir ürün veya sistem için bir kez hazırlandıktan sonra sona ermesidir. Yeni ürünler için yapılacak HTEA çalışması, mevcut proses ya da ürün için yapılmış çalışmaların güncelleştirilmesi şeklinde olacaktır.

5. UYGULAMA

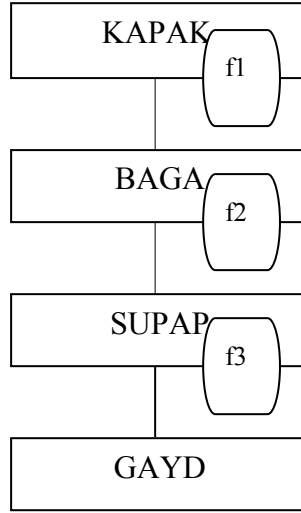
Bu çalışmada proses HTEA'sı Magirus 912 ve 2133706 orjinal nolu Eksoz bagasının imalatına uygulanmıştır. Bunun için öncelikle bagaların özellikleri ve görevleri hakkında aşağıda bilgi verilmiştir [21].

Baga, supap yuvalarına takılan blok ya da silindir kapağı gerecinden daha sert ve ısıya dayanıklı özel alaşımli çeliklerden yapılmış bir halkadır. Standart bagaların bütün yüzeyleri hassas olarak işlenmiş, dış üst ve alt kenarlarına hafifçe pah kırılmış, üst iç kenarına ise dar bir yuva açılmıştır. Supap yuvalarına бага ya yapım sırasında ya da sonradan, taşlamakla düzeltilemeyen bozulmuş yuvaları tekrar kullanabilecek hale getirmek için takılır. Supap yuvaları, sürekli darbe yüksek ısı altında çalıştığından kısa sürede bozulup iş görmez hale gelir. Bu nedenle, özellikle eksoz supabı yuvalarına dayanımı artırmak yüksek ısının etkisini azaltmak için motorun yapımı sırasında бага geçirilir.

Bagalar, taşlamakla düzeltilemeyecek kadar aşınmış, bozulmuş, çatlamış, yanmış, et kalınlığı azalmış ya da yuvalarında gevşemiş ise yenileri ile değiştirilir. Bagalarda en çok rastlanan arıza çatlama ya da gevşemedir. Gevşeme, baganın yuvasına ya çok sıkı ya da gevşek geçirilmesinden ileri gelir. Yuvalarına çok sıkı geçirilen bagalarda, kapak ya da blok gereci ile бага gerecinin ısı altında farklı genleşmeleri sonucu şekil bozuklukları ya da çatlamalar görülür. Gevşemiş bagaların çevresinde toplanan karbon parçaları ısı akımını engellediğinden yuva ya da supap başlarının yanmasına neden olur. Gevşemiş ya da çatlamış bagalar mutlaka değiştirilmelidir. Bagalar yuvalarına, motorun özelliğine göre, vidalanarak, soğukta büzdürülerek ya da çakılarak geçirilir. Bagaları yuvalarından çıkarmak için takılıştaki bu özelliklerin bilinmesi gerekir. Vidalı bagalar yerlerinden kolayca çıkarılabilir. Basınçla ya da büzdürülerek takılan bagaları yuvalarından çıkarmak için ya özel çektirme ya da bu iş için yapılmış zımbalardan veya kolayca uygulanabilecek başka yöntemlerden yararlanır. Zimba ile бага çıkarmak için, zımbanın profilli ucu baganın alt iç kenarına dayatılarak zorlanmalı, yeterli olmazsa çekiçle vurulmalıdır. Bagalar çıkartılırken, бага yuvası bozulup zedelenmemeli; işlemden sonra yuvalar çeşitli yönlerden kontrol edilmelidir. Düzgünlüğünü yitirmemiş yuvalara aynı çaplı yeni bagalar takılır. Zedelenmiş, ovalleşmiş, genişlemiş yuvalara yeni бага takabilmek için yuvalar, bir üst standart çapa göre torna edilerek genişletilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi bagalar yuvalarına vidalanarak, soğukta büzdürülerek ya da çakılarak geçirilir. Vidalı bagalar taşıt motorlarında kullanılmamaktadır. Baganın yuvasına büzdürülerek geçirilmesi için uygun baganın buz içinde ya da bir soğutucuda belirli bir süre soğutulması gerekir. Bu yolla, büzülerek bir miktar küçülen бага yuvasına kolayca geçer. Yaygın olarak kullanılan yöntem ise baganın yuvasına çakılarak geçirilmesidir. Bagaların yuvalarına kolayca çakılabilmesi için, genel olarak ortasına merkezleme mili takılan özel çakma zımbaları kullanılır. Bu zımbalarla бага çakılmadan önce yuvaları metal tozlarından iyice arındırılmalı yuvanın ağızındaki çapaklar alınmalıdır.

Yuvalarına normal sıklıkta geçirilen bagalar kolayca gevşemezler. Bununla birlikte bazı yapımcılar çakma işleminden sonra yuva kenarının бага üzerine doğru ezilmesini(perçinlenmesini) önermektedirler. Döküm bagaların ısıl genişleme katsayıları ile blok ya da kapak gerecinin ısıl genişleme katsayıları aynı olduğundan bu tür bir işleme gerek yoktur. Sertleştirilmiş çelik bagalarda bu uyum olmadığından ezme yoluyla sıkıştırılmaları gerekmektedir. Yuvalarına takılan bagalar, taşlanarak kullanılacak hale getirilir.



Şekil 1. Baga İçin Blok Diyagramı

f1 = Sıkı Geçme Kuvveti
f2 = Oturma Kuvveti
f3 = Sürtünme Kuvveti

İşletmede, HTEA çalışması daha önce yapılmış olduğundan yönetimin çalışmaya destek vermesi kolaylıkla sağlanmıştır. Yönetim temsilcisinin de isteğiyle yeni bir imalat olan бага imalatı üzerinde HTEA çalışması yapılmasına karar verilmiştir. İşletmede daha önce yapılmış olan HTEA çalışmaları, işletmenin müşterisi konumunda bulunan otomotiv firmalarının isteğiyle (QS 9000) çalışmaları çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada amaç, işletme için yeni bir imalat olan бага imalatında ortaya çıkabilecek olası hataları önceden tespit ederek, müşteriye olabilecek etkilerini minimum düzeye indirmektir.

Bu amacı gerçekleştirmek üzere HTEA tekniğindeki kısıtlar da dikkate alınarak animatör dahil altı kişilik bir grup oluşturulmuştur. Grup üyeleri, proses şeması da dikkate alınarak belirlenmiştir

Proses incelenmeye başlanmadan önce iki oturum süresince HTEA eğitimi verilmiş, örnek uygulamalar anlatılmış ve çalışma süresince kullanılacak teknikler (beyin fırtınası, balık kılıcı diyagramı vb.) grup üyelerine tanıtılmıştır.

Baga imalatına HTEA Tekniğinin uygulanması esnasında karşılaşılan en büyük güçlük, imalatın yeni olmasından dolayı bu konuya ilişkin yeterli verinin bulunamaması olmuştur. Bu nedenle grup elemanlarının bu konudaki tecrübeleri en büyük bilgi kaynağını oluşturmuştur. Sayısal tekniklerin kullanılmasını gerektiren HTEA tekniği, elde yeterli veri olmadığında uzmanların değerlendirmelerine başvurulması gerektiğini anlatmaktadır[5].

Toplantılarda бага imalatı prosesi, бага imalatı iş akışında verilen sıraya göre tek tek irdelenmiş, imalatın teknik resimlerinden de faydalanılarak, her bir operasyon için hata sebebi, hata şekli ve olması muhtemel hatanın, müşteriye olan olası etkisi tespit edilmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi beyin fırtınası tekniği ile bu tespitler yapılmış ve tartışmalarda, olabilecek en yüksek değer RÖK (Risk Öncelik Katsayısı) olarak atanmıştır. Çünkü imalatçı olarak müşteriye cezalandırmaya HTEA tekniği izin vermemektedir.

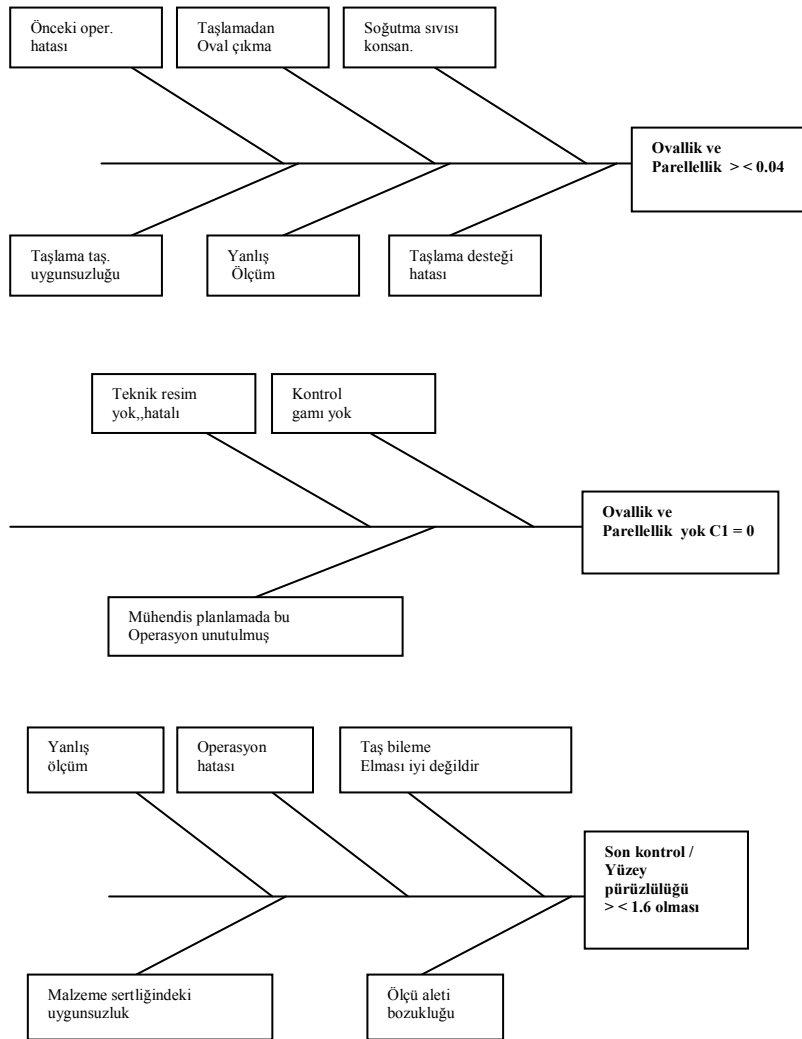
HTEA çalışmasında takip edilen yol aşağıda verilmiştir;

- Sistemin analizi ve sayısallaştırılması
- Düzeltici - Önleyici faaliyet geliştirme
- Yeni sistemin takibi ve doğrulanması

HTEA çalışmasında amaç, RÖG (Risk Öncelik Göstergesi) değerlerini tüm hata türleri için 1'e en yakın değere ulaştırabilmektir. Bu amacın gerçekleşmesi için de yukarıda verilen 2. ve 3. aşamalar sürekli bir çevrim içerisinde olmalıdır. HTEA tekniği yaşayan bir analiz tekniğidir.

Proses aşamaları incelenirken, önem (ağırlık) ve saptama (tespit edilememe) risk faktörlerine değer atamada nihai müşteri değili, bir sonraki bölüm müşterileri dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada, sistemin analizi-sayısallaştırılması ve düzeltici-önleyici faaliyet geliştirme aşamaları altıncı haftanın sonunda tamamlanmıştır. Uygulamaya ilişkin HTEA çalışma sentez formları oluşturulmuş, sonuç değerlendirme yazısı hazırlanmıştır. Uygulama sonucu elde edilen RÖG değerlerinin dağılımı da verilmiştir.



Şekil 2. Sebeplerin balık kılıçığı diyagramı ile analizine örnekler

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bir insan için aşı ne ise, bir proses için de HTEA odur. Kısaca bu şekilde tanımlayabildiğimiz ve kalite iyileştirme çalışmaları çerçevesinde karşımıza çıkan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ya da diğer adıyla HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) tekniği, hataları ortaya çıkmadan önlemeye yönelik çok güçlü bir sayısal analiz tekniğidir.

Bir HTEA uygulamasının optimum düzeyde etkili olabilmesi için, çalışma mümkün olan en erken zamanda başlatılmalıdır. Ancak çoğu kez eldeki verilerin yetersiz olduğu düşünülerek bu yapılmamakta ve HTEA çalışmasına hiç başlanmamaktadır. Bu ise, özellikle toplam kalite yönetimi felsefesini uygulayan işletmeler açısından zararlı sonuçlar doğurmaktadır.

HTEA uygulamasına başlanmadan önce yönetimin desteği kesinlikle sağlanmalıdır. Oluşturulan HTEA Proje grubunu, projenin sonuna kadar yaşatabilmek için (motivasyon) animatör , toplantılar esnasında uyulması gereken kuralların üzerinde hassasiyetle durmalıdır.

HTEA Tekniğinin bir takım çalışması olduğu düşünülerek, grup oluşturulurken, incelenecek prosesle ilgili herkesin gruba dahil edilmesi sağlanmalıdır. Bu şekilde daha nesnel sonuçlara ulaşılabilecektir.

Bir otomotiv yan sanayi işletmesinde gerçekleştirilen bu HTEA uygulaması neticesinde deneysel değerler kullanılarak (bu nedenle gruba üye seçimi çalışmanın başarısı açısından hayati önem taşımaktadır) processte olabilecek muhtemel hatalara karşı önlemler geliştirilmiş ve bunların takibine karar verilmiştir.

KAYNAKLAR

1. AIChE, **Dow Process Safety Guide**, USA, 1974.
2. Dizdar E. N., Kurt, M., **Olası İş Kazaları İçin Bir Erken Uyarı Modeli**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Ekim, Cilt: 9, No: 4, sf. 525-532, Ekim, 1996.
3. Dizdar, E. N., Kurt, M., **İş Güvenliği**, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Ders Kitabı, No: 2002/111, Kale Ofset, 2002, Ankara.
4. Yılmaz, A., **Hata Türü ve Etki Analizi**, İstanbul Teknik Üniversitesi F.B.E. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997.
5. Dizdar, E. N., **Tehlike Analiz Teknikleri**, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yardımcı Ders Kitabı, Ekim, 2001, Ankara.
6. Dizdar, E. N., **İnsan Hatası Değerlendirilmesi**, Teknoloji Dergisi, sf. 149-156, 3(4), Aralık, 2000.
7. Amdec (Analyse Des Modes Des Defaillance, De Leurs Effects, Et De Leur Criticite) Uygulama Seminer Notları, 1992. Renault- Oyak A.Ş., Sapanca.
8. Kasa, H. ve Boran, S., **HTEA ve Toplam Kalite Yönetimi İçin Önemi**, YA / EM Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı 1993.
9. MIL- STD 1629 **A (revised) Procedures for performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis**, Department of Defence, USA 1984.
10. Stamatis, D. H., **Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)**, ASQC 49th Annual Quality Congress Proceedings, Ohio 1995b.
11. Kara-Zaitrı, C., Keller, A.Z., Barody, I. and Flemig, P.V., **An Improved FMEA Methodology**, Proceedings Annual Reliability and Maintability Symposium, Orlando, USA, Publ by IEEE 1991.
12. Prasad, S., **Improving Manufacturing Reliability in IC Package Assembly Using HTEA Technique**, 9th IEEE / CHMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium, Washington, USA, Publ by IEEE 1990.
13. Ashley, S., **Failure Analysis Beats Murphy's Law**, Journal of Mechanical Engineering, 1993.
14. Lieberman, P., **Design FMEA and The Industry**, Journal of Automative Engineering, 1990.
15. Sahnı, A., **Using Failure Mode and Effect Analysis to Improve Manufacturing Processes**, Journal of Medical Device Diagnostic, 1993.
16. Dale, B.G. and Shaw, P., **Failure Mode and Effects Analysis in The U.K. Motor Industry : A. State of the Art Study**, Jour. Quality and Reliability Engineering International, 1990.
17. Pugh, D.R., Hunt J.E. and Price C.J., **Augmenting Raphael with Behaviour Charts**, Proc. AAAI Workshop on Functional Reasoning, 1994.
18. Mc Kinney, B.T. , **FMECA The Right Way**, Proceedings Annual Reliability and Maintability Symposium, Orlando, USA, Public by IEEE, 1991.
19. Baykoç. Ö.F., (1999), **Karmaşık Karar Ağaçlarının Benzetim Yoluyla Analizi**, G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3), sh. 625-631.
20. Baykoç, Ö. F., (1998), **Karar Ağaçlarında Risk Analizi Yaklaşımı**, G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2), sh. 367-374.
21. Alp, M.Ş. **Motor Supapları Montajı Arızaları Sebepleri**, Supar A.Ş. Konya, 1999.