

MAKİNA ELEMANLARINDA HASAR ve HASAR ANALİZİ

Deniz YILMAZ¹

İbrahim AKINCI²

Murad ÇANAKCI¹

ÖZET

Ülkemiz tarım makinaları sanayinde, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde görülen teknik bilgi yetersizliği, yeni teknolojilerin yeterince kullanılmaması ve tasarım özelliklerine ayrıntılı dikkat edilmemesi gibi nedenlerle üretimde ve üretim sonrası bazı sorunlarla karşılaşıldığı bilinmektedir. Bu sorunlardan biri de makina elemanlarında oluşan hasarlardır. Ülkemiz tarım makinaları sanayinde daha nitelikli ve kaliteli üretimin yapılabilmesi için, makina elemanlarında oluşan bu hasarların ve hasar nedenlerinin bilimsel olarak incelenmesi, analizin yapılması ve çözüm yollarının araştırılması gereklidir.

Bu çalışmada; hasarla ilgili tanımlar, hasar nedenleri, hasar tipleri ve hasar analizi kavramları açıklanmış, ayrıca konu; tarım makinasında meydana gelen bir hasar örneğinde irdelenmiştir.

Failure And Its Analysis in Machine Parts

ABSTRACT

In our agricultural machinery industry especially in small and medium scale, it's known that during process and postprocess we are faced with problems owing to some reasons such as insufficient technical knowledge, improper usage of new technology and inadequate care of desing features. One of these problems is failures rised in machinery parts. These failures and their reasons should be investigated, analyzed and solutive ways should be determined scientifically to produce more qualified production in our national agricultural machinery industry.

In this study, failure definations, reasons of failure, type of failure and terms of failure analysis were explained. Moreover; this subject was examined in a failure sample rised in agricultural machine.

GİRİŞ

Hasar, bir malzeme yada makina parçasının fonksiyonunun engellenmesi veya fonksiyonunu tamamıyla yerine getirememesi olarak tanımlanmaktadır. Hasar analizi ise, hasar nedenlerinin sistemli olarak araştırılmasıdır. Malzeme veya makina üretiminin yoğun olduğu alanlarda çeşitli hasarlarla karşılaşmaktadır. Hasar tekrarlarının önlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarla, hasar analiz teknikleriyle önemli ilerlemeler sağlanmış ve günümüzde hasar analizi, bilimsel yöntemlere sahip temelleriyle önemli bir mühendislik alanı haline gelmiştir (1).

Hasar analizinin amaçları; malzemede oluşan teknolojik hatayı bularak bu hatayı engelleyici daha iyi bir tasarım geliştirip, bu tip hasarların gelecekte tekrarını önlemek, hasar sonrası doğan yasal sorunlarda sorumlu tarafı belirlemek, zaman ve ekonomik kaybı önlemek ve kaliteli ürün üretmektir.

Makina elemanlarında meydana gelebilecek olası bir hasardan önce yeterli önlemlerin alınması gereklidir. Zamanında alınmayan önlemler büyük kayıplara neden olmaktadır. Örneğin ülkemizde, pullukla toprak işleme sırasında oluşan aşınma hasarından dolayı yılda 10 000 ton malzeme toprakta kalmaktadır (2). Uygun üretim teknikleri kullanıldığında bu tip aşınma zararlarının azaltılması olasıdır. Üretim ve kullanım aşamalarında meydana gelen hasarların önlenmesi için, yapılması gereken en önemli çalışmalardan biri de hasar analizi çalışmalarıdır.

Bu çalışmada, hasarla ilgili tanımlar, hasar nedenleri, hasar tipleri ve hasar analizi kavramları açıklanmış, ayrıca konu; tarım makinasında meydana gelen bir hasar örneğinde irdelenmiştir.

HASAR İLE İLGİLİ TANIMLAR

Makina elemanlarında oluşan hasarlara ilişkin bazı tanımlar aşağıda verilmiştir (3).

Hasar: Bir parçanın fonksiyonunun engellenmesi veya fonksiyonunu tamamıyla yerine getirememesidir.

Ön hasar: Önceden bir parça veya sistemde meydana gelen hasardır.

Esas hasar: Zamana göre ilk olarak meydana gelen hasardır.

Hasar sonucu: İlk hasardan sonra oluşan hasardır.

1 Arş. Gör., Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Antalya

2 Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Antalya

Hasar tekrarı: Aynı karakterli hasarın tekrarlanmasıdır.

Hasar görünümü: Hasara uğramış parçanın dış görünüşüdür.

Hasar karakteristikleri: Hasarı tanımlayan değişkenlerdir.

Hasar akışı: Zamana bağlı olarak hasarın gelişmesidir.

Hasar tipi: Hasarın belirli bir hasar akışına göre belirlenmesidir.

Hasar nedeni: Hasarın meydana gelmesine etkili olan etmenlerdir.

Hasar önlemi: Hasarın tekrarlanmaması için alınan önlemlerdir.

Hasardan korunma: Hasarın bir daha oluşmaması için alınan önlemlerdir.

HASAR NEDENLERİ

Makina elemanlarında oluşan hasarlar; ürün hataları, işletme hataları ve diğer nedenlerle oluşan hatalar şeklinde sınıflandırılabilir (3).

Ürün Hatalarından Kaynaklanan Hasarlar

Ürün hataları genel olarak; planlama, şekillendirme, boyutlandırma, yanlış malzeme seçimi, imalat yöntemlerinin (talaşlı, talaşsız şekil verme, ısıl işlem, kaynak, döküm vb.) uygulanmasındaki hatalar, kullanılan malzemenin iç yapısından kaynaklanan hatalar (malzeme içindeki boşluklar, içindeki yabancı maddeler vb.), ürün montajı sırasında oluşan hatalar ve üretim tekniğine tam uyulmamasından kaynaklanan hatalar olarak tanımlanmaktadır. Bu tip hatalara; talaşlı imalat sırasında malzemede ortaya çıkan yırtılma veya çatlama, montaj sırasında millerin yanlış yataklanması, ısıl işlem sırasında malzemede meydana gelen tane sınırlarının büyümesi gibi örnekler verilebilir. Ürün hatalarından genellikle imalatçı sorumludur.

Ülkemizde, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde, yerli yada yabancı kaynaklı makinaların benzerlerinin yapılması şeklindeki bir üretimin yaygın olduğu bilinmektedir. Bu nedenle makina veya makina elemanlarında, planlama ve boyutlandırma hatalarına sıkça rastlanılmaktadır. Genellikle bu tip hasarlara deneme yanılma yolu ile çözüm bulunmaktadır. Ancak ülkemizde son yıllarda özellikle büyük ölçekli bazı kuruluşların bu konularda olumlu gelişmeler sağladığı, yurt dışı firmalarla ortak çalışmalara başladığı ve Ar-Ge birimlerini kurma aşamasına geldiği bilinmektedir.

İşletme Hatalarından Kaynaklanan Hasarlar

İşletme hataları genel olarak; kullanım hataları, bakım onarım hataları, bağlantı hataları ve koruyucu eleman hataları şeklinde tanımlanmaktadır. Bu bölümdeki hatalardan işletmeci yada kullanıcı sorumludur.

Kullanım hatalarının en önemli nedeni; imalatçı tarafından kullanıcıya makinanın kullanımına yönelik yeterli bilginin verilmemesidir. Ayrıca, bakım onarım işlerinin zamanında yapılmaması, makinalarda giderilemeyecek önemli hasarlara neden olmaktadır. Yetersiz bakım onarım sonucu oluşan hatalar, özellikle dikkatli kullanım gerektiren karmaşık makinalarda daha sık görülmektedir.

Diğer Nedenlerden Kaynaklanan Hasarlar

Bu tip hasarlar; deprem, doğal afet, taşıma ulaştırma ve gerilimdeki ani değişiklikler gibi etkilerle oluşan hasarlardır. Burada önceden tahmin edilemeyecek durumlar söz konusudur. Anılan nedenlerle oluşan hasarlarda insanın etkisi çok azdır.

Makina elemanlarında oluşan hasar nedenlerinin belirlenmesi amacıyla, 242 adet hasarlı malzeme üzerinde yapılan bir araştırmada, oluşan hasarların %78'inin ürün hatalarından, %22'sinin ise işletme hatalarından kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışmaya göre ürün hatalarının %42.5'i konstrüksiyon, %31'i malzeme, %24'ü imalat ve %3'ü de montaj hatasıdır. İşletme hatalarının ise %27'si bakım, %73'ü kullanım hatasıdır (4).

Makina elemanlarında oluşan hasarların, parça tipine göre dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir (4).

Çizelge 1. Makina Elemanlarında Oluşan Hasarların Parça Tipine Göre Dağılımı

Makina Elemanı	Hasarlı Eleman Sayısı (Adet)
Kaynaklı Elemanlar	77
Şaftlar	56
Civatalar	32
Kasnaklar	28
Dişliler	18
Döküm Elemanları	15
Halatlar	6
Diğer	10
Toplam	242

Çizelge 1'de görüldüğü gibi hasarlı eleman sayısı; kaynaklı elemanlarda 77, şaftlarda 32, kasnaklarda 28, dişlilerde 18, döküm halindeki elemanlarda 15 ve bağlantı halatlarında 6 adet olarak belirlenmiştir. En fazla hasar kaynaklı elemanlarda oluşmaktadır. Bu durum kaynak sırasında malzemede meydana gelen dayanım azalmasından kaynaklanmaktadır. Civata ve dişlerde oluşan hasarlar dış yan yüzeylerinde, kasnaklarda ise yataklanma yerlerinde oluşmaktadır.

MAKİNA ELEMANLARINDA GÖRÜLEN HASAR TİPLERİ

Makina elemanlarında görülen hasar tipleri 4 ana grupta incelenmektedir. Bunlar; distorsiyon, kırılma, sürtünme ve aşınma ile korozyon hasarlarıdır.

Distorsiyon Hasarı

Distorsiyon hasarı; makina elemanlarındaki deformasyon sonucu oluşmaktadır. Bu tip hasarlar boyut distorsiyonu (hacimde büyüme ve küçülme) ve şekil distorsiyonu (malzemenin geometrik yapısında değişme) şeklinde görülmektedir. Bir makina elemanında deformasyonun ne ölçüde hasar yaratacağı, o yapıdaki elemanlardan beklenen işleve, elemanların geometrisine, boyutlarındaki sınırlara ve hassasiyete bağlıdır (1).

Distorsiyon hasarları plastik veya elastik şekilde meydana gelmektedir. Plastik distorsiyon; uygulanan yüklerin makina elemanında genel akma yaratacak düzeye yükselmesi ile oluşmaktadır. Bu tip hasarlar makina elemanında kalıcı bir şekil değişikliğine neden olduğu için kolaylıkla belirlenebilir. Tarım makinelerinde oluşan plastik deformasyona örnek olarak, kuyruk mili bağlantıları ve hareket iletim ünitelerinde oluşan hasarlar verilebilir. Bu tip hasarlar daha dayanıklı malzeme kullanımı yada emniyet sistemleri uygulamasıyla giderilmeye çalışılmaktadır.

Elastik distorsiyon; makina elemanını etkileyen yüklerin, elemanın geometrik yapısı veya boyutunda geçici olarak şekil değişikliği oluşturması şeklinde görülmektedir. Yüklerin kaldırılması ile malzeme tekrar ilk durumuna gelmektedir. Bu hasarın gözle görülmesi olası değildir. Örneğin, makina elemanlarının değişken yük etkisinde uzun süreli çalışması sonucunda oluşan sehimler, bir elastik distorsiyon hasarıdır.

Kırılma Hasarı

Kırılma hasarı, bir malzemenin iç yapısında mevcut olan veya sonradan oluşan bir çatlakın, malzemeye uygulanan gerilmelerin etkisi altında ilerleyerek, malzemeyi iki veya daha çok parçaya ayırması şeklinde meydana gelmektedir. Tarım makinelerinde, özellikle malzeme hatalarından kaynaklanan kırılma hasarlarına oldukça sık rastlanmaktadır. Özellikle toprak işleme makinelerinde sert bir tabakanın makina ayaklarını yada uç demirini kırması sık karşılaşılan bir hasar şeklidir.

Sürtünme ve Aşınma Hasarı

Sürtünme ve aşınma hasarı, birbirine karşı zıt hareket eden parçalarda meydana gelmektedir. Tarım makinelerinde oluşan hasarların en önemlisi %42.5 oranla aşınma hasarlarıdır (2). Bu tip hasarlara örnek olarak; toprak işleme makinelerinin uç demirleri ve yumru bitkilerin hasadında kullanılan makinelerin, toprak altında çalışan parçalarındaki aşınma hasarları gösterilebilir. Ayrıca, sürtünme ve aşınma sonucu dişlilerde yan yüzey aşınması ve diş dibi hasarı gibi hasarlarda meydana gelmektedir.

Korozyon Hasarı

Korozyon hasarı, çevrenin kimyasal ve elektro kimyasal etkilerinden dolayı oluşan hasarlarıdır. Korozyon malzemeyi doğrudan etkileyebildiği gibi, diğer hasar mekanizmalarına karşı da duyarlı hale getirmektedir. Korozyon hasarlarına, tarım makinelerinde özellikle gübreleme, ilaçlama ve sulama makinelerinde rastlanmaktadır.

HASAR ANALİZİ VE RAPORU

Makina elemanlarında oluşan hasar nedenlerinin saptanabilmesi için, hasarlı parça ve çalışma ortamı üzerinde ayrıntılı inceleme ve analizlerin yapılması gerekmektedir. Hasar analizinin yöntemi konusunda belirli bir form veya sıralama yoktur. Ancak hasar analizinde; hasarın tanımlanması, bireysel kontrol ve incelemeler, araştırmaların değerlendirilmesi ve hasar raporunun hazırlanması şeklinde bir yöntem yaygın olarak izlenmektedir.

Hasarın anımlanması

Hasar analizinde, makina elemanında oluşan hasarın tanımlanması ilk aşamadır. Hasarın oluştuğu makina çalışma ortamının özellikleri, sistem özellikleri, yapısal ve tasarım özellikleri, yüklenme koşulları, malzeme özellikleri ve monte edilmiş yöntemi ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir.

Bireysel Kontrol ve İnceleme

Bireysel kontrol ve incelemede gözle muayene, fotoğraf çekimi, tahribatsız deneyler, mekanik deneyler ve kuvvet analizleri yapılmaktadır.

Hasarlı eleman üzerinde herhangi bir temizlik işlemi yapılmadan önce gözle muayene yapılır ve parça üzerinde hasara neden olabilecek durumlar belirlenir.

Makina elemanının çeşitli açılardan çekilmiş fotoğrafları ile gözle muayene sırasında dikkat edilmeyen ayrıntılar belirlenir.

Tahribatsız deneyler ise, parça üzerinde kırık ve çatlakların belirlenmesi için yapılır. Örneğin demir esaslı malzemelerde oluşan çatlakların belirlenmesi için, manyetik tozla muayene veya ultrasonik muayene yöntemleri kullanılmaktadır.

Mekanik deneylerle; malzemenin sertlik, çekme dayanımı, akma sınırı değerleri belirlenerek hasar nedenleri saptanır. Hasar analizinde, en önemli işlem makina elemanında hasarı oluşturan kuvvetin veya kuvvetlerin belirlenmesidir. Kuvvet analizleri hasarlı malzeme üzerine uygulanacak değişik deney tekniklerinden yararlanılarak yapılmaktadır.

Araştırmaların Değerlendirilmesi

Araştırmaların değerlendirilmesi aşamasında, hasar nedeninin saptanması, hasardan korunma yöntemi ve hasarın tekrar oluşmaması için alınacak önlemler ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

Hasar Raporunun Hazırlanması

Hasar analiz raporunda;

-Görevlendirilen Kurum

-Hasarlı Parçanın Belirlenmesi

-Hasar Cinsi ve Fotoğrafları

-Bireysel Kontrol ve İncelemeler

-Hasar Nedenleri

-Hasar Tamir Bakım Olanakları

-Hasardan Korunma Yöntemleri'ne ilişkin bilgiler yer almaktadır.

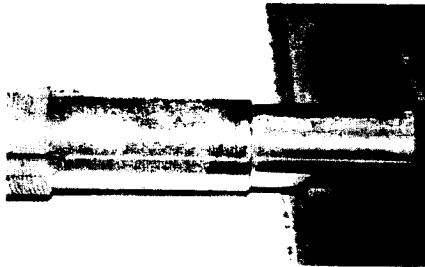
TARIM MAKİNALARINDA OLUŞAN HASARA BİR ÖRNEK

Aşağıda kuyruk milinden hareketli yem kırma makinasında meydana gelen bir hasar, örnek olarak incelenmiştir. Makina elemanının hasarsız ve hasarlı görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

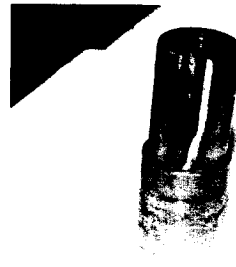
Görevlendirilen Kurum: Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü

Hasarlı Parça: Üzerinde çekiç ve vantilatör bulunan hareket iletim mili

Hasar Cinsi ve Fotoğrafları: Plastik distorsiyon, Şekil 1a,b



a) Hasarsız mil



b) Hasarlı mil

Şekil 1. Hasarsız ve hasarlı hareket iletim mili

Bireysel Kontrol ve İncelemeler;

Milin Malzeme Özelliği : St 37, Düşük karbonlu yüzey sertleştirilmiş çelik,

Milin Uzunluğu : 600 mm

Milin Çapı : 40 mm

Kama Boyutları : 10x10x64 mm

Kuyruk Mili Gücü : 20 kW

Kuvvet analizleri;

Milde oluşan döndürme momenti (Md) : 70740 Nmm

Milin döndürme kuvveti (F) : 3537 N

Kesme Gerilmesi (τ_a) : $\tau_a = 5,52 \text{ N/mm}^2 < \tau_{em} = 17 \text{ N/mm}^2$ (emniyetli)

Yüzey Basıncı (P) : $P = 11,05 \text{ N/mm}^2 < P_{em} = 90 \text{ N/mm}^2$ (emniyetli)

Yapılan laboratuvar denemeleri sonunda malzemenin iç yapısında herhangi bir olumsuzluğa rastlanmamıştır.

Hasar Nedenleri:

Yem kırma makinasında kuyruk milinden alınan hareket, kasnaklar ve hareket iletim mili aracılığıyla çekiçlere ve vantilatöre iletilmektedir. Vantilatörün bulunduğu kapalı ortamın aşırı dolması ve makinanın ani yüklenmesi sonucu, milde ters yönlü bir burulma momenti oluşmuş ve vantilatör ile mil arasında kilitleme meydana gelmiştir. Bu durum milde plastik distorsiyona neden olmuştur.

Hasardan Korunma Yöntemleri:

Çekiçlere materyal akışı gereğinden fazla yapılmamalı ve makina ani yüklenmemelidir. Bu gibi hasarların tekrarlanmaması için, traktörle makina arasında bulunan mafsallı milde, yaylı emniyet sistemlerinin kullanılması gerekmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, bilimsel metodlara sahip temelleriyle önemli bir mühendislik alanı haline gelen hasar ve hasar analizi ile ilgili temel tanımlar ve kavramlar açıklanmış, hasar nedenleri, hasar tipleri ve hasar analiz raporunun hazırlanması konuları ele alınmıştır. Ayrıca, yerli üretim yem kırma makinasında oluşan hasarlı bir parçanın analizi yapılmıştır.

Ülkemizdeki küçük ve orta ölçekli tarım makinaları sanayinde, finansman, altyapı, vasıflı eleman vb. sorunların yanısıra özellikle teknik bilgi yetersizliğinin olduğu bilinmektedir. Bu durum kaliteyi ve rekabet gücünü de olumsuz yönde etkilemektedir. Üretimde yaygın olarak kullanılan kopyalama şeklindeki üretim, beraberinde farklı sorunları da getirmektedir.

Ülkemiz tarım makinaları imalatçılarının daha nitelikli ve kaliteli makina üretebilmesi ve makinalarda oluşan hasarların giderilmesi için, deneme yanılma yöntemi yerine, hasar ve hasar analizi gibi tekniklerin uygulamaya aktarılması gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Eryürek, B., 1993. Hasar Analizi, Birsen Yayınevi, 171 S., İstanbul.
2. Önal, İ., Çakmak, B., 2000. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Tarımsal Mekanizasyon Durumu ve Tarım İş Makinaları Sanayi. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongre Bildiri Kitabı, 1-2 Haziran 2000, S. 1-3, Erzurum.
3. Rende, H., 2000. Makina Elemanlarında Hasar ve Hasar Analizi Ders Notları, 20 S, (Yayınlanmamış), Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Antalya.
4. Nishida, S., 1992. Failure Analysis in Engineering Applications, Butterworth Heinemann, 210 S., Tokyo.