
Araştırma Makalesi / Research Article

Av Tüfeklerinde Bulunan Kilit Parçasının Tasarım Optimizasyonu ve Malzeme Özelliklerinin İyileştirilmesi

Hatice VAROL ÖZKAVAK^{1*}, Mustafa Reşit USAL²

¹*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Böl., Isparta*

²*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isparta*
(ORCID: 0000-0002-0314-0119) (ORCID: 0000-0003-1823-4879)

Öz

Genel olarak av tüfeklerinde darbe şeklinde yüke maruz kalan parçalar hasara uğramaktadır. Bu tür parçalarda meydana gelen hasarlar doğru olmayan malzeme seçimi ve ısıl işlem parametrelerinin seçilmesi ile uygunsuz geometriden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu çalışmada Türkiye’de imalatı yapılan av tüfeklerinde bulunan ve kritik öneme sahip “kilit” parçasında meydana gelen kırılma hasarı ve bu hasarın önlenmesi ele alınmıştır. Bu amaçla hali hazırda tüfek imalatında kullanılan AISI 4140 ve AISI 4340 düşük alaşımlı çeliklerinin yanında düşük maliyetli AISI 1040 ve AISI 1050 çelikleri kilit parçası malzemesi olarak seçilmiştir. Seçilen bu malzemelere değişik ısıl işlem uygulanarak mekanik özelliklerde iyileştirme amaçlanmıştır. Ayrıca mevcut geometri ANSYS paket programı ile analiz edilerek gerilme yığılma bölgeleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda en uygun malzemenin normalize; yağda sertleştirme ve 500C’de temperleme işlemi uygulanmış AISI 4340 düşük alaşımlı çelik olduğu belirlenmiştir. ANSYS analizleri incelendiğinde geometriden dolayı parçada gerilme yığılma bölgeleri olduğu ve bunu engellemek için tasarımda iyileştirmenin gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Av tüfeği, Hasar analizi, Isıl işlem, Sonlu elemanlar analizi.

Design Optimization of Lock Part of Shotgun and Improvement of Material Properties

Abstract

In general, the impact load exposed components of hunting and sport shotguns damaged. It was discovered that the reasons for fracture of locking block are: incorrect material selection, unsuitable heat treatment parameters and dimensional geometry problems. In this study, the most trouble experienced in the shotgun "lock" part is intended to discover breakage failure reasons. For this purpose, the material currently used in the market as AISI 4140 and AISI 4340 low alloy steel; AISI 1040 and AISI 1050 steel is chosen by applying heat treatment is intended to improve the mechanical properties appropriate to the material. In addition, the geometry was analyzed with the ANSYS package program to determine the stress accumulation zones. At the end of the study, it was determined that the most suitable material was AISI 4340 low alloyed steel which was subjected to hardening and quenching at 500C with normalization process. ANSYS analysis revealed that stress concentration zones due to the part geometry. To prevent this, the design has concluded the necessity of improvement.

Keywords: Shotgun, Failure analysis, Finite element analysis, Heat treatment.

1. Giriş

Çeşitli mühendislik yapılarını oluşturan sistemlerin, elemanların ve parçaların servise sunulmalarının daha başında veya servis süresince fonksiyonlarını yitirerek iş göremez ve kullanılamaz hale gelmeleri, beklenen performansı sergileyememeleri veya kullanılmaya devam edilmelerinin tehlikeli durum oluşturmasına hasar denir. Mühendislikte istenmeyen bir olay olan hasar 3 farklı seviyede

**Sorumlu yazar: haticevarol@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi: 21.09.2018, Kabul Tarihi: 11.04.2019

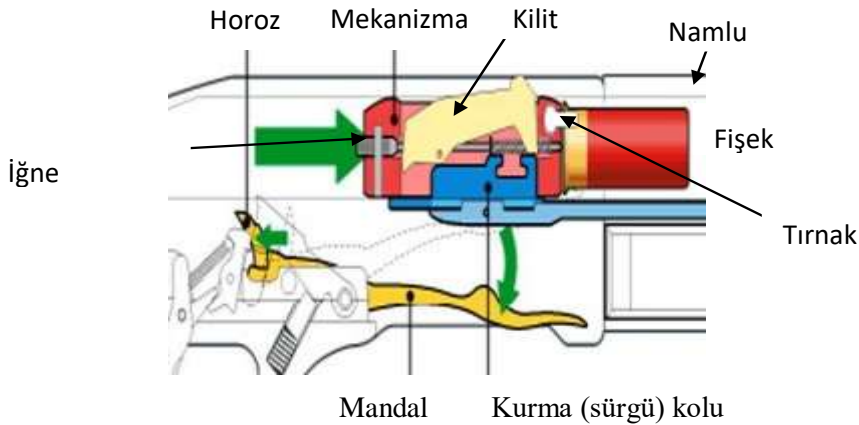
meydana gelir. Hasarın en basit seviyesinde makine elemanı çalışır ancak kendisinden beklenen performansı yerine getiremez. Biraz daha ilerlemiş hasarlarda makine elemanı kendisinden beklenen fonksiyonları emniyetsiz bir şekilde yerine getirir. Hasarın en son aşamasında ise makine elemanı tamamen kullanılamaz hale gelir. Makine elemanının taşıyabileceği yüke ek olarak teknolojik hataların neden olduğu gerilmeler de eklenirse makine elemanı aşırı zorlanmış olur [1, 2]. Teknolojik hatalar; tasarım sırasında yapılan hatalar, malzeme içindeki hatalar, imalat esnasında yapılan hatalar, montaj hataları ve uygun olamayan çalışma şartları olmak üzere sınıflandırılabilir [5]. Silah piyasasında av tüfeği imalatı ön plana çıkmaktadır. Av tüfeği imalatında ergonomi, güvenilirlik, fonksiyonellik ve ekonomik olması hedeflenmektedir. Çalışmalar genellikle bu amaçları gerçekleştirmek için yapılmış olup üretim sırasında yapılan hatalar üzerine yoğunlaşmış; üretim sonrası yapılan hasarlar pek ele alınmamıştır [6]. Av ve spor amaçlı tüfeklerde en fazla darbe şeklinde yüke maruz kalan parçalar hasara uğramaktadır [7, 12]. Çalışmada av tüfeklerinde bulunan kritik parçalardan “kilit” parçasında meydana gelen erken kırılma hasarının nedeni ve önlenmesi ele alınmıştır. Bu amaçla kilit parçası için uygun malzeme seçiminin yanında bu malzemeye uygulanacak ısıtma işlem parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca sistemin izin verdiği ölçüde tasarım değişikliğine gidilerek halen kullanılmakta olan ve tasarımı değişmiş haldeki gerilme yığılma bölgelerinin nümerik analizi ANSYS paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Falah vd., [9] makalelerinde bir otomobile ait hareket düzeninde bulunan biyel mekanizmasındaki hasarı incelemişlerdir. Biyel ve diş açılmış parça ve sarıcı parça olmak üzere iki parçanın birleştirilmesinden oluşmuştur. Falah ve arkadaşları hasara uğramış parçayı hasarın sebebinin belirlemek amacıyla değerlendirilmişlerdir. Yazarlar hasarın değerlendirilmesinde gözle muayene, fotoğraf kayıtları, kimyasal analiz, sertlik ölçümleri ve metalografik incelemeleri kullanmışlardır. Bunun yanında yazarlar hasar yüzeyini incelemek için SEM yöntemini de kullanmışlardır. Çalışmada hasarın diş açılmış parçadaki malzeme hataları ve yanlış uygulanan ısıtma işlemlerinin neden olduğu parçanın boyun bölgesinde meydana gelen yorulma çatlaklarında oluştuğunu belirlenmiştir. Kimyasal analiz yapılan parçanın analiz sonucunda yeterince sertleştirilemediği sonucuna varılmıştır. Spektrum analizleri ve sertlik ölçümleri hasara uğrayan parçanın AISI 8620 çeliği olduğunu göstermiştir. Falah ve arkadaşları yaptıkları hasar analizi çalışmalarını biyel dişli parçasının hasarının birincil nedeninin malzeme hatalarından kaynaklandığı şeklinde sonuçlandırmışlardır. Sz vd., [10], çalışmalarında buhar türbin kanadında oluşan hasarının nedenini incelemişlerdir. Sz ve arkadaşları, hasara uğrayan parçaların onarım ve çalışma geçmişini gözden geçirmişlerdir. Bu çalışmalara göre kazadan 6 ay önce makineye bazı tamiratlar uygulanmıştır. Önceden saptanan nemden kaynaklanan erozyonunun tekrarlanmasını önlemek için malzeme ilavesi yapılmıştır. Kobalt çubuk koruma amacıyla kanatlara kaynaklanmıştır. Ama sadece bu yöntem yeterli kalmamıştır. Penetran sıvı ile muayene sonucu 3. ve 4. kanatların geçmeler kırılmıştır. Araştırmacılar gözle incelemeyi analiz yöntemine geçmişlerdir. Yapılan incelemede 3. ve 4. kanatların geçmelerinde oluşan kırılmalar kaynağın kanatlara üniform şekilde uygulanmadığını göstermektedir. Dikkatli bir incelemeyle kanatların kenarındaki takipler sonucu kıyı izleri gözlemlenebilmektedir. Kırılan malzemenin metalografik çalışmalar sonucu kaynak sırasında geçmelerde meydana gelen aşırı ısınmanın dikkate alınması gerekliliğinin altı çizilmiştir. Sz ve diğ., kırılan parçaların doğal frekanslarını ölçmüşlerdir. Bu ölçümü Klister tip 8720 A 500 akselerometre ile yapılmıştır ve kırılan parçalarla sağlam parçaların doğal frekansları karşılaştırmışlardır. Sz ve arkadaşlarının ele aldıkları 37,5 MW, L-0 devirli buhar türbini için yapılan ölçümler ve gözlemler; önceden yapılan tamirlerin hasarın esas sebebinin teşkil ettiğini göstermiştir. Anormal kaynak malzemenin uygulanması kanadın normal frekansını değiştirmektedir ve titreşimlere neden olmaktadır. Rotor üzerindeki kanadın yenilenmesi sonucu yapılan doğal frekans ölçümlerinde herhangi bir anormalliğe rastlanmamıştır. Das vd., [11], kullanıma alındıktan birkaç ay sonra erken hasara uğrayan süspansiyon bobin yayını incelemiştir. Hasara uğramış yayın mikro yapısı SEM yöntemiyle incelendiğinde küçük taneli temperlenmiş martenzit olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu yöntemle yapılan incelemede yüzeyde çatlakların olduğu belirlenmiştir. Bu da bilyeli dövme işleminin uygun şekilde yapılmadığının bir göstergesidir. Optik mikroskopla inceleme sonucunda ise oksit inklüzyonlarına rastlanmıştır. Ayrıca kırık yüzeyinde bulunan çizik ve çentiklerin yorulma hasarının önemli belirtileridir. Çalışmanın sonunda Das ve arkadaşları incelenen bobin yayında oluşan erken hasarın esas nedeninin bilyalı dövme işleminin uygunsuz şekilde yapılması olduğu ve aşırı oksitlenme inklüzyonlarının varlığı da olayı daha fazla şiddetlendirdiği sonucuna varmışlardır. Özmen ve arkadaşları [7], yaptıkları çalışmada av tüfeklerinin statik, dinamik ve yorulma davranışlarını

incelemişlerdir. Doruk vd. [13] ;yaptıkları çalışmada av tüfeklerinde meydana hasarı ANSYS programı kullanarak analiz etmişlerdir. Bu çalışmada piyasada av tüfek üretiminde hali hazırda kullanılan “Kilit” parçasında meydana gelen hasar incelenerek önlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kilit parçası malzeme ve çalışma şartları açısından incelenmiştir. Çalışmada ayrıca ANSYS programı kullanarak gerilme analizleri yapılmıştır. Gerilme analizlerine göre kritik bölgeler belirlenmiş belirlenen bölgeler için sistemin elverdiği ölçüde tasarım değişikliğine gidilmiştir. Yeni tasarım için analizler yapılmıştır. Bu çalışma ile av tüfekleri için kritik öneme sahip kilit parçası için erken hasar oluşumu engellenerek literatüre ve üretim yapan sektöre katkı sağlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada av tüfeklerinde kullanılan ve en fazla kırılma hasarına uğrayan kilit parçasının hasarı ele alınmıştır. Kilit parçasının ateşleme öncesi tüfekteki konumu Şekil 1’de verilmekte olup mekanizma ile birlikte hareket ederek dolu fişegın patlama öncesi desteklenmesini sağlamaktadır. Deneysel ve nümerik inceleme olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda doğru malzeme ve bu malzemeye uygulanacak ısıl işlemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca parça üzerindeki meydana gelen gerilmelerin dağılımını belirlemek amacıyla statik analiz yapılmıştır. Böylelikle mevcut tasarımda gerilme yığılma bölgeleri değerlendirilmiş olup buna göre sistemin elverdiği ölçüde tasarım değişikliğine gidilerek gerilme yığılmalarını ortadan kaldırmak amaçlanmıştır.



Şekil 1. Ateşleme öncesi mekanizma içinde kilit parçasının pozisyonu [4]

2.1. Deneysel Çalışmalar

Çalışmada uygun malzemenin belirlenmesi amacıyla piyasada av tüfek imalatında kullanılan AISI 4340 ve AISI 4140 düşük alaşımli çeliklerinin yanında ekonomik olan AISI 1040 ve AISI 1050 sade karbonlu çelikler kullanılmıştır [3, 14, 15]. Ancak bu malzemelerin dayanımları bu haliyle yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu malzemelere ısıl işlem uygulanması gerekmektedir. Kilit parçasının statik yüklemeye altındaki mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla çekme deney numuneleri; dinamik ve darbeli yüklemeye şartlarındaki mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla ise çentik darbe ve üç noktadan eğme numuneleri hazırlanmıştır. Charpy çentik darbe deneylerinde kullanılacak V çentikli numuneler için TS EN 10045- Charpy Deneyi standardı ve eğme deneylerinde kullanılacak numuneler için TS 205-1 EN ISO 7438 standardı kullanılmış olup numuneler bu standartlara göre hazırlanmıştır. Numune imalat işlem parametreleri hasara neden olmayacak şekilde seçilmiştir. Çalışmada ele alınan kilit; darbeli yükler altında çalışan ve gerilme yığılma bölgelerinin oluşmasına neden olabilecek tasarımda imal edilmiş bir parçadır. Bu nedenle üç noktadan eğme deneylerinde kilit parçasını temsil etmesi açısından çentikli darbe numuneleri kullanılmıştır. Sertlik deneylerinde üç farklı bölgeden ölçüm yapılarak ortalama sertlik değeri alınmıştır. Sertlik deneyleri için diğer deneyler için hazırlanan bulunan numuneler kullanılmıştır. Mekanik deneyler öncesi numunelere değişik ısıl işlem uygulanarak en uygun malzeme ve ısıl işlem parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Isıl işlem parametreleri her bir malzemeye özgü belirlenmiş olup Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Malzemelere uygulanan ısı işlemler

Malzeme	Uygulanan Isıl İşlemler
AISI 1040	Satın alındığı gibi, 900°C'de Normalize işlemi, Suda sertleştirme(845 °C) ve 315 °C'de Temperleme işlemi, Suda sertleştirme ve 425°C'de Temperleme işlemi, Suda sertleştirme ve 540 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme(855 °C) ve 205 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme ve 315 °C'de Temperleme işlemi,900 °C Normalize işlemi +Suda sertleştirme ve 425 °C'de Temperleme işlemi
AISI 1050	Satın alındığı gibi, 900°C'de Normalize işlemi, Yağda sertleştirme(845 °C) ve 205 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme ve 315 °C'de Temperleme işlemi, Suda sertleştirme(830 °C) ve 315 °C'de Temperleme işlemi, Suda sertleştirme(830 °C) ve 425 °C'de Temperleme işlemi, Suda sertleştirme ve 500 °C'de Temperleme işlemi, Normalize işlemi + Suda sertleştirme ve 315 °C'de Temperleme işlemi
AISI 4140	Satın alındığı gibi, 870°C'de Normalize işlemi, Suda sertleştirme(840 °C) ve 315 °C'de Temperleme işlemi, Suda sertleştirme ve 540 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme(850 °C) ve 315 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme ve 540 °C'de Temperleme iş. Normalize işlemi + Suda sertleştirme ve 315 °C'de Temperleme işlemi
AISI 4340	Yağda sertleştirme(885 °C) ve 220 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme ve 350 °C'de Temperleme işlemi, Yağda sertleştirme ve 500 °C'de Temperleme işlemi,Normalize işlemi + Yağda sertleştirme ve 220 °C'de Temperleme işlemi, Normalize işlemi + Yağda sertleştirme ve 350 °C'de Temperleme işlemi, Normalize işlemi + Yağda sertleştirme ve 500 °C'de Temperleme işlemi

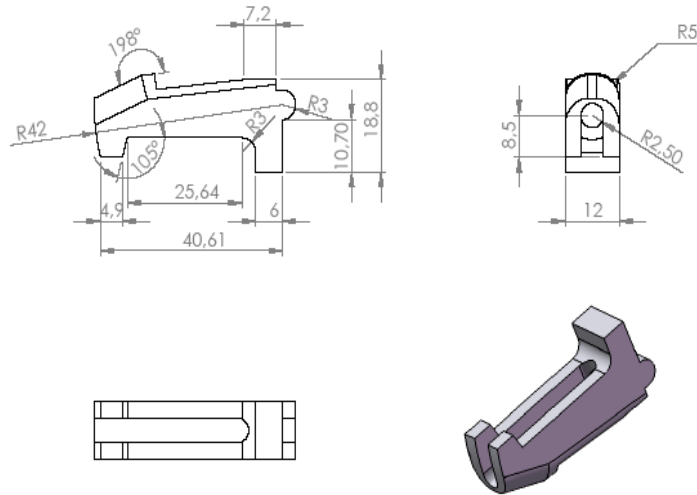
2.2. Nümerik Çalışmalar

Bazı makine parçalarında malzeme seçiminin doğru yapılması hasarı önlemede tek başına yeterli olamamaktadır. Bu durum hasar analizi incelemelerinde tasarım iyileştirme çalışmalarını da önemli kılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın ikinci aşaması tasarımda sistemin elverdiği ölçüde değişiklik yapılarak hasarın önlenmesini içermektedir. Kilit parçasının nümerik analizleri için ANSYS 10.0 versiyon paket program kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan malzeme özellikleri Tablo 2'de verilmektedir.

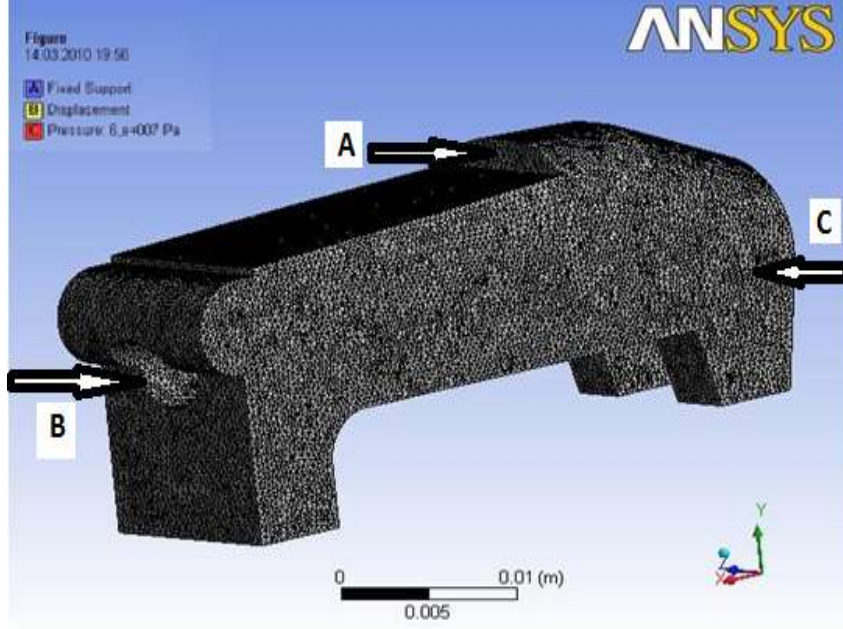
Tablo 2. Analizlerde kullanılan AISI 4340 çeliğinin mekanik özellikleri [16]

Young Modülü	205 GPa
Yoğunluk	7850 kg/m ³
Poisson oranı	0.29
Akma Dayanımı	1350 MPa
Çekme Dayanımı	1467 MPa

ANSYS programı parçanın kullanım esnasında maruz kaldığı gerilme ve şekil değiştirme miktarlarının belirlenmesini sağlamaktadır. Bu amaçla kilit parçasının hali hazırdaki şekil ve boyutları analizlerde kullanılmıştır(Şekil 2).

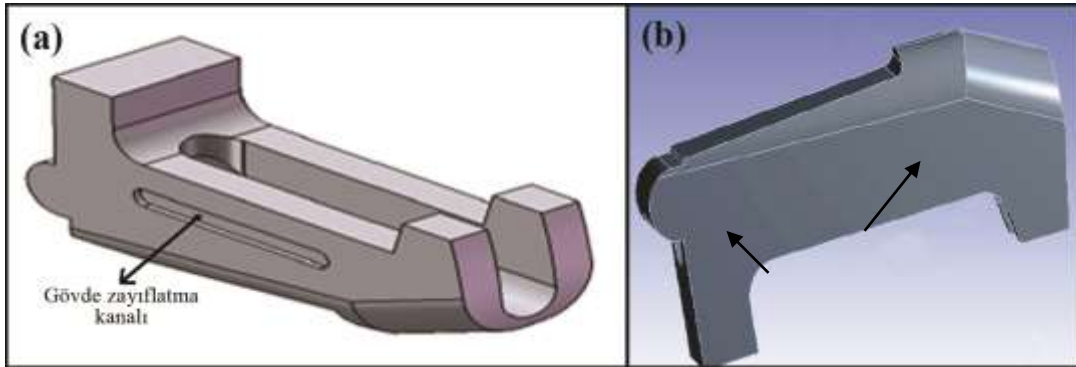
**Şekil 2.** Hali hazırda kullanılan Kilit parçasının geometrik özellikleri (mm)

Av ve spor tüfeklerinde kilit parçası, namlu içerisinde oluşan maksimum basıncın 160MPa'lık kısmını ateşlenmiş barutun hızla yanarak genişlemesiyle namluda maksimum doğrudan karşılamaktadır [12]. Bu basınç kilit parçasının tırnakları ve üst kısmında bulunan omuz tarafından karşılanmaktadır. ANSYS analizlerinde bu basınç değerleri kullanılmıştır. Kırılan parça resimleri incelenerek ve kilit parçasının üzerine gelen kuvvetler dikkate alınarak kilit parça üzerine uygulanan kuvvet bölgeleri Şekil 3'te verilmektedir.



Şekil 3. Analizlerde Kilit parçasına uygulanan kuvvet bölgeleri

Çalışmada kritik gerilme yığılma bölgeleri belirlendikten sonra sistemin elverdiği ölçüde keskin kenarlar yuvarlatılması ve et kalınlığı azaltılması şeklinde tasarımda ayrı ayrı değişikliğe gidilmiştir. Yeni geometrilerin analizleri yapılarak gerilme yığılma bölgeleri yeniden incelenmiştir. Kilit parça üzerinde yapılan yeni tasarımlar Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 4. Tasarımı değiştirilen Kilit parçası (a) Kesitte zayıflatma, (b) keskin köşelerin yuvarlatılması

3. Bulgular ve Tartışma

Dünya genelinde av tüfeklerinde genellikle AISI 4340 ve AISI 4140 düşük alaşımlı çelikler kullanılmaktadır. Çalışmada bu malzemelerin yanında daha ekonomik olan AISI 1040 ve AISI 1050 sade karbonlu çelik malzemeler de seçilmiştir. Seçilen malzemelerin işlem piyasadan temin edildiği haldeki mekanik özellikleri Tablo 3'de verilmiş olup yetersizdir.

Tablo 3. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme	Sertlik Değeri (BSD)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Kesit Daralması (%)
AISI 1040	150	318	414	19,8	63,4
AISI 1050	156	389	467	18,1	56,1
AISI 4140	240	555	673	17,8	69,2
AISI 4340	165	608	787	17,3	66,4

Mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla her bir malzeme grubuna farklı işlem şartlarında ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem uygulanmış numuneler ilk olarak çekme deneyine tabi tutulmuştur. Çekme deneyinde malzemelerin dayanım değerlerinin yanında sünekliğin belirlenebilmesi için kopma uzaması ve kesit daralması büyüklükleri belirlenmiştir. AISI 1040 ve AISI 1050 malzemelerine ait dayanım değerleri Tablo 4’de verilmektedir. AISI 4140 ve AISI 4340 malzemelerine ait dayanım değerleri Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 4. Isıl işlem uygulanan AISI 1040 ve AISI 1050 malzeme mekanik özellikleri

Uygulanan Isıl İşlem	Sertlik Değeri (BSD)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Kesit Daralması (%)	Kırılma Kuvveti (kN)	Kırılma Enerjisi (J)
AISI 1040							
900 Nr	173	401	549	30,7	69,3	24,75	130
SS + 315 T	431	610	753	26,3	56,1	22,75	116
SS + 425 T	344	601	744	27,1	57,9	24,75	124
SS + 540 T	277	576	708	28,4	64,1	-	176
YS + 205 T	251	576	710	27,6	52,3	-	166
YS + 315 T	245	561	707	28,4	53,7	-	184
Nr +SS+425 T	371	631	759	29,7	60,3	-	138
AISI 1050							
900 Nr	173	401	549	30,7	69,3	32	24,75
SS + 315 T	431	610	753	26,3	56,1	30	22,75
SS +425 T	344	601	744	27,1	57,9	40	24,75
SS + 540 T	277	576	708	28,4	64,1	17,50	-
YS + 205 T	251	576	710	27,6	52,3	28,75	-
YS +315 T	245	561	707	28,4	53,7	26	-
Nr +SS+425 T	371	631	759	29,7	60,3	-	-

Tablo 5. Isıl işlem uygulanan AISI 4140 ve AISI 4340 malzeme mekanik özellikleri

Uygulanan Isıl İşlem	Sertlik Değeri (BSD)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Kesit Daralması (%)	Kırılma Kuvveti (kN)	Kırılma Enerjisi (J)
AISI 4140							
870 Nr	341	701	1005	18,3	56,1	46,65	62
SS + 315 T	447	1279	1457	9,1	34,3	60,70	42
SS +540 T	316	837	919	13,1	35,9	56,90	46
YS + 315 T	431	1267	1430	9,7	41,1	46,40	46
YS + 540 T	299	817	899	15,6	57,2	63,50	52
Nr+S+315T	439	1250	1403	10,8	35,9	55,50	46
AISI 4340							
900 Nr	363	837	1366	13,4	39,4	48,75	72
YS+ 220 T	509	1611	1803	11,1	38,2	64,50	50
YS + 350 T	484	1570	1696	11,5	41,7	57	40
YS + 500 T	456	1097	1201	14,3	50,1	46	68
Nr+YS+220T	511	1628	1821	12	39,3	70,50	68
Nr+YS+350T	477	1508	1709	12,4	42,1	60,25	48

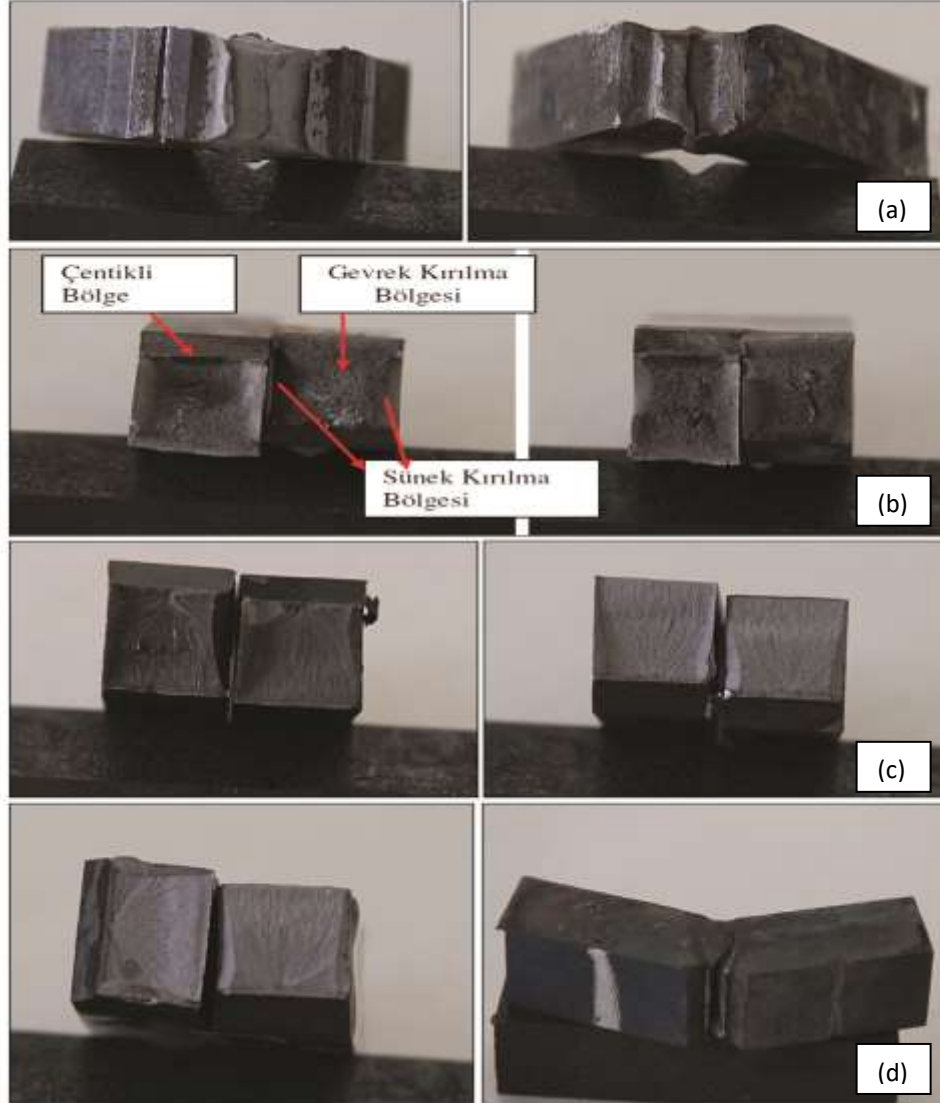
Tablo 4-5 incelendiğinde kesit daralması ve kopma uzaması değerleri açısından sade karbonlu çelikler daha yüksek değerler verirken; dayanım değerleri olarak AISI 4340 malzeme en yüksek değeri vermiştir. Ancak dayanım ve süneklik değerlerinden birisinin yüksek olması yetersiz bir durumdur. Tablo 4-5 incelendiğinde ise en yüksek akma ve çekme dayanımı AISI 4340 malzemede elde edilmiştir. AISI 4140 çelik malzeme sade karbonlu çeliklere göre daha yüksek dayanım değerlerine erişmemiştir.

Temperleme işlem sıcaklığı arttıkça dayanım değerleri düşerken; 4 malzeme grubu içinde temperleme işleminin bir sonucu olarak kopma uzaması ve kesit daralması değerleri artmaktadır. Ancak sade karbonlu çeliklerde temperleme işlemi daha etkilidir. Değişik ısı işlem şartlarında yüksek dayanım değerleri ve düşük olmayan süneklik değerleri AISI 4340 çelik malzemede elde edilmiştir. Çekme deneyi sonuçları statik yükleme altında çalışan malzemeler için dikkate alınacak bir değerdir. Çalışmada statik analiz namluda meydana gelen basıncın parçada oluşturduğu gerilme dağılımını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada ele alınan kilit parçası dinamik yükleme altında çalışmaktadır. Bu nedenle çekme deneyinin yanında çentik darbe, 3 noktadan eğme deneyleri yapılmıştır. Malzemeler aşınmaya maruz kaldıklarında sertlik değerleri önem kazanmaktadır. Çalışmada ele alınan kilit parçası aşınmaya maruz kaldığı için malzemelerin belirli bir sertlik değerinde olması gerektiği için numunelerin sertlik değerleri de ölçülmüş ve en iyi sertlik değeri AISI 4340 çelik malzemede elde edilmiştir (Tablo 4-5). Dinamik yük veya darbelere maruz kalan parçaların üzerine gelen bu yükleri aktarması veya absorbe etmesi beklenir. Av tüfekleri barutun ateşlenmesi ile meydana gelen basıncın mekanizmayı aktif hale getirmesi prensibi ile çalışmaktadır. Ateşlenme sonucu meydana gelen ani basınç artışı tüfeklerdeki kilit parçanın darbeli yüklere maruz kalmasına neden olmaktadır. Darbeli yük etkisinde çalışan kilit parçada görülen erken hasar bu yükleme esnasında meydana gelmektedir. Bu nedenle kilit parça için seçilen malzemenin ve bu malzemeye uygulanan ısı işlem parametreleri yüksek darbe enerjisini absorbe edebilecek şekilde olması gerektiği için seçilen malzemelerin darbe dirençleri incelenmiş ve en yüksek kırılma enerjisi değeri AISI 4340 malzemede elde edilmiştir. Ayrıca bu malzemenin temperleme sıcaklığı arttıkça kırılma enerjisi değerinin arttığı da gözlemlenmiştir (Tablo 4-5). Çalışmada V çentik açılmış numunelere üç noktadan eğme deneyi uygulanarak basınç şokuna maruz kalan kilit parçanın davranışı benzetilmeye çalışılmıştır. Deney sonuçlarına göre kırılmanın gerçekleştiği en yüksek kuvvet değeri belirlenmiştir. Hasar meydana geldikten sonra bu kuvvet hızla düşmektedir. Bu nedenle elde edilen en yüksek değer dikkate alınmıştır. En yüksek değerler AISI 4340 malzemede elde edilmiştir. Bu nedenle en uygun malzeme AISI 4340 olduğu belirlenmiştir (Tablo 4-5). Çalışmada numunelere uygulanan ısı işlemlerin darbe direncine olan etkisini belirlemek ve mekanik deney sonuçlarını desteklemek amacıyla kırık yüzeyleri metalografik incelemeye tabi tutulmuştur. Tüm malzemelere ait kırık yüzey görüntüleri Şekil 5'te verilmektedir. AISI 1040 çelikten yapılmış çentik darbe ve çentikli üç noktadan eğme deney numuneleri genelde kırılmamıştır. Bu durum bu tür malzemelerin sertleştirme ve arkasından temperleme yapılması durumunda yeterince süneklik kazandığı olarak açıklanabilir. AISI 1050 çelik malzemenin hazırlanmış çentik darbe deneyi numunelere ait kırık yüzey görüntüleri makro boyutta incelendiğinde gevrek ve sünek bölgeler rahatlıkla gözlemlenmiştir. Gevrek kırık alanının toplam kırık kesit alanına oranı % 70 mertebesinde dir. Bu durum kırılma enerjileri ile paralellik göstermektedir.

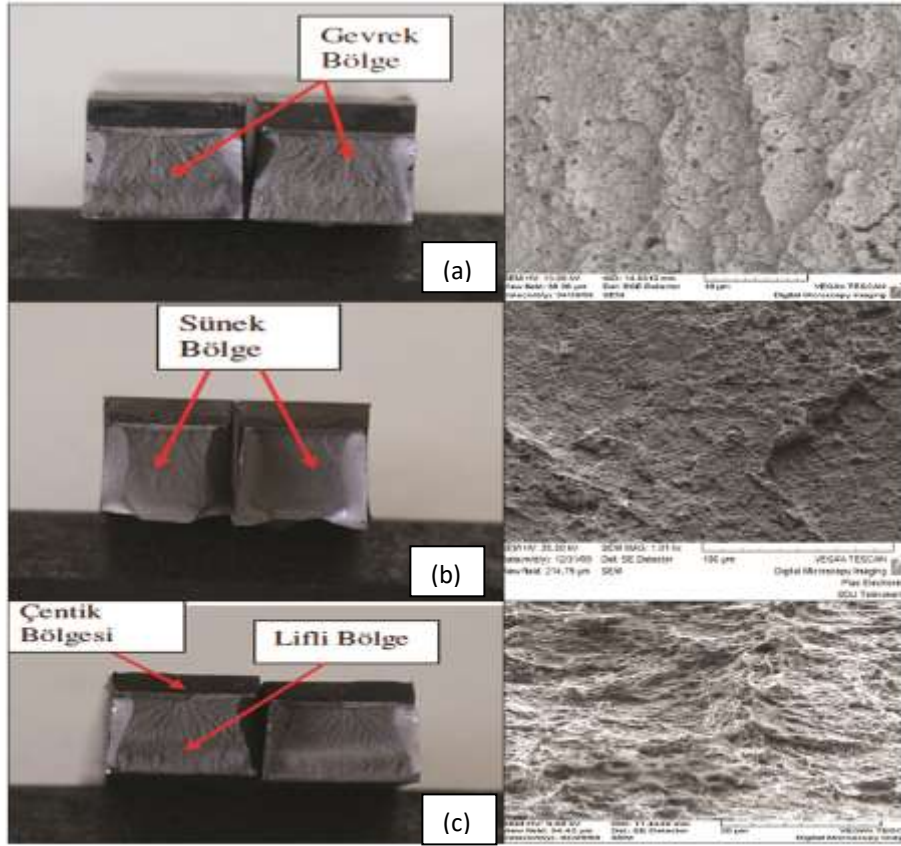
AISI 4140 ve AISI 4340 malzemelerin çentik darbe ve eğme deney numunelerinin kırık yüzeylerinin makro görüntüleri Şekil 5'de verilmektedir. AISI 4140 malzemede temperleme sıcaklığı yükseldikçe kırılma kuvveti düşmektedir (Tablo 5). AISI 4340 çelik malzemeye ait görüntüler incelendiğinde (YS+220°C T ve YS+500°C T) işlem şartlarında temperleme sıcaklığının etkisi açıkça gözlemlenmiştir. AISI 4340 çelik malzeme 500°C temperleme işlemi uygulanmış numuneler kırılmamıştır. Bu durum 500°C temperleme işlemi uygulanmış malzemeye yeterli sünekliği kazandırdığı şeklinde açıklanabilir. AISI 4340 çelik malzeme uygun seçilen ısı işlem parametreleri ile darbelere ve gerilme yığılmasına karşı direnç artırılarak meydana gelmesi muhtemelen hasarların engellenmesi mümkün olacaktır.

Şekil 6'da değişik temper sıcaklıklarında normalizasyon ve sertleştirme işlemi uygulanmış AISI 4340 Çentik darbe numunelerine ait makro ve SEM görüntüleri verilmektedir. Şekil 6 incelendiğinde temper sıcaklığının ve normalizasyon işleminin etkisi gözlemlenmektedir. Temper sıcaklığı yükseldikçe sünek bölgeler daha belirgin hale gelmiştir. Değişik ısı işlem uygulanmış AISI 4340 malzemenin kırık yüzeyleri incelendiğinde lifli bölgedeki değişim temperleme sıcaklığının

artırılması ile gevrek kırılmadan çıkararak sünek kırılma halini almıştır (Şekil 5, Şekil 6). Benzer şekilde Nr+YS+350°C T işlemine tabi tutulmuş numuneler incelendiğinde çentik bölgesinin hemen altında daralma ve kesitin en alt bölgesinde genişlemenin olması sünekliğin göstergesidir. Bu durum normalizasyon işleminin yapılması gerektiği sonucunu vermiştir. Ayrıca Nr+YS+350°C işlemi uygulanmış malzemede tipik sünek kırılma tipi görülmüştür. YS+350°C T işleminde süneklik daha az gözlemlenmiş olup bu durum Tablo 4-5'te verilen kırılma enerjisi değerleriyle desteklenmiştir. AISI 4340 numunelerden en sünek görüntü Şekil 6c 'de verilen Nr+YS+500 °C T işlemi uygulanmış numunede elde edilmiştir. Bu görüntüde bir miktar ovalleşmiş gamzeler belirgin halde gözlemlenmektedir.



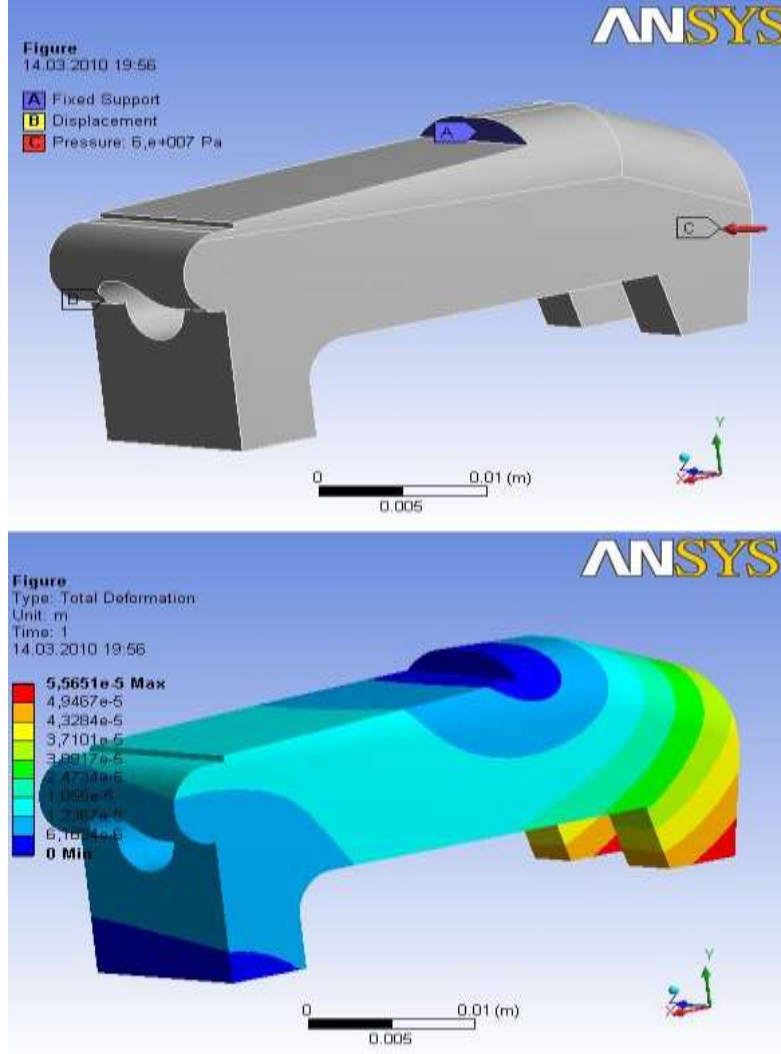
Şekil 5. Isıl işlem uygulanmış AISI 1040(a), AISI 1050(b), AISI 4140(c) ve AISI 4340(d) malzemenin çentik darbe deneyleri sonrası kırık yüzey görüntüleri (makro)



Şekil 6. Değişik ısı işlem uygulanmış AISI 4340 çentik darbe numunelerin kırık yüzey ve SEM görüntüleri (a) Nr+YS + 220°C T (b) Nr+YS + 350°C T (c) Nr+YS + 500°C T

Kırık kesitinde kırık bölgeleri oldukça sınırlı olup bu durum 84J kırılma enerjisi değeri ile desteklenmektedir. Çalışmada halihazırda kullanılan kilit parçasının gerilme analizleri ANSYS paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bu analizler ile parçanın tasarım açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Mekanik deneyler sonucunda en uygun malzeme olarak NR+YS+500 °C T ısı işlemi uygulanmış AISI 4340 belirlenmiştir. Bu nedenle ANSYS analizlerinde en uygun olan AISI 4340 malzeme kullanılmıştır [16,17]. Çalışmada ısı işlem sonrasındaki verilerle yeniden analiz yapılmamıştır.

Ayrıca doğru analiz yapılabilmesi için av tüfeklerinin çalışma prensibi incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucu namluda oluşan basıncın parça üzerinde oluşturduğu gerilmeleri belirlemek amacıyla statik analiz yapılmıştır. Analizlerde parçaya etki eden kuvvetler olarak patlama anında oluşan ve parçanın ön kısmına etki eden maksimum basınç; bu basıncın azalmasıyla oluşan iç basınç ve incelenen kilit parçasının alt tırnağına kol borusunun vurulması ile meydana gelen kuvvetler kullanılmıştır. Sistem A noktasından sabit mesnetle sabitlenmiştir. B noktasında ise sistem Y ekseninde hareket edemeyecek şekilde tasarlanmıştır. Kilit parça üzerine namlu basıncının maksimum olduğu anda mekanizma yüzeyinden uygulanan basınç 600 bar (60 MPa)'dır. Bu basınç 60 MPa'lık bir yük C noktasında uygulanmıştır. Yükleme koşulları ve toplam yer değiştirme Şekil 6'da incelendiğinde toplam deformasyon miktarı en yüksek kilit ön tırnakları ucunda oluşmuştur. Analiz sonucunda 0,005565 mm yer değiştirme elde edilmiştir. Ayrıca analiz sonucu parçanın farklı bölgelerinde farklı yer değiştirmeler meydana gelmiştir. A noktası sabit mesnet olarak mesnetlinmiş olup kilit arka tırnaklarının arka kısmı ile birlikte malzeme rijit gibi davranarak adeta hiç yer değiştirmemektedir. Bu durum erken hasara neden olmaktadır. ANSYS analizlerinde eşdeğer gerilme 1122 MPa; maksimum asal gerilmesi 932 MPa; bası yönünde kayma gerilmesi 636 MPa ve çeki yönünde 155 MPa olarak bulunmuştur. Eşdeğer gerilme değeri akma değerinin altında kaldığı ve parça tasarım açısından incelendiğinde üst kısmındaki A noktası olarak belirlenen noktanın gerilme yığılma bölgeleri olduğu belirlenmiştir. Gerilme yığılma oluşmasının oluşma nedeni olarak ise tasarımdaki keskin köşeler gösterilebilir.



Şekil 6. Kilit parça üzerinde yükleme koşulları ve toplam yer değiştirme

Çalışmada keskin köşelerin neden olduğu gerilme yığılma bölgeleri tasarımda değişikliğe gidilerek engellenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kilit parçanın omuz kısmında bulunan keskin kenar 1 mm radius ile parça ön tırnağının arka kısmında bulunan keskin köşe ise 2 mm'lik radius ile yuvarlatılmıştır. Daha sonra bu tasarımın orijinal parçadaki yükleme şartlarında analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde ilk durumda elde edilen yer değiştirme 0,005565 mm iken tasarım değişikliğinden sonraki yer değiştirme 0,005052 mm elde edilmiştir. Bu durum yer değiştirmede fark oluşmadığı sonucuna varılmıştır. Analizlerin gerilme sonuçları incelendiğinde ise eşdeğer gerilmenin 1122 MPa'dan 539 MPa değerine düştüğü belirlenmiştir. Tasarım değişikliği ile gerilmelerde % 50-52 oranında düşüş elde edilmiştir. Tasarımda keskin köşelerin yuvarlatılmasının yanında sistem boyut değişikliğine izin vermediği için gövde kısmında kesit zayıflatılmasına gidilmiştir. Bu amaçla kilit parçanın gövde bölümünde 0,6mm'lik derinliğe sahip baş kısmı yarım daire olan 2mm genişliğinde prizmatik kanal açılarak gövde bölümünde kesit zayıflatılmıştır. Zayıflatma sonucunda yer değiştirme miktarı 0,02mm olmuştur. Böylelikle gövde bölümünde çok rijit davranan malzemenin daha fazla elastik yer değiştirmesi sağlanarak kırılan bölgelere gelen darbe etkisini azaltılmıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada endüstriyel bir problem olan, av tüfeklerinde kullanılan kilit parçasında meydana gelen hasarın önlenmesi ve kalitenin artırılması ele alınmıştır. Hasarın nedeninin belirlenebilmesi ve kalitenin artırılabilmesi için doğru malzeme seçimi ve malzemeye uygulanan en uygun ısıl işlem parametrelerinin belirlenebilmesi için mekanik deneyler yapılmıştır. Mekanik deneylerin yanı sıra mevcut sistemin ANSYS analizi yapılarak geometrik açıdan da çözüm üretilmeye çalışılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde AISI 4340 düşük alaşımlı çeliği diğer malzemelere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. AISI 4340 düşük alaşımlı çelik malzemeye uygulanan ısıl işlemler kendi aralarında kıyaslandığında ise normalizasyon+ yağda sertleştirme ve 500°C'de temperleme işlemi uygulanmış malzemenin en iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Bu durum bu konuda yapılan diğer çalışmalarla benzerdir [6,13]. Analizlerde hali hazırda kullanılan sistemde kilit parça üzerinde meydana gelen gerilme yığılma bölgelerinin keskin köşelerde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca kilit parça çalışma esnasında rijit davranmaktadır. Bu malzemenin daha fazla elastik yer değiştirmeye maruz kalması gerekmektedir. Bu amaçla çalışmada keskin köşelerin ortadan kaldırılması ve rijitliğin önlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır ve sistemin izin verdiği kadar gövde ile keskin köşelerde değişikliğe gidilmiştir. Düzeltilmiş geometrinin gerilme analizleri yapılarak orijinal geometri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucu gerilmelerde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu da geometrinin önemini göstermektedir. İlerleyen çalışmalarda malzemenin daha çok geometri üzerine yoğunlaşabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 1628-YL-08 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Eryürek B. 1993. Hasar Analizi. Birsen Yayınevi,171s. İstanbul.
- [2] Anonim, 2002. Failure Analysis and Prevention. ASM International, Volume 11,USA.
- [3] Material properties. 2016. Properties of steel alloys.http://www.efunda.com. (Erişim Tarihi: 08.07. 2016).
- [4] How stuff works.2016. Gun. http://science.howstuffworks.com._(Erişim Tarihi: 08.07.2016).
- [5] Savaşkan T. 1992. Malzeme Bilgisi ve Muayenesi. Derya Kitapevi, 285s.Trabzon.
- [6] Hosford F.W. 1997. Mechanical Behaviour of Materials. Cambridge University Press.
- [7] Özmen D., Kurt M., Ekici B., Kaynak Y. 2009. Static, Dynamic And Fatigue Analysis of Semi-Automaticgun Locking Block. Engineering Failure Analysis, 16: 2235-2244.
- [8] Varol H. 2008. Av Ve Spor Tüfekleri İçin Kritik Parçaların Hasar Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128s, Isparta.
- [9] Falah A.H., Alfares M.A., Elkholy A.H. 2007. Failure Investigation of A Tie Rod End of An Automobile Steering System. Engineering Failure Analysis, 14 (5): 895–902.
- [10] Sz K., Urquiza G., Garcia C., Sierra E. 2007. Failure Analysis of Steam Turbine Last Stage Blade Tenon and Shroud. Engineering Failure Analysis, 14 (8): 1476–1487.
- [11] Das C.R., Bhaduri A.K., Ray S.K. 2005. Fatigue Failure of A Filet Welded Nozzle Joint. Engineering Failure Analysis, 10 (6): 667–674.
- [12] Doruk İ. 2010. Yivsiz Setsiz Av Ve Spor Tüfeklerinde Kaliteyi Artırmak Amacıyla Kritik Parçalarda İyileştirme Çalışmaları. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 114s, Denizli.
- [13] Doruk İ., Varol R., Topçu M. 2010. Failure Analysis of the Semi-automatic Shotgun Locking Block. Scientific Research and Essays, 5 (20): 3134-3140.
- [14] Mourad A.H.I., Alghafri M.J., Abu Zeid O.A., Maiti S.K. 2005. Experimental Investigation on Ductile Stable Crack Growth Emanating From Wire-Notch in AISI 4340 Steel. Nuclear Engineering and Design, 235: 637-647.
- [15] Puchi Cabrera E.S., Statia M.H., Quinto D.T., Villalobos G., Perez E.O. 2007. Fatigue Properties of a SAE 4340 Steel Coated With TiCN by PAPVD. Int J Fatigue, 29: 471-480.
- [16] Lawrence L.K. 1990. ANSYS Tutorial Release. SDC Publications, USA.
- [17] Yardım dosyaları. ANSYS Release 10.0. Swanson Analysis Systems, Houston.