

## Farklı Çentik Geometrisine Sahip Alüminyum Levhaların Alüminyum Yamalarla Tamirinin Araştırılması

Edip Çetkin<sup>1</sup>, Şemsettin Temiz<sup>1</sup> Raşit Koray Ergün<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Batman Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Batman  
edip\_cetkin@hotmail.com

### Özet

Yapıştırma kaynak, lehim, perçin ve cıvata gibi farklı birleştirme yöntemlerine alternatif olarak kullanılan bir imalat yöntemidir. Özellikle bağlantı güvenilirliğinin önemli olduğu havacılık, uzay, otomotiv, inşaat ve deniz endüstrilerinde yapıştırıcıların kullanımı giderek artmaktadır. Yapıştırma yöntemi ile farklı özellik ve kalınlıklardaki malzemelerin bağlantılarında düzgün bir gerilme dağılımı sağlanarak, daha ekonomik ve daha hafif bir şekilde birleştirilebilir.

Bu çalışmada, yapıştırma yöntemi ile farklı çentik geometrisine sahip parçaların tamirinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 2mm kalınlık, 25mm, 30mm, 35mm genişlik ve 112.5mm uzunluğa sahip alüminyum levhaların çentik ağız derinliği  $a=2\text{mm}$ , 4mm, 6mm ve çentik ağız yüksekliği  $b=8\text{mm}$  olarak çentikler açılmış, daha sonra bu çentikli numuneler ebatları 40mm-25mm, 40mm-30mm, 40mm-35mm olan alüminyum yamalarla tamir edilmiştir. Elde edilen levhaların mekanik davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Yama ile tamir edilmiş malzemelerin hasar yüklerinin yamasız malzemelerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yama Tamiri, Alüminyum Çentik

### Investigation of Repairing Aluminum Plates Which Has Different Notch Geometry With Aluminum Patch

#### Abstract

Adhesives are alternative joining techniques which can be used instead of different manufacturing methods such as bolt, rivet, weld, and solder. Especially the use of adhesives in aviation, space, automotive, building and marine industrials, for which the security of the joints needed, increases gradually. By using adhesively bonded joints, adherents which had different properties and thickness, acquiring regular stress distribution, can be joined more economically and slightly.

The aim of the study is to repair the parts having different notch geometries with adhesive method. For this purpose, Aluminum alloy plates have the thickness of 2mm, the width of 25mm, 30mm and 35mm, the height of 112,5mm, and notch geometries with the height of 2mm, 4mm, 6mm and the width of 8mm on these plates were used, and then these notched samples were fixed with aluminium with the dimensions of 40-25mm,40-30mm,40-35mm. Finally, mechanical behaviour of these samples were examined with experimental. As a result, it has been observed that failure loads of aluminum alloy plates repaired with patches are higher than unpatched aluminum alloy plates

**Keywords:** Patch Repair, Aluminium Patch

### 1. GİRİŞ

Hasarlı parçalar sınıflandırılarak belirlenmekte ve hasarın durumuna göre tamir edilmekte ya da parça değiştirilmektedir. Hasarlı parçanın tamiri için yama, takviye, delme gibi farklı yöntemler vardır. Son yıllarda hasara uğramış makine elemanların tamiri için klasik tamir yöntemleri olan kaynak, lehim, perçin ve cıvata bağlantıları yerine daha ekonomik, daha hafif, daha az işçilik isteyen ve en önemlisi daha düzgün bir gerilme dağılımı elde edilen yapıştırma yöntemi kullanılmaktadır. Yapıştırma

yöntemi ile tamir, bağlantı elemanlarının sayısını azaltılmakta ve ağırlığı önemli oranda azaltılmaktadır. Ayrıca tamir süresini ve kolaylığı gibi avantajları da sağlamaktadır.

Endüstride işçilik, zaman ve malzeme gibi unsurlar maliyeti önemli ölçüde etkilediğinden birçok sanayi alanında hasara uğramış makine, araç, gereç ve avadanlığın tekrar yenilenmesi yerine tamirine gidilmektedir. Sonuç olarak yapılan bu tamiratın maliyeti ve işçiliği azaltması, zamanı da kısaltması istenmektedir. Bu amaçla günümüzde malzeme, işçilik ve zaman kaybını azaltmak için birçok çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. İki levhanın kısmi bir bölgede üst üste yapıştırıcıyla bağlanmasıyla oluşan tek bindirme bağlantıları, basit geometrileri ve testlerinin kolaylığı nedeniyle birçok bilim adamı ve araştırmacının ilgisini çekmiştir. Dolayısıyla bu alanda yapılan teorik ve deneysel çalışmalar çok fazladır[1].

Eskiden olduğu gibi bugünde malzemeleri birbirine eklemek, birleştirmek ve onları bir bütün olarak kullanım süreleri içerisinde bir arada tutmak maksadıyla birçok malzeme ve teknik kullanılmaktadır. Özellikle uzun zaman periyotlarında bağlantı güvenilirliğinin gerektiği havacılık, uzay, otomotiv, altyapı sistemi, tıp, elektronik paketleme, spor, inşaat ve deniz endüstrilerinde yapıştırıcılar, gün geçtikçe geleneksel bağlantı yöntemleri olan cıvata, perçin, lehim ve kaynağın yerini almaktadır[2].

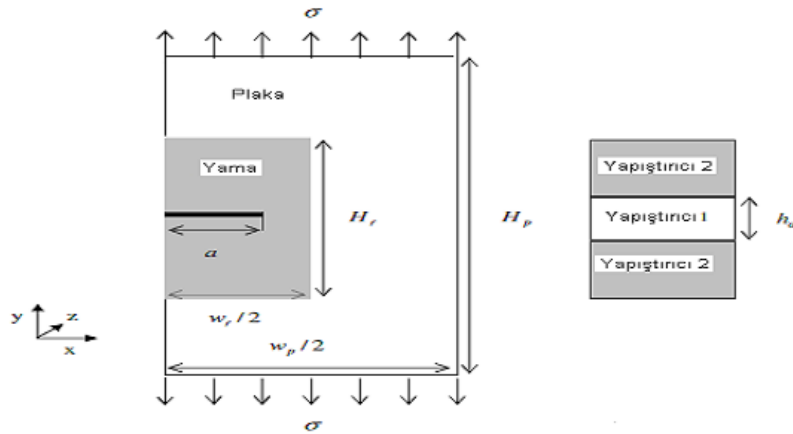
Günümüzde sistemlerin enerji tüketimini azaltmak için birçok sebep vardır. Yakıtta tasarrufa gitmenin başlıca yollarından bir tanesi de sistemlerin ağırlığını azaltmaktır. Sistem elemanlarını birleştirmek için kullanılan cıvata, perçin ve kaynak yerine daha hafif bir bağlantı şekli olan yapıştırıcıların kullanımı sistemleri daha hafif hale getirmiştir [2].

Çentikli bir numune zorlandığı zaman çentiğin tabanına dik doğrultuda bir gerilme meydana gelir. Kırılmanın başlaması bu gerilmenin etkisi ile olur. Numunenin kırılabilmesi için bu dik (normal) gerilmenin, kristalleri bir arada tutan veya kristallerin kaymasına karşı koyan kohezif dayanımından fazla olması gerekir. Numune, plastik biçim değiştirmeye fırsat bulamadan bu hal meydana gelirse, buna gevrek kırılma denir. Burada kırılan yüzey, düz bir ayrılma yüzeyidir.[3]

Demirgen, farklı bindirme uzunluklarında galvaniz kaplı mikro alaşımlı çelik plakaların yapıştırma performansı incelemiştir. Bunun için TEROSTAT 9120 ve 9220 kodlu yapıştırıcılar kullanmıştır. Ayrıca bilgisayar destekli sonlu elemanlar programı (ANSYS) ile bu yapıştırma bağlantının modellini oluşturup doğrulama deneyleri

yapmıştır. Bindirme uzunluğu arttıkça yapıştırılmış plakaların mukavemet değerlerinde lineer bir artış gözlenmiş, çekme deneylerinde kopmalar bağlantıların orta bölgede meydana geldiği tespit etmiştir. Ayrıca TEROSTAT 9220 yapıştırıcı ile birleştirilen plakaların mukavemeti TEROSTAT 9120 yapıştırıcısına nazaran daha yüksek mukavemete sahip olduğunu tespit etmiştir. Analizlerde gerilme değerleri yapıştırma bölgesinde maksimum seviyede, deneysel ve nümerik çalışmaların uyumlu olduğunu görülmüştür[4].

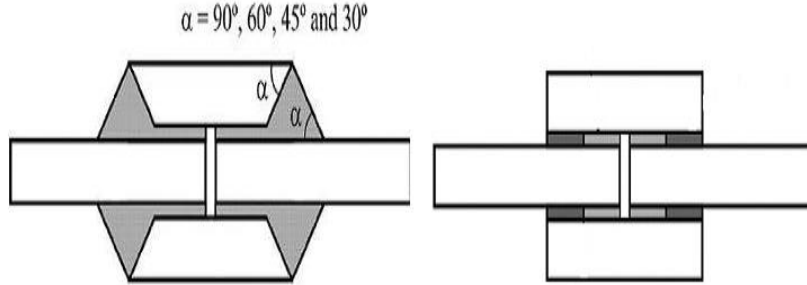
Fekirini vd, yapmış oldukları çalışmada, üzerinde çatlak olan bir tabakanın tamiri için farklı kayma modülüne sahip iki yapıştırıcı kullanarak sonlu elemanlarla analizini yapmışlardır. Kullandıkları yapıştırıcının birincisinde çatlak olan bölgede gerilme transferinin sağlanması hedeflenmiş ikincisinde ise birinci yapıştırıcının hasara uğramasını engellenmesi hedeflenerek çatlak bölgesinin dışında kullanmışlardır (Şekil-1). Sonlu elemanlarla yapmış oldukları analiz sonucunda çatlak ucunda ve çatlak bölgesinde yorulma ömrünün önemli ölçüde iyileştirdiğini gözlemişlerdir[5].



Şekil-1 Çatlak oluşmuş levha

Marques and da Silva, çift takviyeli yapıştırma bağlantısında yama parçalarının uç kısımlarında meydana gelen gerilmeleri düşürmek için yama iç kısmına ve yapıştırıcı uç kısımlarına belirli açılar vermişlerdir. Çalışmada farklı yapıştırıcılar kullanmışlar (Şekil-2) nümerik olarak inceleyip doğrulamak için deneysel çalışmalar yapmışlardır. Yama uçlarındaki açı 45 derece olduğunda uç kısımlarda gerilmelerin azaldığını daha fazla yük çektiğini tespit etmişlerdir. Uç kısımlara açı vererek oluşturulan yamaların sert yapıştırıcılarla yamaların daha iyi uyum sağladığını tespit etmişlerdir. Yama ve parça

arasında farklı iki yapıştırıcı kullanılmasının gerilmeleri önemli oranda düşürdüğünü tespit etmişlerdir[6].



Şekil-2 Çift takviyeli yapıştırma bağlantı konfigürasyonları

Çelik, A. vd, yaptıkları çalışmada, çentikli kompozit levhaların hasar davranışları statik çekme testleriyle deneysel olarak araştırılmıştır. Sekiz tabakalı örgülü cam elyaf takviyeli epoksi reçine matrisli kompozit levhalar kullanılmıştır. Levhaya kenarlarından ve ortasından açılan çentiklerin ve fiber takviye açısı değişiminin levhanın çekme mukavemeti üzerine etkileri incelenmiştir. Fiber takviye açısının etkileri  $[0^0]$ 8,  $[15^0]$ 8,  $[30^0]$ 8, ve  $[45^0]$ 8, tabaka dizilimine sahip levhalar için araştırılmıştır. Çentik türü değişimi ise levha ortasında radyal delik (Tip 1), levha kenarında yarım daire çentik (Tip 2), levha merkezinde dairesel delik (Tip 3) ve levha kenarında u çentik (Tip 4) olmak üzere 4 farklı çentik türü için incelenmiştir. Fiber takviye açısına bağlı olarak tüm çentik türleri için hasar yüklerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak çentik türü değişiminin hasar yükleri üzerinde oldukça etkili olduğu deneysel çalışma sonuçlarından görülmektedir. [7]

M. Bezzerouki vd., Yapmış oldukları çalışmada tek taraflı ve çift taraflı yamalar ile çatlaklı yapının onarımını amaçlamışlardır. Çatlak ucundaki gerilme yoğunluk faktörünü sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplamışlardır. Sonuçta yapışkan yırtılma modülü artışı alüminyum tabakadan kompozit yamaya gerilme transferini sağladığını, yapıştırıcı kalınlığının düşmesi ve yama kalınlığının artması iki yapışkan bandlı tek taraf kompozit yamalı onarım için verimli olduğunu görmüşlerdir. Yapışkan yırtılma gerilmesi dağılım analizinde çift yapışkana göre ve çift taraf kompozit yamalı onarım ile karşılaştırıldığında yüksek gerilmeler gözlemlenmişlerdir[8].

Bu çalışmada; Farklı çentik boyutlarına sahip Al levhaların yapıştırma bağlantılarıyla Alüminyum yama kullanılarak tamiri yapılmıştır. Bu çalışmada incelenmek istenenler şunlardır;

- Çentik derinliği (a) ve Çentik yüksekliklerin (b) hasar yükleri üzerindeki etkisi
- Plaka genişliğinin (W) hasar yükleri üzerindeki etkisi
- Yan taraflarından çentikler açılmış plakanın Alüminyum yamalar ile tamir edilebilirliği araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Geniş kullanım alanlarına sahip ve iyi performans sağlayan, deniz suyu ve endüstriyel kimyasal ortamlara karşı son derece dayanıklı AA-5754 alüminyum alaşım malzemesi yapıştırılan malzeme olarak kullanılmıştır. AA-5754 alüminyum alaşımının kaynak kabiliyeti ile yorulma dayanımı yüksek, deniz suyu korozyonuna dayanıklı ve yumuşak temper formunda soğuk işlenebilirliği iyi olması gibi özelliklerinden dolayı gemi inşaat sektöründe, kimyasal cihazlarda, depolama tanklarında, basınçlı kaplarda, katlanabilir köprülerde, kaynaklı kamyon gövdelerinde, askeri araç gövde ve zırhlarında kullanımı yaygındır. AA-5754 alaşımının kimyasal bileşimi çizelge-1'de verilmiştir[9].

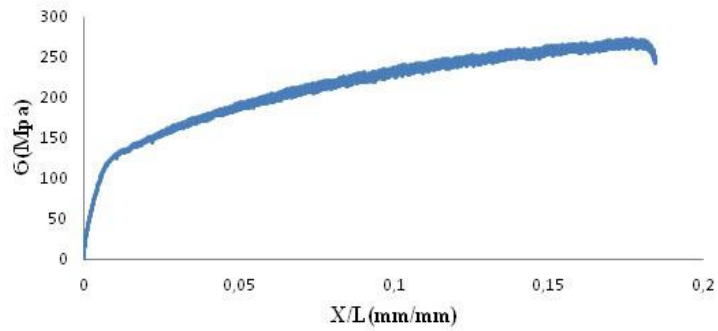
**Çizelge-1** AA-5754 alaşımının kimyasal bileşimi

Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Diğer	Al
0,4	0,4	0,1	0,5	2,6-3,6	0,2	0,3	0,15	0,15	Kalan

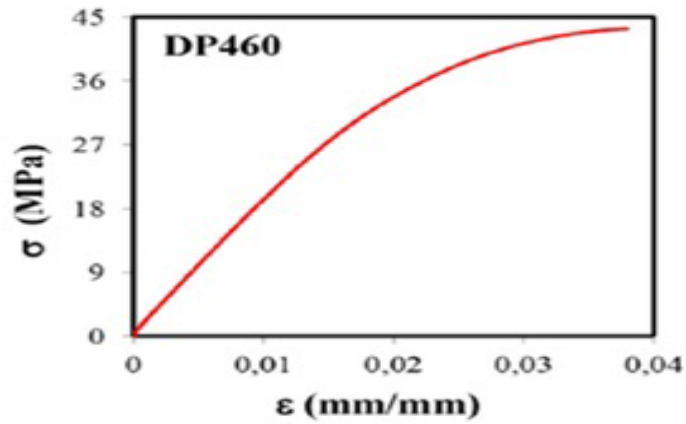
Yapıştırıcı malzeme olarak DP-460 kullanılmıştır. Bu malzemenin epoksi ve hızlandırıcı olmak üzere iki adet bileşeni vardır. Hacimsel olarak epoksi/hızlandırıcı oranı 2/1 olduğunda yapıştırıcı yüksek dayanım göstermektedir. Bu oranı sağlamak için özel helezonik uçlar kullanılır. Yapıştırıcı malzeme, helezonik uçlar ve özel silikon tabancası ile beraber EGEBANT aracılığıyla İsveç merkezli 3M firmasından temin edilmiştir.

Lineer olmayan sonlu eleman yöntemiyle gerilme analizini yapabilmek için, çalışmada

kullanılan yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemelerin tek eksenli yük altındaki gerilme-şekil değiştirme davranışları bilinmelidir. Bu amaçla, yapıştırıcı (DP460) ve yapıştırılan malzemeden (AA-5754) üretilen numuneler hazırlanmış ve bu numuneler çekme deneyine tabi tutulmuş, şekil-3 ve şekil-4'te verilen gerilme-şekil değiştirme davranışları tespit edilmiştir. Elde edilen mekanik özellikleri çizelge-2 ve çizelge-3'te verilmiştir.



Şekil-3 Yapıştırılan malzemenin (AA-5754) gerilme-şekil değiştirme diyagramı



Şekil-4 Yapıştırıcı malzemenin (DP460) gerilme-şekil değiştirme diyagramı[10]

Çizelge 2 Alüminyum malzemesinin mekanik özellikleri

Elastisite Modülü	78.586GPa
Kayma Modülü	25.9GPa
Poisson Oranı	0.324
Akma Dayanımı	140 MPa
Çekme Dayanımı	272.0561MPa

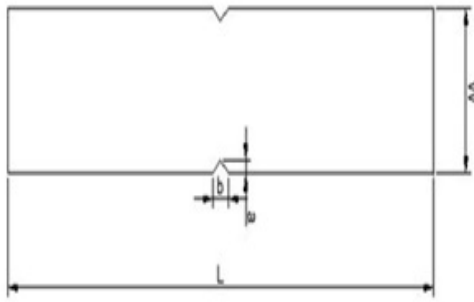
Çizelge 3 Yapıştırıcı malzemesinin mekanik özellikleri[10]

Elastisite Modülü	2077.1MPa
Poisson Oranı	0.38
Çekme Dayanımı	44.616 MPa

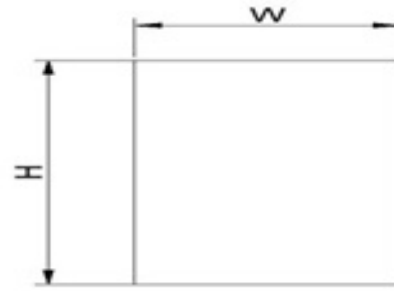
Çift taraflı bindirme bağlantısı için yama malzemesi 2mm kalınlığında ve 40mm yüksekliğinde AL-5754 alaşımı seçilmiştir. Kullanılacak yama boyutlarına göre kesim işlemi yapılmıştır.

### 2.1. Deneysel Numunelerin Hazırlanması

Deneysel çalışmada kullanılan Alüminyum levha ve Alüminyum yamanın boyutları sırasıyla Şekil-5 ve Şekil-6'da gösterilmiştir. Çizelge-4'te yamalı ve yamasız alüminyum levhaların deneysel hasar yükleri ve çentikli levhanın parametreleri verilmiştir.



Şekil-5 Çentik açılmış AL levha



Şekil-6 AL yama

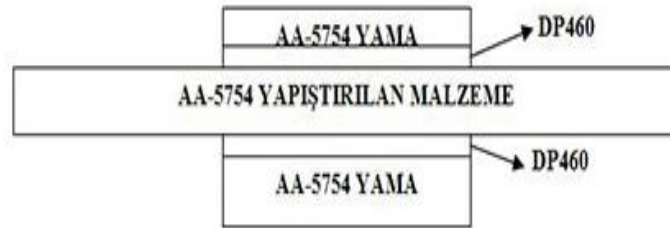
Çizelge-4 yamalı ve yamasız bağlantıların fiziksel özellikler

#### Birimler:

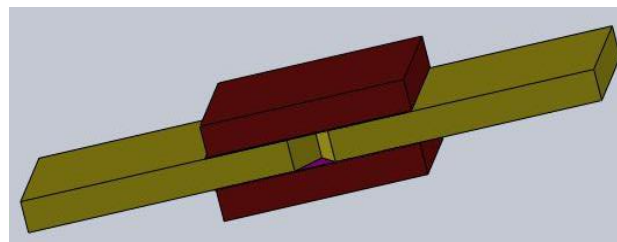
$F_{yamalı}$  ve  $F_{yamasız}$  = N (Newton), a, b, t, W, H ve L = mm

Çentik derinliği(a)	Çentik yüksekliği(b)	Plaka kalınlığı(t)	Plaka genişliği(W)	Yama yüksekliği(H)	Al plaka boyu(L)	F <sub>yamasız</sub>	F <sub>yamalı</sub>
2	8	2	25	40	112,5	8593	10257
4	8	2	25	40	112,5	6612	10100
6	8	2	25	40	112,5	5341	9925
2	8	2	30	40	112,5	10659	11750
4	8	2	30	40	112,5	8657	11513
6	8	2	30	40	112,5	7253	11416
2	8	2	35	40	112,5	12530	13515
4	8	2	35	40	112,5	10264	13191
6	8	2	35	40	112,5	9345	13132

DP460 yapıştırıcı malzeme kullanılarak elde edilen çift taraflı yamalı bindirme bağlantıları Şekil 2.5'te şematik olarak Şekil 2.6'da bağlantının solidworks ta çizilmiş üç boyutlu hali gösterilmektedir.



Şekil-7 Çift taraflı yamalı bindirme bağlantıları





Şekil-8 Çift taraf bindirmeli üç boyutlu halı

### 2.3. Deneysel Hasar Yüklerinin Belirlenmesi

Bütün deneyler bilgisayar kontrollü SHIMADZU AG-IC çekme cihazı ile 1 mm/dk sabit çekme hızında yapılmıştır. İlk önce yamasız numunelerin daha sonra da alüminyum yamalarla oluşturulan çift taraflı bindirme bağlantılarının çekme testleri yapılmıştır. Her numuneden üçer adet yapıştırılıp testler gerçekleştirilmiştir. Deneyler tamamlandıktan sonra numuneler iyice gözlenmiş hasar bölgeleri incelenmiş ve fotoğrafları çekilerek Şekil-9'da verilmiştir. Numunelerin taşıdıkları deneysel yüklerin karşılaştırılması Çizelge-4'te gösterilmiştir.

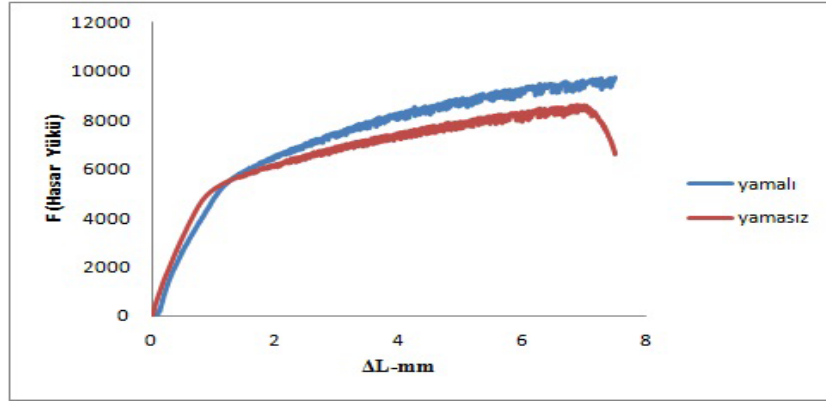


Şekil-9 Hasar bölgeleri

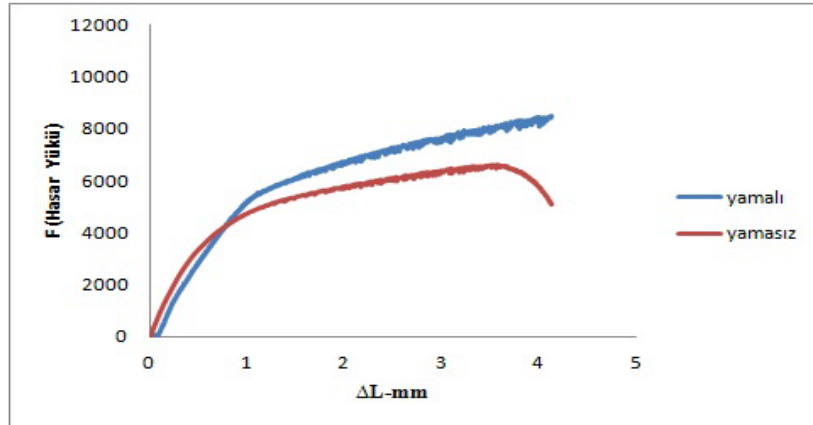
## 3. BULGULAR

### 3.1. Deneysel Sonuçlar

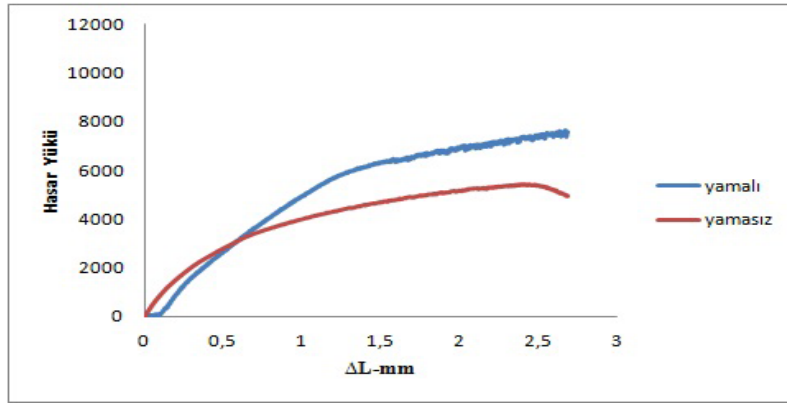
### 3.1.1. Yamasız ve yamalı numunelerde çentik ağzın (derinliğin) hasar yükleri üzerindeki etkisi



Şekil-10.  $b=8\text{mm}$ ,  $a=2\text{mm}$  ve  $W=25\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri

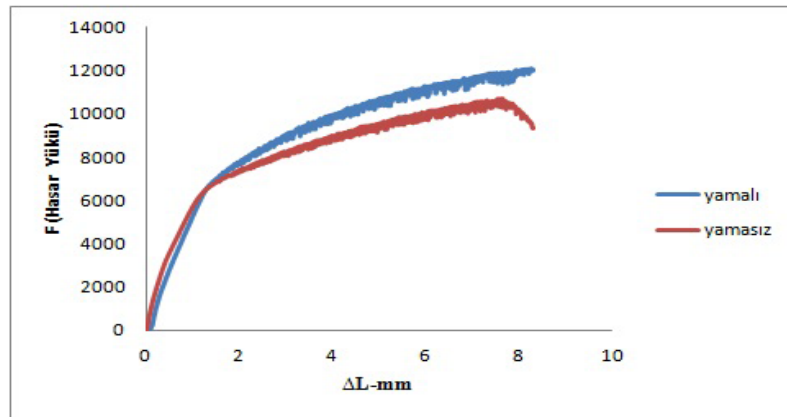


Şekil-11.  $b=8\text{mm}$ ,  $a=4\text{mm}$  ve  $W=25\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri

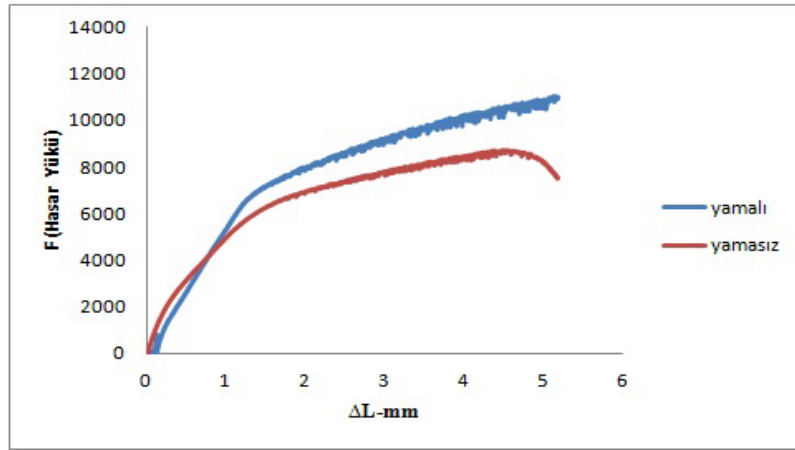


Şekil-12  $b=8\text{mm}$ ,  $a=6\text{mm}$  ve  $W=25\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri

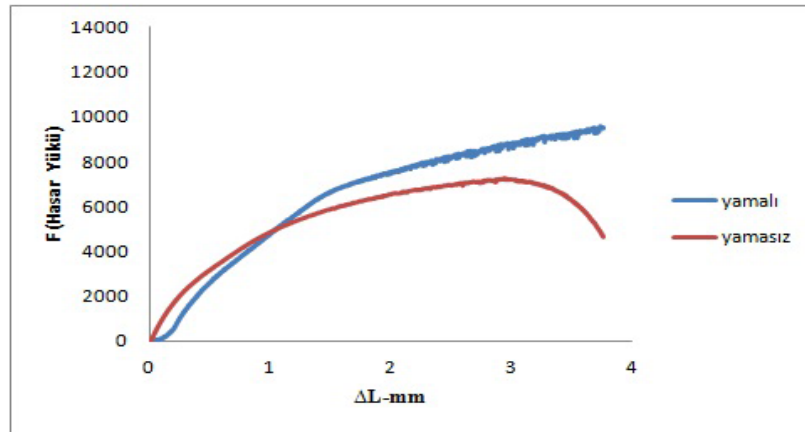
Şekil-10, Şekil-11 ve Şekil-12’de levha genişliği( $w$ ) 25mm, çentik yüksekliği( $b$ ) 8mm ve çentik ağız derinliği( $a$ ) 2mm alınarak yapılan yamalı ve yamasız deneylerde, yamalı numunenin yamasıza göre daha fazla hasar yükü taşıdığı görülmektedir. Çentik faktörü etkisine bakıldığında, çentik keskinlik artışına bağlı olarak çentik uç noktalarında gerilme yığılmalarının artışı, bu gerilme yığılma faktöründen dolayı levhanın hasar yükünün düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil-13  $b=8\text{mm}$ ,  $a=2\text{mm}$  ve  $W=30\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri

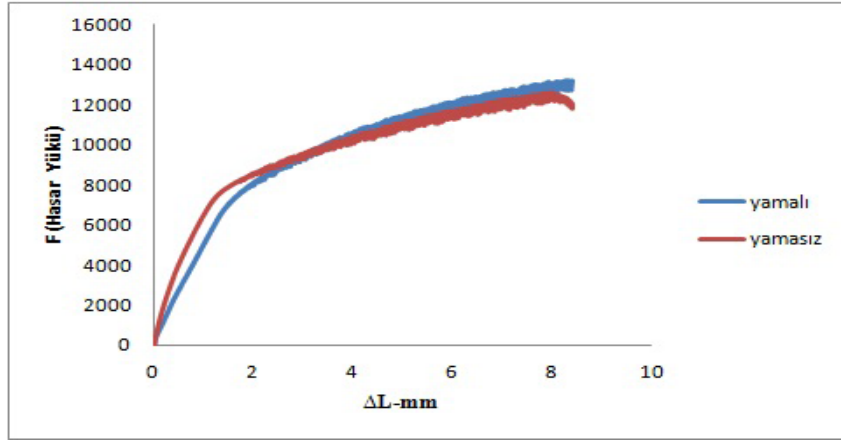


Şekil-14 b=8mm, a=4mm ve W=30mm yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri

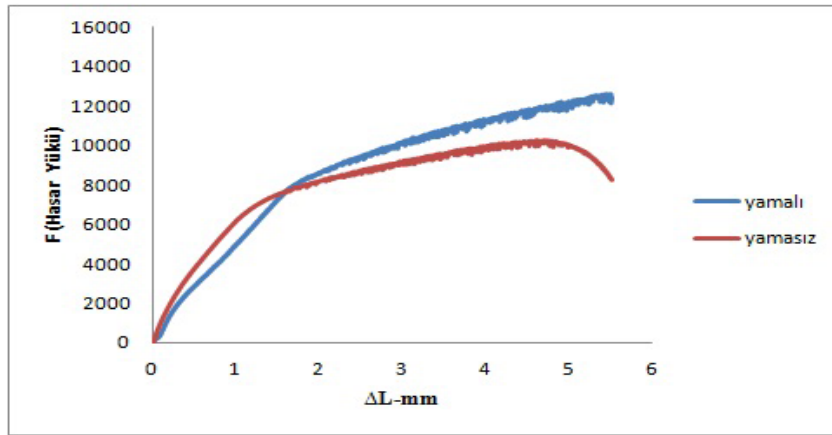


Şekil-15 b=8mm, a=6mm ve W=30mm yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri

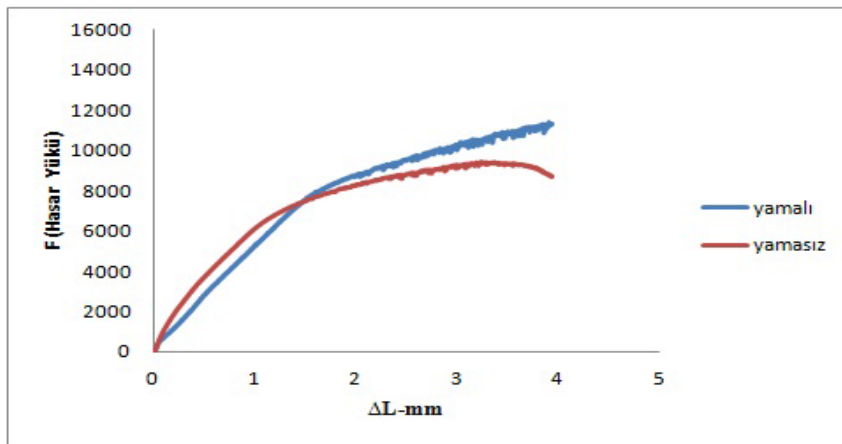
Şekil-13, Şekil-14 ve Şekil-15’de levha genişliği(w) 30mm, çentik yüksekliği(b) 8mm ve çentik ağız derinliği(a) 2mm, 4mm ve 6mm alınarak yapılan yamalı ve yamasız deneylerde, yamalı numunenin yamasıza göre daha fazla hasar yükü taşıdığı görülmektedir. Aynı çentik geometrisine sahip alüminyum levhanın (Şekil-12 ve Şekil-15) genişliği(W) 25mm ve 30mm alındığında, 30mm genişliğe sahip levhanın yamalı ve yamasız durumlarda daha fazla hasar yükü taşıdığı gözlemlenmiştir.



Şekil-16  $b=8\text{mm}$ ,  $a=2\text{mm}$  ve  $W=35\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri



Şekil-17  $b=8\text{mm}$ ,  $a=4\text{mm}$  ve  $W=35\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü değişimleri



Şekil-18  $b=8\text{mm}$ ,  $a=6\text{mm}$  ve  $W=35\text{mm}$  yamasız ve yamalı AA-5754 alüminyum levhalar için hasar yükü

değişimleri

Şekil-16, Şekil-17 ve Şekil-18’de levha genişliği(W) 35mm, çentik yüksekliği(b) 8mm ve çentik ağız derinliği 2mm, 4mm ve 6mm alınarak yapılan yamalı ve yamasız deneylerde, yamalı numunenin yamasıza göre daha fazla hasar yükü taşıdığı görülmektedir. Ayrıca levha genişliği artışına bağlı olarak artan yapışma yüzeyinin hasar yükü üzerinde olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

V çentik geometrisine sahip Alüminyum Levhanın Alüminyum yama ile yapılan tamir çalışmasında, çentik faktörü ve yama ile tamir edilebilirliği ile ilgili olarak;

- a- Yamasız durumlarda çentik etkisinin hasar yükü üzerindeki etkisine bakıldığında
  - Levhanın çentik ağız derinliği ve çentik yüksekliği 8x2, 8x4, 8x6 alınıp Levha genişliği sabit aldığımız durumlarda hasar yükünün çentik ağız derinliğinin artışına bağlı olarak düştüğü gözlemlenmiştir.
  - Levhanın genişliği(w) 25mm, 30mm ve 35mm alınıp çentik geometrisini aynı aldığımız durumlarda Levha genişliğinin artışına bağlı olarak hasar yükünün arttığı gözlemlenmiştir.
- b- Yapılan tamir çalışmasında;
  - Levha genişliği(w) artırıldığında hasar yükünün arttığı fakat yüzdesel olarak tamir etme başarısı W=25mm daha yüksek olduğu görülmüştür.
  - Çentik ağız derinliği(a) artıkça yamasız durumlarda hasar yükünün azaldığı fakat alüminyum yama ile yapılan tamir işleminde %85 ile en iyi performansın çentik ağız derinliği 6mm ve genişliği 25mm olan Levha da elde edilmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] Çiğil, Ş. 2012. Ortası Boş Ve Ara Elemanlı Çift Takviyeli Yapıştırma Bağlantılarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
- [2] Temiz, Ş. 2003. Yapıştırma Bağlantılarının Mekanik Özellikleri Üzerine Çevresel Faktörlerin Etkisinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
- [3] Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, Prof. Dr. Selahattin ANIK, Birsen Yayın Evi, 1999 / İstanbul
- [4] Demirgen, T, 2007. Metal Yapıştırma Bağlantı Performansının Bilgisayar Destekli Modelleme ile İncelenmesi, Yüksek Lisan Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- [5] Fekirini H., Bachir Bouiadjra B., Belhouari M., Boutabout B., Serier B.,2007. Numerical analysis of the performances of bonded composite repair with two adhesive bands in aircraft structures. Composite Structures 82, 84–89
- [6] da Silva, L. F. M., Marques, E. A. S. 2008. Joint Strength Optimization of Adhesively Bonded Patches, J. Adhesion 84, 915–934.
- [7] Çelik, A. , 2015, Turan, K. , Çentikli kompozit levhaların hasar davranışlarının incelenmesi. Dicle

üniv. Mühendislik dergisi, cilt-6 sayı:2,73-82

[8] Bezzerrouki, M., Bachir Bouiadjra, B., Ouinas, D. 2008. SIF for Cracks Repaired with Single Composite Patch Having Two Adhesive Bands and Double Symmetric One in Aircraft Structures. Computational Materials Science, 44 : 542-546.

[9] [https://en.wikipedia.org/wiki/5754\\_aluminium\\_alloy](https://en.wikipedia.org/wiki/5754_aluminium_alloy)

[10] Aydın, M. 2003. Yapıştırıcı ile Birleştirilmiş Tek Tesirli Bindirme Bağlantılarının Mekanik Özelliklerinin Deneysel ve Teorik İncelenmesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Türkiye.

#### **Bilgilendirme**

Bu yayın Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Destekleme Biriminin (BATÜBAP) 2013-MMF-8 nolu projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz