

L Tipinde Yapılan Yapıştırma Bağlantısında Partikül Etkisinin Belirlenmesi

Hüseyin DAMKAYA¹, Edip ÇETKİN^{2*}

¹Makine Mühendisliği / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman Üniversitesi, Türkiye

^{2*} Elektrik ve Enerji Bölümü/ Batman Üniversitesi, Türkiye

*(edip.cetkin@batman.edu.tr)

Özet – Endüstri uygulamalarında makine parçaları çeşitli şekillerde hasara uğramaktadırlar. Parçaların hasar durumuna göre ya değişim yapılmakta ya da tamir işlemleri yapılmaktadır. Zaman ve maliyet açısından tasarruf sağladığı için tamir işlemi daha çok tercih edilmektedir. Tamir işlemi için kaynak, cıvata, perçin ve yapıştırma yöntemleri tercih edilmektedir. Yapıştırma işlemi pratik ve parçaların bütünlüğünü bozmadan düzgün bir birleşme sağladığı için daha çok tercih edilmektedir. Yapılan bu çalışmada AA5754 alüminyum alaşımları DP410 ve DP490 yapıştırıcıları kullanılarak L tipi şeklinde yapıştırmalar yapılmıştır. Ayrıca TiO₂ nano partikülü %2, %4 ve %6 oranlarında yapıştırıcılara eklenerek takviyesiz duruma göre çekme yükü karşısındaki etkisi belirlenmiştir. Yapılan çekme deneylerinde takviye oranlarının takviyesiz duruma göre çekme kuvveti üzerinde artışlar sağlamıştır. En büyük iyileştirme DP410 yapıştırıcısına %4 TiO₂ takviyesinde sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler – AA5754, DP410, DP490, TiO₂, Yapıştırma Bağlantısı

I. GİRİŞ

Günümüzde sanayi uygulamalarında yapıştırıcı malzemeler pek çok avantajlarından dolayı inşaat, havacılık, otomotiv ve makine sektörlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanımlarının avantajları; mekanik titreşim ve yorulma yüklerine karşı mükemmel direnç, ağırlık ve maliyet tasarrufu, sızdırmazlık yeteneği ve minimum lokal gerilme yoğunluğu, yapıştırıcı ile birleştirmelerin diğer birleştirme tekniklerine göre bazı avantajlarıdır. Ancak bunun ile birlikte uzun kürleşme süresi, yüksek sıcaklık ve nem ortamlardaki düşük performansları gibi bazı dezavantajları vardır. Araştırmacılar yapıştırıcı malzemelerin düşük performans özelliklerini iyileştirmek için nano ve mikro partikül takviyeleri ile kullanımlarını araştırmışlardır. Bu çalışmalardan bazıları; Dorigato ve ark. [1] Yapışkan bağlantıların kesme mukavemetini artırmak için sentezlenmiş zirkonyum nano partiküllerini sol jel tekniği ile epoksi yapıştırıcılarına eklemiştirler. Testler sonucunda zirkonyum partikülün %1 vol'de yaklaşık

olarak %60 oranında iyileştirmenin sağlandığını açıklamışlardır. Ayrıca zirkonyum partikülünün yapıştırıcı ile substrat arasındaki ara yüzey ıslanabilirliğinin ve kimyasal uyumluluğun dengesini artırdığını da belirtmişlerdir. Saraç ve ark. epoksi yapıştırıcısı içerisine Al₂O₃, TiO₂ ve SiO₂ nano partikülleri takviye ederek farklı bindirme uzunluklarında tek kesirli bindirme yapıştırma bağlantıları yapmışlardır. Yapılan mekanik testler sonucunda, partikül takviyesinin statik hasar yükünü iyileştirdiğini, ancak Al₂O₃ ve SiO₂ nano partikül takviyesinin sadece yorulma hasar yükünü de artırdığını belirtmişlerdir [2]. Akpınar, DP460, DP270, Araldite2015 ve AV138 yapıştırıcılarına ağırlıkça % 1 ve % 2 oranında alüminyum oksit (Al₂O₃) ve titanyum dioksit (TiO₂) partiküllerini takviye ederek, AA2024-T3 alüminyum alaşımını tek tesirli bindirme şeklinde yapıştırmalar yapmıştır. Yapılan birleştirmelerin çekme testlerinde takviye partiküllerin olumlu katkı sağladığını belirtmiştir [3]. Tutunchi ve ark. Akrilik yapıştırıcısı içerisine farklı takviye oranlarında TiO₂ eklenerek yapıştırmalar

yapmışlar. Yapılan deneysel testlerde %3 takviye oranına kadar TiO₂ partikülünün olumlu katkı sağladığını belirtmişlerdir [4]. Ghosh ark. epoksi yapıştırıcı içerisine ağırlıkça % 5-10 ve 15 TiO₂ nano partikülleri takviye ederek bakır levhalar ile tek bindirmeli yapıştırma bağlantılarını yapmışlardır. Yapılan testlerde %5 ve %10 takviye oranlarına kadar artışların olduğu ancak %15 oranında ise azalmaların olduğu vurgulamışlardır [5].

Bu çalışmanın amacı, DP 410 ve DP490 Epoksi yapıştırıcıları ve içerisine farklı oranlarda TiO₂ partikülünü eklenerek uçlarında 2 mm çapında bükme cihazı ile 90° ve 30 mm uzunlukta bükülen AA5754 alüminyum alaşımlarının yapıştırmalarını yaparak daha fazla yük taşımalarını sağlamaktır. Yapılan çalışmada nano-partiküllerin ve DP410 ve DP490 yapıştırıcıları ve takviye partikülünün çekme hasar yükleri üzerinde etkisini belirlemek için bütün yapıştırmaların çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak maksimum çekme kuvvetinin elde edildiği numunelerin çekme sonrası kopma yüzeyinin makro görüntüsü alınarak hasar tipi belirlenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yapıştırma numunesi olarak AA5754 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Yapıştırıcı olarak DP410 ve DP490 malzemeleri kullanılmıştır. Takviye partikülü olarak da TiO₂ kullanılmıştır.

AA5754 alüminyum alaşımı: Deniz suyu ve endüstriyel kimyasal ortamları gibi ekstrem kullanım alanlarında son derece dayanıklı bir malzemedir. Ayrıca AA5754 alüminyum alaşımının kaynak kabiliyeti ile yorulma dayanımı yüksek, 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.

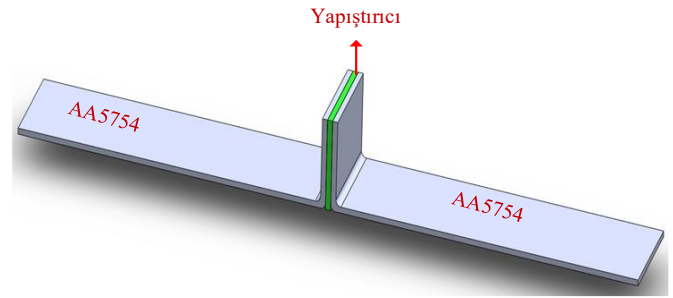
Nanopartikül katkı malzemeleri: Yapılan deneysel çalışmada TiO₂ nanopartikülü kullanılacaktır. TiO₂ nanopartiküllü epoksi yapıştırıcı

içerisine %2, %4 ve %6 ağırlık oranlarında takviye edilmiştir.

Epoksi yapıştırıcıları: Yapılan çalışmada yapıştırma işlemi için DP410 ve DP490 epoksi esaslı yapıştırıcıları kullanılmıştır. Bu yapıştırıcıların ve yapıştırma malzemesi olan AA5754 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri tablo 1'de verilmiştir. Şekil 1'de ise yapılan yapıştırmaların 3D çizimi verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri [6]

Malzeme	Çekme mukavemeti (MPa)	Elastik Modülü (MPa)
DP410	46.616	2283.69
DP490	30.112	1243.78
AA5754	272.0561	78586



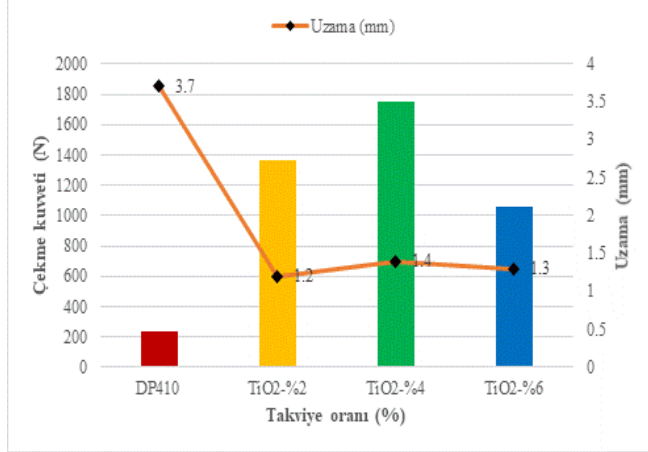
Şekil 1. Deneysel Çalışmada yapılan yapıştırma işleminin 3D çizimi

Numunelerin yapıştırma işlemleri tamamlandıktan sonra bütün yapıştırmalar çekme testlerine tabi tutulmuştur. Çekme testlerinde numuneler 1mm/dk sabit ilerleme hızında 250 KN yük kapasitesine sahip SHMADZU marka çekme test cihazında gerçekleştirilmiştir. Hata payını minimize etmek için her bir parametrede deney üç (3) kez tekrarlanmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen verilerin ortalama değerleri kullanılarak kuvvet uzama grafikleri elde edilmiştir. Daha sonra bu grafikler arasında karşılaştırma yapılacak en iyi mekanik dayanım gösteren partikül ve karışım oranı (%) belirlenmiştir.

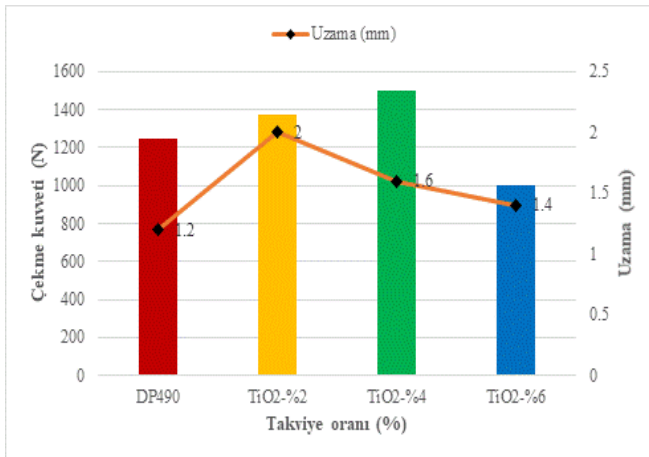
III. BULGULARI VE TARTIŞMA

AA5754 alüminyum alaşımları DP410 ve DP490 yapıştırıcısı ile takviyesiz ve TiO₂ takviyeli olarak (%2, %4 ve %6) L tipinde yapıştırmalar yapılmıştır. Yapılan yapıştırmalarda parametre etkilerini belirlemek için bütün numuneler çekme yüküne tabi tutulmuştur. Son olarak maksimum

çekme kuvvetinin elde edildiği numunenin çekme sonrası kopma yüzeyinin makro görüntüsü alınarak hasar mekanizması belirlenmiştir. Şekil 2 ve şekil 3'te sırasıyla DP410, DP490 ve TiO₂ takviyeleri ile yapılan yapıştırıcıların çekme kuvveti-takviye oranı-uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 4'te ise çekme sonrası kopma yüzey görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2. DP410 yapıştırıcısı ve farklı takviye oranlarında TiO₂ ile yapılan yapıştırıcıların çekme kuvveti ve uzama grafiği

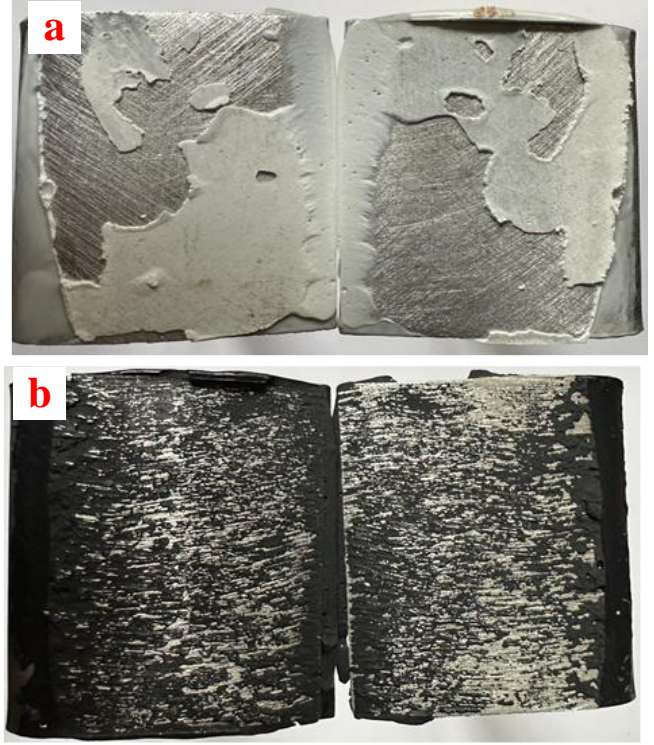


Şekil 3. DP490 yapıştırıcısı ve farklı takviye oranlarında TiO₂ ile yapılan yapıştırıcıların çekme kuvveti ve uzama grafiği

Şekil 2'de DP410 ve TiO₂ partiküllü karışımı ile yapılan yapıştırma bağlantılarının çekme kuvveti-takviye oranı (%) ve uzama grafiği incelendiğinde bütün takviye oranlarında takviyesiz duruma göre artışlar olmuştur. En yüksek çekme kuvveti %4 takviye oranı ile yapılan yapıştırma bağlantısında 1750 N olmuştur. Benzer şekilde uzama değerlerine bakıldığında takviyesiz durumda daha yüksek çıkmıştır.

Şekil 3'te DP490 ve TiO₂ takviyesi ile yapılan yapıştırıcıların çekme testleri sonuçları incelendiğinde TiO₂-%4 parametresinde maksimum çekme kuvveti elde edilmiştir. Takviyesiz duruma göre %2 ve %4 takviye

oranlarında artışlar sağlanmıştır. Ancak %6 takviye oranında düşüşler olmuştur. Ayrıca takviyesiz duruma göre daha düşük çekme kuvveti meydana gelmiştir.



Şekil 4. Maksimum çekme kuvvetini elde ettiği yapıştırma bağlantılarının çekme sonrası hasar yüzeyleri (a:DP410-%4TiO₂, b: DP490-%4TiO₂)

Şekil 4'te çekme sonrası maksimum çekme kuvvetlerin elde edildiği numunelerin hasar yüzeyleri incelendiğinde DP410-%4TiO₂ parametresi ile yapılan yapıştırma dış yüzeylerden iç yapıştırma bölgelerine doğru zorlamalar olduğu ve kopmanın adhezyon hasarı şeklinde gerçekleştiği söylenebilir. DP490-%4TiO₂ parametresi ile yapılan bağlantının yapıştırma yüzeyi incelendiğinde homojen dağılımlı bir hasar meydana gelmiştir.

IV. SONUÇLAR

DP410, DP490 ve TiO₂ nano partiküllü kullanılarak AA5754 alüminyum alaşımları L tipinde yapıştırılmıştır. Elde edilen yapıştırma bağlantılarının çekme testleri yapılmıştır. Son olarak en iyi çekme kuvvetinin elde edildiği numunenin çekme sonrası yüzey hasar incelemesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. DP410 yapıştırıcısı ve %2, %4 ve %6 takviye oranlarında TiO₂ partikülünün kullanıldığı yapıştırma bağlantılarında çekme kuvvetleri sırasıyla 234, 1362, 1750 ve 1062 N olarak elde edilmiştir.
2. DP490 yapıştırıcısı ve %2, %4 ve %6 takviye oranlarında TiO₂ partikülünün kullanıldığı yapıştırma bağlantılarında çekme kuvvetleri sırasıyla 1250, 1675, 1500 ve 1000 N olarak elde edilmiştir.
3. Çekme sonrası maksimum çekme kuvvetinin elde edildiği %4 takviyeli yapıştırma bağlantısının makro görüntü incelemelerinde adhezyon hasarı şeklinde kopmalar gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Dorigato, A. Pegoretti, F. Bondioli, M. Messori, *Improving epoxy adhesives with zirconia nanoparticles. Compos Interfaces* 2010;17(9):873–92.
- [2] İ. Saraç, H. Adin, S. Temiz, Experimental determination of the static and fatigue strength of the adhesive joints bonded by epoxy adhesive including different particles. *Composites Part B: Engineering*, Volume 155;2018, Pages 92-103.
- [3] S. Akpınar, Alüminyum Oksit ve Titanyum Dioksit Partikül Takviyeli Yapıştırıcılarla Birleştirilmiş Bağlantıların Mekanik Özelliklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi. *Niğde Ömer Halis-demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 5, no. 2, pp. 244-252, Jul. 2016, doi:10.28948/ngumuh.295635.
- [4] A. TUTUNCHI, R. KAMALI, A. KIANVASH, Steel-Epoxy Composite Joints Bonded with Nano-TiO₂ Reinforced Structural Acrylic Adhesive. *Journal of Adhesion*, 91, 663-676, 2015.
- [5] P.K. Ghosh, A. Patel, K. Kumar, Adhesive joining of copper using nano-filler composite adhesive, *Polymer*, 87, 159-169, 2016.
- [6] E. Çetkin, Determination of the effects of GNP and nano-fibers on bonding joints. *Journal of Manufacturing Processes* 71 (2021) 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.09.013>.