

Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerde Kullanılan Bağlantı Elemanlarının Malzeme Ömrü Üzerine Etkisi

The Effect of Fasteners Used in Plastic Based Composite Materials on Material Life

Yusuf ÖZBAKİŞ¹, Fehmi ERZİNCANLI¹, Ahmet ŞAHİN²

¹ Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce, TÜRKİYE

²İnnovasyon Takımı, Ar-Ge Merkezi, Silverline Endüstri A.Ş., 05300, Amasya, TÜRKİYE

Öz

Bu çalışmada, endüstriyel mutfak ürünlerinin plastik esaslı kompozit parçalarının montajında kullanılan, DIN 7981 standartlarındaki sac vidası yerine plastik vidası kullanılmasının malzeme ömrü üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için, beyaz eşya sektöründe kullanılan plastik esaslı PC+ABS V0 hammaddeye sahip kompozit ürün numuneleri alınmıştır. Bu numuneler ile gerçekleştirilecek deneyler için, iki farklı vida türü (plastik S1, sac P2), üç farklı sıkma torku (0,5, 0,7 ve 0,9 Nm) ve üç farklı vida çeşidi (V1:2,9x13 YSB, V2: 2,9x9,5 YSB, V3: 3,5x9,5 YSB) temin edilmiştir. Yapılan çalışmada, farklı vida türü ile gerçekleştirilen deney sonuçları incelendiğinde, en iyi ömür sonucunu 0,5 sıkma torkunda V3 kodlu plastik vida çeşidi, en kötü ömür sonucunu ise 0,7 ve 0,9 sıkma torkunda V1 kodlu sac vida çeşidinin verdiği belirlenmiştir. Taguchi metodu ile gerçekleştirilen analiz sonrasında sinyal gürültü oranları incelendiğinde en ideal ömürde kullanılacak parametrenin vida türü için Seviye 2, sıkma torku için Seviye 1 ve vida çeşidi için Seviye 3 olarak belirlenmiştir. Anova sonuçları incelendiğinde, vida ömründe en etkili parametrenin % 37,66 ile vida çeşidi, ikinci etkili parametrenin %28,11 ile vida türü ve en düşük etkinin ise %20,01 ile vida türü olarak olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bağlantı elemanları, Plastik esaslı kompozit malzemeler, Taguchi Metot, Anova

Abstract

In this study, It is aimed to investigate the effect of plastic screw on material life instead of DIN 7981 standard sheet screw which is used in assembling plastic based composite parts of industrial kitchen products. For this purpose, samples of plastic based PC + ABS V0 raw materials used in the white goods industry were taken. For experiments with these examples, two different types of screws (plastic S1, sheet P2), three different tightening torques (0.5, 0.7 and 0.9 Nm) and three different kinds of screws (V1:2.9x13 PH, V2: 2.9x9.5 PH, V3: 3.5x9.5 PH) are provided. In the study, when the results of the experiments performed with different types of screws were examined, it was determined that the best material life result was given by V3 coded plastic screw kind with 0,5 tightening torque and the worst material life result was given by V1 coded screw kind with 0,7 and 0,9 tightening torque. When the signal-to-noise ratios were analyzed with Taguchi method, the parameter to be used in the ideal material life was determined as Level 2 for screw type, Level 1 for tightening torque and Level 3 for screw kind. When Anova results were analyzed, it was found that the most effective parameter in screw life was screw kind with 37.66%, the second effective parameter was screw type with 28.11% and the lowest effect was screw type with 20.01%.

Keywords: Fasteners, Plastic-based composite materials, Taguchi Method, Anova

1. GİRİŞ

Ülkelerin kalkınması o ülkenin sahip olduğu tüm yeraltı ve yerüstü kaynaklarını en verimli bir biçimde kullanılmasına bağlıdır. Bunu sağlarken de günümüzde çok hızlı bir ilerleme gösteren teknolojik gelişmelerinde gerisinde kalmaması gerekmektedir. Neticede bu konular rekabeti zorunlu hale getirmektedir. Rekabette de başarılı olabilmenin şartı, verimli üretim yapabilmektir.

Son yüzyılda sanayinin hemen hemen bütün alanların da kullanımı giderek yaygınlaşan ve artık günlük hayatımızın vazgeçilmezi olan plastiklerin kullanımı sürekli olarak artmaktadır. Elbette ki bu artış oranı sektörden sektöre göre değişmektedir. Malzeme gruplarına ve özelliklerine bağlı olarak belli hammadde gruplarında ciddi bir birikim var iken, daha az kullanılan ve çok ciddi mekanik özellikleri barındıran plastik türlerinin kullanımı nispeten biraz daha düşük orandadır. Plastik sektörünün gelişimi ile birlikte daha çok mono

Sorumlu yazar: Yusuf ÖZBAKİŞ, Tel: 0507 960 35 55, e-posta: yusufozbakis@hotmail.com

Gönderilme: 16.11.2019, **Düzenleme:** 12.05.2020, **Kabul:** 04.06.2020

formdaki yapılar imalatatta kullanıldı. Bunlar bugün hepimizin güncel hayatında Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polivinil klorür (PVC), Polistiren (PS), Polyamid (PA), Polietilen tereftalat (PET), Polikarbonat (PC) gibi malzemelerdir. Kuşkusuz ki bu plastik malzeme türleri aynı şekilde bugün de yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Ancak değişen ihtiyaçlar ve beklentiler birçok uygulamada bu mono yapıların tek başına kullanımı yetersiz kıldı. Çünkü aynı ürünün belli bir uygulamada bazı özellikleri çok iyi iken, bazı özellikleri çok zayıf kalmaktaydı ve buda ya ürünün kullanım ömrünü kısaltmakta veya o plastik malzemenin kullanımı sınırlamaktaydı. Yeni bir yol bulunmalıydı ve alternatifler çözümler çok geçmeden geliştirildi. Farklı özellikleri iyi olan plastik hammaddeler karıştırılarak yeni ve çok daha üstün özelliklere sahip malzemeler geliştirilmeye başlandı [1].

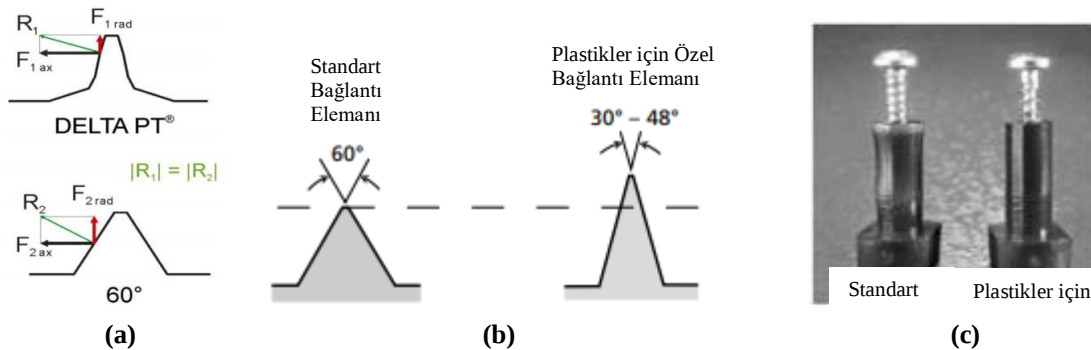
Mühendislik plastikleri ve poliolefin (PO) malzemelerinin tamamlayıcı özelliklerini birleştiren daha yüksek performanslı bileşiklerin geliştirilmesi, işlenebilirliği kolaylaştırırken, tasarım esnekliği, daha hafif ağırlık ve sağlam mekanik özelliklerin anahtar olduğu çeşitli endüstrilerde sürekli artan bir gereksinimdir [2].

PC / ABS karışımı (CS), bugüne kadar polikarbonat (PC) veya akrilonitril bütadien stiren (ABS) 'e iyi bir

alternatif olarak kabul edilen en popüler mühendislik plastiklerinden biridir [3].

Vida, esas itibarı ile silindirik bir mil üzerine vida profili adı verilen diş şeklinin helis eğrisi boyunca sarılması ile meydana gelir. Helis eğrisi, uzun dik kenarı, üzerine sarılacağı silindirin taban çevresine eşit olan bir dik üçgenin hipotenüsünün, silindir üzerine sarılışı sırasında oluşturduğu eğridir. Dik üçgenin kısa kenarı ise vidanın adımını göstermektedir ve helisin silindir yüzeyini bir defa dolanışındaki yükselme miktarı olarak tanımlanabilir.

Sac vidalarının ana hammaddesi Cq15-Cq22 (DIN 1654) standartlarda olması gerekir. Bu malzemenin kullanımı DIN kalite normunda üretilir. İki veya daha fazla sacın birbirine bağlanmasında kullanım yerine göre sivri uçlu veya küt uçlu vidalar kullanılır. Bu bağlama işleminin sağlıklı olabilmesi için vidanın akma sınırı, burkulma kabiliyeti en üst düzeyde olmalıdır. Sac vidaları geniş bir kullanım alanına sahiptir. Sert plastikler, alüminyum, pirinç, çeşitli levha ve profiller vb. gibi. Bunun için kullanılan malzemeye göre seçim yapılmalıdır. Birleştirme için kullanılacak vidanın vida dişi adımı (hatve) büyük olmamalıdır. İyi üretilmeyen sac vidası kullanıldığında istenmeyen zararlar verebilir.



Şekil 1. a) Dişli profili açısının bir fonksiyonu olarak elde edilen kuvvetler, **b)** Özel vida ve standart vida dişi profili, **c)** Özel vida ve standart vida dişi tasarımlarının ince duvarlı bölgelerde nasıl çalışabileceğini gösteren örnek resim [4].

Dişler üzerine etki eden kuvvetler ve küçük açılı profil avantajları Şekil 1-a' da gösterilmektedir. Farklı açıdaki dişe etki eden aynı net kuvvet karşılaştırılarak küçük açılı diş profiline sahip vidada daha az radyal gerilme olduğu gösterilmiştir. Termoplastiklerde, bu tercih edilen bir davranıştır çünkü radyal bileşen, eksenel bileşen diş oluşturma sırasında malzemenin yer değiştirmesine yardımcı olurken, radyal bileşen vida yuvası'nın "patlamak" isteyen olumsuz çember gerilmelerine katkıda bulunur. Bu fenomenin net sonucu, tasarımcıların daha ince duvarlara sahip vida yuvaları tasarlayabilmeleri ve bunun sonucunda malzeme ve ağırlık azalması olabilir. Radyal olarak indüklenen stresin etkisini ve profilinin nihai tasarımı üzerinde nasıl bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Bu resimde (Şekil 1) gösterilen iki aynı ABS plastik

vida yuvası ve aynı diş çapa sahip iki farklı vida olup sağdaki vida, son teknoloji bir diş profiline ve soldaki vida ise geleneksel bir 60° AB diş profiline sahiptir [4].

Plastik vidaları, otomatik montaj işleminin bir parçası olarak uygun imalatlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu vidaların dişleri malzemenin içine daha fazla kesmek üzere tasarlandığından, dışarı çekilmeye karşı ekstra direnç sağlarlar [5]. Metal harici kompozit malzemeleri birleştirmek için yapılan birçok çalışma bulunmaktadır [6-11].

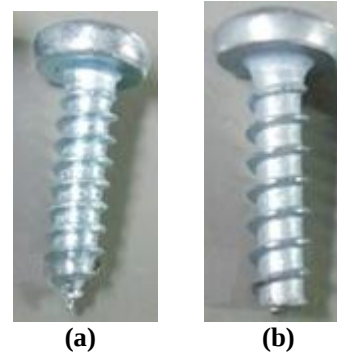
Bu çalışmada endüstriyel mutfak ürünlerinin plastik esaslı kompozit parçalarının montajında kullanılan plastik ve sac vidaların farklı parametreler (üç farklı

sıkma torku (0,5, 0,7 ve 0,9 Nm) ve üç farklı vida çeşidi (V1: 2,9x13 YSB, V2: 2,9x9,5 YSB, V3: 3,5x9,5 YSB)) ile gerçekleştirilen deneylerin malzeme (PC+ABS V0) ömrüne etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

II. MATERYAL METOD

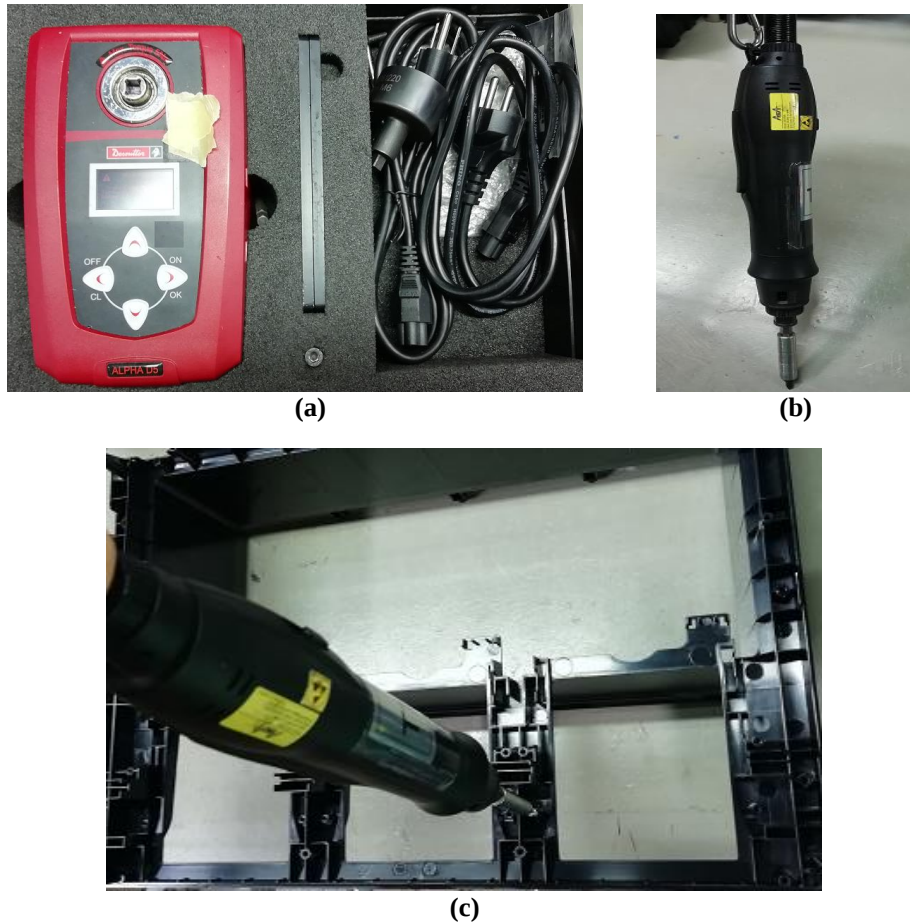
2.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Vida Tipleri

Yapılan deneyel çalışmada beyaz eşya sektöründe kullanılan plastik esaslı PC+ABS V0 hammaddeye sahip kompozit ürün numuneleri alınmıştır. Bu numunelerde kullanılan iki farklı türde (sac vidası, plastik vidası) ve üç farklı ölçüdeki (2,9x13 YSB (yıldız silindir başlı), 2,9x9,5 YSB, 3,5x9,5 YSB) vidalar ile üç farklı tork (Nm) değerinde sökmüş ve tekrar sıkılmıştır. Bu şekilde her farklı numune için üç tekrar yapılmıştır. Yapılan deneyler sonrasında ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu sonuçlar ile farklı vida kullanımının malzeme ömründe (ömür: sök-tak işlemi yapılarak parçanın hasarlanması sonucu kullanılamayacak duruma gelmesi) etkisi araştırılmıştır. Şekil 2’de deneyde kullanılan vida türleri gösterilmektedir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan vida türleri; a) Sac vidası, b) Plastik vidası.

Deneylerde ASA marka elektrikli full otomatik tornavida ve Desoutter marka tork ölçüm cihazı kullanılmıştır. Full otomatik tornavida deneyde belirlenen tork değerine ayarlanarak her çeşit vida için sökme-sıkma testleri yapılmıştır. Deneye ve test cihazlarına ait resimler Şekil 3’ de gösterilmektedir.



Şekil 3. Deney ve test cihazları; a) Desoutter marka tork ölçüm cihazı, b) ASA marka elektrikli full otomatik tornavida, c) Deney düzeneği.

III. DENEYSEL TASARIM VE OPTİMİZASYON

Deney parametreleri Taguchi L_{18} ($2^1 \times 3^2$) deney tasarımı yöntemi kullanılarak oluşturulmuş olup parametre ve seviyeleri Tablo 1’ de gösterilmektedir.

Tablo 1. Deneyisel çalışmada kullanılan parametreler.

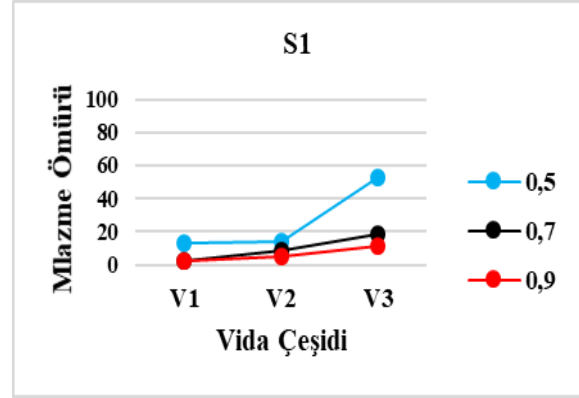
Faktör	Seviyeler	Değerleri	Birim
Vida Türü	2	S1; P2	-
Sıkma Torku	3	0,5; 0,7; 0,9	Nm
Vida Çeşidi	3	V1; V2; V3	-

S1: Saç Vida,
P2: Plastik Vida,
V1: 2,9x13 YSB
V2: 2,9x9,5 YSB,
V3: 3,5x9,5 YSB

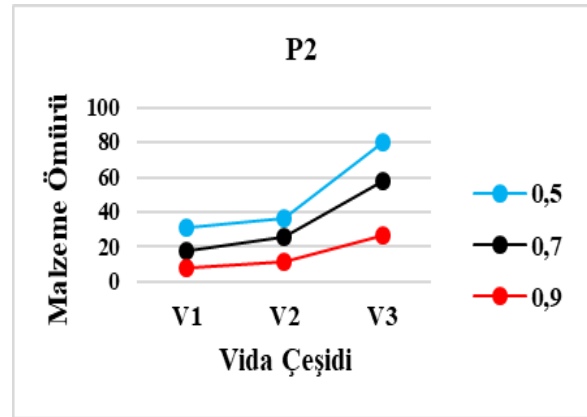
Tablo 2. Sac ve plastik vidaların ömür deneyi sonuçları.

Deney No	Vida Türü	Sıkma Torku	Vida Çeşidi	Ömür
1.	S1	0,5	V1	13,33
2.	S1	0,5	V2	14,00
3.	S1	0,5	V3	52,33
4.	S1	0,7	V1	2,33
5.	S1	0,7	V2	8,33
6.	S1	0,7	V3	18,33
7.	S1	0,9	V1	2,33
8.	S1	0,9	V2	5,33
9.	S1	0,9	V3	11,67
10.	P2	0,5	V1	31,00
11.	P2	0,5	V2	36,00
12.	P2	0,5	V3	80,00
13.	P2	0,7	V1	17,33
14.	P2	0,7	V2	25,33
15.	P2	0,7	V3	57,67
16.	P2	0,9	V1	8,33
17.	P2	0,9	V2	11,33
18.	P2	0,9	V3	27,00

Şekil 4’ de vida çeşitliliğinin malzeme ömrü üzerinde etkisi gösterilmiştir. V1 vida türünden V2 vida türüne geçişte malzeme ömrünün bir miktar arttığı görülmüştür. V2 vida türünden V3 vida türüne geçişte vida çapı büyüdükçe malzeme ömründe ciddi iyileşme olduğu (Tablo 2) görülmüştür.



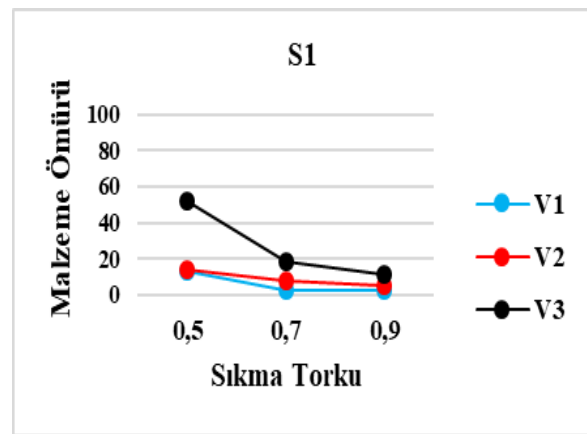
(a)



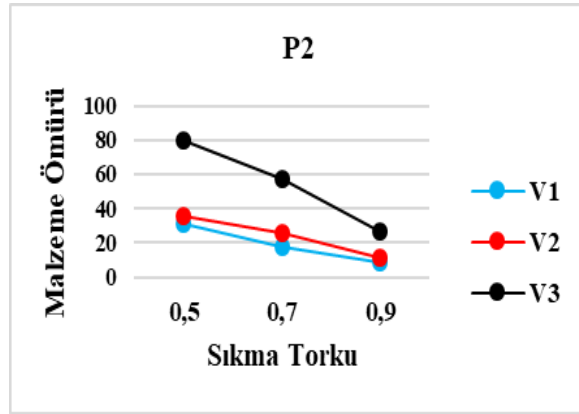
(b)

Şekil 4. a) Sac vida çeşitliliğinin malzeme ömür değerleri grafiği, **b)** Plastik vida çeşitliliğinin malzeme ömür değerleri grafiği.

Şekil 5’de vida sıkma torkunun malzeme ömrü üzerinde etkisi gösterilmiştir. Her iki tür vida için sıkma torku malzeme ömrü üzerinde olumsuz etki yapmıştır. Sıkma torku arttıkça malzeme ömrü azalmıştır. Plastik vidası için bu azalma torkla birlikte daha stabil düşmüştür.



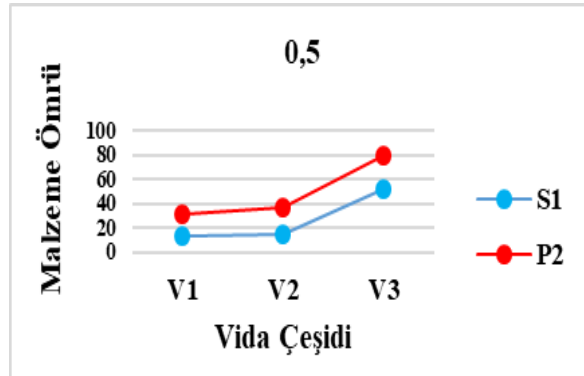
(a)



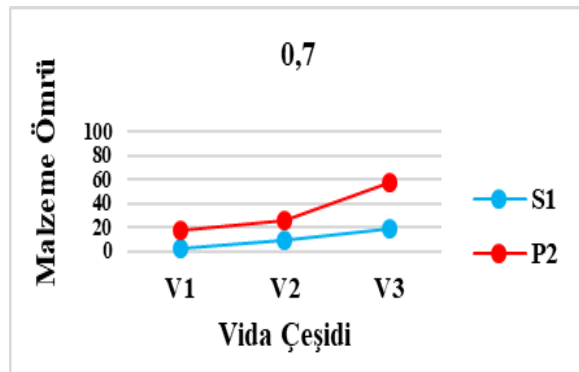
(b)

Şekil 5. a) Sac vidalarda farklı tork değerleri için malzeme ömür değerleri grafiği, b) Plastik vidalarda farklı tork değerleri için malzeme ömür değerleri grafiği.

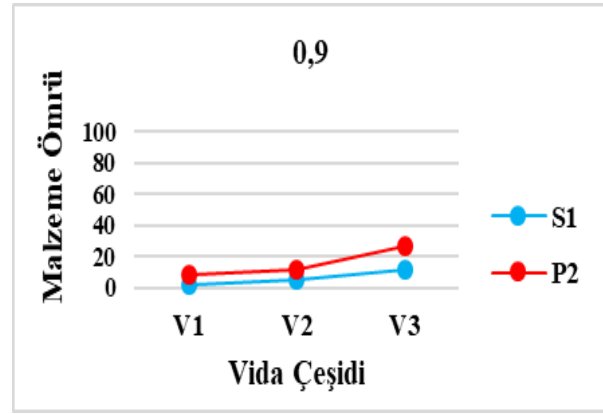
Şekil 6'de farklı tork değerlerinde vida çeşitliliğinin malzeme ömrü üzerinde etkisi gösterilmiştir. Üç tork değerinde de vida çeşitliliği ile malzeme ömründe iyileşme olduğu tespit edilmiştir. Tork değerinin artışı ile vida çeşitliliğinin etkisi azalmıştır. Tüm şartlarda plastik vidası kullanımı malzeme ömründe ciddi artışlar sağlamıştır. Bu artış ile montaj ve üretim aşamalarında malzeme hasarlanmaları minimum seviyelerde olacaktır. Bu sayede arızacılık ve üretim aşamalarında hasarlanacak parçaların azalması ile maliyette de iyileşmeler sağlanmış olacaktır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6. a) 0,5 Nm tork değerinde vida çeşitliliğinin malzeme ömür değerleri grafiği, b) 0,7 Nm tork değerinde vida çeşitliliğinin malzeme ömür değerleri grafiği c) 0,9 Nm tork değerinde vida çeşitliliğinin malzeme ömür değerleri grafiği.

4.1. Taguchi Method

Taguchi yöntemi geleneksel deney tasarımının dikkate almadığı kontrol edilemeyen faktörlerin meydana getirdiği değişkenlerin denetimine izin vermektedir. Taguchi, bu faktörlere karşı kontrol faktörlerinin seviyelerinin performans karakteristiğini ölçmek için amaç fonksiyonu değerlerini sinyal/gürültü (S/N) oranına dönüştürür. S/N oranı, istenilmeyen rastgele gürültü değeri için istenilen sinyal oranı olarak tanımlanmakta olup, deneysel verilerin kalite karakteristiklerini göstermektedir [12]. Ayrıca, kesme parametrelerinin istatistiksel önemini belirlemek için ANOVA uygulanmaktadır. ANOVA ve S/N oranı yardımıyla kesme parametrelerinin optimum kombinasyonu belirlenmektedir [13]. Yüzey pürüzlülüğü için kontrol faktörlerinin her kombinasyonu deney tasarımında ölçülür, kontrol faktörlerinin optimizasyonunda S/N oranları kullanılır. Vida ömrünün uzun olması, ürün kalitesi, maliyeti ve ömrü açısından büyük bir öneme sahiptir [14].

S/N oranlarının hesaplanmasında; karakteristik tipine bağlı nominal en iyidir, en büyük en iyidir, en küçük en iyidir metotları kullanılır. Eşitlik (2)'te "en büyük en iyidir", Eşitlik (3)'te ise "en küçük en iyidir" amaç fonksiyonu verilmiştir [15].

$$\text{En büyük en iyi: } \frac{S}{N} = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

$$\text{En küçük en iyi: } \frac{S}{N} = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

Deneysel çalışmada vidaların ömürlerinin en uzun gitmesi istendiğinden en büyük en iyidir amaç fonksiyonunun kullanılması gerekmektedir.

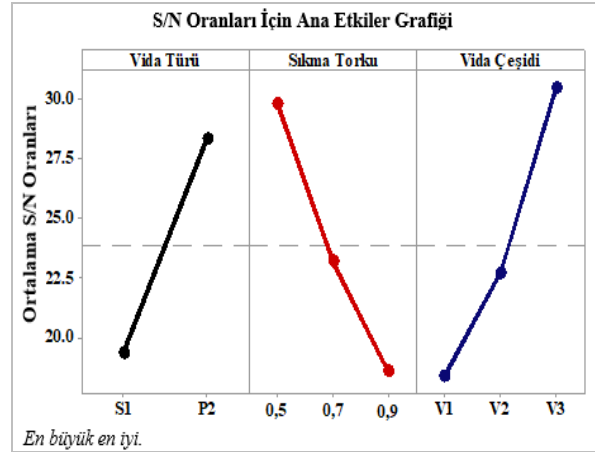
4.2. Sinyal – Gürültü Analizi (S/N)

Kontrol faktörlerinin optimizasyonunda Sinyal/Gürültü kullanılır. Tablo 2’de elde edilen verilerin ve bu verilerin analizi ile elde edilen ömür değerleri için ideal S/N oranları Tablo 3’de gösterilmektedir.

Tablo 3. Sinyal gürültü oranları için yanıt tablosu.

Seviye	Vida Türü	Sıkma Torku	Vida Çeşidi
1	19,34	29,80	18,37
2	28,36	23,19	22,69
3	-	18,56	30,48
Delta	9,02	11,24	12,11
Rank	3	2	1

Tablo 3 incelendiğinde en büyük en iyi amaç fonksiyonuna göre analizler gerçekleştirildiğinde ömür için en ideal parametreler, vida türü için **Seviye 2**, sıkma torku için **Seviye 1** ve vida çeşidi için **Seviye 3** olarak belirlenmiş olup grafik olarak Şekil 7’de gösterilmiştir. Benzer şekilde çalışmalarda vida tasarımının kompozit malzemelerin bağlanmasındaki etkisi gösterilmiştir [7,10].



Şekil 7. En ideal ömür değerleri için ana etkiler grafiği.

4.3. ANOVA

ANOVA deneysel çalışmada kullanılan kontrol faktörlerinin birbirleri ile etkileşimlerini belirlemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir [14]. Bu çalışmada ömür deneyi için kullanılan parametrelerin bir birleri ile etkileşimlerini incelemek için ANOVA kullanılmıştır. Ömür deneyleri için ANOVA sonuçları Tablo 4’de gösterilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen analiz %95 güven ve %5 anlamlılık seviyesinde gerçekleştirilmiştir [17].

Tablo 4. Anova varyans analizi.

Kaynak	DF	Seq SS	Katkı %	Adj SS	Adj MS	F-Değer	P-Değer
Regresyon	4	6564	85,78%	6564	1640,91	19,61	0,000020
Vida Türü	1	1531	20,01%	1531	1530,89	18,29	0,000901
Sıkma Torku	1	2151	28,11%	2151	2151,15	25,70	0,000215
Vida Çeşidi	2	2882	37,66%	2882	1440,80	17,22	0,000222
Hata	13	1088	14,22%	1088	83,69		
Total	17	7652	100%				
Rq: %85,78							

Tablo 4’de anova varyans analizi sonuçları incelendiğinde vida ömründe en etkili parametrenin % **37,66** ile vida çeşidi, ikinci etkili parametrenin % **28,11** ile vida türü ve en düşük etkinin ise % **20,01** ile vida türü olarak olduğu belirlenmiştir.

4.4. Regresyon Analizi

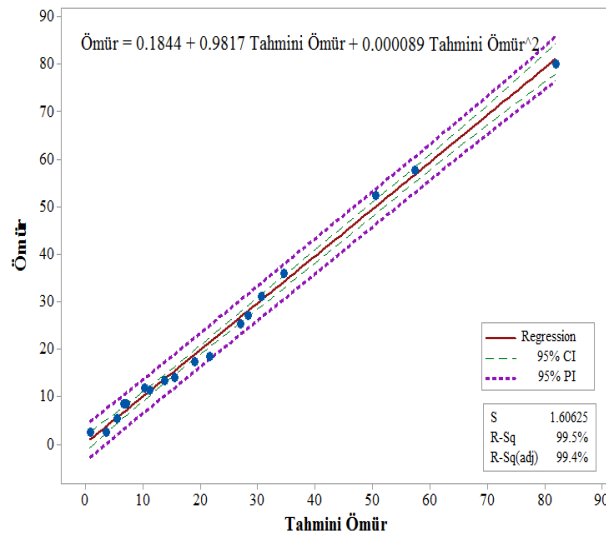
Regresyon analizleri, bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiye sahip çeşitli değişkenlerin modellenmesi ve analizi için gerçekleştirilir [14]. Bu çalışmada vida türü ve çeşidine bağlı ömürleri regresyon analizi ile

hesaplanmıştır. Tahmini eşitlikler lineer olarak hesaplanarak Tablo 5’ de gösterilmektedir.

Tablo 5. Vida ömürleri için tahmini eşitlikler.

Vida Türü	Vida Çeşidi	Formüller
S1	V1	Ömür = 50,1 – 66,9 Sıkma Torku
S1	V2	Ömür = 54,4 – 66,9 Sıkma Torku
S1	V3	Ömür = 78,8 – 66,9 Sıkma Torku
P2	V1	Ömür = 68,5 – 66,9 Sıkma Torku
P2	V2	Ömür = 72,8 – 66,9 Sıkma Torku
P2	V3	Ömür = 97,3 – 66,9 Sıkma Torku

DeneySEL sonuçlardan elde edilen değerlerin CI (güven aralığı) dahilinde olup olmadığını belirlemek için ikinci dereceden regresyon analizi uygulandı. Bu analiz, deney sonuçları ile tahmini (PI) deney sonuçları arasındaki ilişkiyi belirlemek için Taguchi optimizasyon metodu kullanılarak yapıldı. Sonuçlar değerlendirildiğinde, regresyon analizinde tahmini değerlerin CI sınırında (% 95) olduğu tespit (Şekil 8) edildi.



Şekil 8. Gerçek ve tahmini ömür deneyleri grafiği.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada; Plastik esaslı kompozit malzeme olan PC+ABS V0 hammaddesi ile üretilmiş endüstriyel mutfak ürünlerinde kullanılan bir parçanın, DIN 7981 standartlarına uygun üretilen sac vidaları ve özel tasarım plastik vidaları ile farklı işleme parametreleri ile deneyler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- En iyi ömür sonucunu plastik vidası için 0,5 sıkma torkunda V3 kodlu vida çeşidi ile oluştuğu
- En kötü ömür sonucunu ise 0,7 ve 0,9 sıkma torkunda V1 kodlu vida türü ile gerçekleştiği
- Sinyal gürültü oranları incelendiğinde en ideal ömürde kullanılacak parametrenin vida türü için Seviye 2, sıkma torku için Seviye 1 ve vida çeşidi için Seviye 3 olarak belirlendiği,
- Anova varyans analizi sonuçları incelendiğinde, vida ömründe en etkili parametrenin % 37,66 ile vida çeşidi, ikinci etkili parametrenin %28,11 ile vida türü ve en düşük etkinin ise %20,01 ile vida türü olarak oluştuğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada hiçbir yardımı esirgemeyen Silverline Endüstri A.Ş.'ye ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Plastik Kompound ve Alaşımlar, (2016). [Online]. Erişim: <http://rustempolat.com/makale-detay/plastik-kompound-ve-alasimlar>
- [2] Plastic Compound, (2019). [Online]. Erişim: <https://www.ngc-nordic.com/plastic-compound/>
- [3] Chiu H. T., Huang J. K., Kuo M. T. and Huang J. H., "Characterisation of PC/ABS blend during 20 reprocessing cycles and subsequent functionality recovery by virgin additives" Journal of Polymer Research, 25: 124, 2018.
- [4] Claus L. and Weitzel S., "Self-Tapping Fasteners for Lightweight Designs," SAE Technical Paper 2014-01-0785, 2014.
- [5] Thread Forming Screws for Plastic, (2019). [Online]. Erişim: <https://www.fastenright.com/products/general-fixings/thread-forming-screws>
- [6] Maleki S., Kazemi Najafi S., Ebrahimi G. and Ghofrani M., "Withdrawal resistance of screws in structural composite lumber made of poplar" Construction and Building Materials 142, 499–505, 2017.
- [7] Smardzewski J., İmirzi H., Lange J. and Podskarbi M., "Assessment method of bench joints made of wood-based composites" Composite Structures 123, 123–131, 2015.
- [8] Chen Y., Zhu S., Guo Y., Liu S., Tu D. and Fan H., "Investigation on withdrawal resistance of screws

in reconstituted bamboo lumber” WOOD RESEARCH 61,799-810, 2016.

[9] İlçe A. C., Budakçı M., Özdemir S., and Akkuş M., “Analysis of Usability in Furniture Production of Wood Plastic Laminated Board”, BioResources 10(3), 4300-4314, 2015.

[10] Pereira A. A. C. and D’Almeida J. R. M., “Geometric Parameters Influence on the Screw Withdrawal Strength of Coir Agglomerates” Journal Of Natural Fibers, 1544-0478, 2019.

[11] Ozcifci A., “The effects of pilot hole, screw types and layer thickness on the withdrawal strength of screws in laminated veneer lumber”, Materials and Design, 30, 2355–2358, 2009.

[12] Kara F., “Optimization of surface roughness in finish milling of AISI P20+S plastic-mold steel” Materials and Technology vol.52 (2), pp. 195, 2018.

[13] Nas E., Argun K. and Zurnacı E., “Invesigation of Effect on Surface Roughness of Parameters at Machining With Graphide Electrode in EDM of AISI

1.2738 Steel” Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6: pp 574, 581.

[14] Nas E. and Gökkaya H., "Experimental and statistical study on machinability of the composite materials with metal matrix Al/B4C/Graphite", Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 48, pp. 5059-5067, 2017.

[15] Nas, E. and Öztürk, B., “Optimization of surface roughness via the Taguchi method and investigation of energy consumption when milling spheroidal graphite cast iron materials,” Mater. Test., Vol. 60, No. 5, pp. 519-524, 2018.

[16] Friedrich C., “Fastening of light weight components with elements made of aluminum”, Sae Technical, 01-1118, 2000.

[17] Paiva JHFG A.P., Peruchi R.S., Leme R.C. and Balestrassi P.P., “A multivariate robust parameter optimization approach based on principal component analysis with combined arrays”, Comput Ind Eng, 74:186–198, (2014).