

CAM FİBER TAKVİYELİ POLYESTER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN EROZİF AŞINMA DAVRANIŞLARININ TAGUCHİ DENEY TASARIMI İLE İNCELENMESİ

H. A. Balyalı 1^a, H. Koçoğlu 2^a, A. Öztürk 3^a, Y. Yıldiran 4^a, E. Avcu 5^a, S. Fidan 6^b, A. E. Şahin 7^a, T. Sınmazçelik 8^a

^a, Kocaeli Üniversitesi (Kocaeli Üniversitesi, Makine Mühendisliği),
^b, Kocaeli Üniversitesi (Kocaeli Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu,Uçak Gövde-Motor Bakım Bölümü)



ÖZET

Yüksek gerilim hatları, çamur, kum ve rafine petrol taşıyan boru hatları, fırtına ve çöl gibi atmosferik koşullarda kullanılan yüksek süratli araçlar, rotor-pervane bıçakları ve türbinler çoğunlukla katı partikül erozyonuna maruz kalmaktadırlar. Bu zorlu şartlar altında çalışabilecek alternatif malzemelere gerek duyulmakta ve yeni tür kompozit malzemeler araştırılmaktadır. Bu çalışmada cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozit malzemelerin erozif aşınma davranışının Taguchi deney tasarımı kullanılarak araştırılması amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalarda hedef malzeme olarak kullanılan Cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozit [0/90]s yönetime sahiptir. Cam fiber takviye elemanının hacimsel oranı % 60'tır. Çapraz katlı kompozitin fiber takviye elemanı olarak, E-camı kullanılmıştır. Kompozit malzemenin erozif aşınma davranışına partikül çarpma açısının, partikül boyutunun ve nozul-numune arası mesafenin etkileri Taguchi Deney Tasarımı kullanılarak incelenmiştir. Parametrelerin, sonuçlar üzerine etkilerini incelemek amacıyla Taguchi Deney Tasarımında L18 (6**1 3**3) matrisi kullanılmış ve erozif aşınma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak 4 farklı parametrenin önem sıraları belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda kompozit malzemenin erozif aşınma davranışı üzerinde en etkin parametrenin püskürtme basıncı olduğu ve bu parametreyi sırasıyla partikül çarpma açısı, partikül boyutu ve nozul-numune arası mesafenin takip ettiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışmalara paralel olarak Varyans ve Regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Varyans analizlerinin sonuçları Taguchi Deney Tasarımı sonuçları ile tutarlılık göstermiş, ancak regresyon denkleminin tutarlı sonuçlar vermediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Cam Fiber Takviyeli Polyester Matrisli Kompozit, Erozif Aşınma, Taguchi Deney Tasarımı, Varyans ve Regresyon Analizi

1. Giriş/Introduction

Katı partikül erozyonu, bir gaz ya da sıvı akımı içerisinde dağılmış parçacıkların malzeme yüzeyine tekrarlı bir şekilde çarpması ile oluşan, malzeme yüzeyindeki mekanik bozulma olarak tanımlanır. Katı partikül erozyonu, aşındırıcı partiküllerin bir yüzeye çarptığı ve malzeme kaybının teşvik edildiği bir aşınma türüdür. Kumlama ve yüksek hızlı aşındırıcı su jeti kesiminde olduğu gibi, bazı durumlarda katı partikül erozyonu yararlı bir prosestir. Fakat, bu süreç birçok mühendislik sisteminde ciddi bir problemdir. Katı partikül erozyonu endüstriyel uygulamalarda kullanılan mekanik bileşenlerin ömrünü azaltmaktadır [1-3]. Polimer kompozitlerin erozyon davranışı üzerinde ayrıntılı literatür çalışması sonucunda partikül çarpma hızı, kompozitin dolgu içeriği, sıcaklık, partikül çarpma açısı, nozul numune arası mesafesi, aşındırıcı boyutu, vb gibi faktörlerin polimer matrisli kompozitlerin erozyon davranışına etkili olduğu görülmüştür [4-11]. Bu çalışmada, cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozit malzemelerin erozif aşınma davranışının partikül çarpma açısı, püskürtme basıncı, partikül boyutu ve nozul-hedef malzeme arası mesafe faktörlerini göz önüne alınarak incelemesi yapılmıştır. Malzemenin erozyon davranışının incelemesi için aşınma prosesi, farklı püskürtme basıncında (1,5, 3, 4 bar), farklı partikül çarpma açısında (15°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90°), farklı partikül boyutunda (80, 120 ve 180 mesh) ve farklı nozul-numune arası mesafesine (10, 20 ve 30 mm) sahip deney planında gerçekleştirilmiştir. Taguchi L18 (6**1 3**3) Deney Planına göre cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozitlerin katı partikül erozyonunun optimizasyonu üzerinde çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmalara paralel olarak Varyans ve Regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

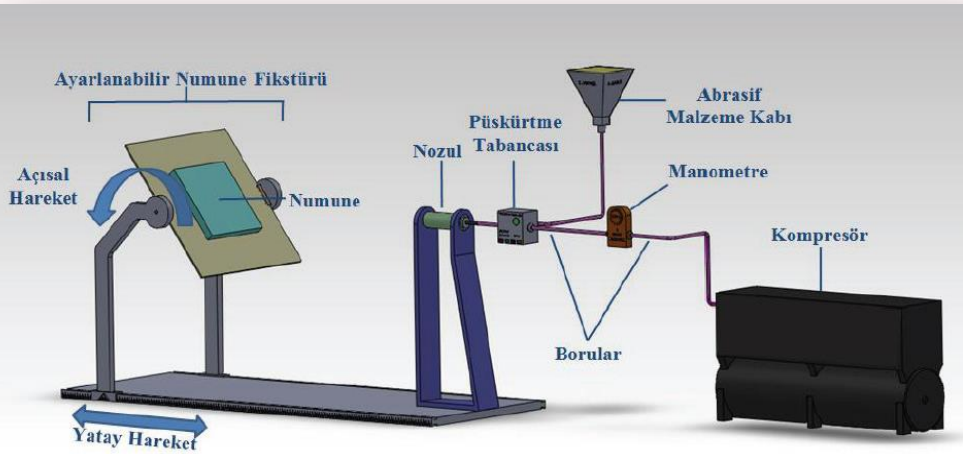
2. Materyal ve Metod/Materials and Methods

2.1. Hedef Malzeme

Hedef malzeme olarak kullanılan cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozit [0/90]s yönetime sahiptir. Cam fiber takviye elemanının hacimsel oranı %60'tır. Çapraz katlı kompozitin fiber takviye elemanı olarak içinde bulunan cam fiber, E-camıdır. Kompozit plakaların kalınlığı 5 mm'dir.

2.3. Metod

2.3.1. Erozif Aşınma Test Düzeneyi



2.3.2. Taguchi Deney Tasarımı

Bu çalışmada, faktörler ve seviyeler farklı oldukları için (Mixed Level Desing) Taguchi L₁₈ (6¹ 3³) ortogonal dizisi seçilmiş ve temelde 18 farklı deney yapılmıştır. Tablo 4'te L₁₈ (6¹ 3³) ortogonal dizisine bağlı olarak yapılan deney planı verilmiştir. Taguchi L18-(6**1 3**3) deney planı

Deney No	Partikül Çarpma Açısı (derece)	Püskürtme Basıncı (bar)	Partikül Boyutu (mesh)	Nozul Mesafesi (mm)
1	15	1,5	80	10
2	15	3	120	20
3	15	4	180	30
4	30	1,5	80	20
5	30	3	120	30
6	30	4	180	10
7	45	1,5	120	10
8	45	3	180	20
9	45	4	80	30
10	60	1,5	180	30
11	60	3	80	10
12	60	4	120	20
13	75	1,5	120	30
14	75	3	180	10
15	75	4	80	20
16	90	1,5	180	20
17	90	3	80	30
18	90	4	120	10

3. Sonuçlar ve Tartışma/Results and Discussion

3.1. Taguchi Deney Tasarımının Sonuçları

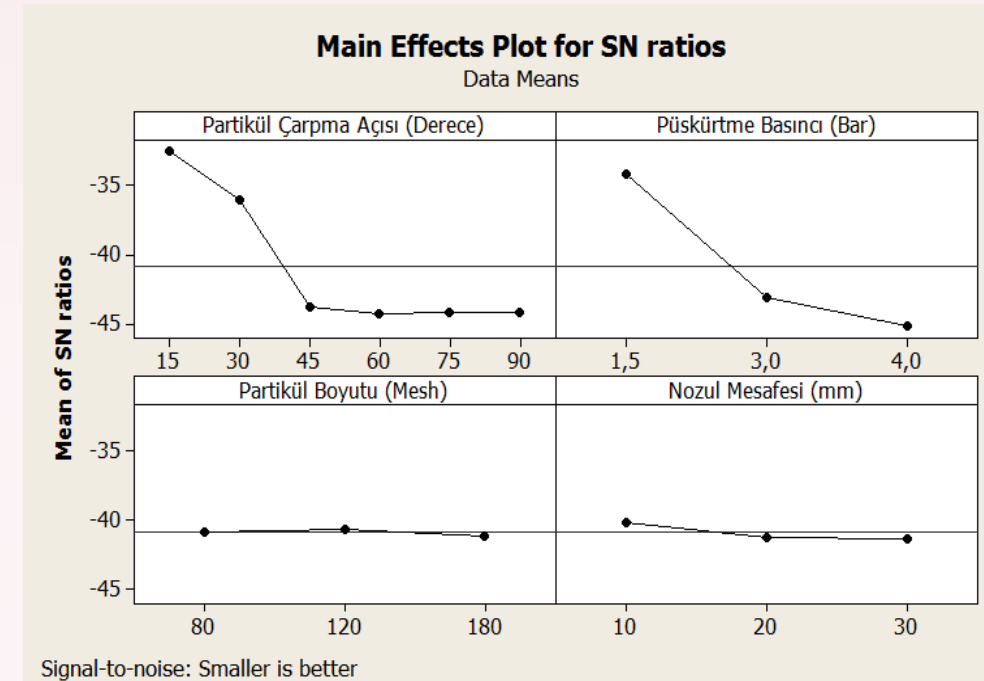
Sinyal Gürültü Oranı'na göre kalite değişkenleri

En küçük en iyi				
Seviye	Partikül Çarpma Açısı (derece)	Püskürtme Basıncı (bar)	Partikül Boyutu (mesh)	Nozul Mesafesi (mm)
1	-32,47	-34,19	-40,83	-40,10
2	-36,06	-43,14	-40,61	-41,17
3	-43,79	-45,23	-41,12	-41,29
4	-44,29			
5	-44,25			
6	-44,25			
Fark	11,82	11,04	0,51	1,18
Önem	1	2	4	3
Sırası				

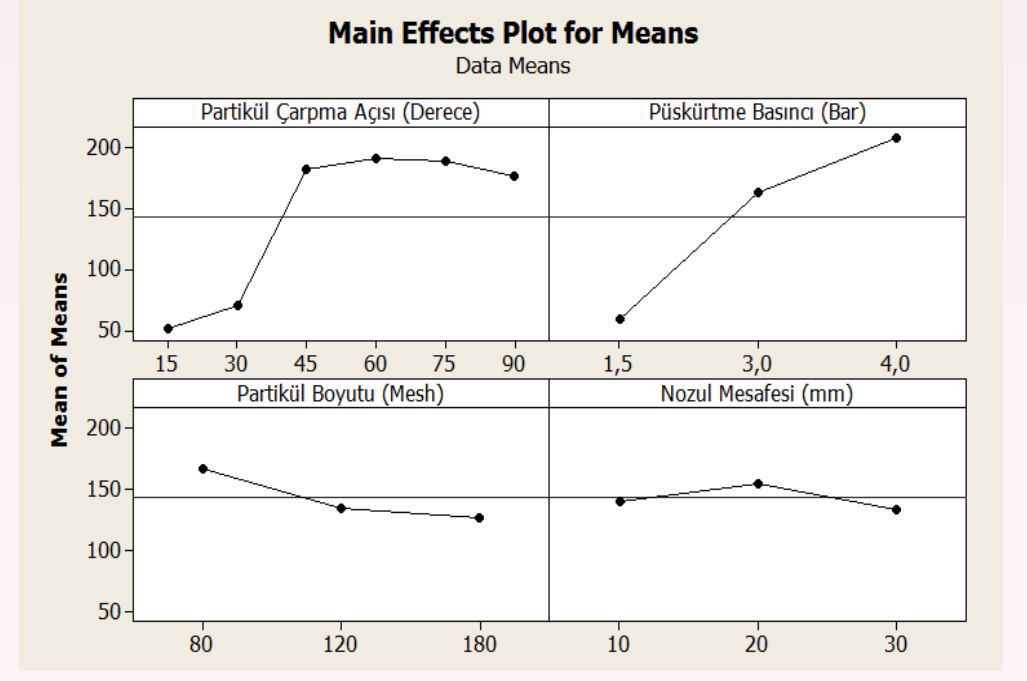
Ortalama erozyon oranlarının kalite değişkenleri

Seviye	Partikül Çarpma Açısı (derece)	Püskürtme Basıncı (bar)	Partikül Boyutu (mesh)	Nozul Mesafesi (mm)
1	51,42	58,73	167,26	140,32
2	70,11	163,34	135,39	155,18
3	181,55	207,58	127,00	134,15
4	191,05			
5	189,23			
6	175,94			
Fark	139,63	148,86	40,26	21,03
Önem	2	1	3	4
Sırası				

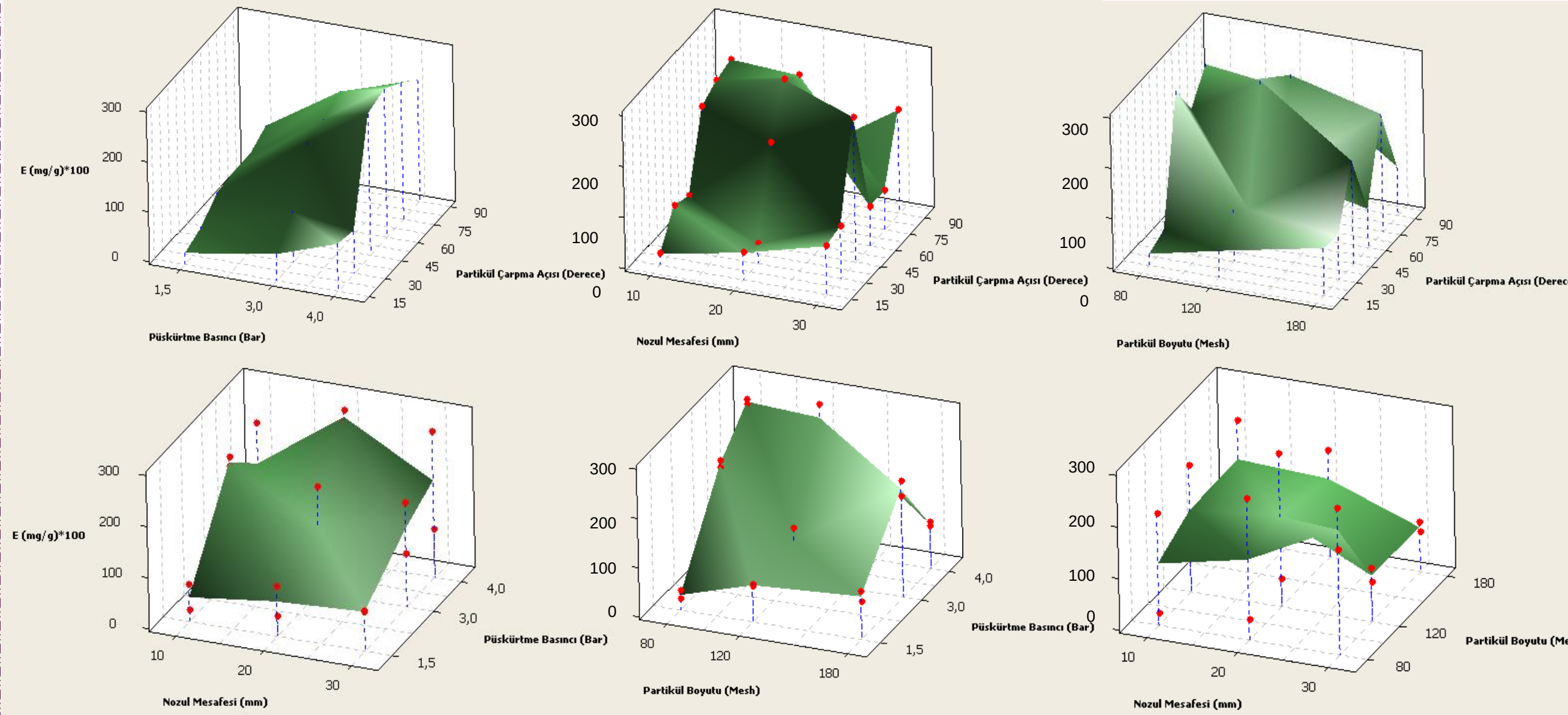
S/N oranına göre kalite değişkenleri



Ortalamaya göre kalite değişkenleri



Faktörler arası etkileşimlerin yüzey etkileşim grafikleri



3.2. Deneysel ve Taguchi Sonuçlarının Karşılaştırılması

$$E = \frac{\Delta m_s}{m_e}$$

E = Erozyon oranı (g/g)
 Δm_s = Örnek numunenin kütle kaybı (g)
 m_e = Aşındırıcı kütlesi (g)'dir.

Katı partikül aşınması deneyi sonuçları a) Deneysel sonuçlar, b) Taguchi tahmini sonuçları, c) Taguchi-Deneysel sonuçların kıyaslanması, (Aşındırıcı partikül boyutu:120 mesh, partikül püskürtme basıncı: 3bar, nozul-hedef malzeme arası mesafe: 20 mm)

3.3. Varyans ve Regresyon Analizi

3.3.1. Ortalama Değere Göre Varyans Analizi

Faktörlerin katkı yüzdeleri hesaplandığında ise %42 ile partikül çarpma açısı, %47,5 ile püskürtme basıncı, %3,7 ile partikül boyutu ve yaklaşık %1 ile nozul mesafesi olarak elde edilmektedir.

3.4. Regresyon Denklemi

$E \text{ (mg/g)} * 100 = - 72,2 + 1,88 \text{ Partikül Çarpma Açısı (Derece)} + 60,3 \text{ Püskürtme Basıncı (Bar)} - 0,382 \text{ Partikül Boyutu (Mesh)} - 0,31 \text{ Nozul Mesafesi (mm)}$

3.5. Sonuçlar / Conclusions

➤Cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozit malzemenin maksimum erozyon oranını 60° açısında gösterdiği, partiküllerin malzeme ile arasındaki mesafenin değişimi elimizde olmamakla birlikte mesafeyi arttırmak aşınmayı azaltıcı etki yaptığı, artan basıncın ve hızın etkisi ile erozif aşınma değerlerinin arttığı 1,5 bar gibi düşük basınç seviyelerinde minimum aşınma ile karşılaşılmıştır.

➤Taguchi deney tasarım yöntemi ile cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozit malzemelerin katı partikül erozyonu oranının püskürtme basıncı, partikül çarpma açısı, partikül boyutu ve hedef malzeme ile nozul arası mesafeye bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Buna karşın erozyon oranı üzerinde en etkin rolü püskürtme basıncının oynadığı belirlenmiştir. Partikül boyutunun ve hedef malzeme ile nozul arası mesafenin aşınma miktarında daha az etkin olduğu tespit edilmiştir. Taguchi Deney Tasarımı metodunun cam fiber takviyeli polyester matrisli kompozitlerin katı partikül erozyonu davranışının incelenmesinde ve optimizasyonunda kullanımına uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar/References

- [1] Wahl, H. and Hartenstein, F. 1946. Strahlverschleiss, Frankhsche Verlagshandlung, Stuttgart.
- [2] Mishra, S. C., Das, S., Satapathy, A., Ananthapadmanabhan, P. V., and Sreekumar, K. P. 2009, Erosion Wear Analysis of Plasma Sprayed Ceramic Coating Using the Taguchi Technique, Tribology Transactions, 52: 401–404.
- [3] Acharya, S. K., Dikshit, V., and Mishra, P., 2008, Erosive Wear Behaviour of Redmud Filled Metal Matrix Composite, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 27(2): 145–152.
- [4] Patnaik, A., Kaundal, R., Satapathy, A., Biswas, S., Kumar, P., 2010, Solid Particle Erosion of particulate filled Short Glass Fiber Reinforced Polyester Resin Composites, Advanced Materials Research., 123-125: 213-216
- [5] Aktas, A., 2011, Solid particle erosion of glass epoxy composite strengthened by metal powder, Journal of Thermoplastic Composite Materials 25: 949–963.
- [6] Padhi, P. K., Satapathy, A., 2012, Prediction and Simulation of Erosion Wear behavior of Glass- Epoxy Composites filled with Blast Furnace Slag, Advanced Materials Research, 585: 549-553
- [7] Pei, X., Friedrich, K., 2012, Erosive wear properties of unidirectional carbon fiber reinforced PEEK composites, Tribology International, 55: 135–140.
- [8] Patnaik, A., Satapathy, A., Mahapatra S.S. and Dash R.R., 2008, A Taguchi Approach for Investigation of Erosion of Glass Fiber - Polyester Composites, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 27: 871.
- [9] Biswas, S., Satapathy A., 2010, A Study on Tribological Behavior of Alumina-Filled Glass Epoxy Composites Using Taguchi Experimental Design, Tribology Transactions, 53: 520-532.
- [10] Mantry, S., Behera, D., Mishra, S. K., Debasish D, Jha B. B., Mishra B. K., 2013, Erosive Wear Analysis of Plasma-Sprayed Cu Slag–Al Composite Coatings, Tribology Transactions, 56: 196-202.
- [11] Bishoyee, N., Dash, A., Mishra, A., Patra, S., Mahapatra S. S., 2010, A Grey-Based Taguchi Approach for Characterization of Erosive Wear Phenomenon of Glass–Polyester Fly Ash Filled Composites, Journal of Polymers and the Environment, 18: 177–187.