

ÖZET

KÜFEKİ DOĞAL TAŞININ KARBON NANOTÜP PARTİKÜLLERİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KONSOLİDASYON SOLÜSYONU İLE MUKAVEMETİNİN ARTTIRILMASI

- 5 Buluş; Mimar Sinan‘ın eserlerinde kullandığı doğal taş olan küfeki taşının karbon nanotüp (CNT) tabanlı nano formülasyonlar ile işleme tabi tutularak mukavemetinin arttırılması ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Buluş, küfeki taşının mukavemetinin arttırılması için nanotüp tabanlı 2-propanol ve/veya H₂O içeren nano formülasyon kullanılmasıdır.
- 5 2. İstem 1'deki gibi bir kullanım olup özelliği, 2-propanol içerisinde çözünen solüsyondaki CNT miktarının ağırlıkça % 0,5 ile 0,1 arasında olduğu, saf halde kullanılan karbon nanotüp tabanlı formülasyonun kullanılmasıdır.
- 10 3. İstem 1'deki gibi bir kullanım olup özelliği, 2-propanol ve/veya H₂O içerisinde çözünen, solüsyondaki CNT miktarının ağırlıkça % 0,5 ile 0,1 arasında olduğu ve hidrojen peroksit ile aktivasyonunun yapıldığı karbon nanotüp tabanlı formülasyonun kullanılmasıdır.
- 15 4. İstem 1'deki gibi bir kullanım olup özelliği, 2-propanol ve/veya H₂O içerisinde çözünen, solüsyondaki CNT miktarının ağırlıkça % 0,1 ile 0,5 arasında olduğu, hidrojen peroksit ile aktivasyonunun yapıldığı karbon nanotüp tabanlı formülasyonun kullanılmasıdır.
- 20 5. İstem 1'deki gibi bir kullanım olup özelliği, 2-propanol ve/veya H₂O içerisinde çözünen solüsyondaki CNT miktarının ağırlıkça % 0,1 ile 0,5 arasında olduğu, hidrojen peroksit ile aktivasyonunun yapıldığı karbon nanotüp tabanlı formülasyonun kullanılmasıdır.
- 25 6. İstem 1'deki gibi bir kullanım olup özelliği, 2-propanol ve/veya H₂O içerisinde çözünen solüsyondaki CNT miktarının ağırlıkça % 0,1'den küçük olduğu, hidrojen peroksit ile aktivasyonunun yapıldığı karbon nanotüp tabanlı formülasyonun kullanılmasıdır.
7. İstem 2'deki gibi bir kullanım olup, kullanılan karbon nanotüpün, küfeki taşının üç nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen dayanma süresinin arttırılması için kullanılmasıdır.
8. İstem 3'deki gibi bir kullanım olup, küfeki taşının üç nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen esneme süresinin arttırılması için kullanılmasıdır.

9. İstem 4'deki gibi bir kullanım olup, küfeki taşının üç nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen maksimum kuvvetin ve eğilme mukavemetinin artırılması için kullanılmasıdır.

TARİFNAME

KÜFEKİ DOĞAL TAŞININ KARBON NANOTÜP PARTİKÜLLERİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KONSOLİDASYON SOLÜSYONU İLE MUKAVEMETİNİN ARTTIRILMASI

5 Teknik Alan

Buluş; küfeke taşının karbon nanotüp (CNT) tabanlı nano formülasyonlar ile işleme tabi tutularak mukavemetinin artırılması ile ilgilidir.

Önceki Teknik

- Mimari restorasyonda konsolidasyon tekniğinde, epoksi reçine bazlı solüsyonlar mekanik mukavemet artırılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Epoksi reçinenin üzerine kullanıldığı yapı malzemesine ne denli büyük çapta zarar verdiği ve özellikle de tarihi yapılarda restorasyon sırasında korunması gereken patina tabakasını geri dönüşü olamayacak şekilde deforme ettiği bilinmesine rağmen, konsolidasyon amaçlı kullanımına mecburiyet gereği devam edilmektedir.
- 10 Avrupa’da bir dönem kullanılan ancak sonrasında ortaya çıkan zararları tespit edildiğinden dolayı kullanımı bazı ülkelerde gerekli düzenlemelerle yasaklanan epoksi reçine tekniğine alternatif olarak Avrupa, silisyum, kalsiyum ya da magnezyum bazlı nanopartiküllerin yapı bünyesine konsolidant olarak uygulanması ile yeni restorasyon teknikleri geliştirilmiştir.
- 15 Tekniğin bilinen durumunda yer alan WO2012160525 sayılı Uluslararası patent dokümanında, konsolidasyon ve koruma malzemelerinde, özellikle kültürel miras malzemesinin korunması ve restorasyonu için kullanılabilen polimer matrislerindeki nanoparçacık dispersiyonlarından bahsetmektedir. Yüksek kırılma indisli bir inorganik oksidin nanopartikül dispersiyonunu içeren sentetik reçine
- 20 çözeltisi, titanyum oksittir.
- 25

Tekniğin bilinen durumunda yer alan DE10327514 sayılı Almanya patent dokümanında, mineral inorganik yapı malzemelerinin konsolidasyonu için kullanılan ajandan bahsedilmektedir. Ajan; magnezyum, kalsiyum ve / veya baryum metilat, etilat, propilat ve / veya izopropilattan seçilen, alkalın toprak metali 5 hidroksit (ler) oluşturacak şekilde hidrolize olan bileşik (ler); ve alkol (ler) ve / veya 2-metilpentandan seçilen bir organik çözücü içermektedir.

Ancak örnek gösterilen patent dokümanlarında, karbon nanotüp partiküllerinin küfeki taşındaki mukavemet arttırıcı özelliğine değinilmemiştir. Dolayısıyla doğal taş olan küfeki taşının karbon nanotupler (CNT) ile işleme tabi tutularak 10 mukavemetinin arttırılması ihtiyacı duyulmuştur.

Buluşun Amaçları

Bu buluşun amacı, Mimar Sinan'ın eserlerinde kullandığı doğal taş olan küfeki taşının karbon nanotüp (CNT) tabanlı nano formülasyonlar ile işleme tabi tutularak mukavemetinin arttırılması ile ilgilidir.

15 Bu buluşun bir başka amacı, yapı malzemesine zarar veren sentetik ve/veya toksik madde içermeyen solüsyon ile küfeki taşının patina tabakasını deforme etmeden mukavemetinin güçlendirilmesidir.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

20 Bu buluşun amaçlarına ulaşmak için gerçekleştirilen nano formülasyonların, küfeki doğal taşı üzerindeki etkisi ekli şekillerde gösterilmiştir.

Bu şekiller;

Şekil 1: Karbon nanotüp içeren solüsyonun, küfeki taşına uygulandıktan sonra eğilme mukavemeti üzerine etkisini gösteren grafiksel gösterimdir.

Şekil 2: Karbon nanotüp içeren solüsyonun, küfeki taşına uygulandıktan sonra üç nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen maksimum kuvvet üzerine etkisinin grafiksel gösterimidir.

5 **Şekil 3:** Karbon nanotüp içeren solüsyonun, küfeki taşına uygulandıktan sonra üç nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen maksimum esneme üzerine etkisinin grafiksel gösterimidir.

Şekil 4: Karbon nanotüp içeren solüsyonun, küfeki taşına uygulandıktan sonra üç nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen dayanma süresi üzerine etkisinin grafiksel gösterimidir.

10 **Şekil 5:** Karbon nanotüp içeren solüsyonun, küfeki taşına uygulandıktan sonra 3 nokta eğilme testinde kırılma öncesi tolere edilebilen maksimum kuvvet üzerine etkisi, maksimum ve ortalama değerler arasındaki farklılıkların grafiksel gösterimidir.

15 **Şekil 6:** Karbon nanotüp içeren solüsyonun, küfeki taşına uygulandıktan sonra eğilme mukavemeti üzerine etkisi, maksimum ve ortalama değerler arasındaki farklılıkların grafiksel gösterimidir.

Şekil 7: Bayezid Camisi sağ 1 kubbe ayağında tespit edilen, basınç etkisi kaynaklı kırık ve derin çatlakların yapı morfolojisini gösteren SEM görüntüsü.

20 **Şekil 8:** Mihrap duvarı numunesine geliştirilen nano solüsyon uygulanmadan önceki yapı morfolojisini gösteren SEM görüntüsü.

Şekil 9: Mihrap duvarı numunesine geliştirilen nano solüsyon uygulandıktan sonra yapı morfolojisini gösteren SEM görüntüsü.

Şekil 1,2,3, 5 ve 6'daki 0: İşlem Görmemiş Saf Numune ÇÖZ 1 - ÇÖZ 8: Nano-restorasyon tedavisi sonrasıdır.

25 **Şekil 4'de 0:** İşlem Görmemiş Saf Numune, F1-F22: Ca ve CNT bazlı nanoformulasyonlar, ÇÖZ 3: Sadece CNT tedavisidir.

Buluş, nanotüp tabanlı organik ve/veya inorganik solvent içeren nano formülasyon olup özelliği; küfeki taşına uygulandığında küfeki taşının mukavemetini arttırmasıdır.

- 5 Buluş, nanotüp tabanlı organik ve/veya inorganik solvent içeren nano formülasyon olup özelliği; karbon nanotüplerin hidrojen peroksit ortamında ultrasonik sisteme tabi tutularak aktivasyon işleminin gerçekleştirilmesidir.

Buluşta sekiz farklı karbon nanotüp tabanlı nano formülasyon geliştirilmiştir. Geliştirilen formülasyonlar yüzdece farklı oranlarda karbon nanotüpün, organik (2-propanol) ve inorganik solvent (H_2O) içinde çözünmesi ile elde edilmiştir.

	CNT Aktivasyonu	CNT Konsantrasyonu	CNT dispersiyon ortamı
ÇÖZ 1	Saf halde kullanılmıştır	Yüksek yoğunluk 2.derece	Organik Solvent
ÇÖZ 2	H_2O_2 aktivasyonu yapılmıştır	Yüksek yoğunluk 2.derece	Organik Solvent + inorganik solvent
ÇÖZ 3	H_2O_2 aktivasyonu yapılmıştır	Yüksek yoğunluk 2.derece	Organik Solvent
ÇÖZ 4	H_2O_2 aktivasyonu yapılmıştır	Yüksek yoğunluk 2.derece	İnorganik solvent
ÇÖZ 5	H_2O_2 aktivasyonu yapılmıştır	Orta yoğunluk 3.derece	Organik solvent

ÇÖZ 6	H ₂ O ₂ aktivasyonu yapılmıştır	Orta yoğunluk 3.derece	Organik Solvent + İnorganik Solvent
ÇÖZ 7	H ₂ O ₂ aktivasyonu yapılmıştır	Düşük yoğunluk 4.derece	Organik Solvent + İnorganik Solvent
ÇÖZ 8	H ₂ O ₂ aktivasyonu yapılmıştır	Düşük yoğunluk 4.derece	Organik Solvent

Tablo 1: Karbon nanotüplerin dispersiyonları şeklinde hazırlanan nanoformülasyonlar

Çok yüksek yoğunluk 1. Derece **** solüsyondaki CNT miktarı ağırlıkça % 1'den büyük

5 Yüksek yoğunluk 2. Derece *** solüsyondaki CNT miktarı ağırlıkça % 0,5 ile 0,1 arasında

Orta yoğunluk 3. Derece ** solüsyondaki CNT miktarı ağırlıkça % 0,1 ile 0,5 arasında

10 Düşük yoğunluk 4. Derece * solüsyondaki CNT miktarı ağırlıkça % 0,1'den küçük

ÇÖZ 1 formülasyonunda karbon nanotüp aktivasyon işlemi uygulanmamıştır. Diğer ÇÖZ kodlu formülasyonlarda ise karbon nanotüpler, yarım saat süre ile hidrojen peroksit ortamında ultrasonik sisteme tabi tutularak aktivasyonu gerçekleştirilmiştir.

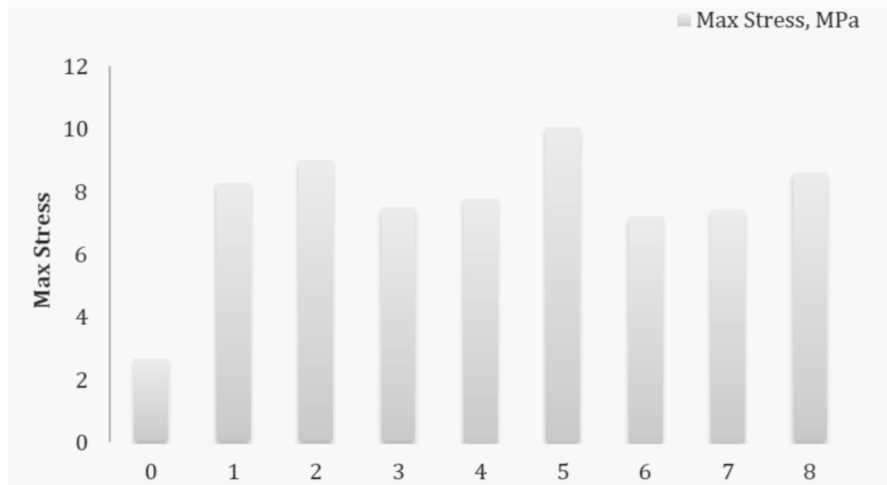
15 Karbon nanotüp (CNT) nano ölçekteki partiküllerin kimyasal formülasyonları kullanılarak, tarihi ve yeni küfeki yapı malzemesine uygulanması ile temiz, kolay, ucuz ve kalıcı bir alternatif çalışma geliştirilmiştir. Buluşta CNT nanopartiküllerinin farklı konsantrasyonlarda ve farklı dispersiyon ortamlarında kombinasyonları hazırlanmış, en iyi sonucun mekanik mukavemetin yaklaşık 5 kat
20 arttırılması ile elde edildiği saptanmıştır.

Şekil 1’de görüldüğü gibi herhangi bir işlem görmemiş küfeki taşının 3 nokta eğilme testi maksimum gerilme değeri 2,64 MPa değerinden, uygun CNT uygulaması ile 10,04 MPa değerine ulaşarak % 380’lik bir mukavemet artışı göstermektedir.

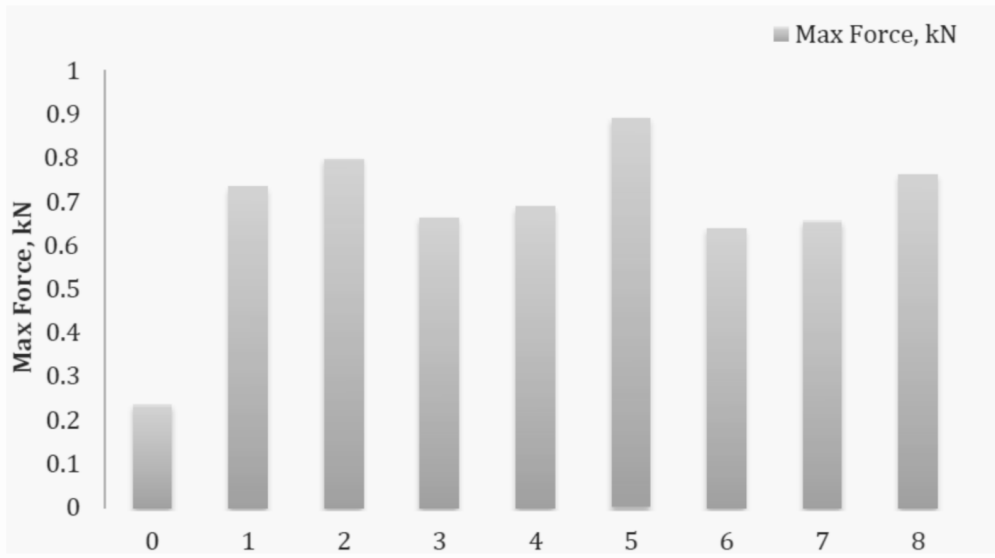
- 5 SEM analizleri nanosolusyonların tamamen homojen olarak yapı malzemesine dağıldığını, mükemmel şekilde penetre olduğunu ve bir ağ gibi yapıyı sararak, kenetlenerek mekanik mukavemetini arttırdığını kanıtlamıştır. Uygulama öncesi SEM analizlerinde yapıda gözlemlenen ve yapı stabilitesinin kaybolmasına neden olan derin kırık ve çatlaklar tamamen nano solusyonlar ile doldurularak
- 10 kemikleşmiş ve yapı stabilitesini geri kazanmıştır.

Şekil 8 ve 9’da görüleceği üzere solüsyonların uygulaması ile neredeyse dağılmış durumda olan Bayezid Camisi yıpranmış mihrap duvarı üzerinde etkili bir konsolidasyon tedavisi oluşturmuştur ve yapı mukavemetini geri kazanmıştır.

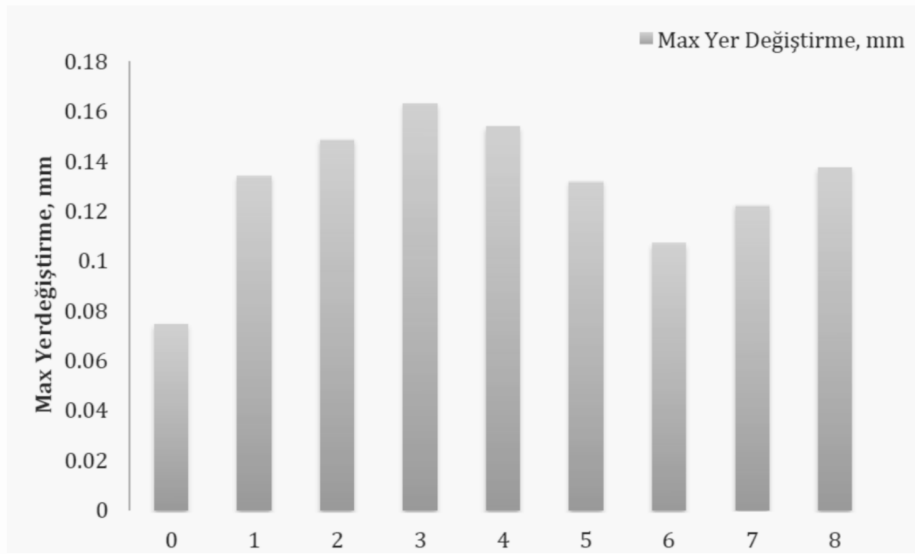
Şekil 1



Şekil 2

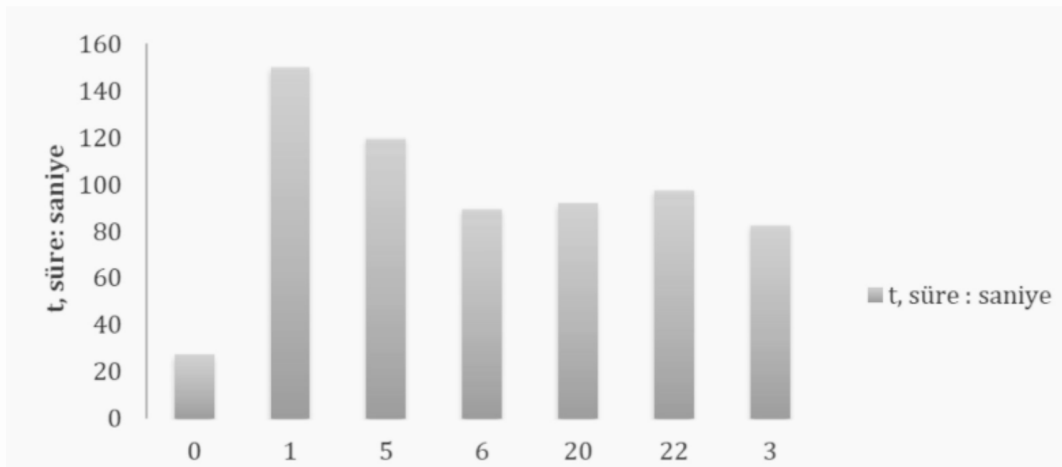


Şekil 3

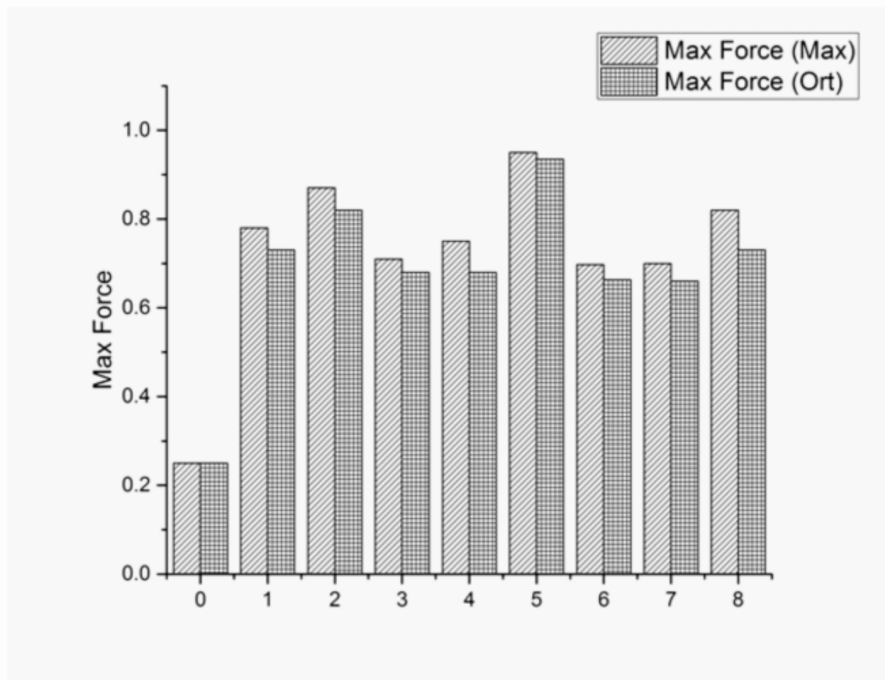


4/9

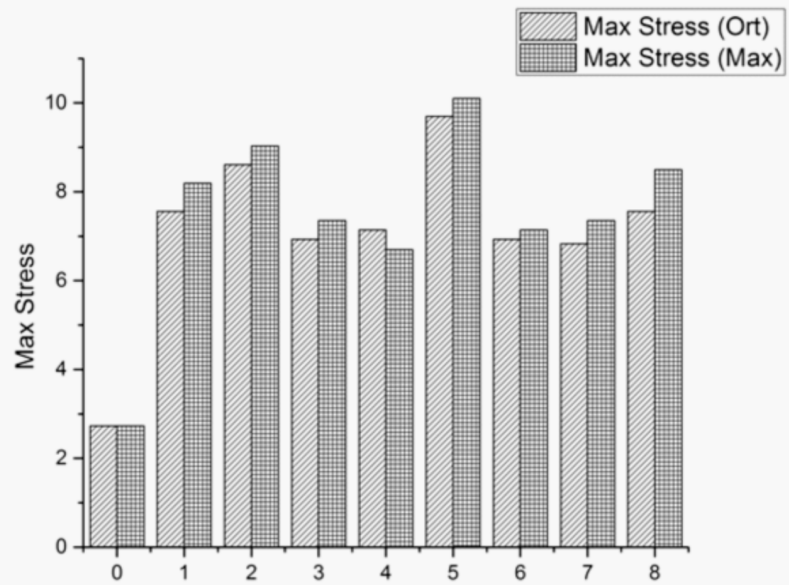
Şekil 4



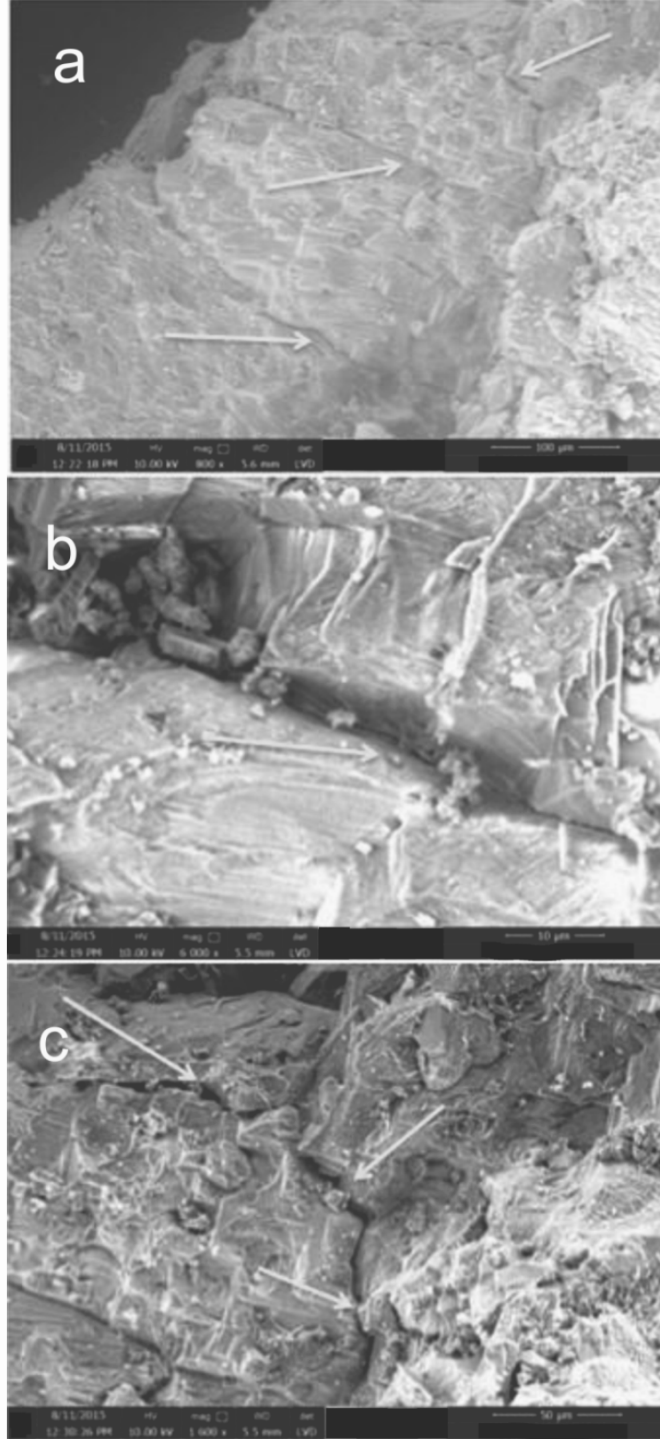
Şekil 5



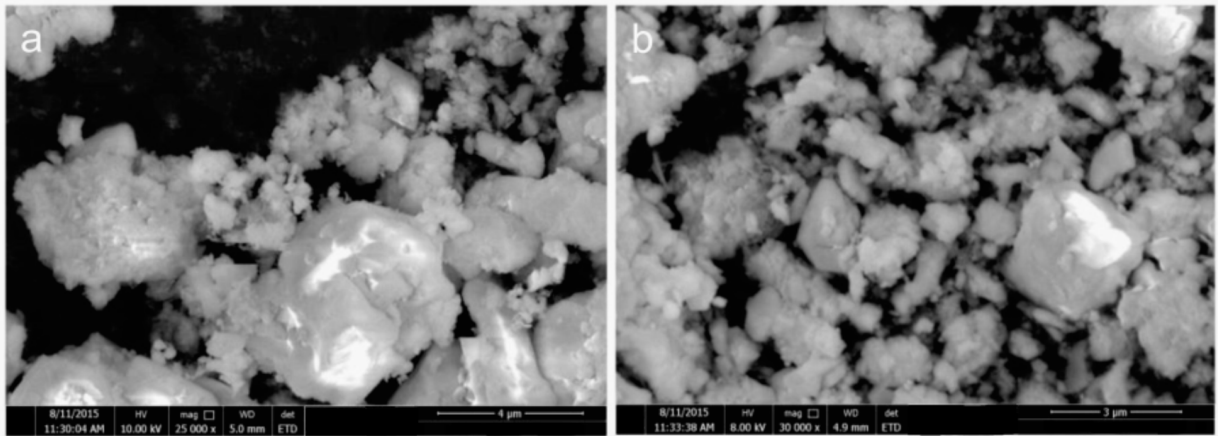
Şekil 6



Şekil 7



Şekil 8



Şekil 9

