

STANAG LEVEL IV TEHDİTLERE KARŞI KOMPOZİT BASİLTİK EKLENTİ ZİRH PANELLER



Merhaba!

Seramik yüzü kompozit balistik eklenti panelleri ile ilgili projemizi sizlere tanıtmak istiyoruz. Bu çalışmada 14,5 mm x 114 API mermisine karşı STANAG Seviye IV'e odaklanıyoruz. Bu merminin ağırlığı 59.3–64,2 gram ve namlu çıkış hızı 911 ± 20 m/sn'dir. Merminin enerjisi 30.000 joule'dür. 100 metreden 40 mm zırh çeliğini delebilir. Zırhlı araçlarda (APC'ler) 40 mm çelik zırh kullanmak ağırlıktan dolayı mümkün değildir. Bu nedenle, APC'ler için ana uygulama, APC'nin gövdesi için 6 mm zırh plakası kullanmak ve ardından üzerine "Eklenti Zırh" adı verilen seramik yüzü kompozit balistik plaka eklemektir. Dünyada bu seviye için başka pratik bir çözüm yok.

"Eklenti Zırh" tasarlamak için ana katman alternatifleri (önden arkaya):

1. Astar

Bu astar UHMWPE (Dyneema) dokuma kumaştan üretilmiştir.

1. Eklenti Plakadaki SiC Seramikler:

- Merminin keskin ucunu kırarak merminin penetrasyon etkisinin azalmasına neden olur.
- Mermi enerjisinin büyük bir kısmını emer. Bu nedenle seramiğin "Kırılma Tokluğu" çok önemli.
- Merminin yönünü değiştirir, bu nedenle merminin plakadaki yolu artar, bu da mermi enerjisinin yaklaşık %30'unun emilmesine neden olur.

2. Eklenti Plakadaki Elastomer Katmanlar:

- Farklı özelliklere sahip bu elastik katmanlar, amortisör görevi görür. Merminin enerjisinin çoğunu emer ve hızını yavaşlatır ki bu da merminin çarpma kuvvetindeki en etkili faktörlerden biridir.
- Bu katmanlar yapının tasarımına göre EPDM, EVA, PS veya PP köpükten yapılır.

3. Eklenti Plakadaki 7075-T6 Alüminyum Arka Plaka ve Mesh:

- Enerji emilimi üzerinde büyük etkisi vardır (yaklaşık %30).
- Kompozit yapının iç kısmında mesh kullanılmasının nedeni:
 - Şoklara karşı yüksek dirençli plakayı daha hafif hale getirmek için.
 - Astarların daha iyi yapışması için. Kompozit arka katmanın içinde bir plaka kullanmak, katmanların şok altında kolayca ayrılmasına neden olur.
 - Bu katmanlar mermi enerjisinin yaklaşık %20'sini emer.

4. Eklenti Plakadaki Yüksek Kırılma Tokluğu Elastik Epoksi Matrisi:

Plakanın katmanları olarak diğer elastomer malzemeler gibi, epoksinin esnekliği de enerjiyi emmek ve parçalanmamak için çok önemlidir. Standart kırılğan epoksi kullanıyorsanız, hasar alanı çok büyük olacak ve plakanın çoklu vuruş kabiliyetini etkileyecek. Aşağıda yer alan test sonucu resimleri farkı çok net gösteriyor.

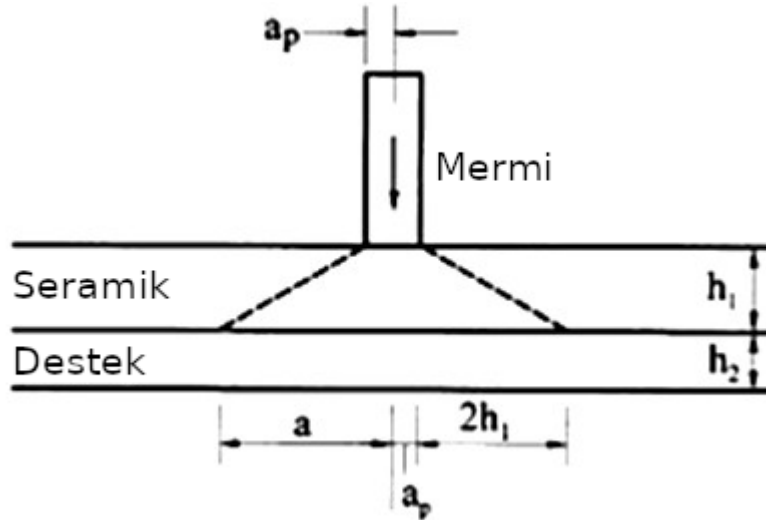
5. Eklenti Plakasının Ön Yüzeyindeki Astar:

a) Astar, parçalanmış seramiklerin etrafa saçılmasını ve zırhlı aracın etrafındaki askerlerin yaralanmasına neden olmasını engeller. Bu durum savaş alanında ciddi kayıplara yol açmaktadır. Astar, standartlara ve yönetmeliklere göre en önemli faktörlerden biridir.

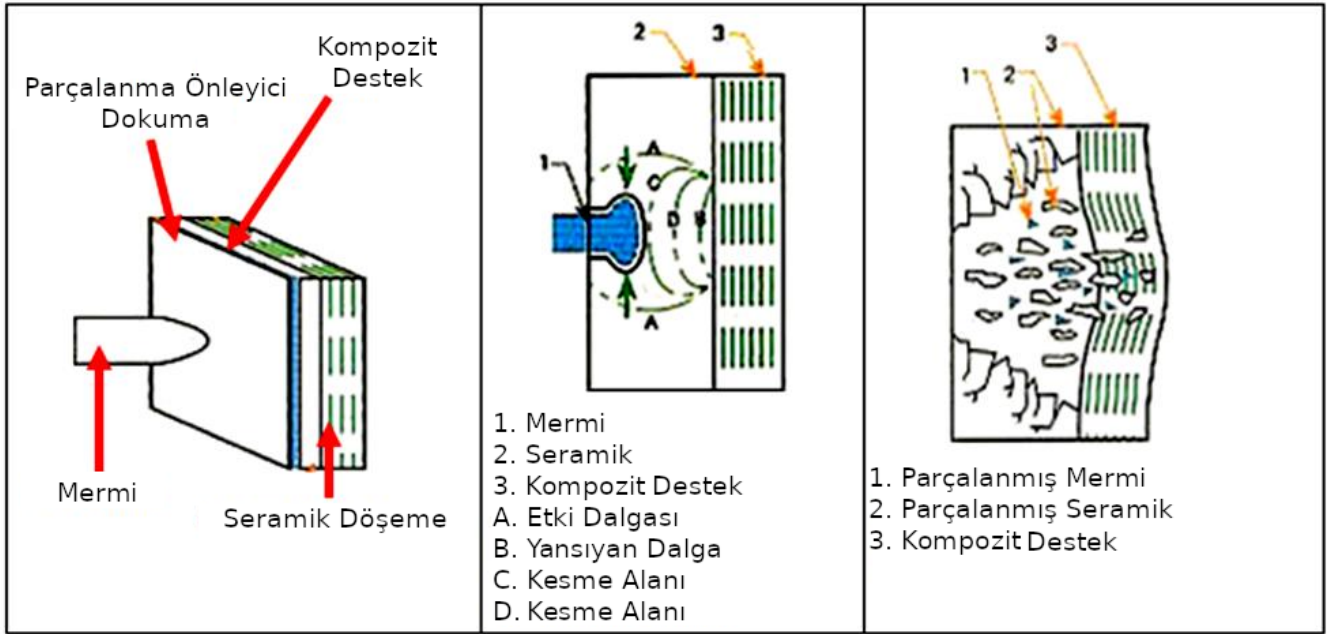
b) Astar, epoksi + fiberglas dokuma kumaştan veya epoksi + Kevlar dokuma kumaştan veya epoksi + UHMWPE dokuma kumaştan yapılabilir. UHMWPE malzeme durumunda gevşek olmalıdır. UHMWPE malzeme kullanılması durumunda, epoksinin kumaştan geçmesine ve diğer katmanlara veya seramiklere yapışmasına izin verecek kadar lifler arasında yeterli boşluk bırakılmış gevşek dokuma bir bez olmalıdır. Aksi takdirde mermi isabet ettiğinde kolayca delaminasyon meydana gelebilir ve ikinci vuruş için geniş bir zayıf alan bırakabilir. UHMWPE dokuma kumaşın bu sorunu için başka bir çözüm, iyi bir yapışma sağlamak için dokuma kumaşa fiberglas elyafı karıştırmaktır.

Farklı katman malzemelerinin ve elastomerlerin kullanılmasının nedeni, şok alanını genişletmek ve darbe kuvvetini mm 2'ye düşürmektir. Bunun prensibi şudur:

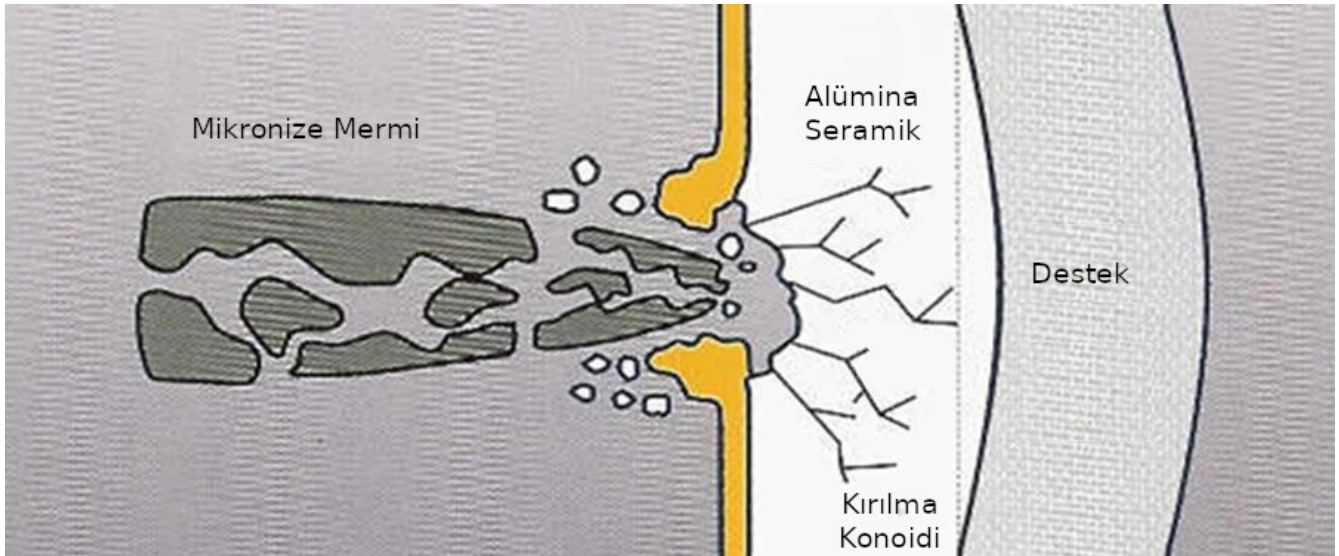
Mermi efekti ilkesi aşağıda gösterilmiştir:



Şekil: 1. Kompozit Zırhta Seramik Yüz Plakalarında Oluşan Hasar Konisi

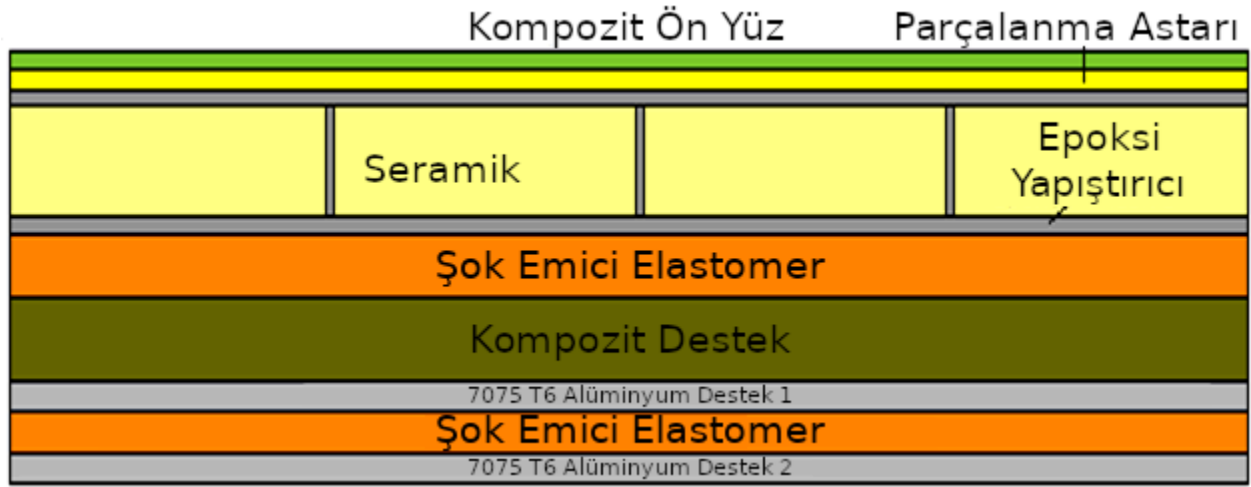


Şekil: 2. Seramik-Kompozit zırhın ana prensibi

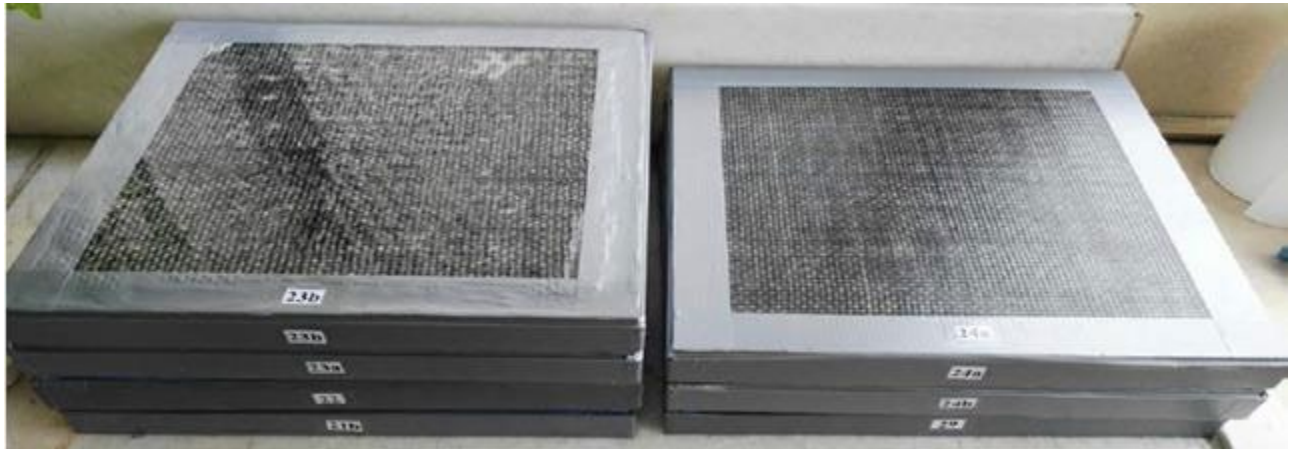


Şekil: 3. Penetrasyon ve Koruma Mekanizması

Çoklu Vuruş Tipi / Seviye IV Eklenti Zırh plakası tasarımının standart prensibi:



Şekil: 4. Çoklu Vuruş Tipi Panel Yan Görünüm

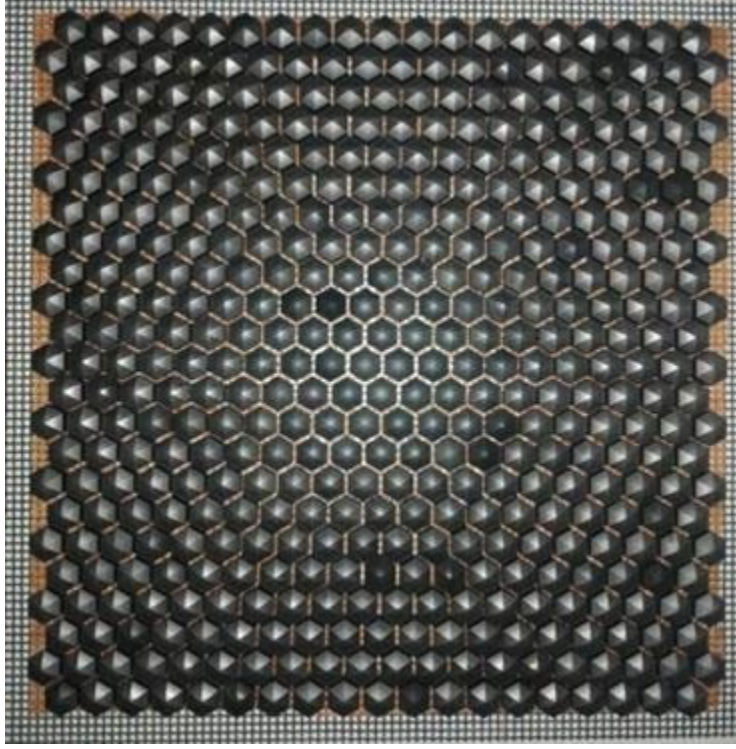


Şekil: 5. Farklı Yapı Alternatiflerine Sahip Test Plakalarımız

Yukarıda açıklanmaya çalışıldığı gibi balistik eklenti plakasının asıl amacı, merminin enerjisini elimizden geldiğince absorbe etmektir. Farklı katmanlarda enerji absorpsiyonunun etkisi kabaca:

- Seramik: %30
- Kompozit sırt tasarımı: 20%
- Alüminyum levhalar ve mesh: %20
- Proses yöntemi ve uygulama: %15
- İşçilik kalitesi: %15

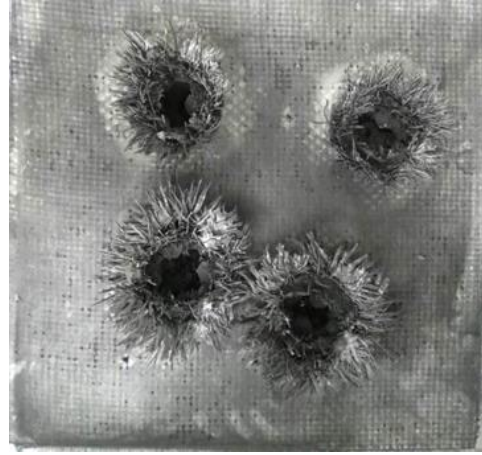
Proses yönteminde veya işçilikte bir yanlışlık olması durumunda bu, yüzdeleri değiştirebilir; hatta tüm sonucu mahvedebilir.



Şekil: 6. Seramik Tasarım ve Aralık Uygulaması

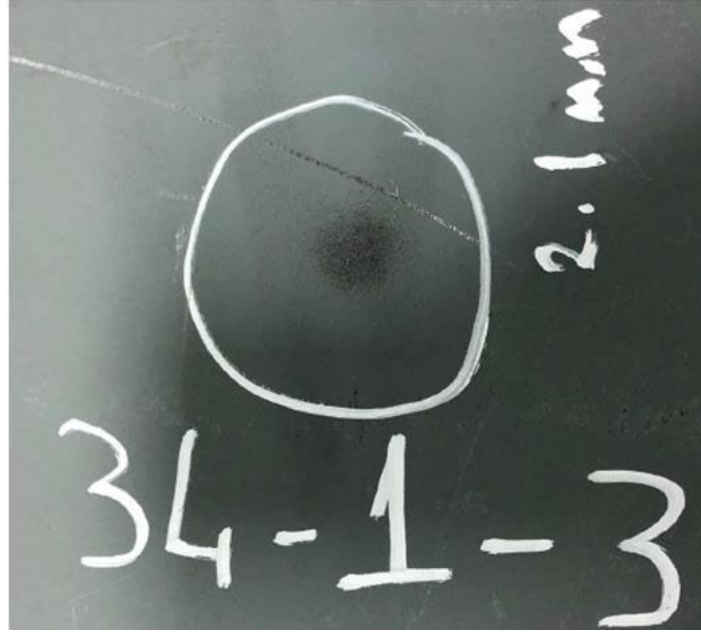


4 Atış Yapılmış Ön Yüz



Alüminyum Arka Plakasız Arka Yüz

Şekil: 7. Çoklu Vuruş Uygulaması için 4 Atışlı Başka Bir Test Paneli. Bu panel Teflon Astarlıdır ve Alüminyum Arka Plakasızdır. Sonuç başarılı



Şekil: 8. Tanık plakanın arkadan görünümü

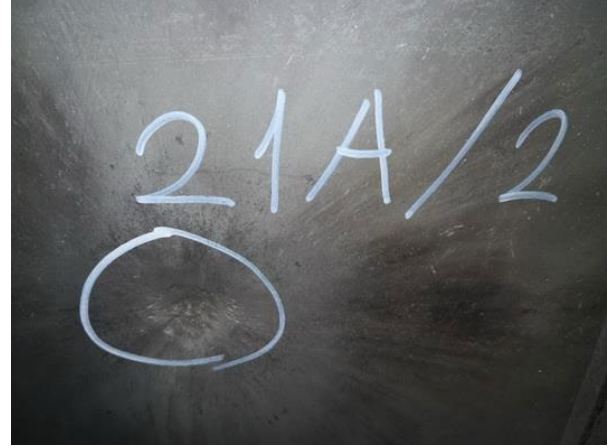
Sonuç: Kabul edildi

Bu uygulama, test serisindeki en iyi sonuçlardan birini verdi. Ancak büyük ebatlı panel üretiminde seri üretimde yapışma sorunu ve Teflon tabakasının ağırlığı sorun yaratmaktadır.

BU ARAŞTIRMANIN KABUL EDİLEBİLİR TEST SONUÇLARINDAN BAZILARI

6 mm ARMOX ÇELİK TANIK LEVHA ÜZERİNDE KALAN İZLER

1. PANEL 21A

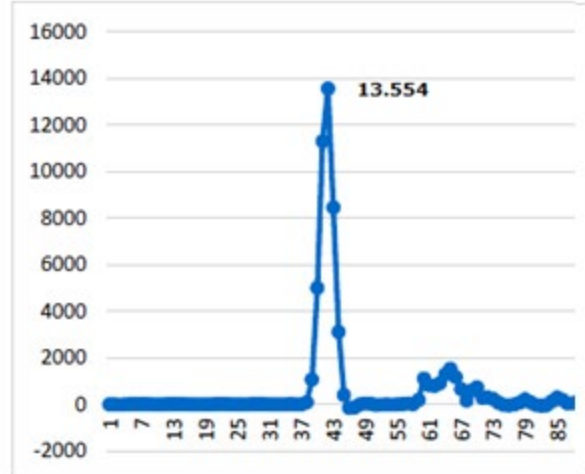
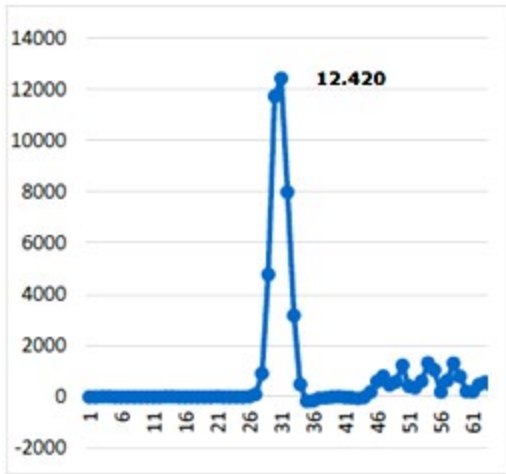


Şekil: 9. Tanık Plakanın arkadan görünümü

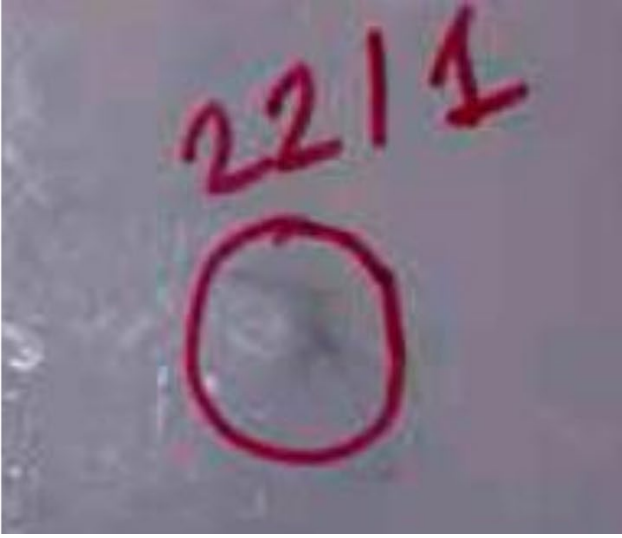
Şekil: 10. Tanık Plakanın önden görünümü

Sonuç: Kabul edildi

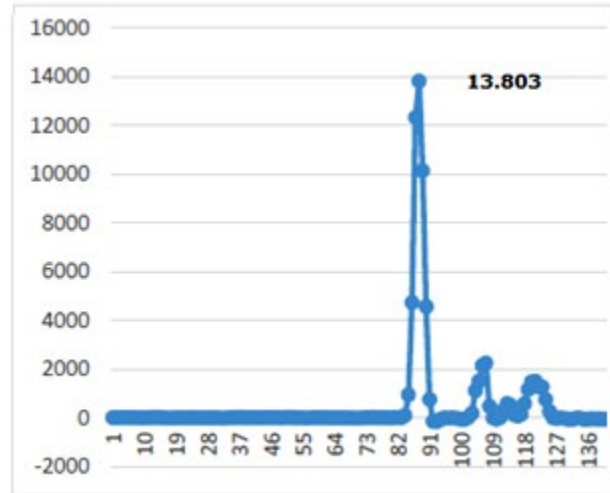
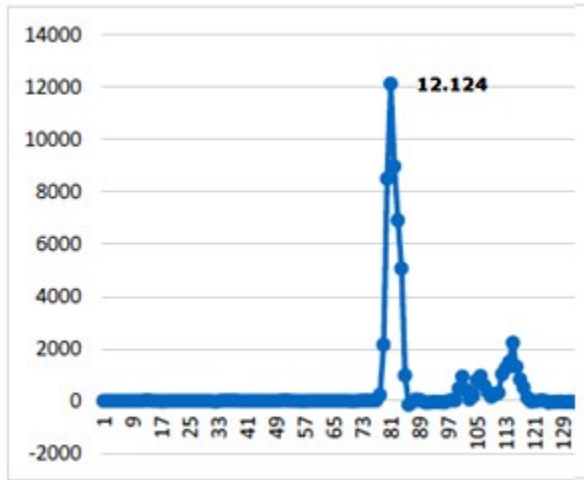
Şekil 10'da mermi çekirdeğinin parçalanma izleri görülmektedir. Bu, balistik panel konstrüksiyonunun etkinliğinin kanıtıdır.



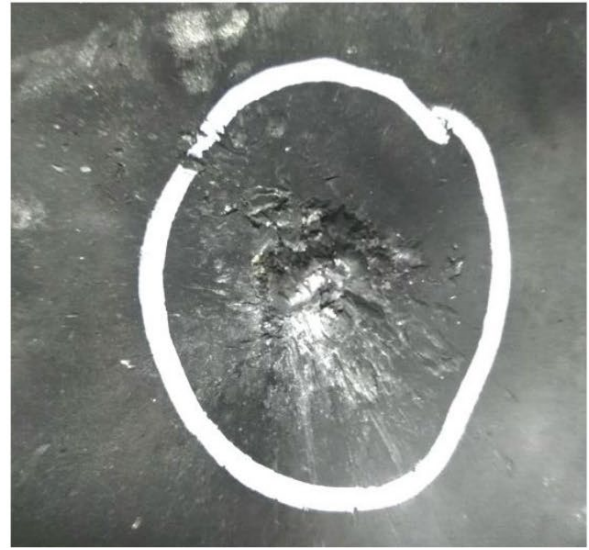
Şekil: 11. Mermi Darbe Kuvveti Test Grafiği (kgf)

2. PANEL 22

Şekil: 12. 2 atıştan sonra Tanık Plakasının arkadan görünümü
Sonuç: Kabul edildi



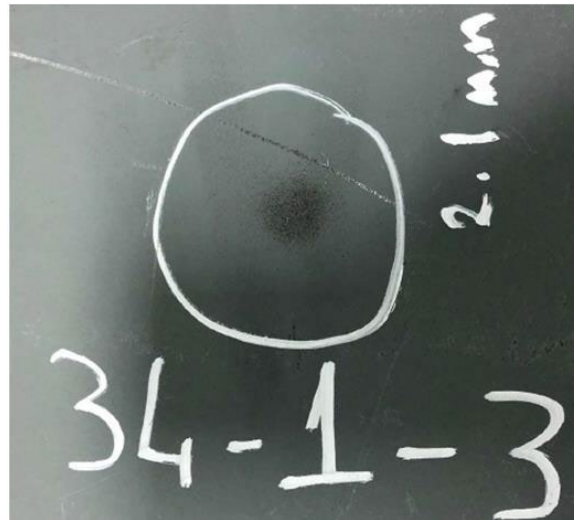
Şekil: 13. Darbe Kuvveti Test Grafiği (kgf)

3. PANEL 31-3

Şekil: 14. Tanık Plakasının arkadan görünümü **Şekil: 15.** Tanık Plakasının önden görünümü

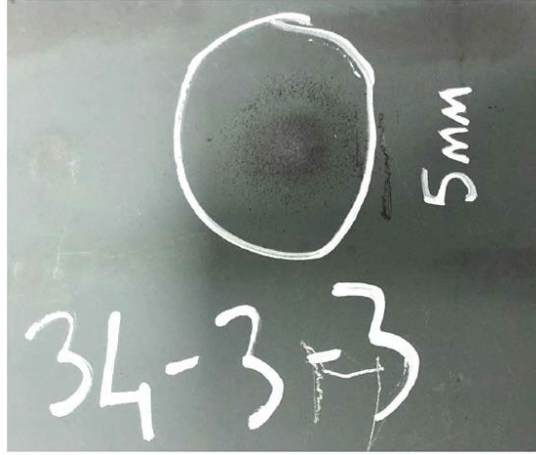
Sonuç: Kabul edildi

Şekil 15'te parçalanmış mermi çekirdeği vuruş noktasının izleri açıkça görülmektedir. Bu, balistik panel konstrüksiyonunun etkinliğinin kanıtıdır.

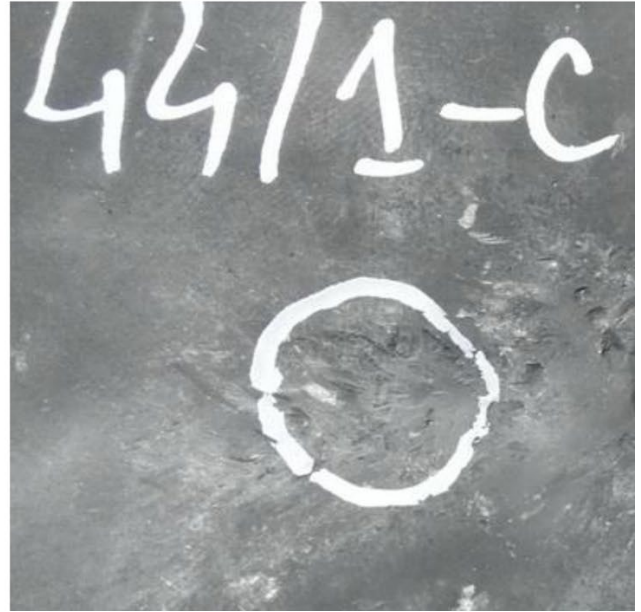
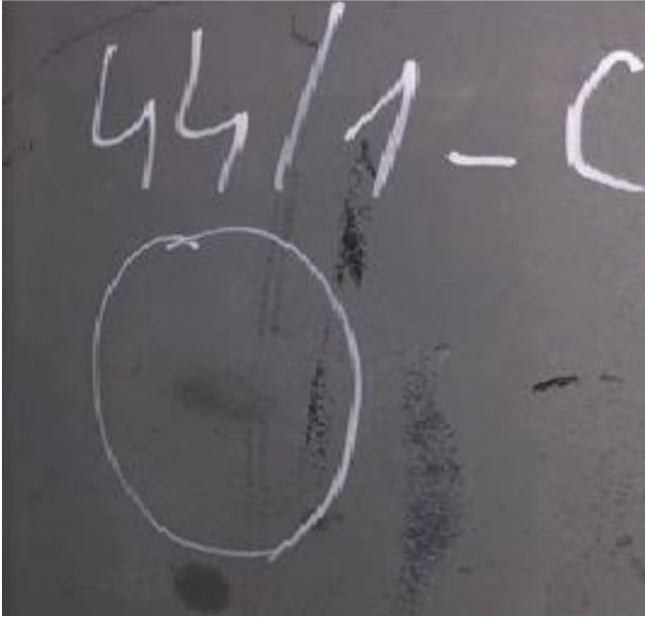
4. PANEL 34-1

Şekil: 16. Tanık Plakasının arkadan görünümü

Sonuç: Kabul edildi

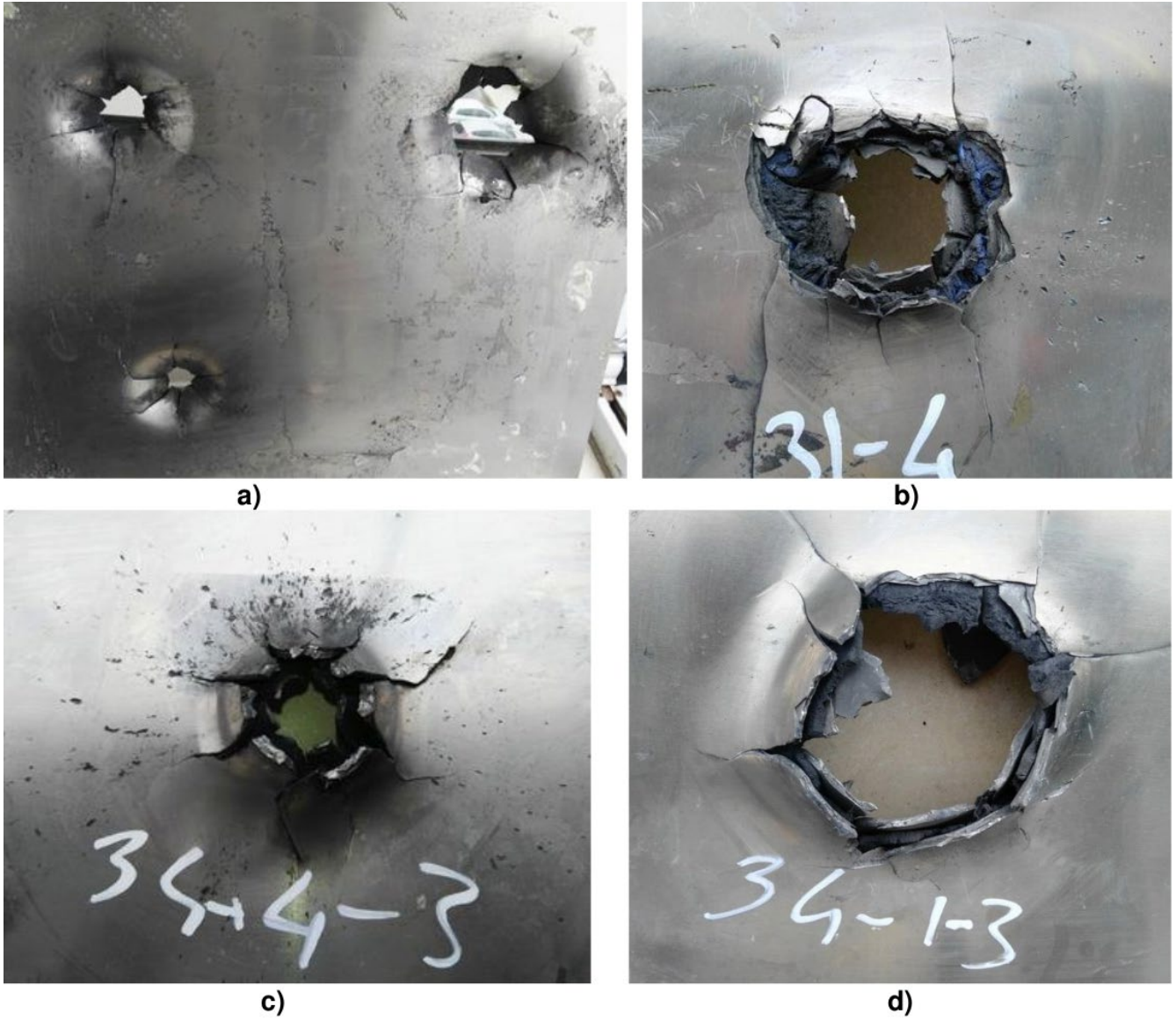
5. PANEL 34-3

Şekil: 17. Tanık Plakasının arkadan görünümü
Sonuç: Kabul edildi

5. PANEL 44-1

Şekil: 18. Tanık Plakasının arkadan görünümü **Şekil: 19.** Tanık Plakasının önden görünümü
Sonuç: Kabul edildi

Şekil 19'da, mermi çekirdeğinin dağılık küçük parçalanmalarının izleri görülebilir. Bu, balistik panel konstrüksiyonunun etkinliğinin kanıtıdır.

7075-T6 BALİSTİK ALÜMİNYUM ARKA PLAKALARIN BAZI RESİMLERİ

Şekil: 20. Alüminyum Arka Plakaların Arkadan Görünümü



a)



b)

Şekil: 21. Alüminyum Arka Plakaların Önden Görünümü

TEST TESİSİNDEN BAZI RESİMLER



Şekil: 22. Test Silahı



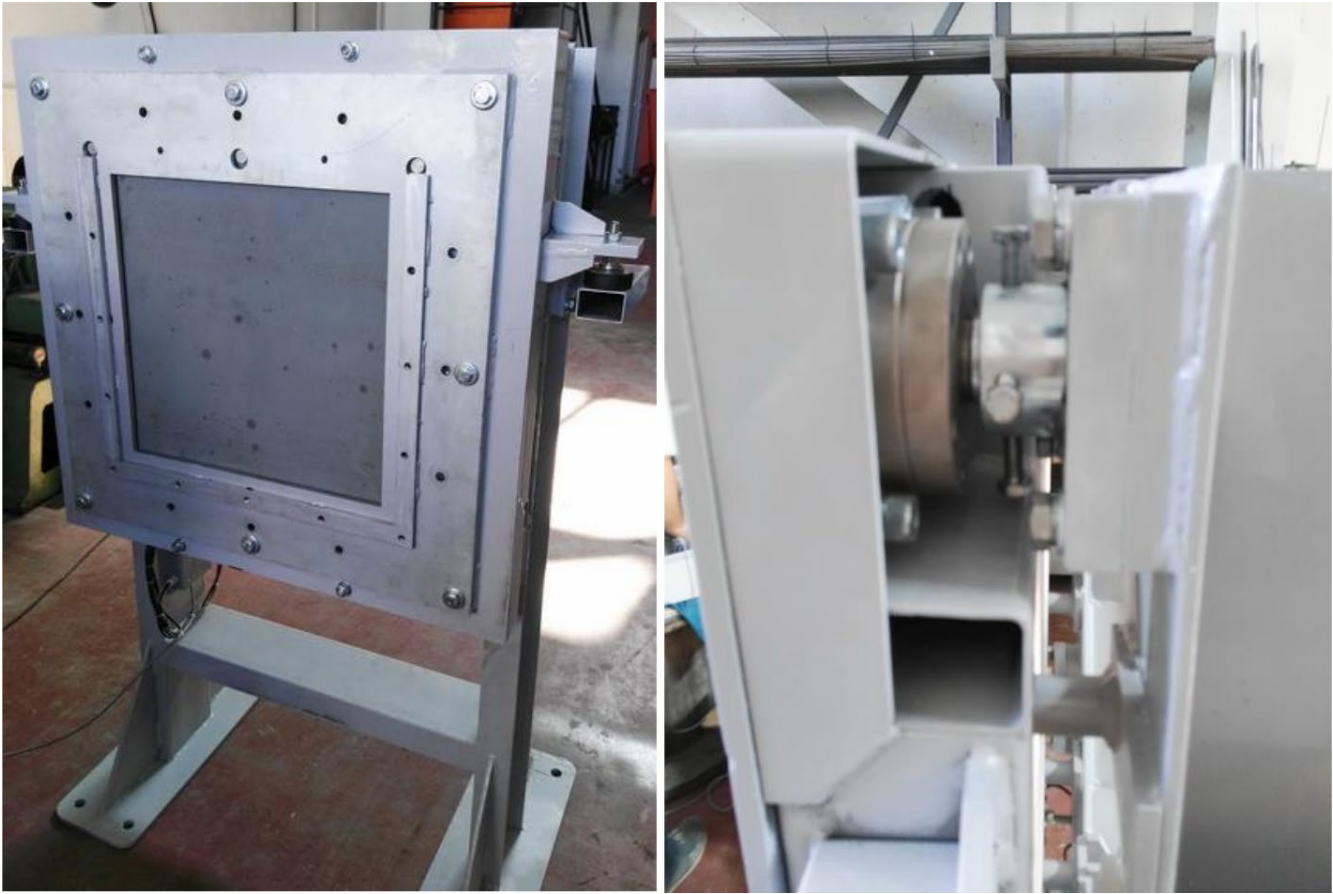
Şekil: 23. Ateşleme Kontrol Sistemi



Şekil: 24. Fabrikadaki test tesisinden ve 14,5 mm mermiden resimler



Şekil: 25. 500 mm x 500 mm Test Panellerinin Hedef Sabitleme Sistemi



a)

a) Fabrikamızda test aparatı imalat aşaması.

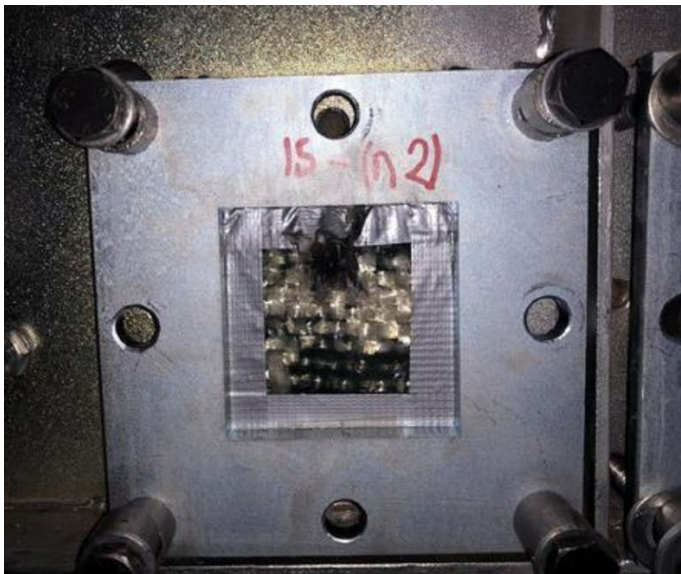
b)

b) Vuruş enerjisini ölçmek ve enerji absorpsiyon diyagramını yapmak için bilgisayar kontrollü yük hücresi sistemi.

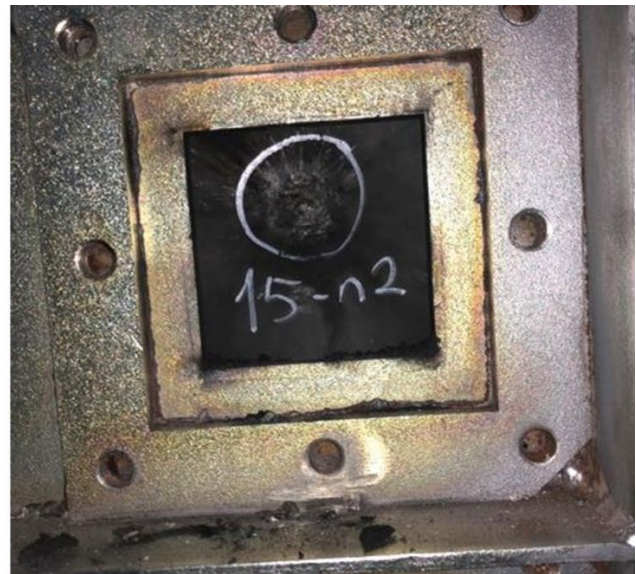
Şekil: 26. Sistem Detayları
Bu sistem 32 ton ölçüm kapasitesine sahiptir.



Şekil: 27. 100 mm x 100 mm Test Panellerinin Hedef Tespit Sistemi

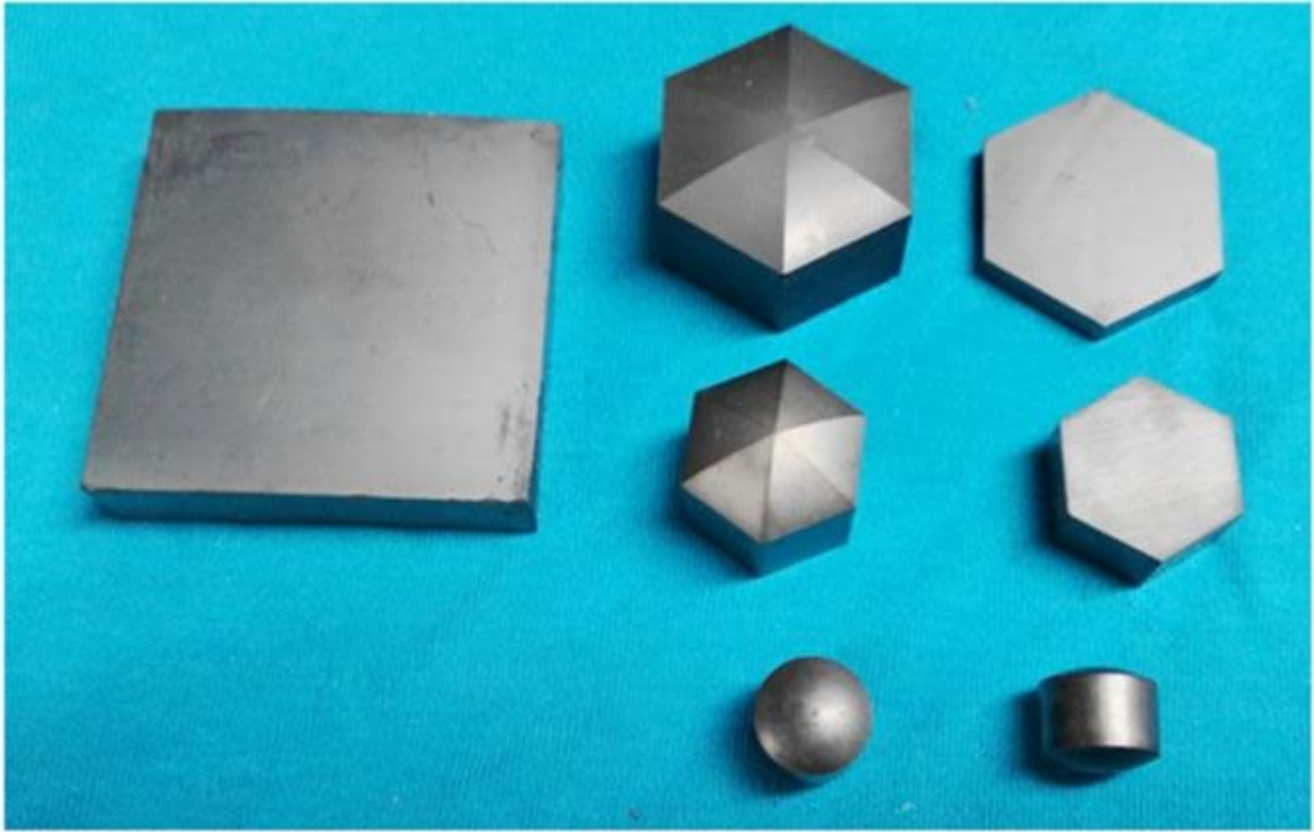


a) Ön Yüz



b) Arka Yüz

Şekil: 28. 100 mm x 100 mm Test Panellerinin Hedef Tespit Sisteminin Yakın Görünümü

BU ARAŞTIRMADA KULLANILAN SERAMİKLER

Şekil: 29. Bu Ar-Ge'de kullanılan farklı şekillerdeki bazı örnekler



Şekil: 30. Altıgen Yuvarlak Uçlu Seramikler



Şekil: 31. Altıgen Düz Seramikler



Şekil: 32. Silindirik Yuvarlak Uçlu Seramikler

EPOKSİ FORMÜLASYON VE UYGULAMA ARAŞTIRMASI







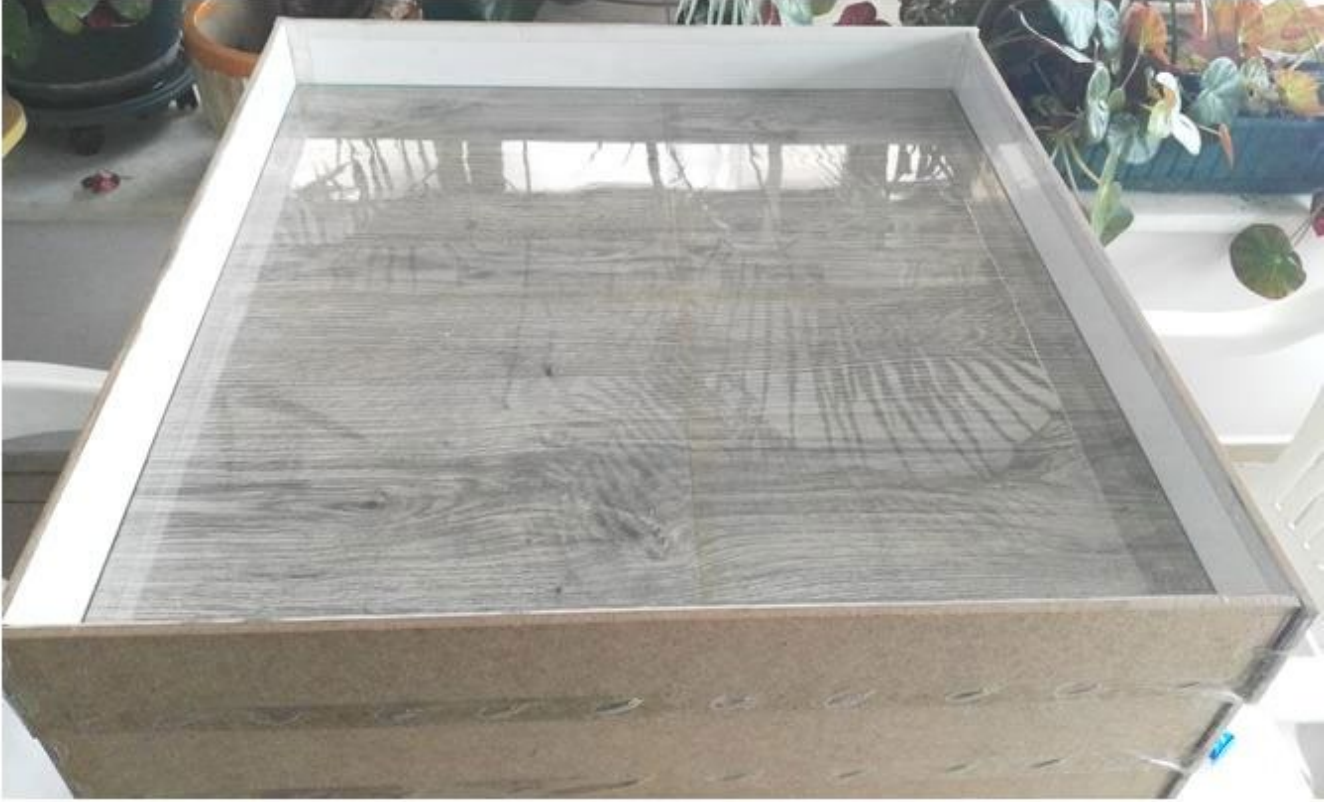




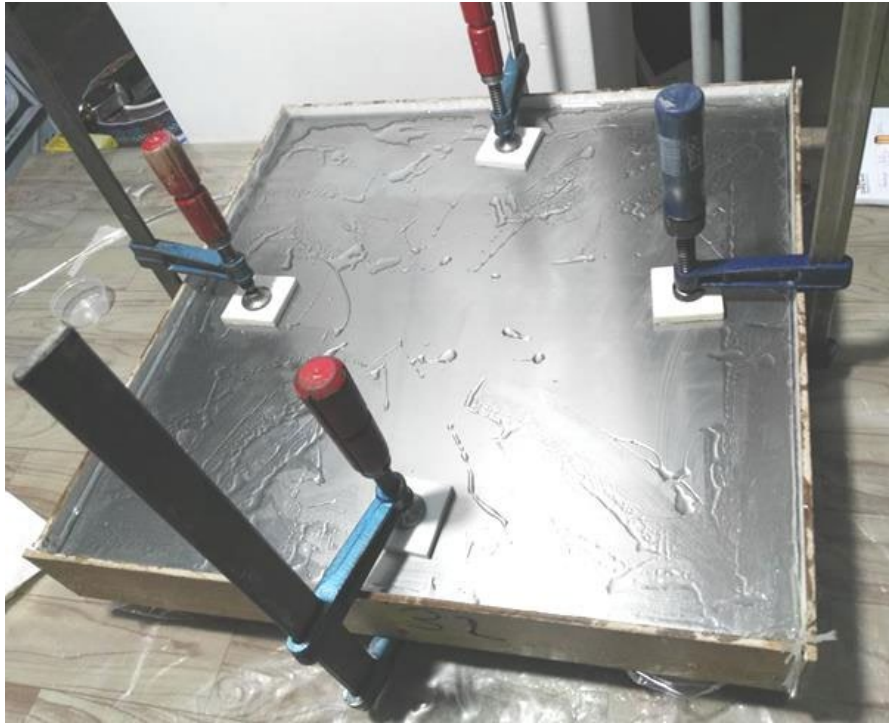
TEST PLAKALARININ HAZIRLANMA AŞAMALARI VE UYGULAMALARI



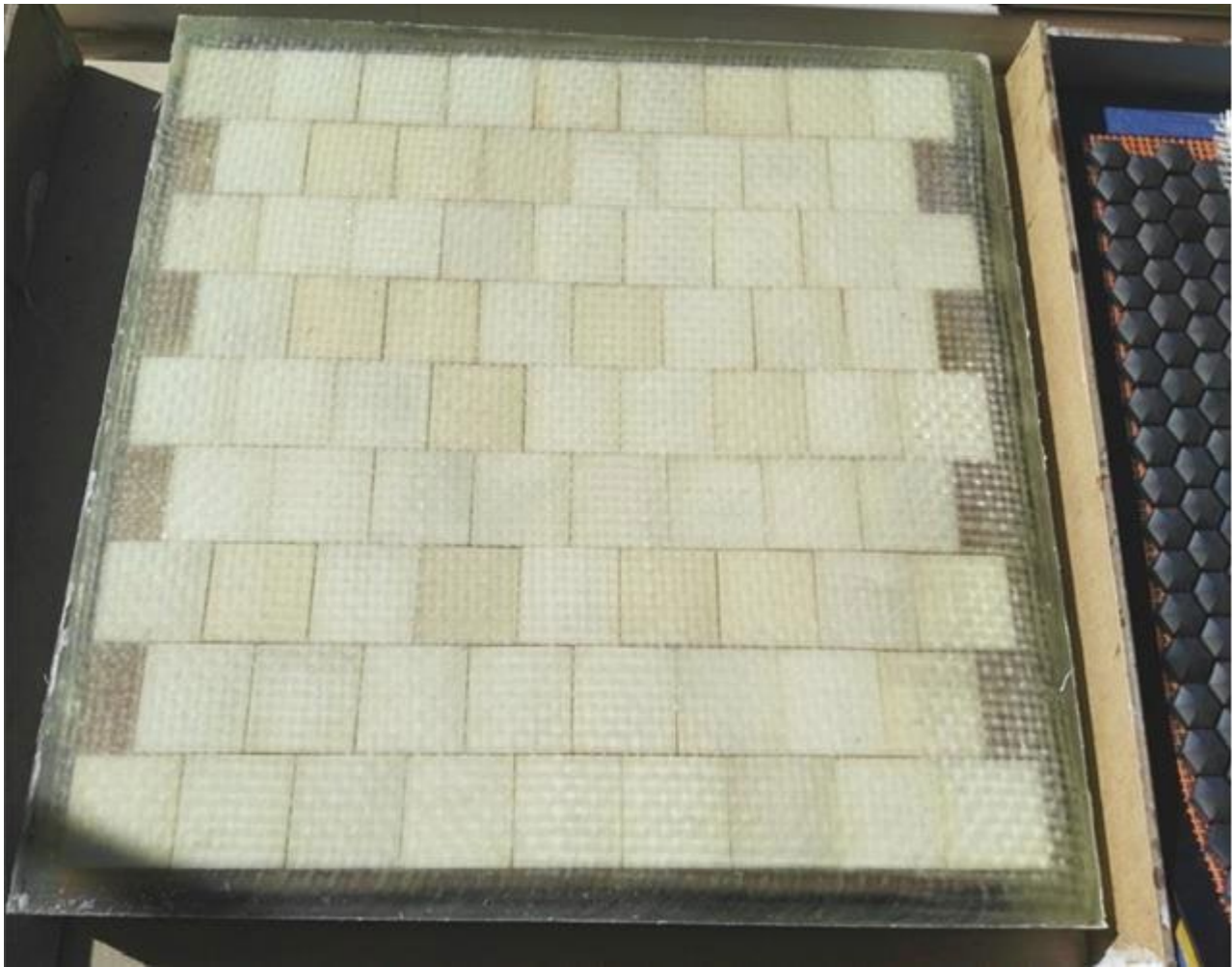




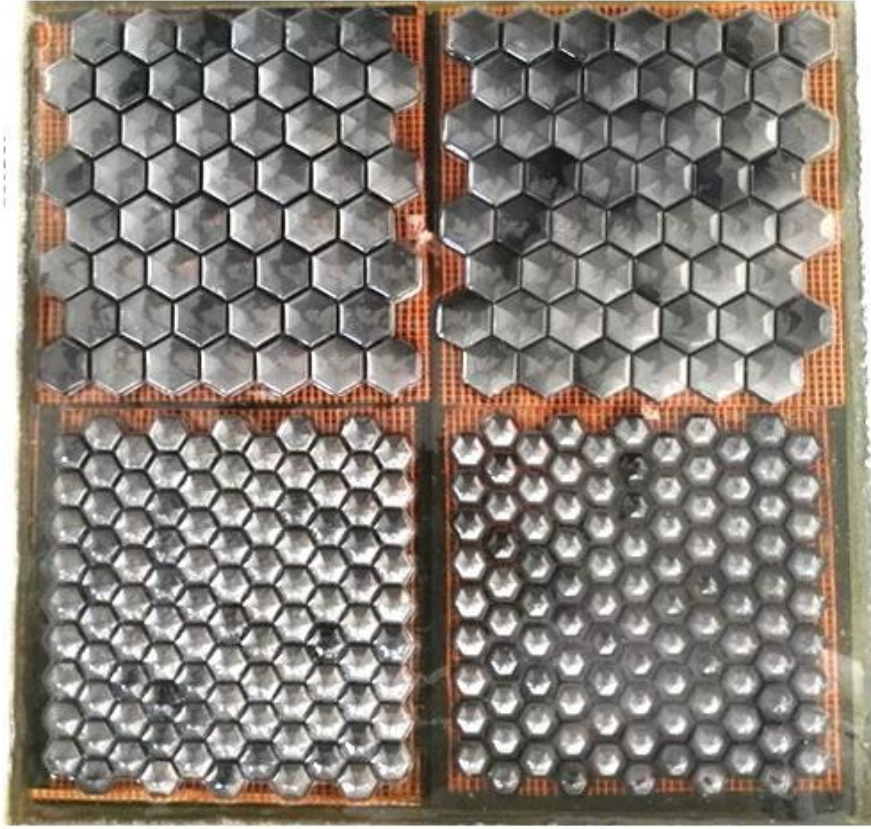
500 x 500 mm test paneli kalıbı



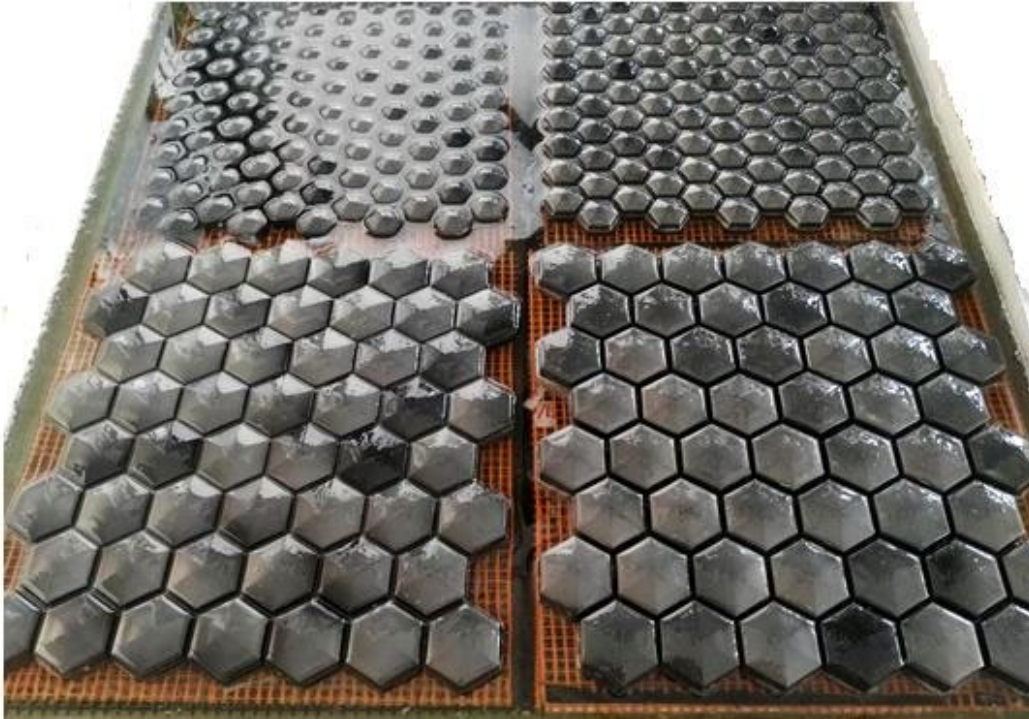
Uygulama



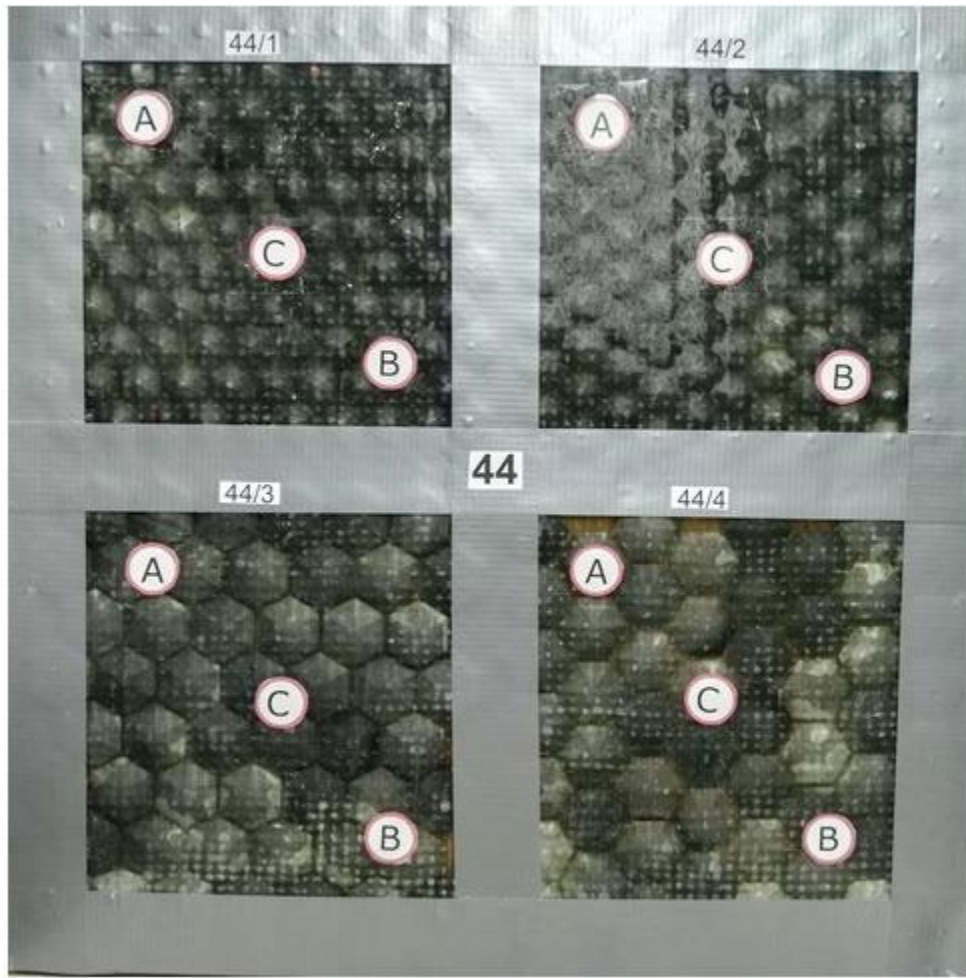
Bitmiş Panel



Tek plakada 4 farklı seramik uygulaması



Epoksi uygulaması



Atış testine hazır bitmiş panel