

HAFİF SİLAHLARA KARŞI PRESLENEREK VE PRESLENMEDEN ÜRETİLEN YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN (UHMW-PE) ZIRH PLAKALARININ TERMİNAL BALİSTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Can CANDAN

K.K.Tek.ve Prj.Ynt.D.Bşk.lığı, Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışma, aynı kat sayısındaki preslenen ve preslenmeden üretilen yüksek yoğunluklu polietilen (UHMW-PE) zırh plakalarının, hammadde aşamasından nihai mamul haline gelene kadar takip edilen genel üretim aşamalarını, dünya standartlarına uygun olarak zırhlara uygulanan test yöntem ve sonuçları ile hasar bölgesinin görüntülenmesinin terminal balistik açıdan değerlendirilmesini içermektedir.

Anahtar kelimeler: Yüksek yoğunluklu polietilen, terminal balistik, hafif silah, hasar bölgesi, zırh.

THE EXAMINATION OF TERMINAL BALLISTIC QUALIFICATIONS OF HIGH DENSITY POLYTHENE (UHMW-PE) ARMOR PLAQUE WHICH ARE PRODUCED WITH PRESSING AND WITHOUT PRESSING AGAINST SMALL ARMS

ABSTRACT

This study contains the evaluation of general production stages followed from the raw material stage to the final product of high density polythene (UHMW-PE) armour plaque in the same coefficient, which are produced with pressing and without pressing, methods and results of the tests that are applied to the armours in compliance with the world standarts and imaging of damage area in terms of terminal ballistics.

Keywords: high density polythene (UHMW-PE), terminal ballistic, small arm, damage area, armor.

1. GİRİŞ

Zırh, muharebe sahasının vazgeçilmez kullanım unsurlarından biridir. Öyle ki zırh, kullanım açısından insanlığın ilk muharebelerinde nasıl kendine yer bulduysa gelecekteki muharebe sahasında da kendine yer bulacaktır. Günümüze kadar uzanan teknolojik gelişmelerin paralelinde zırh kullanımının gelişimi incelendiğinde vücudun korunumu ile başlayıp muharebe araçları, helikopterler ve kullanım mekanlarının zırhlandırılması ile devam eden bir yol izlediğini görürüz. Yakın zamanda gerçekleşen muharebeler göz önüne alındığında gelişen silah sistemi ve mühimmata, yani gelişen tehdide karşı uygun zırh kullanımının muharebe sahasında istenilen başarının anahtarı olduğu ispatlanmıştır. Bu gerçekten yola

çıkarak zırh imalatında hammadde olarak kullanılan malzemeler tekrar değerlendirilmiş ve teknolojik gelişmeler ışığında bu alanda kompozit malzemelerin kullanımı kaçınılmaz bir hal almıştır. Günümüzde hafif silahlara karşı kompozit zırh imalat teknolojisinde organik matrisli kompozit malzemelerin kullanıma başlanmasıyla iki ana malzeme ön plana çıkmıştır. Bu malzemeler para-aramid ve yüksek yoğunluklu polietilen (UHMW-PE)'dir. Söz konusu malzemelerin zırh üretiminde kullanılmasıyla hafiflik, üstün balistik performans, yüksek enerji sönmeme özelliği, düşük ısı iletkenliği, çok düşük iç deformasyon, çatlak yayılmasına karşı yüksek dayanım ile korozyon ve kimyasallara karşı yüksek dayanım özellikleri elde edilmiştir. Bu çalışma, hafif silahların etkilerine karşı UHMW-PE malzeme kullanılarak üretilen balistik özellikli kompozit zırhın, hammadde aşamasından nihai mamul haline gelene kadar takip edilen genel üretim aşamalarını, zırhın üstünlüklerini ve dünya standartlarına uygun olarak zırha uygulanan test yöntem ve sonuçlarının değerlendirilmesini içermektedir.

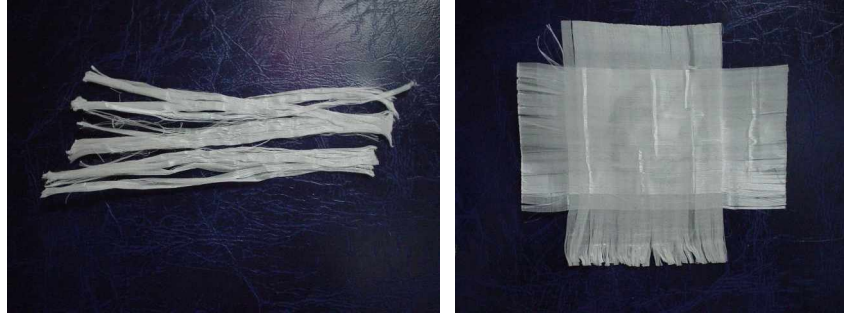
2. DENEYSEL CALISIMALAR

2.1 UHMW-PE Malzeme

Çalışmalar esnasında Hollanda DSM firmasının ürünü olan 0°/90°/0° Dyneema UD HB-2 malzeme kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. UHMW-PE Dyneema UD HB-2

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ²)	Reçine Ağırlığı (%)	Kopma Mukavemeti (N/tex)	Toplam Ağırlık (gr/m ²)	Tek Tabaka Kalınlığı (mm)	Uzama (%)	Modülüs (N/tex)
Dyneema UD HB-2	0.97	21±3	187	260	0.27±0.05	3.75	100



Şekil 1. UHMW-PE Dyneema UD HB-2

2.2 Balistik Modelleme

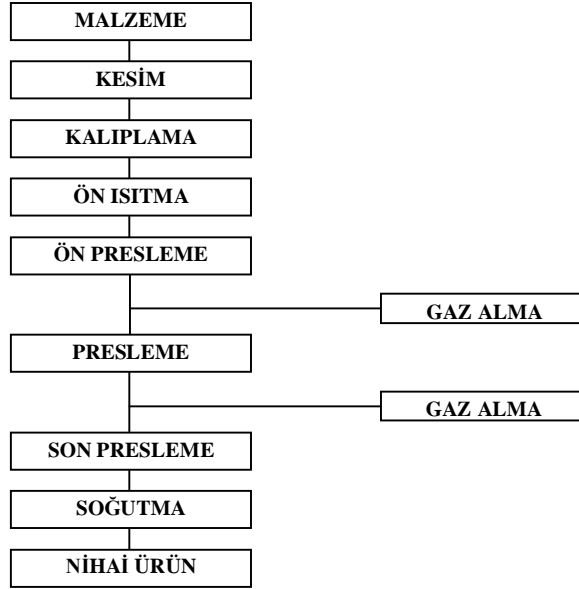
Kinetik enerjili bir merminin hedefteki delme etkisi, mermi kütlesine, merminin enerjisine, merminin hedefe vuruş açısına, mermi ve zırh malzemesinin metallurjik yapısına bağlıdır. Merminin kinetik enerjisi (E), merminin kütlesi (m) ve hızı (V) ise merminin kinetik enerjisi;

$$Emk= 1/2 \times m \times (V)^2$$

şeklindedir. [4-11]

2.3 Zırh Plakalarının Preslenerek Üretimi

Preslenerek elde edilen zırhın üretim süreci Şekil 2’de sunulmuştur. Buna göre 250x300 mm ebatlarında kesilerek hazırlanmış zırh malzemesi üst üste konularak kalıplanarak 120-130 °C’de, 30 dakika süreyle 200 bar basınç altında preslenerek nihai ürün haline getirilmiştir. Nihai ürün haline getirilen zırh plakalarının kalınlığı 22 mm, ağırlığı ise 1450 gr olarak tespit edilmiştir.



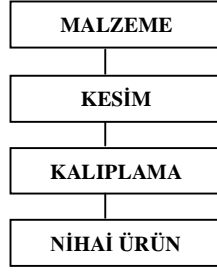
Şekil 2. Preslenerek Üretilen Zırhın İmalat Proses Şeması



Şekil 3. Preslenerek Üretilen Zırh

2.4 Zırh Plakalarının Preslenmeden Üretimi

Preslenmeden elde edilen zırhın üretim süreci Şekil 4’de sunulmuştur. Buna göre 250x300 mm ebatlarında kesilerek hazırlanmış zırh malzemesi üst üste konularak kalıplanmış, herhangi bir başka işleme tabi tutulmamıştır. Nihai ürün haline getirilen zırh plakalarının kalınlığı 45 mm, ağırlığı ise 1520 gr olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. Preslenmeden Üretilen Zırhın İmalat Proses Şeması

2.5 Balistik Test Standartları

Günümüz teknolojisinde hafif silahlara karşı kullanılan zırhlar için balistik performansın ölçümünde NIJ (National Institute of Justice) değerleri referans olarak alınmıştır. Bu değerlerin referans olarak alınmasında ki en büyük neden günümüzde kullanılmakta olan tabanca, makinalı tabanca ve piyade tüfeği tehditlerinin birbirine çok yakın olmasıdır. Çizelge 2’de, tabanca, makinalı tabanca ve piyade tüfekleri için kullanılan NIJ Standartları gösterilmiştir. Günümüz modern ordularında piyade tüfeklerinin etkilerine karşı üretilen zırhların mermiye karşı korumasında, seviye III kullanılmaktadır. Mermiye karşı korumada balistik dayanım kriterinin ölçütü zırhın arkasına yerleştirilen ve insanı simule eden macunun üzerinde meydana gelen çöküntü miktarının 44 mm.nin altında olmasıdır. [1-3]

Çizelge 2. NIJ 0101.04 Standardı

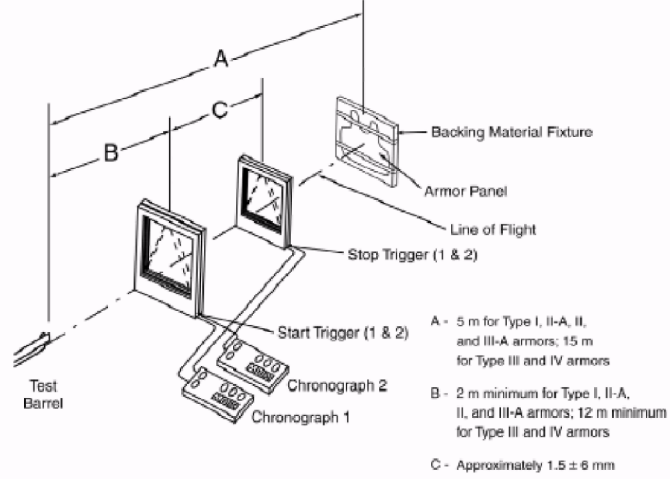
NIJ Standard–0101.04 P-BFS performance test summary

Armor Type	Test Round	Test Bullet	Bullet Weight	Reference Velocity (± 30 ft/s)	Hits Per Armor Part at 0° Angle of Incidence	BFS Depth Maximum	Hits Per Armor Part at 30° Angle of Incidence	Shots Per Panel	Shots Per Sample	Shots Per Threat	Total Shots Req'd
I	1	.22 caliber LR LRN	2.6 g 40 gr.	329 m/s (1080 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	48
	2	.380 ACP FMJ RN	6.2 g 95 gr.	322 m/s (1055 ft/s)	4	44mm (1.73 in)	2	6	12	24	
IIA	1	9 mm FMJ RN	8.0 g 124 gr.	341 m/s (1120 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	48
	2	40 S&W FMJ	11.7 g 180 gr.	322 m/s (1055 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	
II	1	9 mm FMJ RN	8.0 g 124 gr.	367 m/s (1205 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	48
	2	357 Mag JSP	10.2 g 158 gr.	436 m/s (1430 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	
IIIA	1	9 mm FMJ RN	8.2 g 124 gr.	436 m/s (1430 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	48
	2	44 Mag JHP	15.6 g 240 gr.	436 m/s (1430 ft/s)	4	44 mm (1.73 in)	2	6	12	24	
III	1	7.62 mm NATO FMJ	9.6 g 148 gr.	838 m/s (2780 ft/s)	6	44 mm (1.73 in)	0	6	12	12	12
IV	1	.30 caliber M2 AP	10.8 g 166 gr.	869 m/s (2880 ft/s)	1	44 mm (1.73 in)	0	1	2	2	2
Special	*	*	*	*	*	44 mm (1.73 in)	*	*	*	*	*

Panel = Front or back component of typical armor sample
 Sample = Full armor garment, including all component panels (F & B).
 Threat = Test ammunition round by caliber.

2.6 Balistik Test Düzenegi

Zırh için mermi testinde kullanılan test düzenegi ise Şekil 5’de gösterilmiştir. Test düzeneginde hız ölçer olarak Oehler Research Model ORM 55 kullanılmıştır. Birbirlerine 1 m uzaklıkta bulunan iki elektrik perdesinden merminin geçişiyile mermi hızları tespit edilmiştir. Testler esnasında sabit namlular kullanılarak mermilerin zırha dik olarak isabet etmeleri sağlanmıştır.



Şekil 5. Balistik Test Düzenegi Şematik Gösterimi

2.7 Mermi Testi

Teste tabi tutulacak zırh 24 saat süreyle 23 ± 2 °C’de şartlandırılmıştır. Bu testte G-3 piyade tüfeği namlusu ve 7.62 X 51 mm çaplı tam metal kaplama (FMJ) mermi kullanılmıştır. Atış 15 m mesafeden zırhın ön yüzüne kenarlarından en az 50 mm uzakta ve zırh üzerinde varsa daha önceki bir vuruş noktasından veya bir delikten en az 80 mm uzakta olacak şekilde 5 atış olarak yapılmıştır. Atışlar zırh yüzeyine 90 ± 1 derece ile gerçekleştirilmiştir. Bu atış neticesinde delinme gerçekleşmemiştir.



Şekil 6. Balistik Testlerde Kullanılan Mermiler

Deformasyonun ölçümü, zırhın arkasına yerleştirilecek macun ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan macunun kalınlığı 10 cm olarak alınmıştır. Atıştan sonra meydana gelen çöküntü değeri macun üzerinden ölçülmüştür.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Mermi testi yapılan ortamın iklim değerleri, 23 °C sıcaklık ve % 50 bağıl nem oranı olarak tespit edilmiştir. Testte kullanılan merminin özellikleri Çizelge 3’de sunulmuştur. Preslenerek üretilen zırh plakasının mermi testi değerleri Çizelge 4’de, atışların grafiksel dağılımı Şekil 8’de ve mermi testi sonrası preslenerek üretilen zırh kesitinin görünümü Şekil 9’da sunulmuştur. Preslenmeden üretilen zırh plakasının mermi testi değerleri Çizelge 5’de, atışların grafiksel dağılımı Şekil 10’da ve mermi testi sonrası preslenerek üretilen zırh kesitinin görünümü Şekil 11’de sunulmuştur.



Şekil 7. 7.62 mm G-3 Çekirdeğinin Ağ Modeli (Mesh)

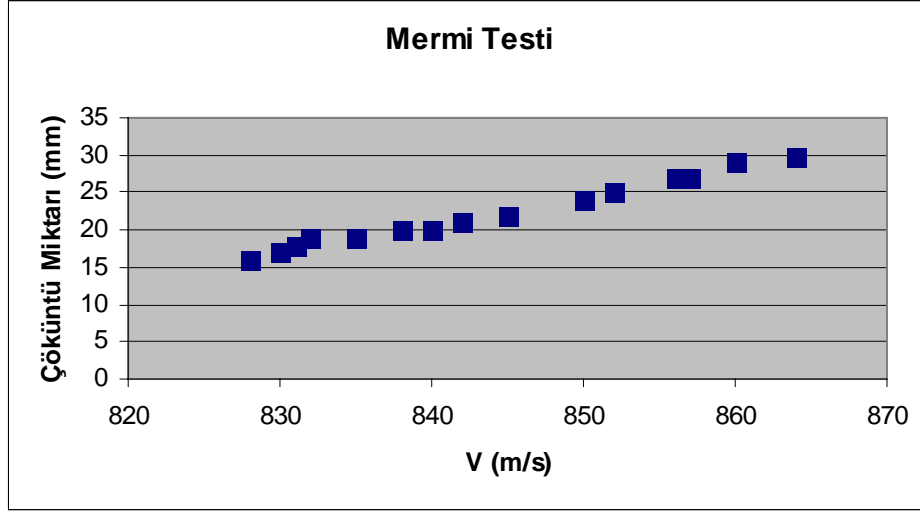
Çizelge 3. Kullanılan Merminin Özellikleri

KULLANILAN MERMİ	7.62 X 51 mm G-3
Atış Mesafesi	15 metre
Mermi Çekirdek Çapı	7.62 mm
Mermi Çekirdek Ağırlığı	9.50 gr
Mermi Kovan Ağırlığı	11.85 gr
Mermi Uzunluğu	51 mm
Barut Miktarı	2.79 gr

Çizelge 4. Preslenerek Üretilen Zırh Plakasının Mermi Testi Değerleri

Atış Nu.	V (m/s)	Kinetik Enerji (Nm)	Çöküntü Değeri (mm)	Değerlendirme
1	828	3256.52	16	Delinme Yok
2	830	3272.27	17	Delinme Yok
3	831	3280.16	18	Delinme Yok
4	832	3288.06	19	Delinme Yok
5	835	3311.81	19	Delinme Yok
6	838	3335.66	20	Delinme Yok
7	840	3351.60	20	Delinme Yok
8	842	3367.58	21	Delinme Yok
9	845	3391.62	22	Delinme Yok
10	850	3431.87	24	Delinme Yok
11	852	3448.04	25	Delinme Yok
12	856	3480.49	27	Delinme Yok
13	857	3488.63	27	Delinme Yok
14	860	3513.10	29	Delinme Yok
15	864	3545.86	30	Delinme Yok

Vort= 844 m/s	KEort= 3384.22 Nm	ÇDort= 22.26 mm
---------------	-------------------	-----------------



Şekil 8. Preslenerek Üretilen Zırh Plakasının Mermi Testi Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi

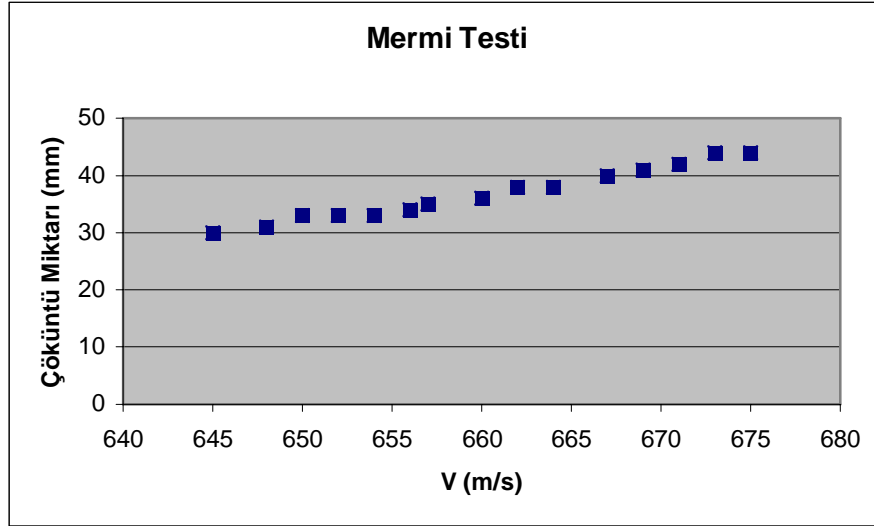


Şekil 9. Mermi Testi Sonrası Preslenerek Üretilen Zırh Kesitinin Görünümü

Çizelge 5. Preslenmeden Üretilen Zırh Plakasının Mermi Testi Değerleri

Atış Nu.	V (m/s)	Kinetik Enerji (Nm)	Çöküntü Değeri (mm)	Değerlendirme
1	645	1976.12	30	Delinme Yok
2	648	1994.54	31	Delinme Yok
3	650	2006.87	33	Delinme Yok
4	652	2019.24	33	Delinme Yok
5	654	2031.65	33	Delinme Yok
6	656	2044.10	34	Delinme Yok
7	657	2050.33	35	Delinme Yok
8	660	2069.10	36	Delinme Yok
9	662	2081.66	38	Delinme Yok
10	664	2094.25	38	Delinme Yok
11	667	2113.22	40	Delinme Yok
12	669	2125.91	41	Delinme Yok
13	671	2138.64	42	Delinme Yok
14	673	2151.41	44	Delinme Yok
15	675	2164.22	44	Delinme Yok

Vort= 660 m/s	KEort= 2070.75 Nm	ÇDort= 36.80 mm
---------------	-------------------	-----------------



Şekil 10. Preslenmeden Üretilen Zırh Plakasının Mermi Testi Değerlerinin Grafikselleştirilmesi



Şekil 11. Mermi Testi Sonrası Preslenmeden Üretilen Zırhın Görünümü

4. SONUÇLAR

Yapılan mermi testleri neticesinde;

- Preslenerek üretilen zırh plakalarında elde edilen V_{ort} değeri 844 m/s'dir. Elde edilen ortalama çöküntü değeri 22.26 mm'dir.
- Preslenmeden üretilen zırh plakalarında elde edilen V_{ort} değeri 660 m/s'dir. Elde edilen ortalama çöküntü değeri 36.80 mm'dir.
- NIJ Standartlarında seviye III için verilen hız değeri 838 m/s, çökme değeri ise 44 mm'dir.
- Preslenerek üretilen zırh plakalarında elde edilen V_{ort} değeri, preslenmeden üretilen zırh plakalarında elde edilen V_{ort} değerinden %22 daha büyüktür.
- Preslenerek üretilen zırh plakalarında elde edilen ortalama çöküntü değeri, preslenmeden üretilen zırh plakalarında elde edilen ortalama çöküntü değerinden %65 daha küçüktür.
- Testlerde kullanılan mermi kütleleri sabit olduğundan, mermi hızlarının artması ile doğru orantılı olarak elde edilen çöküntü değerleri de artmıştır.
- Preslenerek üretilen zırh plakaları, preslenmeden üretilen zırh plakalarından 23 mm daha ince kalınlığa sahip olacak şekilde üretilmiştir.
- Preslenerek üretilen zırh plakalarının ağırlığı, preslenmeden üretilen zırh plakalarının ağırlığından 70 gr daha hafiftir.
- Üretim prosesinde yapılan optimizasyon ile 30 dakikalık bir süreçte nihai mamül zırhın elde edilmesi mümkün olmuştur.
- Organik matrisli kompozit malzemeler kullanılarak yurt içinde zırh malzemesi üretimi yapılabileceği gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Konferansın gerçekleştirilmesine katkıda bulunan herkese teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. STANAG 2920 “Personel Korumasında Kullanılan Malzemelerin Balistik Test Metotları" Dokümanı.
2. NIJ Standard-0101.04 “Personel Korumasında Kullanılan Malzemelerin Balistik Dayanımları" Dokümanı.
3. MIL – STD - 662E “Zırhlar İçin Balistik Testlerde Kullanılan V50 Standartı " Dokümanı.
4. P.G. Riewald, F. Folgar, H.H. Yang, W.F. Shaughnessy, (1991) , “Lightweight Helmet From a New Aramid Fiber", Wilmington, DE.
5. G.M.Moss, D.W.Leeming, C.L.Farrar, (1995), “ Military Ballistics ",Brassey’s, London.
6. S.Abrate, (1998) “ Impact On Composite Structures" S.Illinois University at Carbondale, 215-227.
7. P.M.Cunniff, (1992) “ An Analysis Of System Effects In Woven Fabrics Under Ballistic Impact" Natick, Massachusetts.
8. S.S.Morye, P.J.Hine, R.A.Duckett, D.J.Carr, I.M.Ward, (2000), “ Modelling Of The Energy Absorption By Polymer Composites Upon Ballistic Impact" Elsevier Science and Technology 60, 2631-2642.
9. C.Candan, (1998), “ UHMW - PE Kompozit Başlık Tasarımı ve Balistik Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, S.Ü., Mak.Müh.A.B.D., Konya.
10. C.Candan, A.Akdemir, (2003) “Para-aramid Malzemeden İmal Edilen Balistik Özellikli Kompozit Başlık” Malzeme Bilimi ve Üretim Yöntemleri Sempozyumu, İzmir.
11. C.Candan, A.Akdemir, (2003) “The Properties Of The Para - aramid Composite Armour Material Manufacture Against The Light weapons” 6th International Fracture Conference, Konya.