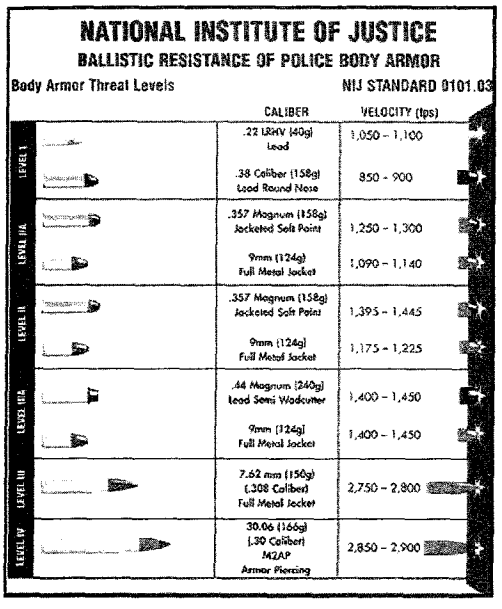
พศ.ดร.สุขเกษม กังวานตระกูล
สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Ceramic กับ กระสุน Armor

ในปัจจุบันนานาประเทศทั่วโลกได้มีการตื่นตัวที่จะวิจัยและพัฒนาอาวุธ และยุทโธปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้อยู่ในกองทัพให้มีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพในการประหัตประหารกันหรือมีอานุภาพการทำลายล้างสูงขึ้น ในขณะเดียวกันก็ต้องมีการวิจัยและพัฒนาวัสดุ หรืออุปกรณ์ที่มีศักยภาพ สามารถป้องกันการทำลายล้างหรือการโจมตีจากฝ่ายตรงข้ามควบคู่กันไปอย่างเนื่องเพื่อความมั่นคงของประเทศของตน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระสุน หรือเกราะกันกระสุน คือ หนึ่งในอีกหลายๆ อุปกรณ์ที่มีบทบาทในการป้องกันการทำลายล้างสิ่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นบุคคล ยานยนต์ อากาศยานของกองทัพ ดังนั้นการนำวัสดุทั่วไปๆ เช่น จำพวกโลหะ หรือพลาสติกมาประกอบเป็นแผ่นเกราะ หรือวัสดุป้องกันกระสุนนั้นไม่สามารถทำการป้องกันได้อีกต่อไป ภาวะการณ์ในปัจจุบันการป้องกันอาวุธสมัยใหม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและความรู้ในระดับสูง และสิ่งที่เข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งก็คือ เทคโนโลยีทางด้านวัสดุ วัสดุที่มีขีดความสามารถในการนำมาใช้เป็นแผ่นเกราะป้องกันกระสุนได้นั้น ได้แก่ วัสดุเซรามิก ซึ่งปัจจุบันเป็นวัสดุที่นิยมนำมาประกอบเป็นแผ่นเกราะสามารถป้องกันกระสุนได้ถึงระดับสูงสุด (ระดับ 4) ตามมาตรฐานเกราะของสถาบัน National Institute of Justice (NIJ) ที่ทั่วโลกยอมรับ เนื่องจากโดยทั่วไปวัสดุเซรามิกจะมีน้ำหนักเบา มีความแข็งสูง และคงความแข็งแรงได้ที่อุณหภูมิสูง จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูงทนต่อความร้อนและทนต่อสารเคมีและสภาวะแวดล้อมได้ดีเพราะมีพันธะทางเคมีที่แข็งแรงเมื่อเปรียบกับวัสดุโลหะ



NATIONAL INSTITUTE OF JUSTICE
BALLISTIC RESISTANCE OF POLICE BODY ARMOR

Body Armor Threat Levels	CALIBER	VELOCITY (fps)
LEVEL I	.22 LRHV (40g) Lead	1,050 – 1,100
	.38 Caliber (158g) Lead Round Nose	850 – 900
LEVEL IIA	.357 Magnum (158g) Jacketed Soft Point	1,250 – 1,300
	9mm (124g) Full Metal Jacket	1,090 – 1,140
LEVEL II	.357 Magnum (158g) Jacketed Soft Point	1,395 – 1,445
	9mm (124g) Full Metal Jacket	1,175 – 1,225
LEVEL IIIA	.44 Magnum (240g) Lead Semi Wadcutter	1,400 – 1,450
	9mm (124g) Full Metal Jacket	1,400 – 1,450
LEVEL III	7.62 mm (150g) (.308 Caliber) Full Metal Jacket	2,750 – 2,800
LEVEL IV	30.06 (166g) (.30 Caliber) M2AP Armor Piercing	2,850 – 2,900

มาตรฐานเกราะกันกระสุนระดับต่างๆ ของ National Institute of Justice (NIJ)

วัสดุเกราะกันกระสุน (Armor materials)

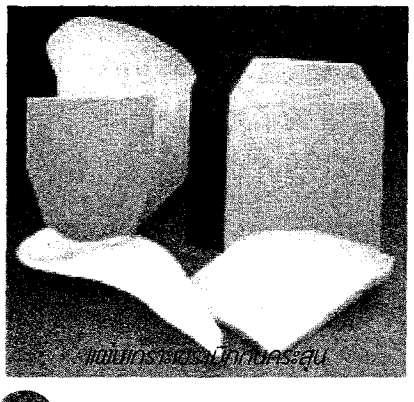
วัสดุที่เหมาะต่อการนำมาใช้ ทำเป็นแผ่นเกราะกันกระสุนนั้นควรเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบามีความแข็ง และ ความแข็งแรงสูงทนต่อแรงกระแทกได้ดี ซึ่งในที่นี้ก็คือ วัสดุเซรามิกจำพวกซิลิ กอนคาร์ไบด์ (SiC), ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4), โบรอนคาร์ไบด์ (B_4C), ไททาเนียมไดบอไรด์ (TiB_2) และอะลูมินา (Al_2O_3) เป็นต้น ดังแสดงใน**ตารางที่** 1

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติเชิงกลและคุณลักษณะของวัสดุเซรามิกชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นแผ่นเกราะกันกระสุน ที่มา: http://www.ceradyne.com

SELECTION GUIDE FORARMOR CERAMICS

Materials	Density (g/cm2)	Key Characteristics	Cost Factor	Application Notes
B4C (HP)	2.51	High hardness, low density, low toughness	$$$$	Highest mass efficiency for small and medium caliber armor piercing threats. Lightest choice for monolithic body armor tiles and aircraft systems. Available in tile, curved forms and large billets up to 12"x18"
SiC (HP)	3.20	High strength, moderate hardness and toughness	$$$	Slightly lower performance and lower cost alternative to boron carbide. Available in tile, curved forms and large billets.
SiC (S)	3.15	Moderate strength, hardness and toughness	$$	High performance against steel core and ball threats at lower cost than hot pressed material. Available in square or hexagonal tile forms up to 30 In2 area
Si3N4 (RBSN)	3.23	High strength and toughness, lower hardness	$$	High toughness alternative to sintered SiC at similar cost. Idea for tile armors for lead and steel core ball protection where multi-hit is important. Available in square or hexagonal tile forms up to 38 In2 area
TiB2 (HP)	4.50	High modulus and hardness, high density	$$$$	Favored for larger caliber protection. Typically specified for ground vehicle applications where higher total armor weight is acceptable and high mass efficiency is required.
Al2O3 (s)	3.7-3.9	Moderate hardness and toughness, low cost	$	The most popular armor ceramic due to moderate performance and density at low cost.

HP = hot pressed, S = sintered, RBSN = reaction bonded and sintered



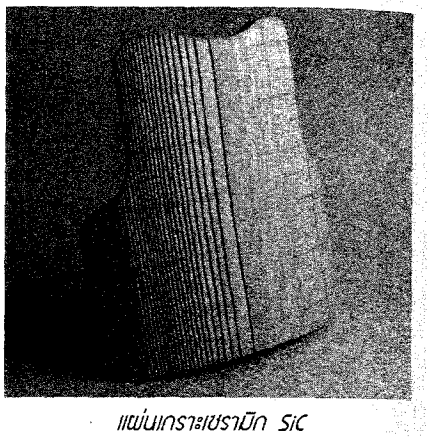
แผ่นเกราะเซรามิกกันกระสุน

คุณสมบัติและการใช้งานของแผ่นเกราะเซรามิกชนิดต่างๆ

(อธิบายจากตารางที่ 1)

1. โบรอนคาร์ไบด์ (B_4C)

มีความแข็งสูงสุด และมีสมบัติที่พิเศษกว่าวัสดุเซรามิกอื่นๆ คือ มีน้ำหนักเบาที่สุดจึงเหมาะสมสำหรับใช้ทำเป็นแผ่นเกราะเกราะบุคคล และอากาศยาน แต่มีความเหนียวต่ำทนต่อแรงกระแทกได้ไม่ดีนัก และมีราคาแพง เมื่อเปรียบกับแผ่นเกราะเซรามิกชนิดอื่นๆ การขึ้นรูปจะทำเป็นแผ่นโค้ง และแผ่นเรียบ



แผ่นเกราะเซรามิก SiC
ที่มา: http://www.udri.udayton.edu/

2. ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC)

มีความแข็งแรงและความแข็งสูง มีความเหนียวระดับปานกลาง มีน้ำหนักเบารองจากโบรอนคาร์ไบด์ แต่มีราคาถูกกว่าเล็กน้อย เหมาะสมสำหรับใช้ทำเป็นแผ่นเกราะ เกราะบุคคล และยานเกราะ โดยขึ้นรูปเป็นแผ่นโค้ง และแผ่นเรียบ

3. ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4)

มีความแข็งต่ำกว่าโบรอนคาร์ไบด์ และซิลิกอนคาร์ไบด์ แต่มีสมบัติที่ดีกว่าด้านความเหนียว และความแข็งแรงสูง จึงสามารถทนทานต่อการยิงซ้ำ (Multi-hit) จากลูกกระสุนปืนชนิดลูกตะกั่ว และลูกบอลเหล็กได้ดีมีน้ำหนัก และราคาใกล้เคียงกับซิลิกอนคาร์ไบด์ เหมาะสมสำหรับใช้ทำเป็นแผ่นเกราะเกราะบุคคล และยานเกราะ โดยขึ้นรูปเป็นแผ่นเรียบสี่เหลี่ยม และแผ่นเรียบหกเหลี่ยม

4. ไททาเนียมไดบอไรด์ (TiB_2)

มีความแข็งสูงใกล้เคียง โบรอนคาร์ไบด์และซิลิกอนคาร์ไบด์ แต่มีสมบัติที่ดีกว่าด้านความยืดหยุ่น แต่มีน้ำหนัก

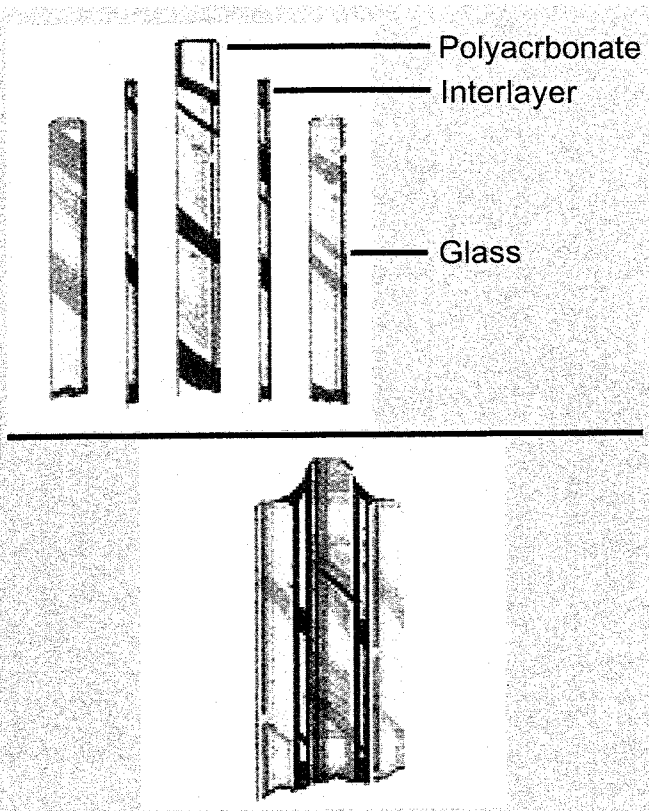
มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบวัสดุเกราะอื่นๆ และราคาแพง ซึ่งใกล้เคียงกับโบรอนคาร์ไบด์ เหมาะสมสำหรับใช้ทำเป็นแผ่นเกราะสำหรับยานยนต์หุ้มเกราะ หรือแผ่นเกราะสำหรับกำแพงของฐานที่ตั้งทหารทางภาคพื้นดิน

5. อะลูมินา (Al_2O_3)

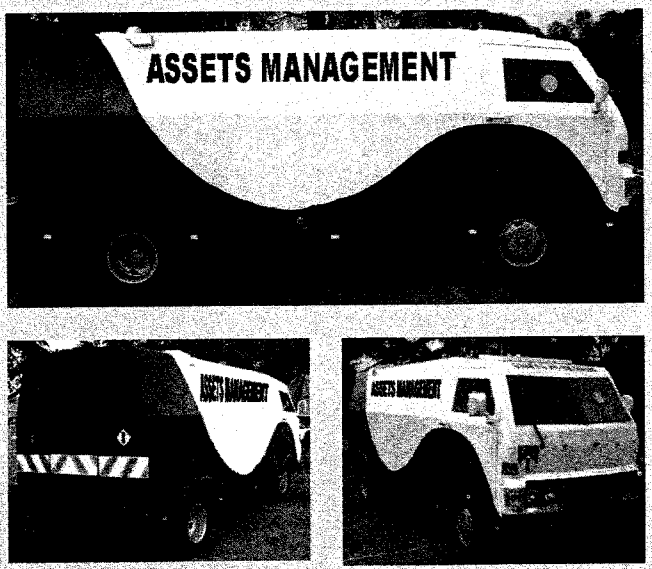
มีความแข็งและความเหนียวปานกลางใกล้เคียงกับซิลิกอนคาร์ไบด์ แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า และมีน้ำหนักรองไททาเนียมไดบอไรด์ และราคาถูกที่สุดเมื่อเปรียบ เทียบวัสดุเกราะอื่นๆ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความนิยมมากที่สุดในการนำมาใช้เป็นแผ่นเกราะ เนื่องจากมีสมบัติความแข็งและความเหนียวเป็นที่น่าพอใจ สามารถช่วยลดอันตรายกระสุนได้ และมีราคาถูกเหมาะสมสำหรับใช้ทำเป็นแผ่นเกราะเกราะบุคคลและสำหรับยานยนต์หุ้มเกราะ

นอกจากวัสดุเซรามิกชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้เป็นแผ่นเกราะกันกระสุนดังกล่าวข้างต้นแล้วก็ยังมีวัสดุเซรามิกอีก 2 ชนิดที่ถูกนำมาใช้เป็นกระจกกันกระสุน ซึ่งมีคุณสมบัติที่ใสเหมือนกระจกทั่วไป และมีความแข็งสูงทนต่อการทะลุทะลวงของกระสุนปืนได้ ได้แก่ แก้ว และอะลูมิเนียมออกซี่ไนไตรด์ (AION)

สำหรับกระจกกันกระสุนที่ทำมาจากแก้วจะทำได้ โดยการนำแผ่นกระจกมาประกบกันหลายๆ ชั้น (Laminate Glass) โดยชั้นนอกสุดจะเป็นแผ่นแก้วและตรงกลางจะเป็นแผ่นโพลิคาร์บอเนต (Polycarbonate) ซึ่งมีความใสและมีความเหนียวสูง และระหว่างแผ่นแก้วกับแผ่นโพลิคาร์บอเนต จะยึดติดกันด้วยฟิมล์พลาสติก ซึ่งจำนวนของแผ่นประกบจะบอกถึงความทนทานต่อขนาดความรุนแรงของลูกกระสุนปืน

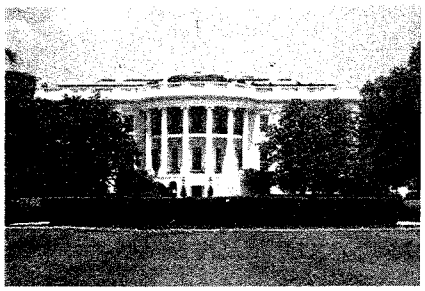


องค์ประกอบของกระจกกันกระสุน

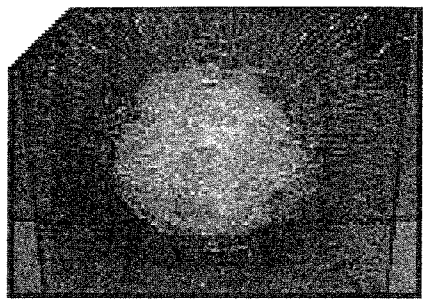


รถขนส่งเงินของธนาคารที่ติดตั้งกระจกกันกระสุน

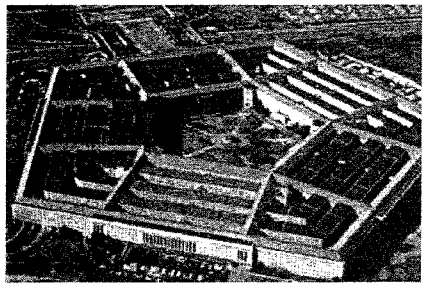
ส่วนกระจกกันกระสุนอีกชนิดหนึ่งคือ อะลูมิเนียมออกซี่ไนไตรด์ (AION) ซึ่งมีความใสเหมือนกระจกแก้วมีความแข็ง ความแข็งแรงน้ำหนักเบากว่ากระจกแก้วมากแต่มีราคาแพงมาก จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นกระจกอาคารที่สำคัญๆ สำหรับบุคคลระดับ VIP อย่างเช่น ทำเนียบขาว (White House) ซึ่งเป็นที่ ทำงานของประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกา หรืออาคารสำนักงานของกระทรวงกลาโหมสหรัฐ หรือที่รู้จักกันในนามเพนตากอน (Pentagon) หรือแม้แต่รถประจำตำแหน่งหรือเครื่องบินประจำตำแหน่งของบุคคลสำคัญก็ล้วนแต่ใช้กระจกกันกระสุนที่ทำด้วยวัสดุอะลูมิเนียมออกซี่ไนไตรด์



ทำเนียบประธานาธิบดีสหรัฐฯ (White House)



แผ่นกระจกกันกระสุนทำจาก AlON ที่ผ่านการยิงทดสอบ

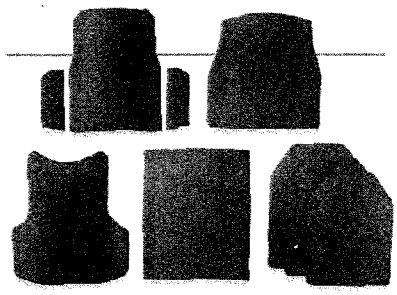


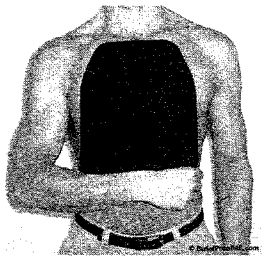
สำนักงานกระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ (อาคาร Pentagon)

Examples of ALON™ applications Reconnaissance aircraft winndows, Tactical missile domes, vehicle windows, Protectine shields and scratchproof lenses.

รูปแบบและลักษณะการใช้งานแผ่นเกราะเซรามิกกันกระสุน

โดยทั่วไปจะใช้วัสดุเซรามิกสำหรับเป็นแผ่นเกราะอยู่ 3 ลักษณะตามการใช้งาน ได้แก่





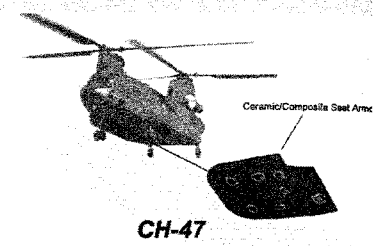
แผ่นเกราะสำหรับบุคคล (Body Armor) ที่มา: http://www.ceradyne.com/Products/

1. แผ่นเกราะเซรามิกสำหรับบุคคล (Body Armor)

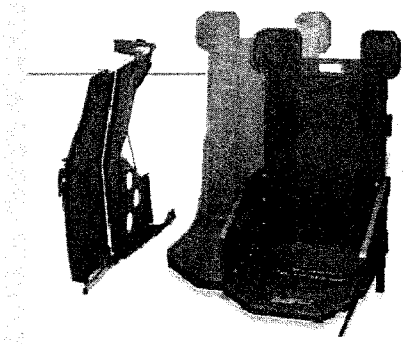
ใช้ในลักษณะเป็นแผ่นโมเสคแผ่นเล็กๆ มาวางประกอบเป็นแผ่นใหญ่ หรือทำแผ่นขนาดใหญ่เป็นลักษณะแผ่นโค้งชิ้นเดียว (Single), แผ่นคู่ (Double) และแผ่นแบบ 3 ชิ้น (Triple curve plates) โดยมากทำจากวัสดุซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC), โบรอนคาร์ไบด์ (B_4C), และอะลูมินา (Al_2O_3) ซึ่งจะมีความสามารถทนต่อขนาดและความเร็วของลูกกระสุน ปืนแตกต่างกันไปรวมถึงราคาที่แตกต่างด้วยเช่นกัน

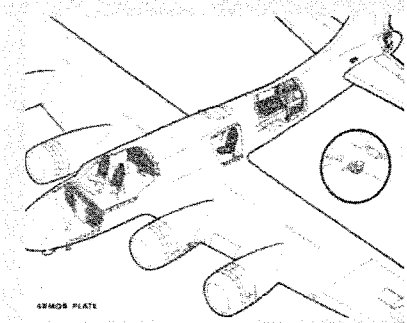
2. แผ่นเกราะเซรามิกสำหรับอากาศยาน (Aircraft Armor)

ใช้ในลักษณะเป็นแผ่นใหญ่มาประกอบทำอุปกรณ์ต่างๆ ในส่วนที่สำคัญของเครื่องบิน ได้แก่ ที่นั่งนักบิน ผนังห้องนักบิน โครงสร้างเครื่องบิน ชิ้นส่วนของพื้นบริเวณใต้ที่นั่งนักบินเฮริคอปเตอร์ โดยมากทำจากวัสดุเซรามิกที่มีน้ำหนักเบา ได้แก่ ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC), ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) และโบรอนคาร์ไบด์ (B_4C)



CH-47 SEAT ARMOR

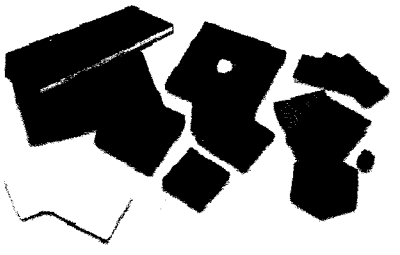




แผ่นเกราะสำหรับทำที่นั่งนักบิน (Seat) และผนังห้องนักบิน (Wing panels) ที่มา: http://www.ceradyne.com/Products/

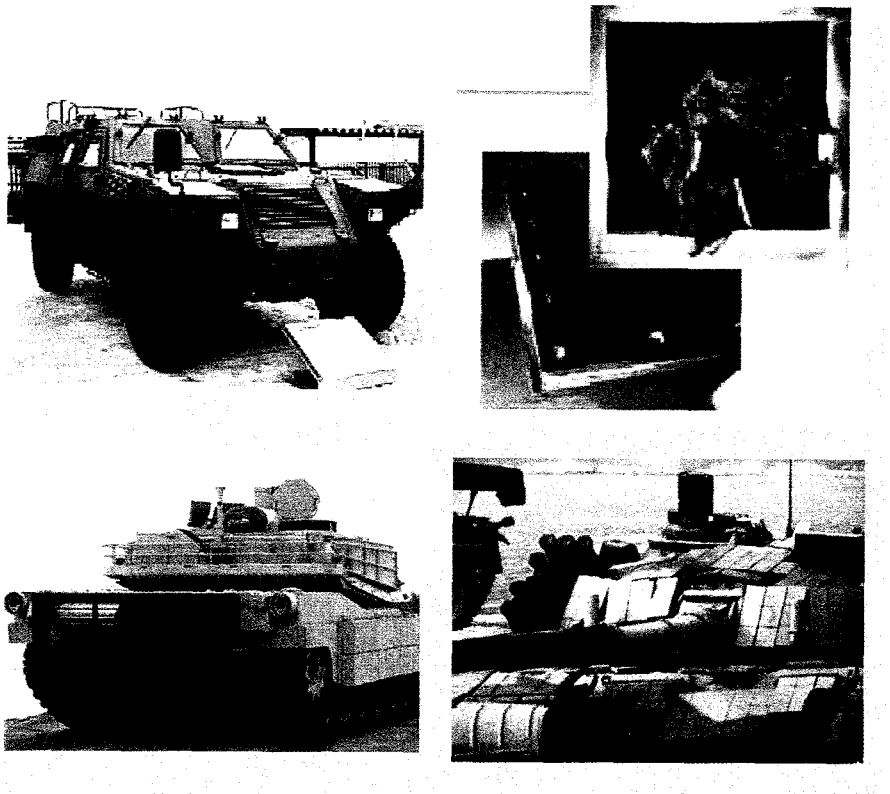
3.แผ่นเกราะเซรามิกสำหรับยานยนต์ (Vehicle Armor)

ใช้ในลักษณะทำเป็นทั้งแผ่นขนาดเล็กและแผ่นใหญ่รูปร่างต่างๆ มาประกอบทำเป็นตัวถัง โครงสร้างและชิ้นส่วนต่างๆ ของยานยนต์ ได้แก่ยานยนต์ที่ใช้ในกิจการทหาร เช่น ยานเกราะเป็นล้อเลื่อนและแบบสายพานรถถัง และใช้สำหรับยานยนต์ส่วนบุคคล สำหรับบุคคลระดับบริหาร หรือบุคคลสำคัญ โดยมากทำจากวัสดุเซรามิกจำพวกซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC), ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4), ไททาเนียมไดบอไรด์ (TiB_2) และอะลูมินา (Al_2O_3)



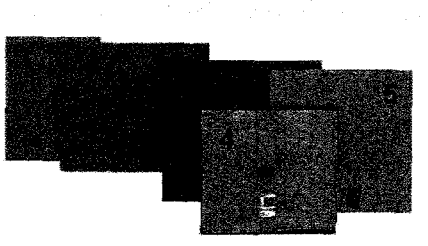
แผ่นเกราะเซรามิกรูปร่างต่างๆ สำหรับยานยนต์ (Vehicle Armor)

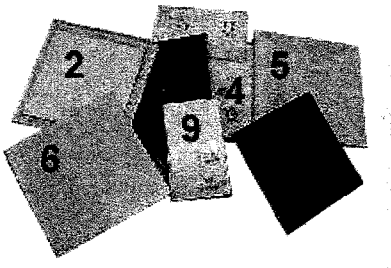
ที่มา: http://www.ceradyne.com/Products/

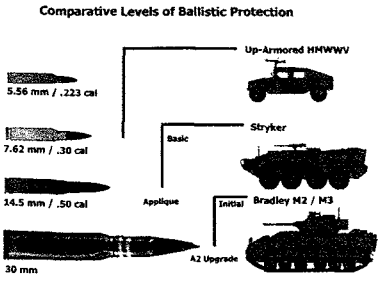


ยานเกราะ และรถถังที่ใช้แผ่นเกราะเซรามิกเป็นกันกระสุน

ที่มา: http://www.fas.org/man/dod-101/ sys/land/m1.htm, http://www.defense-update.com/products/t/tusk.htm

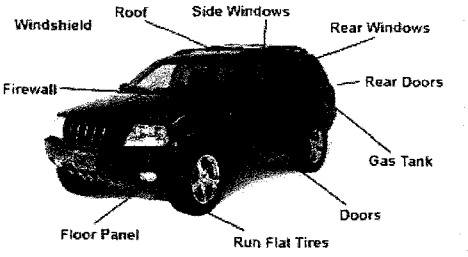


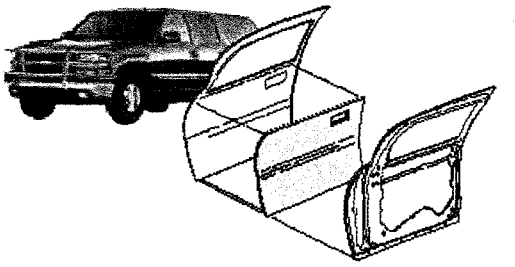




เปรียบเทียบระดับการป้องกันกระสุนปืนสำหรับยานยนต์ชนิดต่างๆ ทางการทหาร

ที่มา:http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/hmmwvva.htm

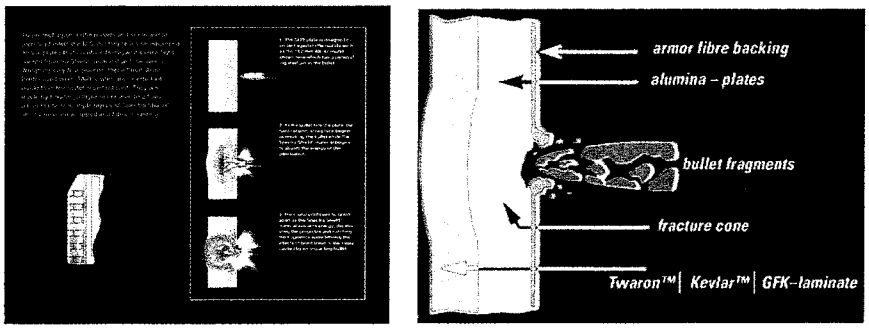




แผ่นเกราะเซรามิกเป็นใช้เป็นอุปกรณ์ลดอันตรายจากกระสุน สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล

ที่มา: http://www.ceradyne.com/Products/

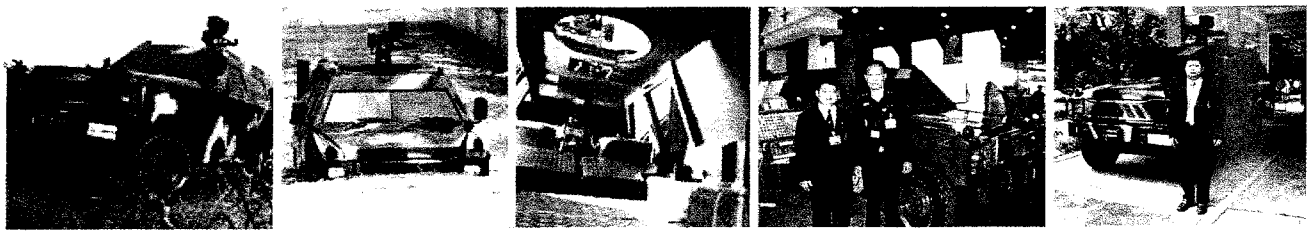
อย่างไรก็ตามการที่จะทำแผ่นเกราะให้มีขีดความสามารถป้องกันกระสุนจากอาวุธปืนชนิดต่างๆ ได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้วัสดุเซรามิกควบคู่กับวัสดุประกบหลัง (Backing Plate) อื่นๆ ได้แก่ ผ้าที่ถักทอจากเส้นใยพอลิเมอร์ประเภท Aramid (ชื่อทางการค้าคือ Twaron, Kevlar, GFK) และ Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) ชื่อทางการค้าคือ Spectra นอกจากนี้ยังมีวัสดุประเภทโลหะได้แก่ Alumium Alloy, Titanium Alloy เป็นต้น วัสดุประกบหลังนี้จะต้องมีความเหนียวและความต้านทานต่อแรงดึงสูง (High tensile strength) ซึ่งต้องทำหน้าที่รองรับพลังงานจลน์ที่เหลือจากการพุ่งชนของหัวกระสุนที่มากระทบกับแผ่นเกราะเซรามิก โดยเซรามิกจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปหัวกระสุนให้บี้และแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ทำให้ลดพลังงานของการกระแทกได้ส่วนหนึ่ง และพลังงานที่เหลืออยู่ก็จะถูกวัสดุประกบหลังรับเอาไว้กระสุนปืนจึงไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นเกราะไปได้



องค์ประกอบและการทำงานของเกราะกันกระสุน

ที่มา: http://www.defense-update.com/features/du-3-04/armor-principles.htm

สำหรับประเทศไทยเป็นที่น่ายินดีอย่างยิ่งที่เราสามารถผลิตรถยานยนต์ต้นแบบหุ้มเกราะเอนกประสงค์ สำหรับทางการทหารได้เป็นผลสำเร็จ สามารถป้องกันกระสุนจากอาวุธสงครามได้ถึงระดับ 3 ตามมาตรฐาน NIJ และมีราคาถูกกว่าการนำเข้าถึง 3 เท่า โดยเกิดจากความร่วมมือทางด้านการวิจัยของหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ได้แก่ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทหารกลาโหม (สวพกห.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และบริษัท ไทยทศกิจอุปกรณ์ จำกัด ภายใต้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) จากงานวิจัยดังกล่าว ทำให้เรามีเทคโนโลยีเป็นของตนเอง ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และในอนาคตอันใกล้ผลจากงานวิจัยนี้ ก็จะถูกขยายผลไปสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป



เอกสารอ้างอิง

- พ.อ. ณรงค์กร พุทธสงกรานต์, พลตรี ดร.วีระ พลวัฒน์, ดร.วีระยุทธ์ ลอประยูร และดร.สุขเกษม กังวานตระกูล "รายงานวิจัยโครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการ นำวัสดุประเภทเซรามิกมาใช้ในกิจการทหาร" สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทหารกลาโหม (สวพกห.) สำนักงานปลัด กระทรวงกลาโหม พ.ศ.2547
- พ.อ. ณรงค์กร พุทธสงกรานต์, ดร.สุขเกษม กังวานตระกูล และทศพร เพชรกำแพง "รายงานวิจัยโครงการพัฒนายานยนต์ลาดตระเวนหุ้มเกราะเอนกประสงค์ขนาดเบาทางยุทธวิธี" สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) กระทรวง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พ.ศ.2549
- คอลัมน์ Passion and Power "เรื่อง The Latest Hero" นิตยสารGM CAR, Vol.11 No.157 ฉบับเดือนสิงหาคม 2549 หน้า 94-98
- http://www.accuratus.com /alumox.html.
- http://www.ceradyne.com
- http://www.udri.udayton.edu
- http://www.fas.org
- http://www.defense-update.com
- http://www.globalsecurity.org