บันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการและวิจัย

Memorandum of Agreement (MOA)

โครงการวิจัยและพัฒนาร่วมการพัฒนาอลูมินาเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับต้นแบบเกราะกันกระสุนวัสดุคอมพอสิต และวัสดุผสมเส้นใยกัญชง

ระหว่าง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กับ

บริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด

และ

กิจการร่วมค้า ซัน แอพพาเรล แอลพีบี

บันทึกข้อตกลงฉบับนี้ทำขึ้น ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วันที่ ๑๕ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

อ้างถึงบันทึกข้อตกลง “โครงการวิจัยและพัฒนาร่วมการปลูกกัญชง (HEMP) การนำเส้นใยไปใช้ผลิตเสื้อเกราะ แผ่นเกราะ เครื่องแบบทางการทหารและการใช้ประโยชน์จากแกนกัญชง เพื่อใช้ประโยชน์ในกองทัพ”ลงวันที่ ๒๓ เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๕ ได้เข้าสู่ขั้นตอนการดำเนินโครงการ และเล็งเห็นถึงโอกาสในต่อยอดโครงการวิจัยฯดังกล่าว จึงมีการพัฒนาโครงการต่อเนื่อง ดังมีรายละเอียดดังนี้

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดย ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์ ตำแหน่งคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตั้งอยู่เลขที่ ๑๓๘๑ ถนนประชาราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร ๑๐๘๐๐ ฝ่ายหนึ่ง กับ

บริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด โดยนายธนเศรษฐ์ โลทารักษ์พงศ์ กรรมการผู้มีอำนาจลงนามในบริษัท สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ ๑๘๓ ซอยประชาอุทิศ๑๕ แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร ๑๐๑๔๐ ฝ่ายหนึ่ง กับ

กิจการร่วมค้า ซัน แอพพาเรล แอลพีบี โดยนายชีวณัน์ เกิดเพียร ลงลายมือชื่อแทนกิจการร่วมค้าฯ มีอำนาจกระทำการแทน สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ ๑๘๓ ซอยประชาอุทิศ๑๕ แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพมหานคร ๑๐๑๔๐ อีกฝ่ายหนึ่ง

การตกลงร่วมกันของทั้งสามฝ่ายระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กับ บริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด และกิจการร่วมค้า ซัน แอพพาเรล แอลพีบี สำหรับความร่วมมือในการดำเนินโครงการ **"โครงการวิจัยและพัฒนาร่วมการพัฒนาอลูมินาเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับต้นแบบเกราะกันกระสุนวัสดุคอมพอสิต และวัสดุผสมเส้นใยกัญชง"** ซึ่งต่อไปในบันทึกข้อตกลงฉบับนี้ จะเรียกทั้งสามฝ่ายว่า **"ผู้ร่วมดำเนินงาน"** โดยผู้ร่วมดำเนินงานได้เห็นชอบร่วมกันในการจัดทำบันทึกข้อตกลง ซึ่งมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ วัตถุประสงค์ของความร่วมมือ

ผู้ร่วมดำเนินงานได้เห็นชอบร่วมกันในความร่วมมือ ส่งเสริมและสนับสนุนในการวิจัยและพัฒนาร่วม **"โครงการวิจัยและพัฒนาร่วมการพัฒนาอลูมินาเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับต้นแบบเกราะกันกระสุนวัสดุคอมพอสิต และวัสดุผสมเส้นใยกัญชง"** โดยร่วมดำเนินการเพื่อวิจัยและพัฒนาร่วม ตลอดจนการต่อยอดผลงานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมไปสู่เชิงพาณิชย์ภายใต้กรอบของกฎหมาย โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

๑.๑ เพื่อพัฒนาวัสดุ และกระบวนการผลิตเพื่อนำมาใช้เป็นเกราะกันกระสุน เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมาตรฐานที่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้

๑.๒ เพื่อสร้างต้นแบบเกราะกันกระสุน ระดับ 3A และระดับ 3 และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยนำเส้นใยไปพัฒนาถักทอเป็นเส้นใยสำหรับผลิตเป็นเสื้อเกราะ แผ่นเกราะ เสื้อผ้าและเครื่องแบบทางการทหาร เพื่อใช้ประโยชน์และใช้ในกิจการของกองทัพ

ข้อ ๒ ขอบเขตความร่วมมือ

ผู้ร่วมดำเนินงานตกลงจะร่วมมือในการดำเนินโครงการ และ/หรือกิจกรรม ภายใต้กรอบที่กฎหมายไทยกำหนด โดยเฉพาะตามพระราชบัญญัติการอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๒ และประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่องมาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๑ ตลอดจนจะใช้บังคับตามพระราชบัญญัติ ให้ใช้ประมวลกฎหมายยาเสพติด พ.ศ. ๒๕๖๔ และ/หรือ ประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ตลอดจนบริบทกฎหมายที่เกี่ยวข้องและ

ระเบียบคำสั่งทางราชการที่มีอยู่แล้ว และ/หรือ ที่มีขึ้นในภายหลัง โดยมีการดำเนินการตามขอบเขตข้อตกลงเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามข้อ ๑ ดังนี้

๒.๑ ร่วมกันศึกษา วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรม ตามเนื้อหาโครงการวิจัยและพัฒนาร่วมการพัฒนาอลูมินาเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับต้นแบบเกราะกันกระสุนวัสดุคอมพอสิต และวัสดุผสมเส้นใยกัญชงจนผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน NIJ 0101.04 Level 3A และ 3 และดำเนินการยื่นจะสิทธิบัตรเป็นกรรมสิทธิของบริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

๒.๒ ร่วมกันบริหารจัดการเทคโนโลยี องค์ความรู้ ผลผลิตและผลิตภาพ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ร่วมกัน เช่นร่วมจัดทำการบริหารจัดการองค์ความรู้ (Knowledge Management) และการจัดทำข้อมูลเฉพาะเรื่อง “การพัฒนาอลูมินาเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับต้นแบบเกราะกันกระสุนวัสดุคอมพอสิต และวัสดุผสมเส้นใยกัญชง”

๒.๓ ร่วมกันเป็นแหล่งทรัพยากรทางด้านการวิจัย พัฒนา บริการวิชาการ แหล่งศึกษาดูงานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ตลอดจนเป็นแหล่งสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ การวิจัย และการถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับชาติ และระดับนานาชาติ

๒.๔ ร่วมประสานงานและสนับสนุนทรัพยากรบุคคล สถานที่ งบประมาณทรัพยากรอื่นเพื่อการวิจัย พัฒนา บริการวิชาการ และทรัพยากรอื่นๆ ของผู้ร่วมดำเนินงานตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อการพัฒนาบุคคล อุปกรณ์เครื่องมือ การศึกษาวิจัยและจัดสรรงบประมาณเกี่ยวกับการทำงานร่วมกัน ภายใต้บันทึกข้อตกลงฉบับนี้ เพื่อมาดำเนินการในโครงการต่าง ๆ ให้สำเร็จบรรลุตามเป้าหมาย

๒.๕ ร่วมกันสร้างและส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กร และร่วมมือการดำเนินกิจกรรม/โครงการอื่น ๆ ที่ผู้ร่วมดำเนินงานเห็นสมควรและร่วมดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามบันทึกข้อตกลง ซึ่งจะต้องไม่ขัดต่อกฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับตลอดจนนโยบายที่ผู้ร่วมดำเนินงานถือปฏิบัติ

ผู้ร่วมดำเนินงานอาจทำบันทึกข้อตกลงร่วมกันเพิ่มเติม โดยถือว่าเป็นสาระสำคัญหนึ่งในการดำเนินการร่วมกันภายใต้บันทึกข้อตกลงฉบับนี้ ซึ่งการทำบันทึกข้อตกลงร่วมกันเพิ่มเติม จะต้องไม่ขัดต่อกฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับ ตลอดจนนโยบายที่ผู้ร่วมดำเนินงานถือปฏิบัติอันเพื่อประโยชน์ของทางราชการเป็นสำคัญ

ข้อ ๓ กรรมสิทธิ์และสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา

ให้ผลผลิต ผลิตภาพและทรัพย์สินทางปัญญาที่เกิดจากการดำเนินงาน ตลอดจนองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา วิจัย เทคโนโลยี และนวัตกรรม และ/หรือ สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาใดๆ ที่เกิดขึ้นตามบันทึก

ข้อตกลงฉบับนี้ เป็นกรรมสิทธิของบริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งแต่ละฝ่ายมีสิทธินำผลผลิต ผลิตภาพและทรัพย์สินทางปัญญา ไปขยายผลเพื่อใช้ในภารกิจ พันธกิจ และหน้าที่ของตน ที่มุ่งประโยชน์สาธารณะได้ โดยไม่ถือว่าเป็นการใช้เชิงพาณิชย์ ทั้งนี้ต้องไม่ขัดต่อกฎหมาย กฎระเบียบ และข้อบังคับของทางราชการ และ/หรือ ที่ผู้ร่วมดำเนินงานถือปฏิบัติ โดยต้องได้รับความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรจากฝ่ายที่เหลืออย่างเป็นทางการ

ทั้งนี้ ผู้ร่วมดำเนินงานสามารถนำผลผลิตและผลิตภาพที่เกิดจากการดำเนินงานไปขยายความร่วมมือไปสู่การวิจัยและพัฒนาให้เป็นนวัตกรรม และ/หรือ ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์ร่วมกันได้ แต่หากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งนำผลผลิตและผลิตภาพไปขยายความร่วมมือพัฒนาให้เป็นนวัตกรรม และ/หรือ ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์กับหน่วยงานอื่น จะต้องได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากอีกฝ่าย ตามกรรมสิทธิของบริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ข้อ ๔ การรักษาความลับ การโอนสิทธิและหน้าที่

ผู้ร่วมดำเนินงานจะไม่เปิดเผยความลับ/ความลับทางการค้าแก่บุคคลภายนอกอย่างเคร่งครัด หากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งหรือผู้ร่วมดำเนินงานจะเปิดเผยข้อมูลที่เป็นความลับ/ความลับทางการค้า จะต้องทำสัญญารักษาข้อมูลที่เป็นความลับ เป็นหนังสือ โดยแต่ละฝ่ายไม่สามารถโอนสิทธิและหน้าที่ตามบันทึกข้อตกลงฉบับนี้แก่บุคคลอื่นได้ เว้นแต่ได้รับความยินยอมเป็นหนังสือจากอีกสองฝ่ายก่อน

ห้ามผู้มีส่วนได้เสีย และ/หรือผู้ที่เกี่ยวข้องตามบันทึกข้อตกลงฉบับนี้ นำชื่อ และ/หรือ ตราของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร/ บริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด/ กิจการร่วมค้า ซัน แอพพาเรล แอลพีบี ในการหาผลประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ข้อ ๕ การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและการประชาสัมพันธ์

แต่ละฝ่ายมีสิทธิที่จะเผยแพร่ และ/หรือ ประชาสัมพันธ์ต่อสาธารณะเพื่อวัตถุประสงค์ในการเผยแพร่ผลงานได้เท่าที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่ออีกสองฝ่าย ซึ่งการเผยแพร่และ/หรือ ประชาสัมพันธ์ดังกล่าวจะต้องไม่เป็นการเปิดเผยข้อมูลที่เป็นความลับของทางราชการ โดยในการเผยแพร่ และ/หรือ ประชาสัมพันธ์ดังกล่าว จะต้องแสดงข้อความหรือสัญลักษณ์อื่นใดให้ปรากฏว่าเป็นความร่วมมือภายใต้บันทึกข้อตกลงฉบับนี้อย่างชัดเจน และต้องผ่านการเห็นชอบร่วมกันของผู้ร่วมดำเนินงานเท่านั้น

ข้อ ๖ กำหนดระยะเวลา การแก้ไขเปลี่ยนแปลง และการบอกยกเลิก

๖.๑ บันทึกข้อตกลงฉบับนี้ มีกำหนด ๑ (หนึ่ง) ปี นับตั้งแต่วันที่ได้ลงนามในบันทึกข้อตกลงฉบับนี้เป็นต้นไป (วันที่ ๑๕ พฤษภาคม ๒๕๖๖ - วันที่ ๑๕ พฤษภาคม ๒๕๖๗)

๖.๒ การแก้ไขหรือการเปลี่ยนแปลงบันทึกข้อตกลงฉบับนี้ หรือการดำเนินโครงการย่อย สามารถทำได้โดยความยินยอมของผู้ร่วมดำเนินงาน และให้ทำบันทึกข้อตกลงเพิ่มเติมเป็นเอกสารแนบท้ายได้ และให้ถือว่าการแก้ไขหรือการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของบันทึกข้อตกลงฉบับนี้ โดยให้มีผลบังคับตั้งแต่วันที่ลงนามในบันทึกข้อตกลงเพิ่มเติมแนบท้ายนั้น

๖.๓ ผู้ร่วมดำเนินงานสามารถยกเลิกบันทึกข้อตกลงฉบับนี้ได้ หากมีเหตุควรแก่การยกเลิก โดยต้องแจ้งเป็นหนังสือระบุรายละเอียดและสาเหตุให้อีกสี่ฝ่ายได้ทราบล่วงหน้าเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า ๓๐ (สามสิบ) วัน ทั้งนี้จะต้องดำเนินกิจกรรม โครงการ เรื่องผูกพัน หรือเรื่องที่ค้างอยู่ต่อไปจนแล้วเสร็จ

๖.๔ เหตุควรแก่การยกเลิกตามข้อ ๖.๓ ให้รวมถึง การไม่ดำเนินการตาม ข้อ ๔ ตลอดจนการกระทำใดๆ ที่ฝ่ายหนึ่งฝ่ายใด และ/หรือ บุคคลหนึ่งบุคคลใด ที่มีส่วนได้ส่วนเสียกับบันทึกข้อตกลงฉบับนี้ นำไปเพื่อการแสวงหาผลประโยชน์ในทางมิชอบ และ/หรือ ได้ใช้ข้อความโดยทางตรงหรือทางอ้อม เพื่อการสื่อสารและโฆษณาประชาสัมพันธ์ทั้งในรูปแบบของสื่อกระแสหลัก สื่อมวลชนทุกแขนง รวมถึงสื่อโซเชียลมีเดีย ทุกประเภท และการสื่อสารใด ๆ ที่ทำไปโดยบุคคลที่ไม่ได้รับมอบอำนาจเป็นหนังสือจากผู้ร่วมดำเนินงาน ให้ถือว่ามีเจตนาในทางมิชอบ และให้บันทึกข้อตกลงฉบับนี้มีผลถูกยกเลิกในทันที โดยมิต้องแจ้งเป็นหนังสือและไม่มีสิทธิเรียกร้องค่าเสียหายใด ๆ จากอีกสองฝ่ายได้

ข้อ ๗ สาระสำคัญอื่นๆ

บันทึกข้อตกลงฉบับนี้ ไม่ถือว่าเป็นการก่อให้เกิดนิติสัมพันธ์ระหว่างกันในลักษณะห้างหุ้นส่วน ตัวการตัวแทน หรือผู้ว่าจ้าง ผู้รับจ้าง แต่อย่างใดทั้งสิ้น และไม่ถือเป็นการมอบอำนาจให้ฝ่ายใดก่อให้เกิดภาระหน้าที่ความรับผิดชอบ และ/หรือ หนี้สินแทนอีกฝ่ายหนึ่ง

บันทึกข้อตกลงฉบับนี้ จัดทำขึ้นเป็น ๓ (สาม) ฉบับที่มีข้อความถูกต้องตรงกันทุกประการ ผู้ร่วมดำเนินงานได้อ่านแล้ว เข้าใจในข้อความโดยตลอดและเห็นว่ามีความถูกต้องตามเจตนารมณ์ จึงลงลายมือชื่อและประทับตรา (ถ้ามี) ไว้เป็นสำคัญและต่างเก็บไว้ฝ่ายละฉบับ

ลงนาม.....

(ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลงนาม.....

(นายธนเศรษฐ์ โลหารักษ์พงศ์)
กรรมการบริษัท
บริษัท ซัน แอพพาเรล จำกัด

ลงนาม.....

(นายภูมิรัตน์ นวรัตน์)
ผู้ช่วยคณบดี
พยาน

ลงนาม.....

(นายชีวณันภ์ เกิดเพียร)
กิจการร่วมค้า ซัน แอพพาเรล แอลพีบี

ลงนาม.....

(นางสาวณภัค บุญเรือน)
พยาน

เอกสารแนบท้าย หมายเลข ๑

โครงการวิจัย การพัฒนาอลูมินาเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับต้นแบบเกราะกันกระสุนวัสดุคอมพอสิตและวัสดุผสมเส้นใยกัญชง

The lightweight alumina ceramics development for prototype of body armor with composite and hemp fiber composite materials

ผู้ดำเนินการวิจัย ดร.จิระศักดิ์ ธาระจักร์

สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ระยะเวลาในการดำเนินการ 6 เดือน

งบประมาณ 1,638,500 บาท

วัตถุประสงค์ของการโครงการ

1. เพื่อพัฒนาวัสดุ และกระบวนการผลิตเพื่อนำมาใช้เป็นเกราะกันกระสุนที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน NIJ 0101.04 Level 3A และ 3

2. เพื่อสร้างต้นแบบเกราะกันกระสุนที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน NIJ 0101.04 Level 3A และ 3

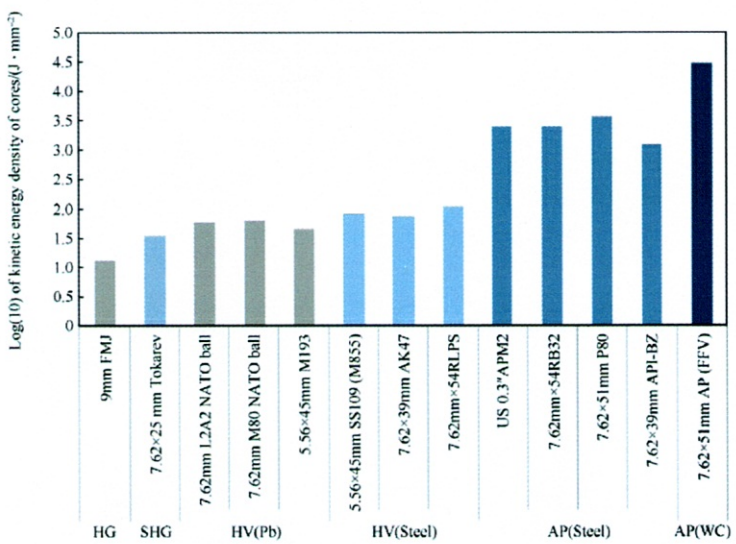
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบวัสดุที่มีสมบัติเหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานเป็นเสื้อเกราะกันกระสุนเป็นสิ่งที่ท้ายทายทางเทคโนโลยี ซึ่งต้องใช้องค์ความรู้ในหลายด้านประกอบกัน ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ วัสดุศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยทั่วไปของเสื้อเกราะกันกระสุนจะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความรุนแรง ความเสียหาย และการสูญเสีย ของผู้ใช้งาน โดยมาหลักการโดยทั่วไป คือรับและกระจายแรงได้ดี เพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของกระสุน ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น ชนิด การจัดเรียงตัว และลักษณะทางกายภาพของวัสดุ เป็นต้น การเข้าใจกลไก พฤติกรรม การเคลื่อนที่ของกระสุน และความเสียหายของวัสดุจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต่อการออกแบบ และเลือกใช้วัสดุ เพื่อให้ได้เกาะกันกระสุนที่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

ลักษณะของกระสุนปืนที่พบใช้โดยทั่วไปจะผลิตจากวัสดุที่มีความแตกต่างกันไป แสดงได้ดัง**รูปที่** 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางกายภาพของกระสุนแต่ละประเภท ซึ่งก็จะส่งผลโดยตรงกับพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อกระสุนถูกใช้งานและตกกระทบลงบนเกาะซึ่งสามารถแสดงค่าของพลังงานได้ดัง**รูปที่** 2

Ammunition	9mm FMJ remington	7.62mm M80 NATO bass	7.62×39mm AK47	US 30-06" [AP M2]	7.62mm× 51 [FFV]
Bullet and core					
Bullet weight/g	8.0	9.5	7.9	10.7	8.4
Core weight/g	~7.0	~7.0	3.6	5.2	5.9
Core dia/mm	8.0	~7.1	5.7	6.2	5.6
Core material	Lead-based	Lead-based	Mild steel	Hardened steel	Tungsten carbide
Hardness (Hv)	~30	~30	210	785	1 450

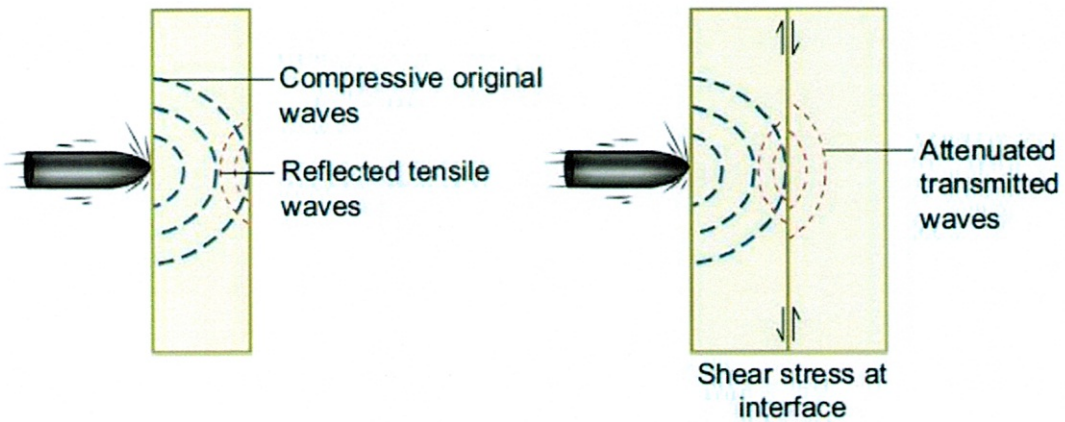
รูปที่ 1 ข้อมูลของกระสุนปืนเล็ก [1]



รูปที่ 2 ค่าความหนาแน่นของพลังงานจลน์สำหรับกระสุนปืนเล็ก [1]

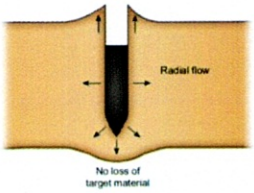
1. **กลไกการในการเคลื่อนที่ของกระสุนและความเสียหายของวัสดุ**

เมื่อกระสุนเคลื่อนที่กระทบกับวัสดุเสื้อเกราะกันกระสุน จะเกิดคลื่นความเค้น (Stress wave) เคลื่อนที่ตามทิศทางของกระสุนเข้าไปในเนื้อวัสดุ เกิดเป็นแรงอัดภายในเนื้อวัสดุ เมื่อคลื่นความเค้นเคลื่อนเข้าไปในเนื้อวัสดุจนที่ถึงขอบอีกด้านหนึ่งของวัสดุจะเกิดคลื่นความเค้นสะท้อนกลับ จึงเกิดลักษณะของแรงดึงภายในเนื้อของวัสดุ ส่งผลให้วัสดุเกิดความเสียหายขึ้นได้ ทั้งนี้เมื่อวัสดุที่มีลักษณะเป็นชั้นประกอบกัน (Multilayer) จะเกิดความเค้นเฉือนเคลื่อนที่ในทิศทางตามรอยต่อระหว่างชั้น ซึ่งสามารถช่วยกระจายการสะท้อนคลื่นออกไปตามรอบต่อ ส่งผลให้วัสดุมีความเสียหายลดลง กลไกดังกล่าวแสดงได้ดัง**รูปที่** 3

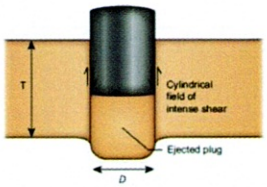


รูปที่ 3 แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุเมื่อกระสุนกระทบกับวัสดุ [2]

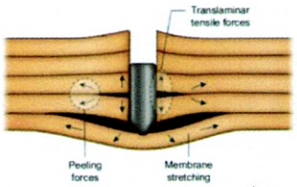
อย่างไรก็ตามเมื่อกระสุนเคลื่อนที่ตกกระทบกับวัสดุที่มีสมบัติและลักษณะแตกต่างกัน ความเสียหายที่เกิดขึ้นก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปในแต่ละรูปแบบ แสดงได้ดัง**รูปที่** 4 ซึ่งลักษณะความเสียหายที่แตกต่างกันเช่นนี้ จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานอย่างหนึ่งในการเลือกใช้วัสดุเพื่อประโยชน์ในการป้องกันกระสุนได้



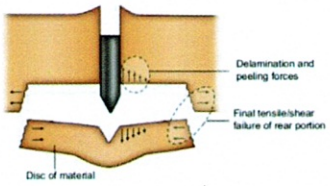
a. ลักษณะความเสียหายของวัสดุที่มีความเหนียว เมื่อกระสุนเคลื่อนที่ผ่าน



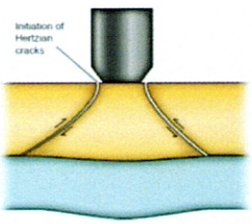
b. ลักษณะความเสียหายของวัสดุที่มีความหนา เมื่อกระสุนเคลื่อนที่ผ่าน



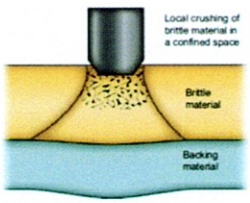
c. ลักษณะความเสียหายของวัสดุที่มีลักษณะวางซ้อนกันเป็นชั้น เมื่อกระสุนเคลื่อนที่ผ่าน



d. ลักษณะความเสียหายของวัสดุที่มีลักษณะเป็นชั้น เมื่อกระสุนเคลื่อนที่ผ่าน



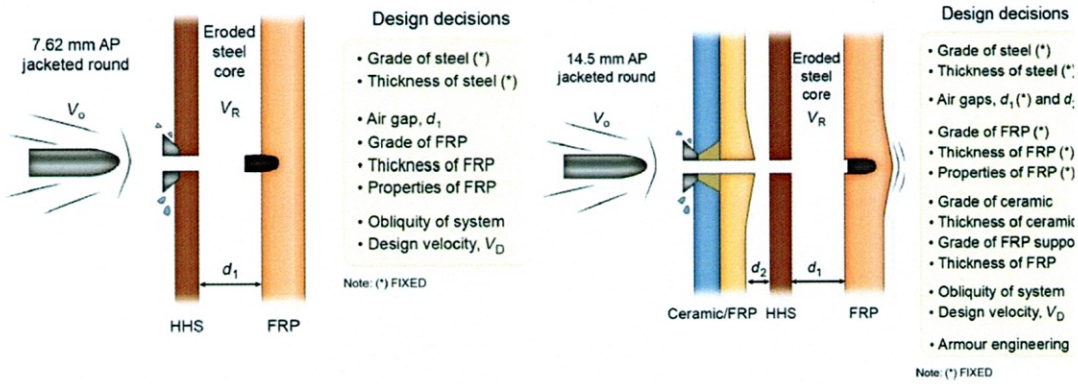
e. รอบแตกแบบ Hertzian ที่เกิดขึ้น กับวัสดุที่มีความแข็งบนวัสดุรอบรับที่มีความเหนียว



f. รอบแตกแบบ Hertzian ที่เกิดขึ้นกับวัสดุที่มีความแข็งเปราะบนวัสดุรอบรับที่มีความเหนียว

รูปที่ 4 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัสดุชนิดต่างๆ เมื่อกระสุนตกกระทบ [2]

จากกลไกการเกิดความเค้นเมื่อกระสุนตกกระทบวัสดุและลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัสดุชนิดต่างๆ จะเป็นแนวคิดพื้นฐานในการออกแบบเสื้อเกราะ เช่น การออกแบบวัสดุที่มีลักษณะเป็นชั้นๆ การใช้วัสดุที่มีลักษณะแข็งเปาะแรงตัวอยู่บนชิ้นงานรองรับที่มีความเหนียวและความเป็นอิลาสติกสูงสามารถช่วยในการกระจายแรง ลักษณะเช่นนี้จึงเหมาะกับรูปแบบของเกราะกันกระสุนที่ดี ลักษณะการออกแบบระบบชุดเกราะสามารถแสดงตัวอย่างได้ดัง**รูปที่** 5

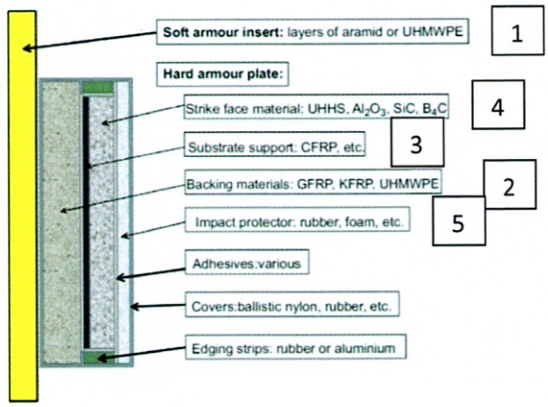


a. การเพิ่มแผ่นซับแรงให้กับระบบเกราะแผ่นเดียว b. การเพิ่มการป้องกันระบบเกราะด้วยเซรามิก

รูปที่ 5 การออกแบบเกราะกันกระสุน [2]

2. ส่วนประกอบของเสื้อเกราะกันประสุน

เสื้อเกราะกันกระสุนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยชั้นต่างๆ แสดงได้ดัง**รูปที่** 6 ซึ่งประกอบด้วย 1. เกราะอ่อนชั้นใน (Soft armour insert) วัสดุที่นำมาใช้ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุจำพวกเส้นใยที่มีการถักทอเป็นผืน UHMPE เป็นต้น 2. ชั้นหลัง Backing materials ทำมากจากเส้นใยต่างๆ เช่น GFRP KFRP เป็นต้น UHMWPE 3. ชั้นรองรับ Substrate support ทำมาจาก CFRPเป็นต้น 4. ชั้น Strike face material เป็นชั้นวัสดุหลักในการต้านทานการเคลื่อนที่ของกระสุน 5. ชั้น Impact protector รับแรงกระแทก เนื่องจากเป็นชั้นแรกที่กระสุนตกกระทบ ใช้วัสดุจำพวก rubber หรือ foam เป็นต้น



รูปที่ 6 โครงสร้างเสื้อเกราะกันกระสุนโดยทั่วไป [2]

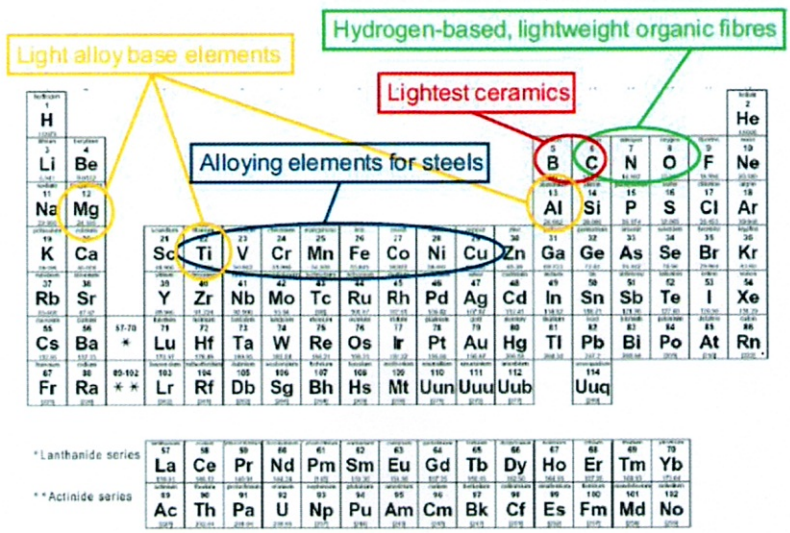
ตารางที่ 1 แสดงสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็น Strike face material [1]

Class of material	Source, grade, (reference)	Density/(kg·m^{-3})	Hardness/GPa	Elastic modulus/GPa	Flexural strength/MPa	Fracture toughness/(MPa·m^{-}
UHH Steel	SSAB, Armox Advance[a]	7780	2.3	208	NK	15–20
Glass Ceramics	Silceram[b]	2900	7.0	122	180	NK
Alumina	CoorsTek, AD85,[c]	3420	9.4	221	296	3–4
Alumina	CoorsTek, AD998,[c]	3920	14.1	370	375	4–5
AlON	Surmet,[d]	3695	18.5	323	380	~2
TiB_2	CoorsTek, PAD[c]	4480	26.4	555	275	~7
SiC	CoorsTek, SiC–N, PAD[c]	3200	23.5	460	570	~5
SiC	MCC, RSSC,[e]	3106	24.5	399	504	NK
B_4C	CoorsTek, PAD[c]	2500	25.5	460	410	4

Sources.
[a] SSAB, general data sheets, and advice.
[b] Carter, S., et al., 1988 [52].
[c] http://www.coorstek.com/resource-library/library/8510-1364_ceramic_properties_mp.pdf.
[d] http://www.surmet.com/products-and-applications/ALON-Transparent-Armour/.
[e] MCC data sheet, 2009, as reported by Ref. [53].

3. วัสดุที่นำมาใช้ทำเกราะกันกระสุน

วัสดุหลักที่นิยมนำมาเกราะกันกระสุนทั้งกลุ่มที่เป็นโลหะ จำพวก Alloying และ Light alloy พอลิเมอร์ จำพวก Lightweight organic fibers เซรามิก จำพวก Lightest ceramic สามารถแสดงได้ดัง**รูปที่** 7 ซึ่งวัดสุในแต่ละกลุ่มจะมีสมบัติที่แตกต่างกันไป

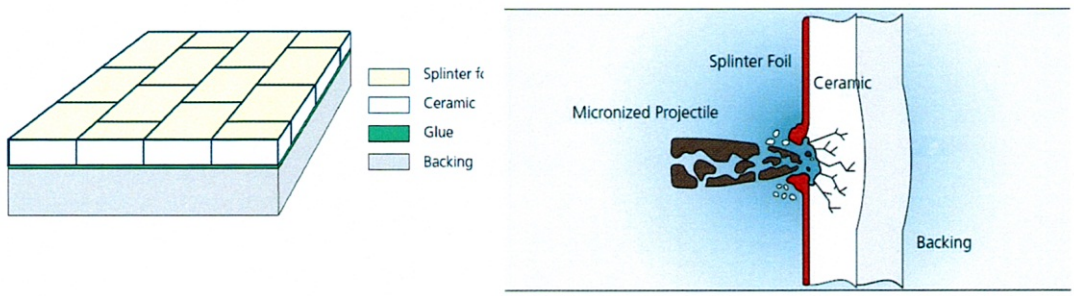


รูปที่ 7 ธาตุที่นำมาใช้เป็นวัสดุประกอบเกราะกันกระสุน [2]

4. ระบบเกราะเซรามิกพอลิเมอร์ (CERAMIC POLYMER ARMOR SYSTEMS)

ปัจจุบันระบบเกราะเซรามิกพอลิเมอร์ วัสดุจะประกอบด้วยชั้นของเซรามิก และชั้นของพอลิเมอร์เป็นหลัก แสดงได้ดัง**รูปที่** 8 โดยชั้นของเซรามิก วัสดุที่นิยมนำมาใช้จะ คือ อลูมิน่า Alumina (Al2O3) และ

ซิลิกอนคาร์ไบด์ Silicon carbide (SiC) เนื่องจากมีความแข็งสูงและนำหนักเบา นอกจากวัสดุ 2 ชนิดนี้ ก็จะมีวัสดุที่นำมาใช้บ้าง เช่น Silicon nitride (SN) Titanium boride (TiB2) Aluminium nitride (AIN) SIALON (Silicon aluminium oxynitride) Fibre-reinforced ceramic (e.g. C-SiC) Ceramic-metal composite materials (CMC) เป็นต้น

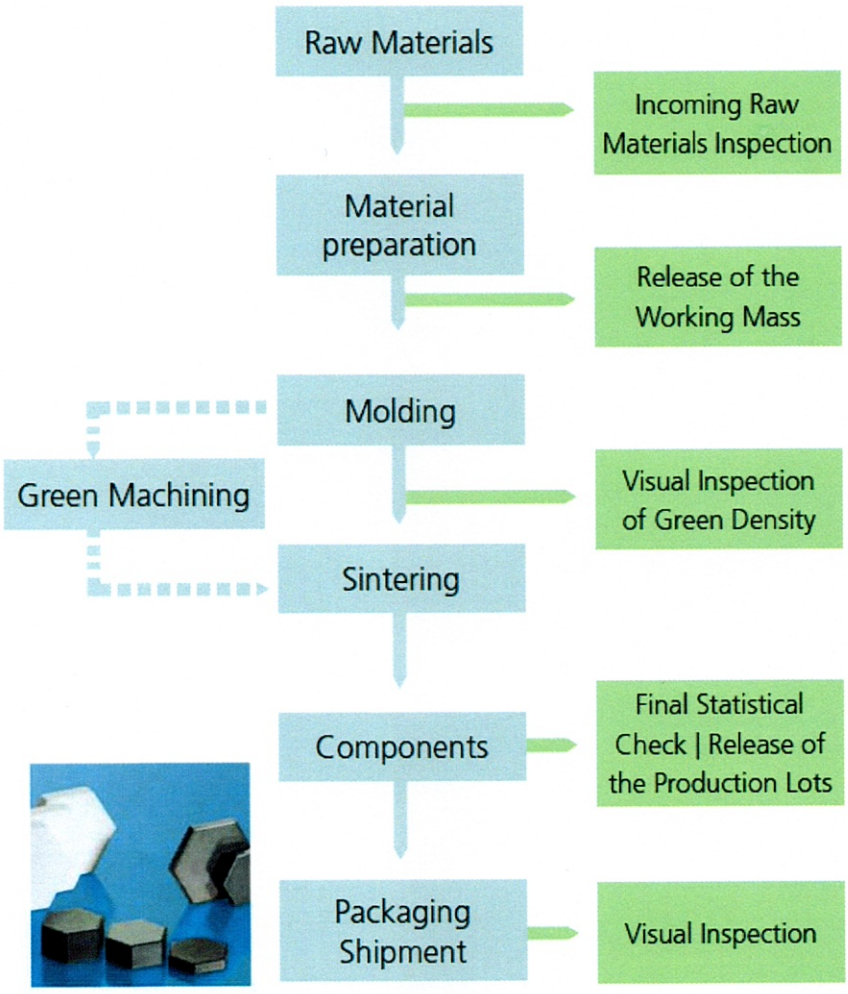


a. ส่วนประกอบระบบเกราะเซรามิกพอลิเมอร์ b. หลักการทำงานของระบบเกราะเซรามิกพอลิเมอร์

รูปที่ 8 ระบบเกราะเซรามิกพอลิเมอร์ [3]

ขั้นตอนการขึ้นรูปเซรามิกเพื่อใช้งานเป็นเกราะกันกระสุน

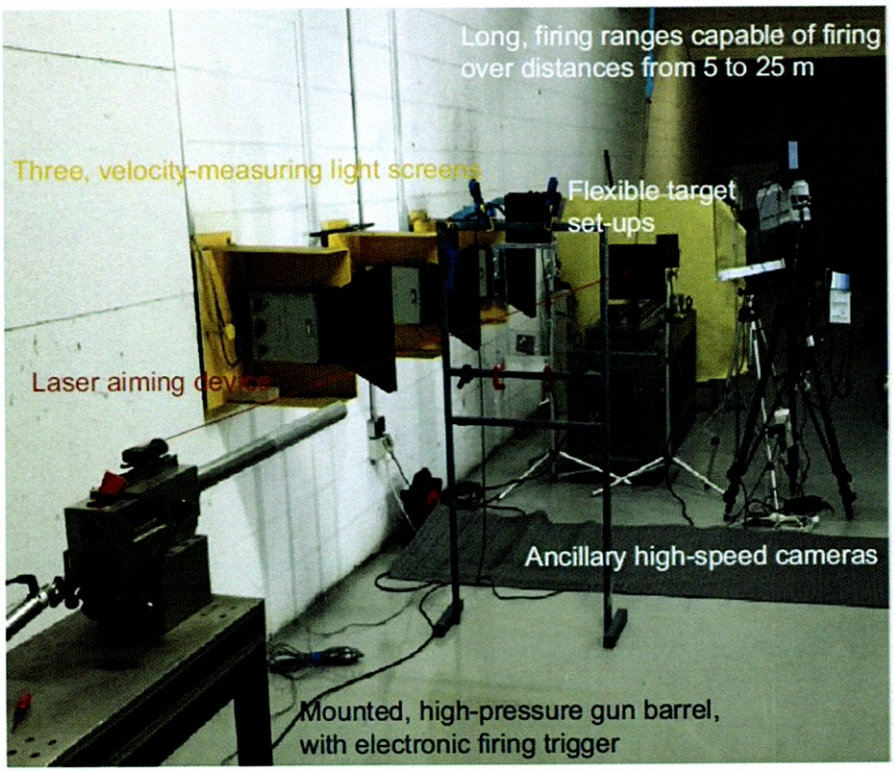
การขึ้นรูปเซรามิก เพื่อใช้งานเป็นเกราะกันกระสุนนั้น จะมีขึ้นตอนในการขึ้นรูป แสดงได้ดังรูปที่ 9 ประกอบด้วยการเตรียมวัสดุผงตามที่ต้องการ และนำวัสดุผงอัดในโมลและนำไปเผาผนึก Sintering ก็จะได้เป็นชิ้นส่วนเซรามิกตามที่ต้องการ



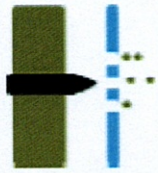
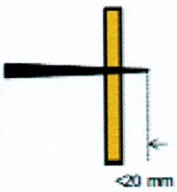
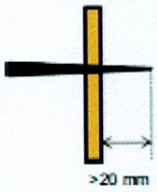
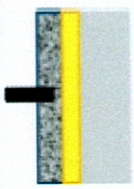
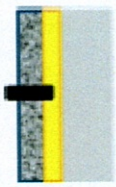
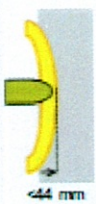
รูปที่ 9 ขั้นตอนการขึ้นรูปวัสดุเซรามิกสำหรับเกราะกันกระสุน [3]

5. **การทดสอบเกราะกันกระสุน**

การทดสอบเกราะกันกระสุนมีการทดสอบหลายรูปแบบทั้งทางตรงและทางอ้อม แต่อย่างไรก็ตาม การทดสอบในสภาวะใช้งานจริงจะให้ผลที่ชัดเจนดังตัวอย่างการทดสอบใน**รูปที่** 10 ซึ่งผลการทดสอบสามารถวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการของความเสียหายที่เกิดจาการใช้งานแสดงได้ดัง**รูปที่** 11



รูปที่ 10 การทดสอบเกราะกันกระสุน [2]

Pass	Fail	Description
		Army ballistic limit: formation of a cracked bulge which allows light to pass through. Used for structural armours that need to maintain air-tightness on a battlefield. Classic ballistic limit for steel structures: see Table 1.7. Limit criteria between D damage and E damage
		Navy ballistic limit: entire projectile has penetrated the armour. Used for naval structures and large projectiles which, if fully penetrated, might cause lethal damage inside a vessel. Not normally used for small arms ammunition
		**Protection ballistic limit**: perforation of a witness panel placed behind the armour. Commonly used when the penetration of any ballistic debris (from projectile or armour) can enter a vessel and cause damage to occupants and/or internal equipment
		**Critical depth of intrusion**: where the penetrator (eg, a knife) has penetrated to an unacceptable depth. Commonly used to define failure criteria in knife and spike attacks. The unacceptable depth will depend upon the standard used for the impact energy of the penetrator
		**Hard armour plate arrest**: this is a nonintrusive criterion, in which the projectile must be arrested by the hard armour plate with zero intrusion into the soft armour insert. Used in conservative designs when the SAI needs to maintain integrity, for further use after initial impact damage
		**Back-face signature**: this is a nonintrusive criterion, in which the projectile must be arrested by the system (typically a body armour system). The maximum permissible depth for the BPS is normally 44 mm, for body armour systems, and can be as low as 15 mm for combat helmets

รูปที่ 11 เกณฑ์การผ่าน/ไม่ผ่านสำหรับวัสดุและระบบเกราะ [2]

เอกสารอ้างอิง

1. Ian G. Crouch, Body armour e New materials, new systems, Defence Technology, https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.02.002

2. I.G. Crouch, The Science of Armour Materials, Armour Solutions Pty Ltd, Trentham, Victoria, Australia, http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100704-4.00001-3

3. CeramTec-ETEC GmbH, An der Burg Sülz 17 53797 Lohmar Germany, www.okapidesign.com

กรอบการวิจัย

วัสดุ	Al_2O_3
กระบวนการขึ้นรูป	Sintering, Temperature ; 1,400 – 1,600^{o}C
การตรวจสอบ	Hardness, Density, Elastic modulus, Composition, Ballistic testing
ต้นแบบ	ชั้นเกราะอ่อนและชั้นเกราะ Al_2O_3

แผนการดำเนินงานวิจัย

1.1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย 6 เดือน

แผนการดำเนินงาน รายกิจกรรม	**ระยะเวลา (เดือน)**						**ผลที่คาดว่าจะได้รับ**
	1	2	3	4	5	6	
1. ศึกษาบทความวิชาการที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูล และวางแผนการดำเนินงาน							องค์ความรู้
2. สั่งซื้ออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย							เตรียมความพร้อมในการทดลอง
3. ทำการขึ้นรูป sintering							ตัวอย่างชิ้นงานต้นแบบ
4.ศึกษาสมบัติและประสิทธิภาพของวัสดุ							ผลทดสอบประสิทธิภาพ
5. สร้างต้นแบบชุดเกราะ							ต้นแบบแผ่นเกราะอ่อน และแผ่นเกราะ Al_2O_3
6. วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน							ต้นแบบแผ่นเกราะกันกระสุน

1.2 ตารางค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ประเภทงบประมาณ	รายการ	ปีที่			รวม
		1	2	3	
งบบุคลากร	ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	60,000	-	-	60,000
งบดำเนินงาน-ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทนนักวิจัย	240,000	-	-	240,000
งบดำเนินงาน-ค่าใช้สอย	- ค่าจ้างวิเคราะห์/ทดสอบชิ้นงาน	500,000			500,000
	- ค่าขึ้นรูปชิ้นงาน	100,000			100,000
	- ค่าจ้างเหมาทำแบบ	100,000			100,000
งบดำเนินงาน-ค่าวัสดุ	ค่าวัสดุสาร-เคมี	440,000			440,000
	ค่าวัสดุสำนักงาน	10,000			10,000
งบลงทุน-ค่าครุภัณฑ์	ครุภัณฑ์	-	-	-	
ค่าสาธารณูปโภค	ค่าสาธารณูปโภค (13%)	188,500			188,500
รวมงบประมาณรายปี		1,638,500			1,638,500

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ นายจิระศักดิ์ ธาระจักร์

ตำแหน่ง อาจารย์คุณวุฒิ ปริญญาเอก (ปร.ด. เทคโนโลยีวัสดุ)

ความชำนาญ/ความสนใจพิเศษ Surface coating , Tribology

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขที่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทรศัพท์ 0626859684 โทรสาร -

อีเมล jirasak.t@rmutp.ac.th

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติการศึกษา

2559 ปริญญาเอก (ปร.ด. เทคโนโลยีวัสดุ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2546 ปริญญาโท (วศ.ม. เทคโนโลยีวัสดุ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2544 ปริญญาตรี (วท.บ. ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประสบการณ์ทำงาน

2550 – ปัจจุบัน อาจารย์สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผลงานวิจัยเด่น

Effect of Magnetic Intensity and Nano Hexagonal Boron Nitride on Adhesion and Tribology of Polyetheretherketone Coating

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง ย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี

1. J. Tharajak, N. Sanpo, "The Effect of Sintering Temperature on Physical Properties of Leucite Ceramics", Applied Mechanics and Materials, 891 (2019), pp. 214-218.

2. J. Tharajak, N. Sanpo, "The Effect of Leucite Ceramics on Mechanical Properties of Silicone Coating", Applied Mechanics and Materials, 891 (2019), pp. 219-223.

3. J. Tharajak, N. Sanpo, "The Study on Optimum Spray Parameters and Characterization of Flame Sprayed PVC Coating", Applied Mechanics and Materials, 891 (2019), pp. 187-191.

4. J. Tharajak, N. Sanpo, "A Study on Characterization of Biomass Fly Ash", Applied Mechanics and Materials, 891 (2019), pp.137-141.

5. J. Tharajak, T. Palathai, N. Sombatsompop, "Recommendations for h-BN loading and service temperature to achieve low friction coefficient and wear rate for thermal-sprayed PEEK coatings", Surface and Coatings Technology, 321 (2017), pp. 477-483.

6. J. Tharajak, T. Palathai, N. Sombatsompop, "The effects of magnetic field-enhanced thermal spraying on the friction and wear characteristics of poly(ether-ether-ketone) coatings", Wear, Vol. 372-373 (2017), pp. 68-75.

7. J. Tharajak, T. Palathai, N. Sombatsompop, "Morphological and physical properties and friction/wear behavior of h-BN filled PEEK composite coatings", Surface and Coatings Technology, 273 (1) (2015), pp. 20-29.