วัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (ตอนจบ)

(Radar Absorbent Material)

นาวาเอก วัชรินทร์ เครือคำรงค์
อาจารย์กองวิชาฟิสิกส์และเคมี

ตอนที่แล้วได้กล่าวถึงการศึกษาวิจัยผลิตวัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (Radar Absorbent Material, RAM) และวิธีการทดลองวัดประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ สำหรับตอนจบนี้จะได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการลดการสะท้อนคลื่นเรดาร์ของตัวเรือ (Radar Cross Section, RCS) วิธีการลด RCS ของตัวเรือ และตัวอย่างจริงของการลด RCS ของเรือของประเทศต่าง ๆ ในโลก

เป็นที่ทราบกันดีว่า ในสงครามทางเรือ เป็นการเอาชนะกันด้วยเทคโนโลยี โดยเฉพาะเรือเป็นเป้าที่เคลื่อนที่ช้าและมีขนาดใหญ่ ฝ่ายใดที่มีระบบตรวจจับระยะไกลที่ดีกว่า มีอาวุธทำลายระยะไกลกว่าย่อมได้เปรียบฝ่ายตรงข้าม ดังนั้นการป้องกันมิให้ฝ่ายตรงข้ามตรวจจับเราได้ จำเป็นต้องพรางตัวเรือหรือทำให้เรือมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณรอบตัวเรือ (Clutter) เช่นเกาะ ภูเขาหรือแม้แต่เป้าลวง ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นการลด RCS ของตัวเรือโดยมีวัตถุประสงค์หลัก ๒ ประการ

ประการแรกคือ การลด RCS ของตัวเรือเพื่อป้องกันมิให้ฝ่ายตรงข้าม ใช้เรดาร์ตรวจจับเรือฝ่ายเราได้ง่าย ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการต่อต้านการใช้เรดาร์ของฝ่ายตรงข้าม ในขณะเดียวกันฝ่ายเรายังสามารถรุกเข้าหาฝ่ายตรงข้ามได้มากขึ้น และยังสามารถขยายอาณาเขตการเฝ้าตรวจได้มากขึ้นโดยไม่ถูกตรวจจับ

ประการที่ ๒ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเป้าลวง (Decoys) ในขณะถูกโจมตีด้วยอาวุธนำวิถี ซึ่งอาจใช้คลื่นเรดาร์หรือคลื่นความร้อนเป็นตัวนำวิถี ลักษณะเช่นนี้จะดูเหมือนว่าพื้นที่เป้าลวงมีขนาดใหญ่และเด่นชัดกว่าตัวเรือดังนั้นถ้าเราลด RCS ของตัวเรือลงจึงเท่ากับว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเป้าลวง วัตถุประสงค์ของการลด RCS ของตัวเรือทั้ง ๒ ประการนั้น ความมุ่งหมาย ของวัตถุประสงค์อันแรกคือความต้องการให้เรือหายไปจากจอเรดาร์ของฝ่ายตรงข้าม ความเป็นไปได้ในกรณีนี้ค่อนข้างจะมีปัญหาเนื่องจากเรือมีขนาดใหญ่ และเคลื่อนที่ช้า ต่างกับเครื่องบินที่สามารถลด RCS ได้มากกว่า และได้ผลในเชิงปฏิบัติการได้ดีกว่า เช่น เครื่องบินล่องหน F-117 และเครื่องบินทิ้งระเบิด B-2 เป็นต้น อีกทั้งปัจจุบันเรดาร์เรือที่ใช้ในทางทหารพัฒนาขีดความสามารถสูงขึ้น สามารถแยกแยะวัตถุที่สงสัยและมีขนาดเล็ก หรือมีสัญญาณขนาดพอ ๆ กับ Background Noise ได้เป็นอย่างดี นั่นหมายความว่าเราจะต้องลด RCS ของตัวเรือให้น้อยกว่า Background Noise หรือ สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในอาณาบริเวณเดียวกับเรือ (Clutter) จึงจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีความพยายามค้นคว้าวิจัย

ที่จะหาวิธีลด RCS ของตัวเรือดังจะได้กล่าวต่อไป หัวข้อต่อไปจะได้กล่าวถึงเทคนิคและวิธีการลด RCS ของตัวเรือ โดยในเบื้องต้นนี้จะให้คำนิยามของ RCS ซึ่งปรากฏอยู่ในบทความนี้ตั้งแต่ เริ่มต้น

ความหมายของ RCS หมายถึง ตัวเลขที่แสดงขนาด หรือความแรงของสัญญาณที่วัดโดยเครื่องรับคลื่นเรดาร์ (หรือสามารถคำนวณได้จากสูตร) โดยการเปรียบเทียบระหว่างขนาด (Amplitude) ของคลื่นเรดาร์ที่สะท้อนจากตัวเรือ (หรือวัตถุใด ๆ) มายังเครื่องรับกับขนาดของคลื่นเรดาร์ ที่ส่งออกไป ณ ตำแหน่งเดียวกับเครื่องรับ ดังสูตรทั่ว ๆ ไปคือ

$$\sigma = 4\pi R^2 \frac{|E_s|^2}{|E_i|^2}$$

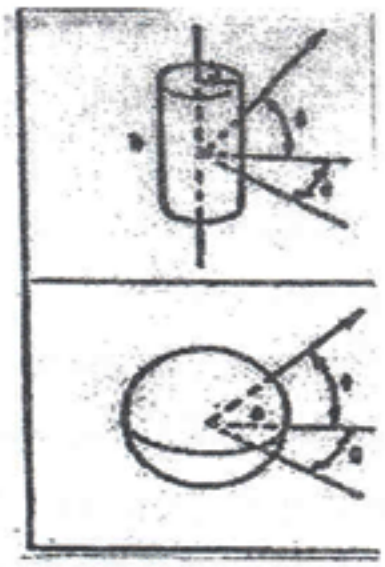
เมื่อ σ คือ RCS มีหน่วยเป็นตารางเมตร

E_s คือ ขนาด (Amplitude) ของคลื่นสนามไฟฟ้าที่สะท้อนมาจากวัตถุ

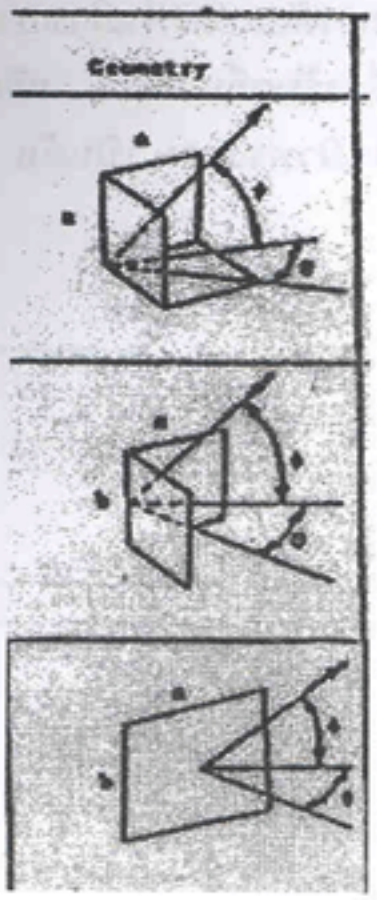
E_i คือ ขนาดของคลื่นสนามไฟฟ้าที่ส่งออกไป

R คือ ระยะทางจากเครื่องส่งรับเรดาร์ไปยังวัตถุ

จะเห็นได้ว่า RCS เป็นค่าขนาดในภาพรวมของวัตถุที่ถูกวัดขณะนั้น ซึ่งจะมีค่ามากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่สะท้อนคลื่นของวัตถุ เช่น ถ้าด้านของวัตถุที่สะท้อนคลื่นเรดาร์มีลักษณะเป็นผิวระนาบ เป็นผิวนูนทรงกลม และหรือเป็นผิวของมุมหรือขอบ ผิวพวกนี้จะสะท้อนคลื่นแตกต่างกัน อย่างผิวระนาบจะสะท้อนคลื่นกลับไปได้มากกว่าผิวทรงกลม เป็นต้น และขนาดของ RCS ทั้งหมดก็คือผลรวมของคลื่นที่สะท้อนในแต่ละพื้นที่ผิวของวัตถุรวมกัน นอกจากจะทำการวัดขนาด RCS ด้วยเครื่องเรดาร์จริงแล้วยังสามารถคำนวณหาขนาด RCS จากสูตรที่ให้ค่ายอมรับได้ดีเช่นกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบตัวเรือ หรือวัตถุที่ต้องการกำหนดค่า RCS ในตารางที่ ๑ แสดงสูตรการหา RCS ของพื้นผิวแบบต่าง ๆ เรียกว่า Hierarchy of Scattering shapes

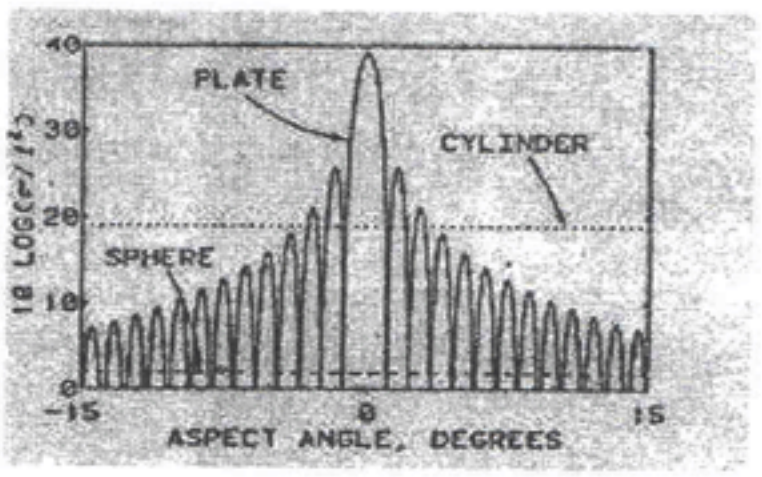


Cylinder	Maximum $\sigma = \frac{2\pi a \ b^2}{\lambda}$ Normal Incidence
Sphere	Maximum $\sigma = \pi a^2$ Normal Incidence

Geometry	Type	Formula
	Square trihedral Corner retro-reflector	Maximum $\sigma = \frac{12\ \pi a^4}{\lambda^2}$
	Right dihedral corner reflector	Maximum $\sigma = \frac{8\ \pi a^2 b^2}{\lambda^2}$
	Flat plate	Maximum $\sigma = \frac{4\ \pi a^2 b^2}{\lambda^2}$

ตารางที่ ๑ แสดงสูตรการคำนวณ RCS ของพื้นผิวแบบต่าง ๆ

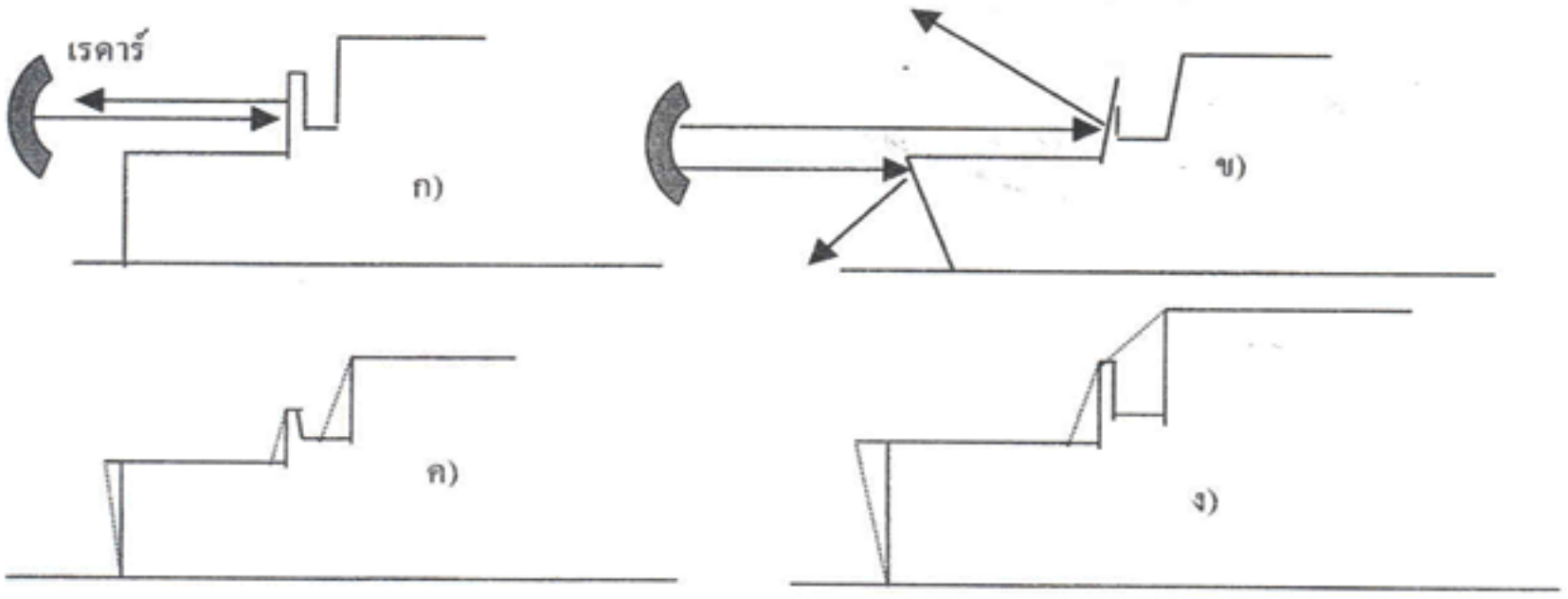
เมื่อทราบความหมาย RCS และวิธีการคำนวณเบื้องต้นแล้ว ลองดูรูปที่ ๑ แสดง RCS ของพื้นผิว ๓ ลักษณะ คือ พื้นผิวระนาบ (Plate) พื้นผิวทรงกระบอก และพื้นผิวทรงกลม จะเห็นว่าพื้นผิวระนาบให้ค่า RCS สูงมากที่สุดในบรรดาพื้นผิวอื่น ๆ และพื้นผิวทรงกลมให้ค่า RCS น้อยที่สุด



รูปที่ ๑ แสดง RCS ของพื้นผิวที่เป็นระนาบ ทรงกลมและทรงกระบอกโดยมีคลื่นเรดาร์ตกตั้งฉากกับผิววัตถุ

เมื่อทราบถึงต้นเหตุที่ก่อให้เกิด RCS แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะลองวิธีลด RCS โดยอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์เกี่ยวกับการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสูญเสียพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อผ่านตัวกลาง

วิธีการที่จะลดขนาด RCS ลงที่เป็นไปได้มี ๒ วิธี วิธีแรก คือ การดัดแปลงพื้นผิวของตัวเรือ หรือวัตถุให้มีทิศทางสะท้อนคลื่นออกไปทางอื่น ไม่ให้สะท้อนกลับไปยังเครื่องรับคลื่นเรดาร์ หรือปรับเปลี่ยนพื้นผิวให้มี RCS น้อยที่สุด เช่น เปลี่ยนจากพื้นผิวระนาบไปเป็นพื้นผิวทรงกลม เป็นต้น ดังแสดงให้เห็นถึงการออกแบบ ตามในรูปที่ ๒



รูปที่ ๒ ก) แสดงท้ายเรือรุ่นเก่าที่มีผนังอยู่ในแนวดิ่ง ข) รูปที่ออกแบบใหม่ให้ผนังทำมุมกับแนวดิ่ง ค) ปรับปรุงผนังโดยการทำผนังแนวใหม่ทำมุมกับแนวดิ่ง แต่ควรจะเก็บบริเวณหักมุมต่างให้เป็นตามรูป ง.)

สำหรับพื้นผิวที่เป็นเหลี่ยมเป็นมุม ไม่สามารถทำเป็นระนาบลาดเอียงได้ก็สามารถปรับเปลี่ยนพื้นผิวโดยทำเป็นผิวทรงกลมมาครอบไว้ได้ เช่นกัน วิธีที่ ๒ ในการลด RCS สามารถทำได้โดยการใช้วัสดุดูดกลืนคลื่นเรดาร์ (Radar Absorbent Material – RAM) ซึ่งอาจจะใช้คลุมตัวเรือ หรือพื้นผิวอื่น ๆ หรือใช้ประกอบกับวิธีแรกควบคู่กันไปตามที่กล่าวมาแล้ว ในวิธีที่ ๒ นี้มีข้อเสียในเรื่องของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เพราะน้ำหนักของ RAM ที่ใช้ในวัตถุประสงค์นี้มีน้ำหนักเฉลี่ย ๖ - ๗ กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร ถ้าจะติดปกคลุมตัวเรือทั้งลำจะทำให้น้ำหนักเรือเพิ่มขึ้นเป็นต้น ๆ ก็ได้ ดังนั้นความเป็นไปได้ในการลด RCS ของตัวเรือหรือวัตถุขนาดใหญ่ จึงต้องอาศัยการออกแบบให้มีผิวลาดเอียง และเสริมด้วยวัสดุ RAM ในบางพื้นผิว จึงจะเหมาะสมกว่า ในปัจจุบันนี้มีการผลิต RAM ออกมาให้เลือกใช้ตามความต้องการหลายขนาด เช่น GEC – Marconi Materials Technology Limited, USA. ผลิต RAM ที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ไว้หลายแบบ ดังตัวอย่างในตารางที่ ๒ ที่ แสดงชนิดของ RAM และความสามารถในการดูดกลืนคลื่นเรดาร์ ในช่วงความถี่ต่าง ๆ เช่น J – Band ความถี่ในช่วง 12.4GHz – 18.0 GHz หรือ C – Band ความถี่ในช่วง 3.95 GHz– 8.2 GHz เป็นต้น

J - BAND

Design Frequency Range GHz	Type	Sheet size mm	Norminal Thickness mm	Loading	Base Material	Backing Material	Norminal Weight Kg/m^2
12.4 – 18.0 Bandwidth At 15 dB ± 1.0 GHz	MJ3	460x460	2.0	M	Natural Rubber	Flexible 70# Bass Wire Gauze	6.0
	MJ5	460x450	2.0	M	Natural Rubber	Flexible Unbacked	6.0
	WMJ3	460x460	2.0	M	Neoprene Rubber	Flexible 70# Bass Wire Gauze	6.0
	WMJ5	460x450	2.0	M	Neoprene Rubber	Flexible Unbacked	6.0

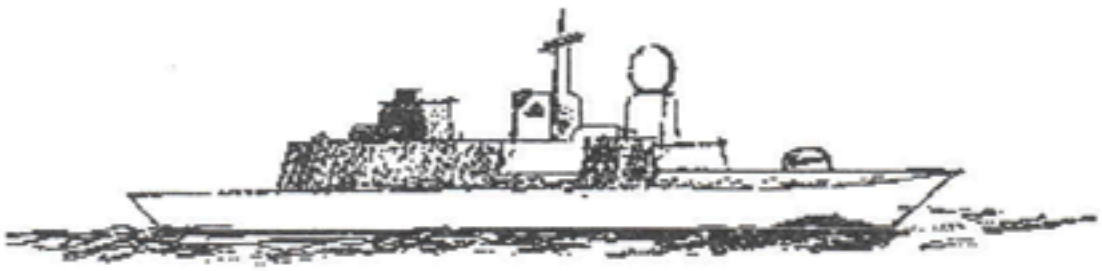
C - BAND

Design Frequency Range GHz	Type	Sheet size mm	Norminal Thickness mm	Loading	Base Material	Backing Material	Norminal Weight Kg/m^2
3.95 – 8.20 Bandwidth At 15 dB ± 400 MHz	MC1	915x610	3.6	M	Natural Rubber	Rigid 25swg Bass Sheet	16.0
	MC3	915x610	3.3	M	Natural Rubber	Flexible 40# Bass Wire Gauze	15.5
	MC5	915x610	3.3	M	Natural Rubber	Flexible Unbacked	15.0
	WMJ3	915x610	3.0	M	Neoprene Rubber	Flexible 40# Bass Wire Gauze	15.5

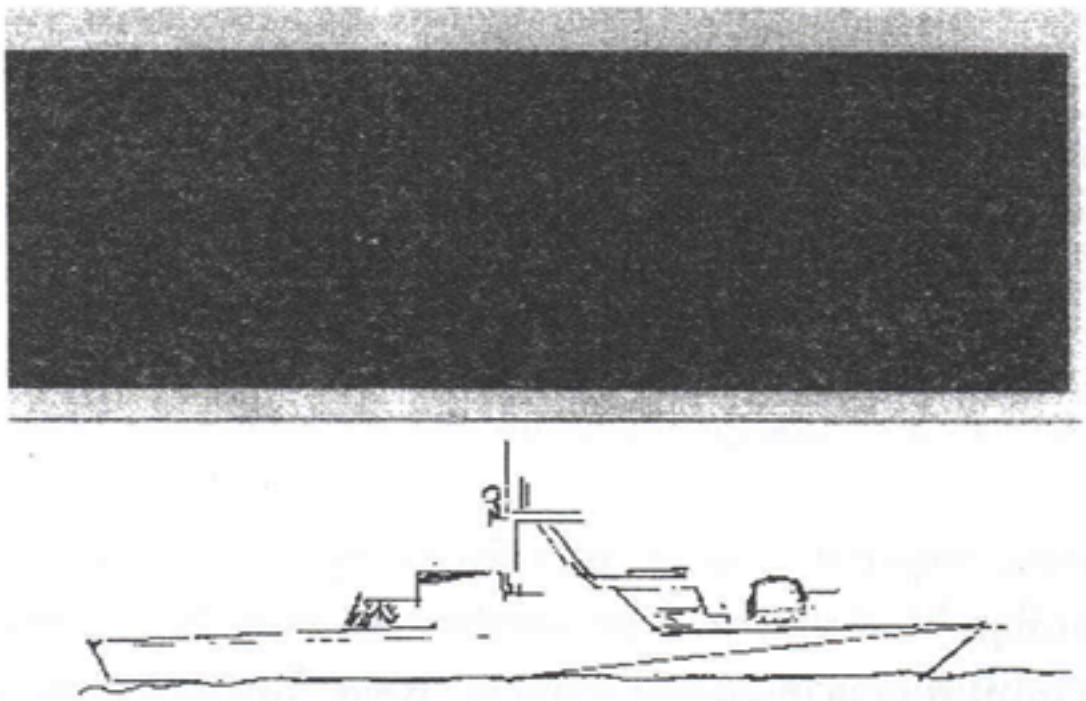
ตารางที่ ๒ ชนิดและคุณลักษณะเฉพาะและประสิทธิภาพของ RAM

จากการตรวจสอบข้อมูลทาง Internet พบว่ามีประเทศผู้ผลิตเรือรบที่มีความตั้งใจที่ออกแบบตัวเรือให้มีค่า RCS น้อยที่สุด ได้แก่ ประเทศฝรั่งเศสและประเทศอังกฤษเป็นต้น โดยผู้ผลิตทั้ง ๒ ประเทศเน้นการออกแบบตัวเรือให้มีพื้นผิวลาดเอียงและเสริมด้วย RAM ในบางจุด และที่สำคัญคือตัวเรือฉาบด้วยสีที่มีคุณสมบัติดูดกลืนคลื่นเรดาร์อีกด้วย ตัวอย่างเรือที่มีใช้ประจำการและมีการสั่งซื้อจากประเทศฝรั่งเศส เช่น เรือฟริเกต (Frigate) ชั้น Lafayette ตามรูปที่ ๓ ซึ่งเป็นของประเทศฝรั่งเศสและฝรั่งเศสเป็นผู้ผลิตเอง

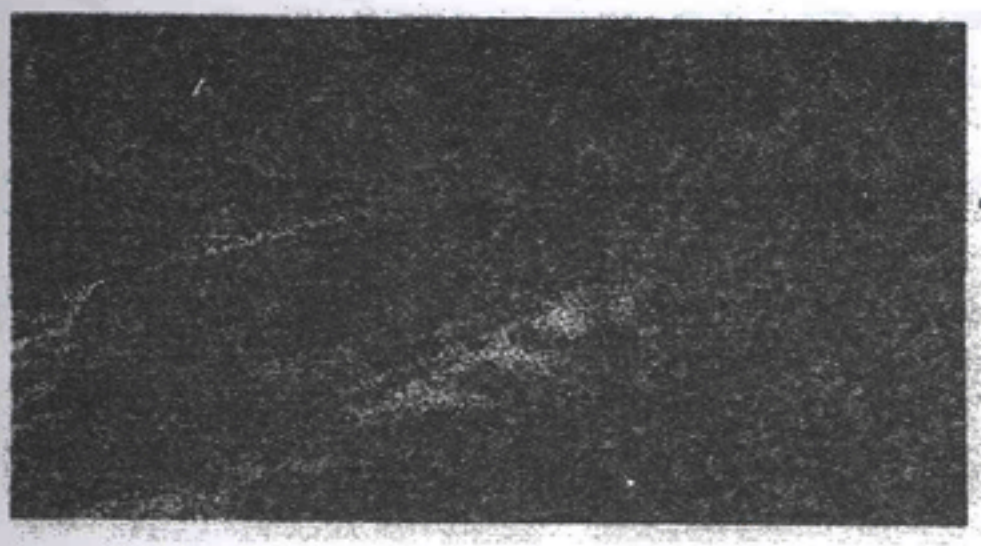
มีซาอุดิอาระเบีย และ ได้หวัน เป็นผู้สั่งซื้อ ส่วนในรูปที่ ๔ เป็นเรือคอร์เวต (Corvette) ชั้น Qahir ประเทศ โอมานสั่งซื้อจาก Vosper Thorneycroft ประเทศอังกฤษ และรูปที่ ๕ เป็นเรือคอร์เวต ชั้น Visby ประเทศสวีเดนเป็นผู้ต่อและใช้ในประเทศของเขาเอง

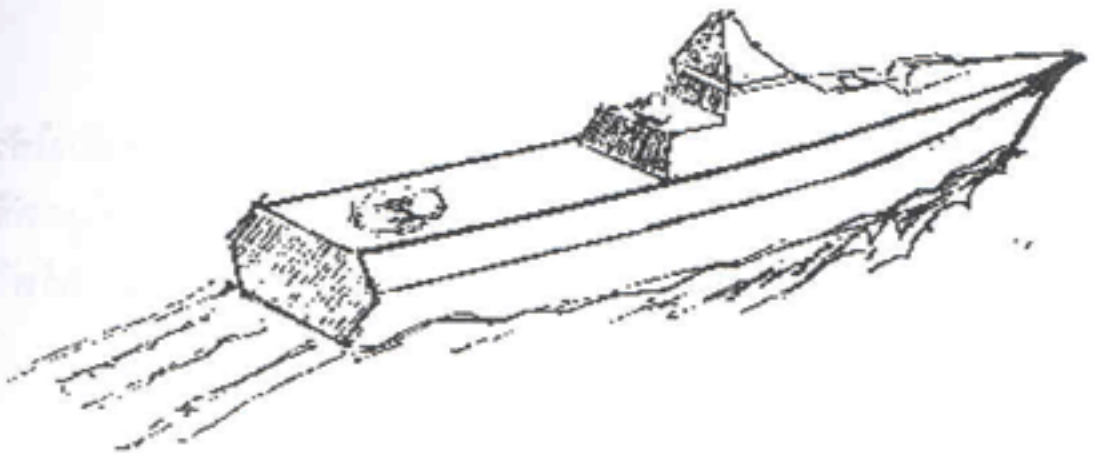


รูปที่ ๓ เรือฟริเกต ชั้น Lafayette ออกแบบให้ป้องกันการตรวจจับจาก เรดาร์ คลื่นความร้อน โซนาร์ และแม่เหล็กและรูปวาดแสดงให้เห็นการสร้างผนังตัวเรือให้มีการราดเอียง



รูปที่ ๔ เรือ Corvette ชั้น Qahir ออกแบบให้ป้องกันการตรวจจับจาก เรดาร์ คลื่นความร้อน โซนาร์ และแม่เหล็กและรูปวาดแสดงให้เห็นการสร้างผนังตัวเรือให้มีการราดเอียง





รูปที่ ๕ เรือ ชั้น Visby ออกแบบให้ป้องกันการตรวจจับจาก เรดาร์ คลื่นความร้อน โซนาร์ และแม่เหล็ก

บทสรุปจากเทคนิคและวิธีการลดการสะท้อนคลื่นเรดาร์ของตัวเรือตามที่กล่าวมาแล้วเป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ได้ ด้วยขีดความสามารถของกรมอู่ทหารเรือในการออกแบบตัวเรือให้มีผนังตัวเรือเอียงทำมุมกับแนวดิ่งเพื่อสะท้อนคลื่นเรดาร์ไม่ให้กลับไปหาเครื่องรับ รวมกับการเลือกใช้สีที่มีคุณสมบัติของ RAM และใช้วัสดุ RAM กับบางพื้นที่เท่าที่จำเป็นและขั้นสุดท้ายคือ การวัดค่า RCS ของตัวเรือให้ได้ค่าที่ยอมรับได้ โดยการแก้ไขบางส่วน หากมีค่า RCS สูงเกินค่าที่ตั้งไว้ ก็จะได้เรือล่องหนที่ใช้เทคนิค Stealth Technology

---

บรรณานุกรม

Eugene F. Knott, John F. Shaeffer and Michael T. Tuley. **RADAR CROSS SECTION**, North Bergen, N.J.: Book - mart Press,Inc., 1985.