

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VẬT LIỆU HẤP THỤ SÓNG RADAR

Nguyễn Văn Dán – Nguyễn Khắc Khoá – Nguyễn Minh Hải

Hoàng Đình Chiến – Nguyễn Dương Thế Nhân

Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 12 tháng 01 năm 2001)

TÓM TẮT: Từ quá trình nghiên cứu chế tạo các vật liệu hấp thụ sóng radar, một số kết quả nghiên cứu đã được đúc kết. Hai kết quả nhận được là: Bản chất sự hấp thụ sóng radar của vật liệu thể hiện dưới dạng các tổn thất điện từ; Đã chế tạo được một loại composite trên cơ sở vải – tác nhân hấp thụ đáp ứng yêu cầu nguy trang và các ứng dụng tàng hình.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ:

Sóng radar là loại sóng điện từ siêu cao tần với các dải tần L (1÷2GHz), S (2÷4GHz), C(4÷8GHz), X(8÷12GHz), Ku(12÷18GHz) thậm chí hiện nay đã có những thiết bị radar có dải tần xấp xỉ 100GHz. Radar dùng để dò tìm và xác định mục tiêu trong kỹ thuật quân sự cũng như dân sự. Vì vậy việc bảo vệ các mục tiêu khỏi sự phát hiện của radar là một nhu cầu thực tế đối với nhiều quốc gia.

Kỹ thuật nhằm tránh sự phát hiện của radar đối phương gọi là “Kỹ thuật tàng hình” hay “Kỹ thuật nguy trang”. Sự nguy trang có thể ở các môi trường khác nhau:

- Nguy trang trên mặt đất trong môi trường cây cỏ, đất, cát đá cho các phương tiện cơ giới xe tăng, xe vận tải, pháo cao xạ, căn cứ, trạm thu phát tín hiệu ...
- Nguy trang trên mặt nước cho tàu thuyền ...
- Nguy trang trong môi trường không khí cho máy bay, vệ tinh, tên lửa ...

Một số vật liệu nguy trang thường được chế tạo bằng cách kết hợp hai hiệu ứng:

- Hiệu ứng hấp thụ sóng radar của vật liệu.
- Hiệu ứng tán xạ sóng radar do kết cấu của vật liệu.

Một vật liệu nguy trang trong một môi trường nào đó nhất thiết phải có độ hấp thụ sóng radar bằng độ hấp thụ của môi trường đó. Trên cơ sở đề tài cấp bộ B2000 -20 -26, chúng tôi xin trình bày tóm tắt một số kết quả nghiên cứu về vật liệu hấp thụ sóng radar. Vì tính chất của đề tài hầu như không có công bố khoa học, việc nghiên cứu bao gồm từ các vấn đề lý thuyết cơ bản dẫn tới việc chế tạo các hệ vật liệu, đo đạc các thông số hấp thụ, phản xạ sóng radar được trình bày hết sức cô đọng.

2. BẢN CHẤT SỰ HẤP THỤ SÓNG RADAR CỦA VẬT LIỆU:

Năng lượng sóng điện từ (radar) được biểu diễn bằng phương trình Mắcxoen [1]

$$W = \int_V (E \cdot D + B \cdot H) dv \quad (1)$$

Trong đó:

- E – Cường độ điện trường
- D – Cảm ứng điện
- B – Cảm ứng từ
- H – Cường độ từ trường

Từ (1) cho thấy sóng radar gồm hai thành phần, sóng điện và từ trực giao với nhau và

với cả phương truyền.

Cường độ của các sóng thành phần khi tương tác với vật liệu sẽ chia làm ba thành phần:

$$I = I_R + I_A + I_T \quad (2)$$

I: Cường độ sóng tới, I_R , I_A , I_T là cường độ sóng phản xạ, cường độ sóng bị hấp thụ và cường độ sóng truyền qua tương ứng. Đối với mục tiêu bằng kim loại thì thành phần $I_T = 0$, lúc đó:

$$I = I_R + I_A \quad (3)$$

Thành phần I_R bao gồm phản xạ hình học và phản xạ thứ cấp do tái hợp điện tử – lỗ trống phát ra bức xạ có cùng tần số nhưng ngược chiều (phản xạ) với sóng tới. Thành phần hấp thụ I_A phụ thuộc vào khả năng bắt giữ và chuyển năng lượng điện từ của sóng radar thành dạng năng lượng khác (tổn thất điện từ của vật liệu) Tổn thất năng lượng sóng radar khi tương tác với vật liệu bao gồm:

- Tổn thất nhiệt do dòng điện cảm ứng xuất hiện khi vật liệu là vật dẫn điện. Tổn hao nhiệt tuân theo định luật Joule – Lentz, có nghĩa phụ thuộc vào cường độ dòng cảm ứng (I^2) và điện trở vật liệu.

Dòng cảm ứng siêu cao tần chỉ xuất hiện trên bề mặt vật dẫn một lớp mỏng Δ [2].

$$I_{Cu} = I_0 \times e^{-K \times \Delta} \quad (4)$$

I_{Cu} : cường độ dòng điện cảm ứng

I_0 : Cường độ dòng điện phát.

Δ : Chiều dày lớp xuất hiện dòng cảm ứng.

$$\Delta = 5030 \times \sqrt{\frac{\rho}{\mu \times f}} \times \text{cm} \quad (5)$$

ρ, μ : Điện trở suất và độ từ thẩm của vật liệu; f – tần số sóng radar.

Từ (4) và (5) cho thấy tần số sóng radar càng lớn, chiều dày lớp hấp thụ càng mỏng, mặc dù tổn hao lớn do phát nhiệt, nhưng do lớp hấp thụ quá mỏng lượng hấp thụ sẽ không lớn, đó cũng là lý do tại sao radar có tần số càng cao thì khả năng phát hiện mục tiêu càng lớn.

- Tổn hao do phân cực; trong khoảng tần số $\leq 100\text{GHz}$ dạng phân cực chủ yếu là phân cực xoay. Sự xoay các vector điện, từ trong các vùng “domen” theo chiều của điện, từ trường ngoài gây ra sự ma sát, dẫn tới tổn thất dưới dạng nhiệt. [3]

$$P = K \times E^2 \times f \times \epsilon \times \text{tg} \delta \quad (6)$$

P: Tổn thất điện môi.

E: Cường độ điện trường.

F: Tần số sóng radar.

ϵ : Hằng số điện môi.

δ : Góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp.

Ngoài hai dạng tổn hao kể trên còn có các hiệu ứng khác đóng góp vào cơ chế hấp thụ sóng điện từ của vật liệu như từ giảo; áp điện (chuyển điện năng thành cơ năng), biến sắc (điện \rightarrow quang), hiệu ứng bắt giữ lượng tử của các hạt nano và hiệu ứng tán xạ [4][5][6].

Một vật liệu nguy trang radar ít nhất phải kết hợp từ hai hiệu ứng chuyển hóa năng lượng trở lên.

3. THỰC NGHIỆM:

a. Chế tạo mẫu:

Dựa trên những nghiên cứu về tương tác giữa vật liệu và sóng radar nói trên, hàng loạt thí nghiệm đã được tiến hành để xác định độ hấp thụ sóng radar của nhiều hệ vật liệu chọn lọc theo định hướng. Đã tìm được và chế tạo thành công các loại bột hấp thụ đạt yêu cầu cho mục đích ngụy trang radar. Vì tính chất của đề tài, bài báo này không đề cập đến những nghiên cứu thành phần, tổ chức, tính chất và chế tạo bột hấp thụ, xin chỉ dừng lại ở mức chế tạo các mẫu vải ngụy trang.

Các mẫu thí nghiệm là các mẫu vải ngụy trang được chế tạo theo ba loại mẫu khác nhau, được phối chế thành phần vật liệu xác định, đo độ hấp thụ lặp lại nhiều lần trong các khoảng thời gian khác nhau trong năm và mẫu được để trong môi trường nắng, mưa liên tục.

Loại mẫu thứ nhất trên cơ sở vải bạt kích thước 150mm×100mm×1mm, trên bề mặt phủ lớp sơn hấp thụ sóng radar trên cơ sở Poliuretán biến tính bằng cao su butadienitơrin và các bột hấp thụ.

Loại mẫu thứ hai là composite trên cơ sở các tấm vải bạt – cao su xếp liên kết với nhau theo kiểu sandwich có kích thước 150mm×100mm×2,5mm. Bề mặt composite được phủ lớp sơn hấp thụ như loại mẫu thứ nhất.

Loại mẫu thứ ba cũng là composite vải – cao su xếp như loại thứ hai nhưng bề mặt được phủ lớp sơn epoxi – bột hấp thụ.

Tất cả các nguyên vật liệu dùng để chế tạo ba loại mẫu trên đều có sẵn và tự chế tạo được ở Việt Nam. Các loại mẫu được đo độ hấp thụ theo cùng một quy trình, cùng điều kiện.

b. Quy trình đo

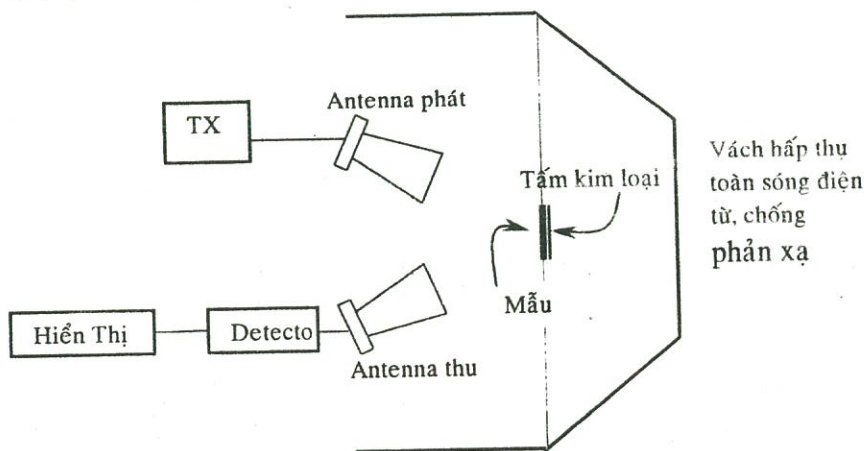
Phương pháp đo và thiết bị đo

Phương pháp đo như hình vẽ. Antenna phát và antenna thu được đặt sao cho trục búp sóng bức xạ cắt nhau tại tâm của giá đỡ. Các trục này hợp thành một góc xác định trước song song với mặt phẳng ngang.

Antenna phát sẽ phát đi một sóng được điều chế. Antenna thu sẽ thu thành phần phản xạ. Diode tách sóng sẽ tách sóng tín hiệu thu được để cho vào bộ hiển thị. Thiết bị đo là hệ thống Radar siêu cao tần của Bộ Môn Viễn Thông – Đại học Kỹ Thuật TpHCM nhập từ Cộng Hòa Liên Bang Đức, 1999.

Hệ thống này được dùng xác định mức độ hấp thụ của vật liệu và cho phép xác định nhanh hệ số phản xạ dưới mọi điều kiện sóng tới và mọi điều kiện phân cực.

Kết quả đo được so sánh với mẫu vật liệu hấp thụ sóng radar của Hàn Quốc cũng như



môi trường nguy trang bằng lá cây, cỏ đất.

Hệ số phản xạ

Các tấm kim loại được thay thế bằng vật liệu cần kiểm tra. Thay đổi suy hao, XdB, cho phép tính hệ số phản xạ như sau:

$$X = 10 \log_{10}(P_1/P_2) \tag{7}$$

trong đó P_1 =công suất phản xạ từ vật liệu cần kiểm tra và P_2 =công suất phản xạ từ tấm kim loại.

Vì thế $|R|^2$ là hệ số phản xạ công suất = $P_1/P_2 = 10^{(X/10)}$

Phần trăm công suất phản xạ = $|R|^2 \times 100$ (8)

4. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐO ĐỘ HẤP THỤ SÓNG RADAR VỚI F=10GHZ, λ=3CM CỦA CÁC MẪU TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM:

Mẫu	Suy hao (db)		Hấp thụ (%)		Ghi chú
	Ban đầu	6 tháng sau	Ban đầu	6 tháng sau	
Lá cây non	-6		75		
Lá cây già	-7		79		
Cỏ rậm+đất+ấm	-9		88		
Nước	-20		98		Mức tối đa
Hàn Quốc 1	-8		82		
Hàn Quốc 2	-9		88		
Loại mẫu N ₀ 1					
1-1	-6	-6	75	75	Sơn 2 lớp
1-2	-6	-6	75	75	Sơn 3 lớp
1-3	-5	-5	71	71	Sơn 1 lớp
Loại mẫu N ₀ 2					
2-1	-12	-12	94	94	Sơn 2 lớp
2-2	-12	-12	94	94	Sơn 3 lớp
2-3	-8	-8	82	82	Sơn 1 lớp
Loại mẫu N ₀ 3					
3-1	-15	-15	97	97	Sơn 3 lớp
3-2	-15	-15	97	97	Sơn 2 lớp
3-3	-8	-8	82	82	Sơn 1 lớp

Nhìn vào bảng kết quả đo độ hấp thụ sóng radar của các mẫu trong phòng thí nghiệm ta có một số nhận xét:

Lá cây, tùy mức độ và điều kiện có độ suy hao từ -6 đến -9dB tương ứng độ hấp thụ từ 75% đến 88%. Hai mẫu Hàn Quốc 1 và 2 có độ hấp thụ sóng ra tương ứng là 82% và 88% nằm trong dải hấp thụ của lá cây. Các mẫu 1-1, 1-2, 2-3, 3-3 do chúng tôi tự chế tạo có độ

hấp thụ sóng radar tương ứng là 75%, 75%, 82%, 82% nằm trong dải hấp thụ của lá cây. Các mẫu 2-1, 2-2, 3-1, 3-2 có độ hấp thụ sóng radar tương ứng là 94%, 94%, 97%, 97% đều trên mức hấp thụ của lá cây do đó có thể áp dụng ngụy trang trong môi trường nước hoặc không khí. Tuy nhiên để đáp ứng mức độ hấp thụ sóng radar bằng độ hấp thụ của nước (98%) cần thay đổi kết cấu thiết bị nhằm tạo ra bề mặt tán xạ sóng radar.

V. KẾT LUẬN

Từ những nghiên cứu và thực nghiệm đã nêu rút ra một số kết luận như sau:

- Bản chất sự hấp thụ sóng radar của vật liệu là sự chuyển hóa năng lượng điện từ thành các dạng năng lượng khác.
- Đã chế tạo được một loại composite trên cơ sở vải – tác nhân hấp thụ đáp ứng yêu cầu ngụy trang. Từ đó tùy vào điều kiện địa hình, môi trường mặt đất, hải đảo ... Chúng ta hoàn toàn có thể chế tạo loại bạt ngụy trang theo yêu cầu.

SOME OF THE RESULTS OF THE RESEARCH FOR RADAR ABSORBENT MATERIALS

Nguyen Van Dan – Nguyen Khac Khoa – Nguyen Minh Hai
Hoang Ninh Chien – Nguyen Duong The Nhan

Abstract: Radar absorbent materials have been studied and manufactured. Some of the results of research are obtained as follow: Radar absorbent materials are formulated by electro – magnetic loss; A cloth – absorber based composite has been manufactured for radar camouflage and stealth applications.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]: Lương Duyên Bình. Vật lý đại cương tập II. Nhà xuất bản Đại Học Và Trung Học Chuyên Nghiệp – Hà Nội – 1978.
- [2]: B.N Tkatrep – Matreialovedenhiè. Galovnoè izdatrenxtvø, Kiev – 1997
- [3]: B.N ARZAMAXOV. Vật liệu học – Nhà xuất bản Giáo Dục – 2000
- [4]: Lê Công Dường. Vật liệu học – Nhà xuất bản Khoa Học Và Kỹ Thuật – Hà Nội – 1997
- [5]: H. Gleiter. Nanocrystalline Materials. Pergamon Press 1990
- [6]: ARTHUR BEISER – MODERN TECHNICAL PHYSICS. ADDISON – WESLEY PUBUSHING COMPANY – 1992