

NIEKTÓRE ASPEKTY KONSTRUKCJI POWŁOK EKRANUJĄCYCH I ABSORPCYJNYCH Część II

W artykule przedstawiono niektóre aspekty teoretyczne i praktyczne związane z projektowaniem i konstrukcją materiałów (powłok) ekranujących i absorpcyjnych wykorzystywanych w technice cywilnej i wojskowej. Technice cywilnej głównie do zmniejszenia prawdopodobieństwa narażenia ludzi i środowiska na promieniowanie elektromagnetyczne, a wojskowej do maskowania jako zabezpieczenia działań wojsk, obejmującego zamierzenia, przedsięwzięcia i czynności, mające na celu ukrycie stanu faktycznego i wprowadzenie w błąd przeciwnika. Artykuł podzielony jest na dwie części. W pierwszej części omówiono ogólne zagadnie dotyczące promieniowania elektromagnetycznego, podano i omówiono definicję skuteczność ekranowania oraz przedstawiono działania zapobiegawcze przed „niechcianym” promieniowaniem elektromagnetyczne w środowisku cywilnym.

W drugiej części artykułu omówiono aspekty wojskowe, w tym wymagania stawiane materiałom wykorzystywanym w technice maskowania obiektów na polu walki.

1. Wstęp

W pierwszej części artykułu podano przykłady źródeł promieniowania elektromagnetycznego, które w zależności od potrzeb można rozpatrywać jako zjawisko pożądane lub efekt uboczny pracy urządzenia. Efekt uboczny, tzn. źródło zakłóceń pracy innych urządzeń lub stanowiący zagrożenia dla środowiska naturalnego, w tym ludzi. Podano ogólną definicję ekranowania [1]:

Ekranowanie elektromagnetyczne jest procesem konstrukcyjno-technicznym, polegającym na otoczeniu jakiejś przestrzeni odpowiednim materiałem w celu zmniejszenia poziomów pól elektromagnetycznych po przeciwnej stronie ekranu w stosunku do umiejscowienia źródła pola;

jak również wzór z odpowiednimi współczynnikami, pozwalający oszacować zjawisko odbicia, absorpcji i transmisji. Podano również najważniejsze wymagania jakim powinny odpowiadać materiały wykorzystywane do konstrukcji ekranów, przesłon czy też ubiorów ochronnych w zastosowaniach cywilnych. W tej części artykułu zostaną omówione niektóre aspekty konstrukcji powłok ekranujących i absorpcyjnych w zastosowaniach wojskowych.

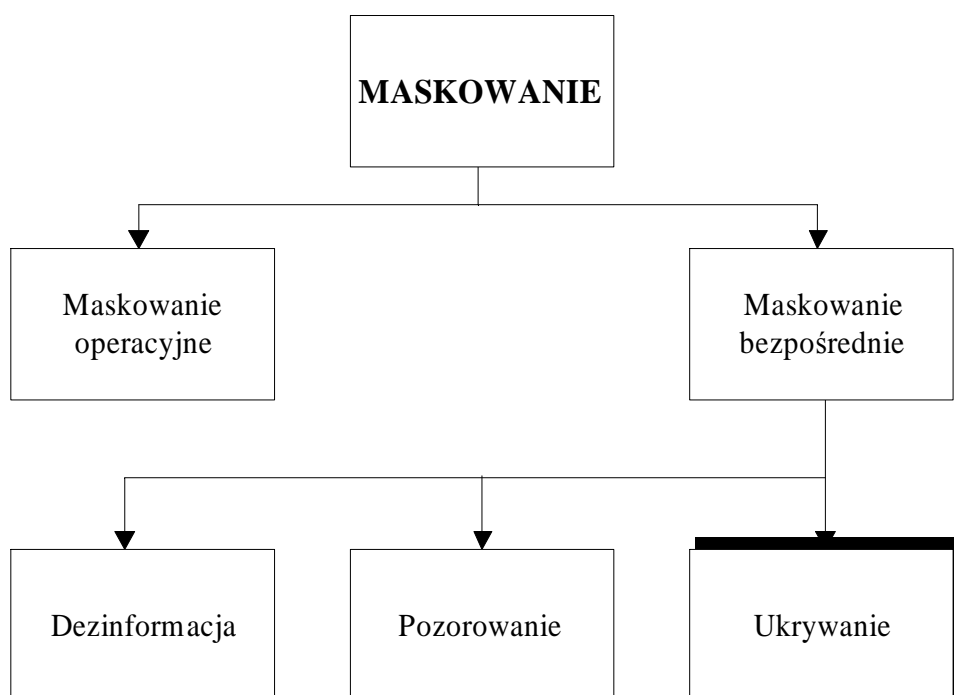
2. Aspekty militarne

W obecnie obowiązującej doktrynie wojennej zakłada się, że zasadniczym rodzajem walki będzie obrona aktywna prowadzona na własnym terytorium. Z tak określonego charakteru rodzaju walki wynika bezpośrednio rola maskowania.

Prowadzenie działań obronnych będzie wymagało zatem szczególnie starannego maskowania różnorodnych obiektów.

Maskowanie jest rodzajem bojowego zabezpieczenia działań wojsk, obejmującego zamierzenia, przedsięwzięcia i czynności, mające na celu ukrycie stanu faktycznego i wprowadzenie w błąd przeciwnika.

Ze względu na zakres zadań i celów oraz charakter przedsięwzięć organizacyjnych i wykonawczych maskowanie dzieli się na: *operacyjne i bezpośrednie (rys.1).*

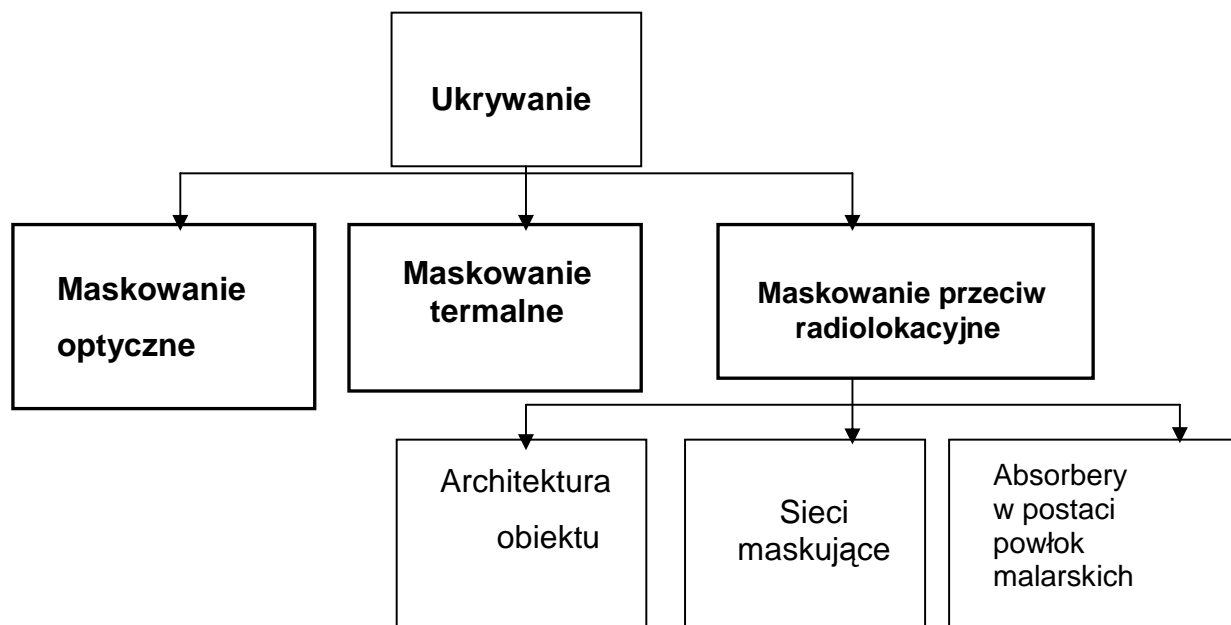


Rys. 1

Maskowanie bezpośrednie obejmuje przedsięwzięcia zmierzające do ukrycia lub zmiany cech obiektów pojedynczych i zespołowych, urządzeń i sprzętu, przy użyciu środków etatowych i podręcznych. Ze względu na cechy charakterystyczne oraz rodzaj użytych środków, maskowanie bezpośrednie można podzielić na: dezinformowanie, pozorowanie, ukrywanie. Wszystkie obiekty, do których dociera promieniowanie elektromagnetyczne, stają się źródłem wtórnego promieniowania. W zależności od struktury obiektu promieniowanie to może być rozproszone lub ukierunkowane oraz częściowo zaabsorbowane

Rozwój środków rozpoznania doprowadził do sytuacji, w której praktycznie każdy nie zamaskowany lub zamaskowany w stopniu niedostatecznym obiekt może być z bardzo dużym prawdopodobieństwem wykryty przy użyciu kompleksowych systemów rozpoznawczych, tj.: **optycznych, termalnych i radiolokacyjnych**. Radiolokacyjne rozpoznanie pola walki jest obecnie jednym z najistotniejszych elementów systemu zbierania informacji o przeciwniku.

W związku z tym, że na współczesnym polu walki rozpoznanie może być prowadzone w sposób ciągły w wielu zakresach promieniowania elektromagnetycznego, to również przeciwdziałanie temu rozpoznaniu musi być prowadzone kompleksowo (rys. 2).



Rys. 2

Maskowanie przeciwradiolokacyjne obiektu to takie działanie techniczne, które powoduje zmniejszenie skutecznej powierzchni odbicia (EPR) promieniowania radiolokacyjnego ukrywanego obiektu, w efekcie czego sygnał echa radiolokacyjnego jest na znacznie niższym poziomie niż od obiektu nie maskowanego lub zmianę charakterystyki wtórnego promieniowania (rozproszenia).

Powyższy cel można osiągnąć poprzez:

- zmianę kształtu obiektu, powodującą zmianę zobrazowania radiolokacyjnego obiektu (trójwspółrzędna charakterystyka rozproszenia);
- zasłonięcie obiektu materiałem o dużej stratności (np. siatka maskująca);
- naniesienie na zewnętrzne powierzchnie obiektu absorberów mikrofalowych.

Należy podkreślić, że maksymalny efekt zmniejszenia skutecznej powierzchni odbicia można uzyskać stosując wymienione powyżej przedsięwzięcia łącznie.

Jak łatwo zauważyć technika wojskowa narzuca o wiele większe wymagania na materiały stosowane na elementy „ukrywające” (rys. 2) niż zastosowania cywilne, np. różnego typu ekrany czy też odzież ochronna.

O ile w zastosowaniach cywilnych bierze się pod uwagę tylko promieniowanie elektromagnetyczne, to z punktu widzenia ukrycia obiektu wojskowego na polu walki to za mało. Równie ważnym jest maskowanie w podczerwieni, np. poprzez zmianę sygnatury termalnej tych obiektów oraz maskowanie w świetle widzialnym. Nie jest istotne, aby całkowicie zamaskować obiekt, ale ważne jest to, aby nie można było rozpoznać co to jest, np. samochód, czy czołg. Przykładowo na rys. 3 i 4 pokazano widok człowieka w podczerwieni oraz po przykryciu narzutą maskującą. Trudno jest, nie wiedząc a priori, że obiektem promieniującym na rys. 4 jest człowiek. Jego sygnatura promieniowania w podczerwieni została zmieniona.

Tak więc projektując materiały, których mają być wykonane obiekty „ukrywające” należy wziąć pod uwagę;

- współczynnik odbicia
- odbicie fali elektromagnetycznej od granicy ośrodków, wynikające z niedopasowania impedancji falowej ośrodków. Należy uwzględnić także tą część pola, która wynika z wewnętrznych odbić w materiale (ekranie);

- współczynnik absorpcji - pochłanianie energii pola przez materiał (wliczając zjawisko wewnętrznych odbić);
- współczynnik transmisji - przenikanie pola do ośrodka za przegrodą (ekranem, ubiorem, itp). Odwrotność tego współczynnika mówi o skuteczności ekranowania;
- współczynnik osłabienia mocy promieniowania w podczerwieni

oraz pozostałe wymagania zawarte w tabeli nr 1.

Biorąc pod uwagę materiały tekstylne, w chwili obecnej, można wyróżnić dwa podejścia do problematyki maskowania przeciwradiolokacyjnego;

- rozpinanie siatek maskujących w taki sposób, aby w maksymalnym stopniu rozproszyć padające promieniowanie. W tym przypadku projektuje się materiały jedno i wielowarstwowe o dużym współczynniku odbicia, najczęściej z wplecionymi nitkami metalowymi;
- narzucane na obiekt, w dowolny sposób, siatek maskujących. Użyty materiał na siatkę powinien charakteryzować się małym współczynnikiem odbicia (10-20%), średnią wartością współczynnika absorpcji i transmisji (po ok. 40%);

uwzględniając dodatkowo inne rozwiązania techniczne:

- stosowanie różnego rodzaju materiałów absorbcyjnych. Są one przewidziane do nakładania bezpośrednio na powierzchnie zewnętrzne sprzętu. Występują w postaci past, farb nakładanych metodą malowania warstwowego, elastycznych arkuszy lub płytek przyklejanych do podłoża;
- kształtowanie powierzchni odbijającej obiektu;
- połączenie wszystkich wymienionych powyżej sposobów maskowania.

W pierwszym podejściu, sygnał radiolokacyjny po dotarciu do powłoki maskującej ulega odbiciu i rozproszeniu w różnych kierunkach, a w kierunku radaru emitującego sygnał odbija się tylko niewielka jego część. Ten sposób maskowania dominuje w technice maskowania typu „stealth”, np. „niewidzialne dla radarów samolot F117”. Przy czym pod pojęciem maskowania typu „stealth” należy rozumieć całokształt działań techniczno-organizacyjnych zmierzających do zmniejszenia możliwości wykrycia samolotu, okrętu, wozu bojowego lub innego obiektu. Płaskie elementy obiektu, leżące skośnie względem kierunku padania fal elektromagnetycznych, odbijają większość energii w innym kierunku. Dodatkowo, absorpcyjne własności powłoki powodują pochłanianie części energii fal. Podobne efekty uzyskuje się stosując np. namioty, których ekranujące ściany są rozpięte skośnie względem podłoża. Sygnał z radaru nie powraca w jego kierunku, odbijając się „w niebo”. W takim przypadku do radaru powraca jedynie sygnał rozproszony na krawędziach ekranu. Dla zmniejszenia tego efektu należy krawędzie dodatkowo pokryć materiałami o dobrych własnościach absorpcyjnych. W tym przypadku materiał na wykonanie siatki maskującej powinien charakteryzować się dobrymi własnościami odbijającymi i transmisyjnymi, przy zwróceniu mniejszej uwagi na własności absorpcyjne.

Przy drugim podejściu, kiedy do ukrywania wykorzystujemy dowolnie narzucane siatki maskujące zastosowany na ich wykonanie materiał powinien charakteryzować się dobrymi własnościami absorpcyjnymi i transmisyjnymi.

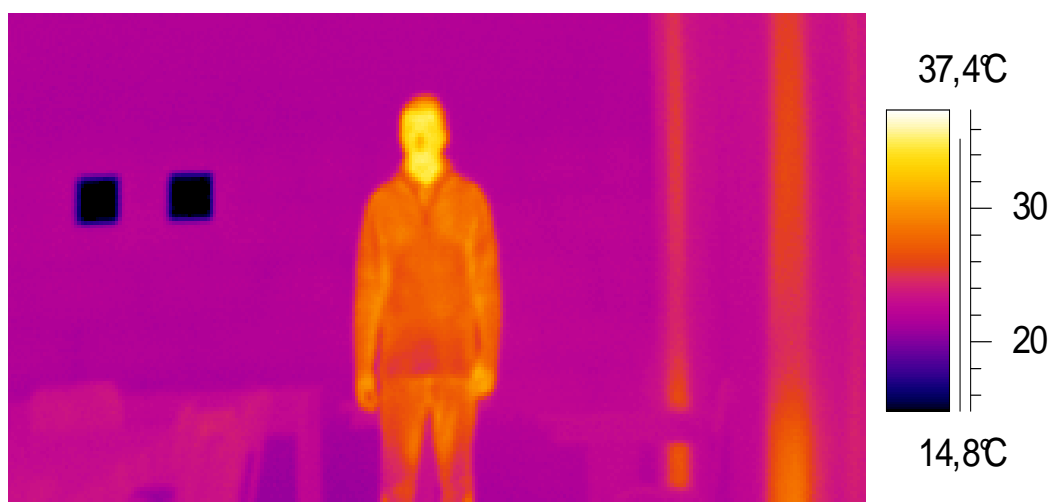
Najogólniej można powiedzieć, że przystępując do projektowania (konstrukcji) materiału tekstylnego dla techniki wojskowej, w pierwszej kolejności należy mieć na uwadze gdzie on będzie zastosowany i w jakim celu, a później dopiero brać pod uwagę inne wymagania (tabela 1).

Jak wcześniej wspomniano oprócz siatek i narzut do maskowania wykorzystuje się pasty, farb nakładane metodą malowania warstwowego, elastyczne arkusze lub płytki przyklejanych do podłoża. W tym przypadku zastosowany „materiał” powinien charakteryzować się bardzo dobrymi własnościami absorpcyjnymi, przy jak najmniejszym współczynniku odbicia.

Bardzo perspektywiczną metodą maskowania przeciwradiolokacyjnego są różnego typu absorbery typu powłoka malarska. W Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia podjęto prace nad tego typu absorberem we współpracy z ZM Bumar-Łabędy oraz prywatną firmą Poliplast s.c. Prace eksperymentalne miały na celu wykonanie modeli struktur powłok absorpcyjnych i ich optymalizację, a docelowo opracowanie technologii nanoszenia ich na maskowany obiekt oraz określenie dopuszczalnych tolerancji wykonania struktury pokrycia. Przyjęto przy tym warunek odejścia od powszechnie stosowanej idei jednakowej grubości absorbera, a z nierównomierności stworzenie podstawowego czynnika poprawienia efektywności absorbera. Absorber ten przeszedł z wynikiem pozytywnym wszechstronne badania tak laboratoryjne, jak i poligonowe.

Na zakończenie warto dodać informację o prawnych uregulowaniach dotyczących nowych opracowań służących maskowaniu techniki wojskowej, ujętych w rozporządzeniu Rady Ministrów [2]. W myśl tego rozporządzenia wszelkie wynalazki i wzory użytkowe dotyczące obronności lub bezpieczeństwa Państwa, obligują ich twórców, przed zgłoszeniem do Urzędu Patentowego, do wcześniejszego zgłoszenia do właściwego organu o ich dokonaniu, odpowiednio ze względu na przedmiot zgłoszenia: Ministra Obrony Narodowej, ministra właściwego do spraw wewnętrznych lub Szefa Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego.

W myśl § 2. 1. tego Rozporządzenia (podpunkt 5), wynalazkami dotyczącymi obronności lub bezpieczeństwa Państwa są m.in. środki i metody maskowania sprzętu bojowego oraz wykrywania zamaskowanego sprzętu.



Rys. 3 Zdjęcie człowieka w podczerwieni



Rys. 4 Zdjęcie człowieka w podczerwieni

OGÓLNE WYMAGANIA NA ELEMENTY UKRYWAJĄCE TECHNIKĘ WOJSKOWĄ

Tabela 1

Lp	Wymaganie	Norma	Uwagi
1	Maskowanie radiolokacyjne w zakresie od 0.3 do 100 GHz.	NO-10-A207:2000 „Pokrycia maskujące przeciwradiolokacyjne. Ogólne wymagania i badania”	Nie mniejsze niż 12dB
2	Maskowanie w świetle widzialnym i w bliskiej podczerwieni w zakresie od 0.3×10^{-6} do 1.2×10^{-6} m.	NO-10-A207:2000 NO-10-A208:2000 „Pokrycia i komplety maskujące. Wymagania ogólne”	
3	Zamaskowany obiekt nie rozpoznawalny w warunkach terenowych nieuzbrojonym okiem podczas obserwacji naziemnej i z powietrza, z odległości lub wysokości 1000 m i większej oraz na zdjęciach fotograficznych wykonanych w skali 1:5000 i mniejszej przy rozdzielczości liniowej zdjęcia 20 linii/mm.	NO-10-A207:2000 NO-10-A208:2000	
4	Zamaskowany obiekt nie wykrywalny dla urządzeń rozpoznawczych w zakresie od 0.3×10^{-6} do 1.2×10^{-6} m z odległości 1500 m, przy zdolności rozdzielczej układu detekcyjnego 0.2 mrad.	NO-10-A221:2004 “Środki maskowania termalnego”	
5	Odporność na oddziaływania niskich i wysokich temperatur.	NO-10-A207:2000; NO-10-A208:2000	od -30° C do $+50^{\circ}$ C
6	Odporność na oddziaływanie materiałów pędnych i smarów.	NO-10-A207:2000; NO-10-A208:2000	
7	Odporność na środki stosowane podczas likwidacji skażeń zamaskowanego obiektu.	NO-10-A207:2000; NO-10-A208:2000	
8	Zastosowany materiał maskujący nie powinien w sposób trwały wiązać cząsteczek pyłów, kurzu itp. Pył, brud i kurz osiadający powinien być łatwo zmywalny pod działaniem wody podczas opadów atmosferycznych. Po wysuszeniu powinien mieć poprzednie właściwości maskujące.	NO-10-A207:2000; NO-10-A208:2000	
9	Materiały użyte do produkcji nie powinny wydzielać w czasie przechowywania i eksploatacji substancji toksycznych przekraczających dopuszczalne stężenia.	NO-10-A208:2000	
10	Dopuszcza się, aby w końcowej fazie dwuletniego okresu eksploatacji wartości liczbowe współczynnika reemisji w zakresie optycznym zmniejszyły się nie więcej niż 20% w stosunku do stanu początkowego.	NO-10-A207:2000	

11	W okresie eksploatacji i przechowywania wartość współczynników maskowania, dla kolorów w odcieni zieleni, nie powinny zmniejszyć się więcej niż o 50%.	NO-10-A207:2000; NO-10-A208:2000	
12	Odporność na gneczenie.	NO-10-A208:2000	
13	Odporność na promieniowanie UV.	NO-10-A208:2000	
14	Czas przechowywania nie mniejszy niż 5 lat.	NO-10-A208:2000	Po upływie tego czasu utrata własności maskujących i fiz-chem. nie więcej niż 10%
15	Palność.	NO-10-A207:2000; NO-10-A208:2000	„Samogasnący”
16	Zwiększenie masy po moczeniu w wodzie przez 24 godziny (wodochłonność).	NO-10-A504:2000	Mniej niż 10%
17	Wymagania w zakresie: zawartości barw, gęstości pokrycia, widmowego współczynnika odbicia, iluminacji, barw i różnic, połysku, kontrastu itp.	NO-10-A504:2000	
18	Masa 1 m ² pokrycia.	NO-10-A504:2000	

Literatura

- [1] P. ZRADZIŃSKI „Profilaktyka zagrożeń elektromagnetycznych – symulacje komputerowe i badania osłon ekranujących. CIOP”
- [2] ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 23 lipca 2002 r. w sprawie wynalazków i wzorów użytkowych dotyczących obronności lub bezpieczeństwa Państwa. (Dz. U. z dnia 2 sierpnia 2002 r.)