

Nanomateriāli militārā tehnoloģijā

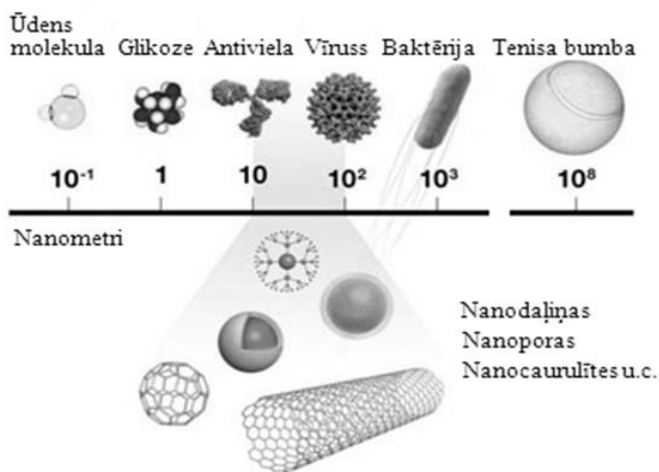
Margarita Karpe¹, Laimons Timma², ¹⁻²Rīgas Tehniskā universitāte

Kopsavilkums – Rakstā apkopota informācija par jaunākajām nanomateriālu izmantošanas iespējām militārā un aizsardzības tehnoloģijā. Apskatītas šo materiālu priekšrocības, salīdzinot ar iepriekš izmantotiem materiāliem. Pamatā apskatīta nanomateriālu izmantošana individuālo un tehnikas bruņu materiālos. Īpaši veicot kaujas uzdevumus, izšķiroša nozīme ir individuālā un vienības ekipējuma masai, ko jaunu materiālu izmantošana ļauj būtiski samazināt. Atsevišķa nodaļa veltīta infrasarkanā starojuma (IS) absorbējošiem kompozītiem un pārklājumiem, jo šobrīd nakts redzamības ierīces kļūst par nepieciešamu katra karavīra individuāla ekipējuma sastāvdaļu. Tāpēc, paplašinoties pētījumiem, tiek meklēti risinājumi pārklājumu pilnveidošanai ar nanoizmēra struktūru.

Atslēgas vārdi – nanomateriāli, nanotehnoloģija, militārā tehnoloģija.

I. IEVADS

Palielinoties terorisma draudiem pasaulē, rodas nepieciešamība pēc pētījumiem materiālu un tehniskā jomā. Kopumā pēdējos gados būtiski palielinājusies zinātnieku interese par nanomateriālu iegūšanu, sintēzi, to struktūras un īpašību pētījumiem. Par nanomateriāliem pieņemts uzskatīt materiālus, kas iegūti no daļiņām, kuru vismaz viena dimensija ir robežās no 1 - 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), šādai struktūrai ir atšķirīgas īpašības no tiplummateriāla. Salīdzinājums – 10 nm ir 1000 reizes mazāki par cilvēka mata diametru [1]. Kā redzams 1. attēlā ir parādīta nanoizmēra daļiņu atrašanās salīdzinošā skalā ar citiem mikroorganismiem.



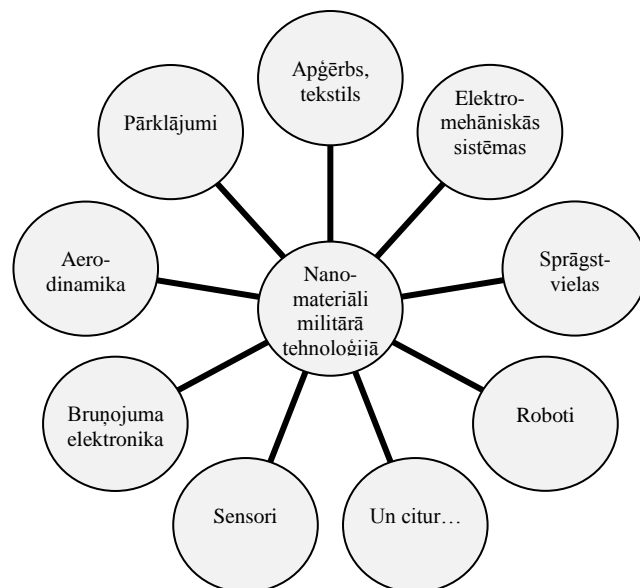
Att.1. Nanoizmēra skala [2].

Kā redzams, nanoizmēra struktūras ir līdzīga izmēra ar antivielām – tās ir asins seruma olbaltumvielas, kuru veidošanos ierosina kāds infekcijas slimības mikroorganisms, un vīrusiem.

Modelējot struktūru atomu līmenī, iespējams ne vien iegūt jaunus materiālus un kompozītus, bet arī uzlabot jau esošo materiālu fizikālās, mehāniskās, elektriskās, optiskās u.c. īpašības, kā arī ir vairākas būtiskas priekšrocības, salīdzinot ar makrostrukturētiem materiāliem:

- lielāka virsmas – tilpuma attiecība,
- palielināta cietība, samazinoties graudu izmēram,
- zemāka kušanas un saķepināšanas temperatūra [3],

atkārībā no izvēlētas sintēzes tehnoloģijas. Kā redzams, 2. attēlā ir apkopoti galvenie virzieni, kuros iespējams izmantot nanomateriālus militārā tehnoloģijā.



Att.2. Nanomateriāli militārā tehnoloģijā [3].

Pētījumi par nanomateriālu saturošu pārklājumu izmantošanu militārā tehnoloģijā saistāmi ar to turpmāko pielietojumu un vēlamo īpašību sasniegšanu. Piemēram, iespējams ievērojami uzlabojot pārklājuma suspensijas stabilitāti, reoloģiju, virsmas cietību un pašattīršanās spēju, ultravioletā un infrasarkanā starojuma absorbcijas spēju, nodilum- un korozijas izturību, kā arī veidot absorbējošus maskējošus pārklājumus [4].

Nanomateriālu izmantošanas mērķis militārās tehnoloģijās ir sekojošs:

- nodrošināt tehnoloģiju iespēju vadošo lomu,
- samazināt kaujas negadījumus (karavīra aizsardzība),
- nodrošināt zināšanu apguvi par jebkuru pretinieka darbību, efektīvi iznīcināt pretinieku,
- ierobežot ienaidnieka piekļuvi resursiem [5].

II. LITERATŪRAS APSKATS

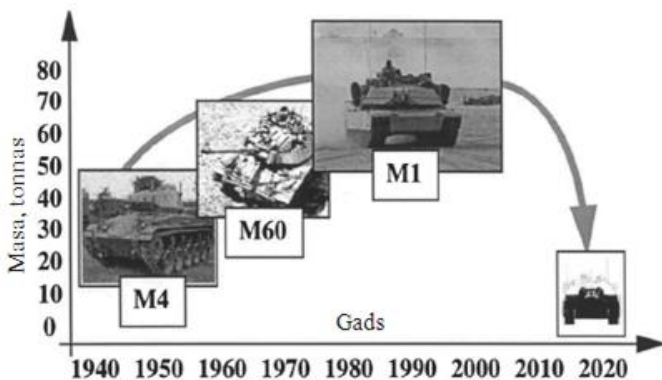
Īpaši veicot kaujas uzdevumus, izšķiroša nozīme ir individuālā un vienības ekipējuma masai. Apskatot jaunākās nanomateriālu tendences militārā tehnoloģijā, redzams, ka nozīmīga daļa no bruņojumā izmantotajiem materiāliem ir nanomateriāli un kompozīti, kas būtiski samazina karavīra ekipējuma svaru, neietekmējot vai uzlabojot tā funkcijas, bet rezultātā palielinās vienības mobilitāte.

A. Individuāli bruņojuma materiāli

Jaunākie pētījumi liecina, ka individuālā bruņojuma materiālu pagatavošanai izmanto nanocaurulītes un nanodaļiņas. Nanocaurulīšu izmantošana nodrošina polimēra šķiedras un keramikas kompozītu stiprību. Bruņuvestu sastāvā pamatā ir tekstils (maskēta elastīga Kevlar šķiedra), šķiedru un keramikas kompozītmateriāls, un metāla plāksnes. Tās pasargā no lodēm, taču ir smagas un nespēj aizsargāt visu ķermeni. Lielākais izaicinājums piemērota materiāla izstrādei ir mobilitāte, jo bruņu lietotājs kļūst par grūtāk notveramu mērķi, un aizsardzība. Inovācijas bruņu materiālu izstrādē saistāmas ar elastīgu, plānu tekstilmateriālu ieguves tehnoloģijām, kas ļauj optimizēt ballastisko aizsardzību, mobilitāti un elastību, jo nepiemēroti biezs tekstilmateriāls apgrūtina kustības un pārvietošanos [6].

B. Bruņas

Kaujas bruņu transporta bruņām parasti izmanto tēraudu, taču ir ierobežojumi to pieļaujamai masai, īpaši vieglajiem transportlīdzekļiem. Risinājumi šīs problēmas novēršanai ir vairāki: vairākslāņu pārklājumu un jaunu materiālu izmantošana, konstrukcijas uzlabošana un inovatīvi tehnoloģiskie risinājumi, kas būtiski samazina bruņu plāksņu masu, skat. attēlu 3. Literatūrā ir pieejami dati, kas kā aletnatīvu materiālu tēraudam piedāvā izmantot keramiku (piem., Al_2O_3 , B_4C , SiC un TiB_2), jo tai raksturīga augsta cietība un zems blīvums. Lai novērtu cietajiem materiāliem raksturīgo trauslumu, keramiskos pārklājumus iesaka klāt uz metāla pamatnēm [7].



Att.3. Masas izmaiņas sauszemes bruņu transportlīdzekļiem [7].

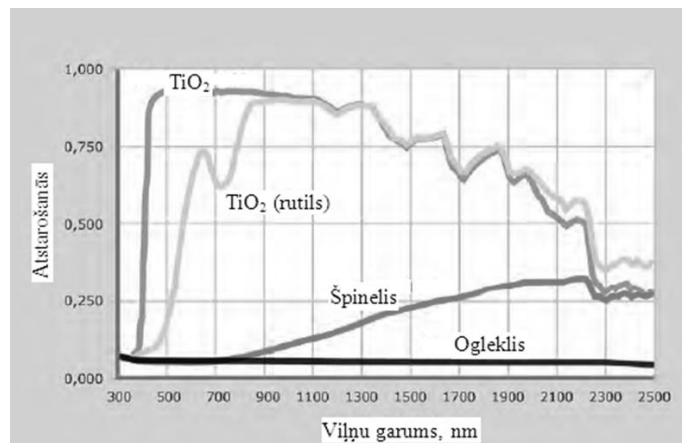
Piemēram, ir izstrādāta keramikas bruņu materiālu ražošanas tehnoloģija, izmantojot bora karbīda nanopulveri. Šo materiālu paredzēts izmantot bruņutehnikas aizsardzībai un individuālo ložu necaurīdīgu vairogu izgatavošanai. Tās

palielina aizsardzības efektivitāti 5 – 6 reizes, taču bruņu masu iespējams samazināt pat 4 reizes [5].

C. Infrasarkanā starojuma absorbējoši pārklājumi

Spēja redzēt naktī vai pasliktinātos laika aptākļos (piem., miglā) ir būtiska kaujas taktiskā priekšrocība. Nakts redzamības ierīces ļauj ātrāk novērtēt attālumu, kādā atrodas pretinieks, kā arī identificēt šķēršļus un apzināt iespējamās maskētās mīnas, kas nebūtu pamanāmas. Nakts redzamības iekārtas kļūst lētākas un vairāk pieejamas potenciāli naidīgiem grupējumiem. Tāpat miera uzturēšanas operācijās, kur pozīcijas ir vairāk vai mazāk zināmas, nakts redzamības iekārtas ir neaizstājamas. Tādēļ ir nepieciešamība pēc jaunu tehnoloģiju izstrādes. Šobrīd izmanto divu veidu nakts redzamības tehnoloģijas: attēla intensifikācijas (as image intensification), kas pastiprina esošo gaismu (izmantojama tikai nakts operācijām) un termisko attēlu veidojošas ierīces (izmantojama nelabvēlīgos vai apgrūtinātos kaujas apstākļos (piem., dūmi)), kas plašāk zināmas kā infrasarkanais starojums. Tradicionāli nakts redzamības brillēm un tēmekļiem izmanto attēla intensifikāciju. Šobrīd nakts redzamības ierīces kļūst par nepieciešamu katra karavīra individuāla ekipējuma sastāvdaļu [8].

Kā jau zināms, balta virsmas temperatūra paliek nemainīga, kamēr melna, gluži pretēji, - sasilst. Tā pamatā ir objekta pārklājuma mijiedarbība ar tuvo IS starojumu, ko izstaro saule. Pēc starojuma absorbcijas, gaisma fizikāli tiek pārvērsta siltumā. Virsma mijiedarbojas netikai ar absorbēto starojumu, bet arī izstaro tālajā IS reģionā, līdz tiek sasniegta līdzsvara temperatūra. Saule izstaro apmēram 50 % no tās enerģijas kā tuvo IS starojumu. Melnas virsmas absorbē tuvo IS starojumu un redzmo gaismu, bet balta un gaišās krāsas – atstaro, skat. 4. attēlu.



Att.4. Pigmentu atsārošanās spēja, atkarībā no to krāšāas un viļņa garuma [9].

Kā redzams 4. attēlā, dažādi elementi vai savienojumi būtiski aršķiras ar to atsārošanās spēju - TiO_2 un TiO_2 kristāliskajai fāzei (rutilam) IS starojumam raksturīgajā viļņu garuma reģionā ir augstākā atsārošanās. Atkarībā no pārklājumu veidojošā pigmenta, iespējams samazināt virsmas

temperatūru, šis efekts ir vizuāli novērtējams uzņemot attēlus ar termo kameru [9].

Infrasarkana (IS) starojums ir elektromagnētiskie viļņi, kuru viļņa garums ir no 700 nm – 1 mm. IS starojumu sauc arī par siltumstarošanu, jo ķermeņi istabas temperatūrā izstaro enerģiju ar šādu viļņu garumu. Visi sakarsēti ķermeņi izstaro nepārtrauktu infrasarkanu spektru, taču palielinoties temperatūrai, palielinās intensitāte un spektrā parādās augstākas frekvences komponenti. Pēc viļņa garuma IS starojumu iedala:

tuvajā 0.7 - 1.4 μm

vidējā 1.4 - 15 μm

tālajā 15 - 1000 μm .

IS stari ir īsviļņi, kas spēj iespiesties audos līdz 4 cm, izraisot siltuma sajūtu.

Kā jau zināms, jo augstāka ir identificējamā objekta temperatūra, jo lielāka izstarotā starojuma intensitāte, kas nosaka lielāku kontrastu termogrammā.

Infrasarkano staru identificēšana iespējama ar detektoriem. Parasti kamerās iebūvētie detektori strādā viļņu garuma intervālā no 3 – 5 μm (augstas temperatūras objektiem) un 8 – 13 μm (berzes un cilvēku ķermeņu radītā siltuma identificēšanai, šajā joslā iespējams redzēt arī viena karavīra termogrammu, objekti tiek konstatēti ar tiem raksturīgo siltumenerģiju, ko tie izstaro vai atstaro). Pamatā ir divas kā samazināt ķermeņa radīto siltumu – radīt vairāk izolējošu apģērbu - veidot atbilstoša dizaina tekstilmateriālu virsmu, kas samazina termiskā starojuma izstarošanu vai izmantot vairāk atstarojošus pārklājumus. Ļoti vēlama ir izstarošanās samazināšana, jo objekti vienmēr ir siltāki par apkārtējo vidi. Atstarošana tiek aprēķināta atkarībā no objekta izstarotās enerģijas Emissivity is a measure of object radiation energy of efficiency. Audumiem šis rādītājs atrodas intervālā no 0.92 – 0.98, spīdīgai metālu virsmai - no 0.04 – 0.12, tāpēc izstarošanas var samazināt, lietojot spožu atstarojošu pārsegu, taču tie traucē maskēties vizuāli un nav piemēroti apģērba izgatavošanai. Pētījumi ietver ne vien tikai siltumstarojumu maskējoša pārklājuma izgatavošanu, bet arī pietiekami elastīgu, kas netraucē veikt manevrus sarežģītas kaujas operācijas apstākļos [10].

Nozīmīgākie tos raksturojošie parametri ir IS staru absorbcijas spēja un mehāniskā jutība (sensitivity), lai uzlabotu to spēju absorbēt starojumu, ierīce būtu kompaktāka, uzlabotu tās tehnoloģiskās iespējas (palielinātu absorbcijas efektivitāti), nepieciešams izmantot nanoizmēru biezuma pārklājumus [11].

Sākotnēji šos pārklājumus gatavoja no metāliem, taču tie nespēja nodrošināt pilnīgu absorbciju (dažādi metāli absorbē atšķirīgu viļņu garumu joslu), kā arī tiem nebija temperatūras stabilitāte [12].

Tāpēc, paplašinoties pētījumiem, tiek meklēti risinājumi pārklājumu pilnveidošanai ar nanoizmēra struktūru. Nanometru pulvera daļiņu izmērs ir ļoti mazs, un tam piemīt elektromagnētisko viļņu absorbcijas īpašības, tie spēj absorbēt dažāda viļņu garuma un IS starojumu, piem., no radaru stariem. Tāpēc ar nanodaļiņām modificēti pārklājumi ir ļoti nozīmīgi militārā tehnoloģijā. ASV ir veikti grafītu saturošu

pārklājumu pētījumi, kuru rezultātā iegūtais materiāls spēj absorbēt pat 99 %. Šādi pārklājumi ir piemēroti lidaparātiem, karakuģiem, zemūdenēm un ieroču jomā. Nanostruktūras saturošu pārklājumu priekšrocībā ir to absorbcijas spēja plašā joslā [13].

Izmantojot nanomateriālus, ir iespēja iegūt kompozītus, kas neļauj radaram identificēt objektus. Piemēram, Zviedrijā ir izstrādāta tehnoloģija, kas paredz vairāku slāņu oglekļa šķiedru izmantošanu kuģa korpusu izgatavošanā, kā rezultātā ir iespējams būtiski samazināt masu un ļauj pārvadāt smagākas kravas. Vēl viena no priekšrocībām, ir spēja absorbēt radara viļņus, samazinot magnētisko lauku (piem., magnētiskās mīnas) [14].

III. SECINĀJUMI

Lai pilnveidotu karavīra individuālā ekipējuma un bruņojuma funkcijas, ir nepieciešami jaunu materiālu un pārklājumu pētījumi. Viena no aktuālākajām problēmām ir ekipējuma svars, kas būtiski samazina vienības mobilitāti un kaujas spējas. Kā viens no iespējamajiem risinājumiem tiek piedāvāta jaunu nanoizmēra struktūras materiālu un kompozītu izstrāde, kā rezultātā ir iespēja uzlabot mehāniskās, fizikālās, optiskās u.c. īpašības.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] K. Arivalagan, S. Ravichandran, K. Rangasamy, E.Karthikeyan, "Nanomaterials and its Potential Applications," International Journal of ChemTech Research, vol. 3, no. 2, 2011, pp. 534-538.
- [2] Online, <https://www.nanosonic.com/29/nanocomposites.html>
- [3] D. K. Kharat, H. Muthurajan and B. Praveenkumar, "Present and Futuristic Military Applications of Nanodevices," Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic and Nano-Metal Chemistry, 36, 2006, pp. 231-235 DOI: 10.1080/15533170500524801.
- [4] D. Shuchun, "Research on Nano Materials in the Chemical Aspects," Applied Mechanics and Materials, vol. 484-485, 2014, pp.118-121.
- [5] M. Czerwinska, "Military nanomaterials applications," Chemik, nr. 6 (68) 2014, pp. 536-543.
- [6] M. Tita, E. Cretu, "Nanotubes application in Military domain," Online, <http://megabyte.utm.ro/en/articole/2006/NanotubesApplicationInMilitryDomain.pdf>
- [7] A. Klimpel, K. Luksa, M. Burda, "Structure and properties of GMA surfaced armour plates," Archives of Materials Science and Engineering, vol. 43, issue 2, 2010, pp. 109-116.
- [8] QwikConnect, vol. 19, nr. 1, 2015, pp. 5-6.
- [9] Online, <http://www.heubachcolor.de/fileadmin/documents/downloads/Brochures/HEUCODUR%20IR.pdf>
- [10] V. Rubežiene, I. Padleckiene, S. Varnaite-Žuravliova, J. Baltušnikaitė, "Reduction of Thermal Signature Using Fabrics with Conductive Additives," Materials Science, vol. 19, no. 4, 2013, pp. 409-414.
- [11] Y. Zheng, X. Yu, M. Yuan, K. Yu, "Infrared Enhanced Absorption of TiNx Nano Films," Proceedings of the 2011 6th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, 2011, Kaohsiung, Taiwan, pp. 425-428.
- [12] V. J. Gokhale, O. A. Shenderova, G. E. McGuire, M. Rais-Zadeh, "Infrared Absorption Properties of Carbon Nanotube/Nanodiamond Based Thin Film Coatings," Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 23, no. 1, 2014, pp. 191-197.
- [13] C. Chao, "Study of a New Type of Nanometer Materials in Interior Design," Applied Mechanics and Materials, vol. 484-485, 2014, pp. 43-46.
- [14] F. M. Nakhaee, M. B. Omran, "Studying Nano Composite Applications in Industries," GMP Review, ISSN: 1476-4547, 2015(3), pp. 576-583.

Margarita Karpe, Mg.sc.ing., 2006, Riga Technical University, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry. Main scientific interests are related to inorganic nanoscale materials and their thin coatings. E-mail: marga7@inbox.lv. Address: P. Valdena Str. 3/7, LV-1048, Riga, Latvia

Laimons Timma, Mg.sc.ing., Riga Technical University, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry. Researcher at Institute of Silicate Materials. E-mail: laimons@ktf.rtu.lv. Address: P. Valdena 3/7, LV-1048, Riga, Latvia

M. Karpe, L. Timma. Nanomaterials used in Military Technology.

Nanomaterials are defined as materials with at least one external dimension in the size range from approximately 1-100 nanometers. Nanoparticles are objects with all three external dimensions at the nanoscale. Engineered nanoparticles are intentionally produced and designed with very specific properties related to chemistry, size, shape, surface properties. These properties are reflected in powders or colloids. Nanoparticle research is currently the most studied branch of science with the number of uses of nanoparticles in various fields of military technology. The particles have wide variety of potential applications in optical, electronic fields, sensors, thin coatings, robots, intelligent apparel systems and explosives. Often, the behavior of nanomaterials may depend more on surface area than particle composition itself. Relative-surface area is one of the principal factors that enhance its reactivity, strength and electrical properties. Nanomaterials can be designed at the atomic level, lending more control over their properties, and making them better suited to their desired purpose. Today nanomaterials are used in many of the world's most powerful armies. Nano composite can have wide applications due to its favorable properties. So using nanocomposites and building materials with new properties can require many of the marine and military industries. Nanomaterials can be designed to create exceptionally strong armor, ballistic body and vehicle armor, for example, is made from an aluminum alloy combined with carbon nanotubes. The ballistic armor plate is multi-impact capable, durable, lightweight, and available now.