

Szmolnik Laura*

A nanotechnológia hatása a robotika és a katonai robotok fejlődésére

A XXI. századi technológiai fejlődés a tudomány minden egyes területére hatással van, amelynek köszönhetően folyamatosan jelennek meg a korszerű technikai megoldások alkalmazására épülő új, kiaknázásra váró tudományterületek. Ami pár évtizeddel ezelőtt még csak a tudományos fantasztikus művek világában létezhetett, az napjainkra valósággá vált vagy a közeljövőben azzá válhat. A mai modern technológiák már olyan műszaki alapokon nyugszanak, melyek évekkel, évtizedekkel ezelőtt még úttörőnek számítottak a tudomány világában. Ide sorolható például a számítógép-technológia fejlődése, a számítási és adattároló kapacitások rohamos növekedése, az információ-továbbítás sebességének emelkedése és nem utolsósorban az elektronikai alkatrészek méretének csökkenése, integráltságának növekedése. Ezen területeket egyaránt forradalmasítva született meg a nanotechnológia, amely számos vívmányával, különböző újabbnál újabb eredményeivel, ezen belül pedig új módszerekkel bővítette a tudomány és technika eszköztárát. Egy másik aranykorát élő tudományág a robotika, amely eredménytermékein keresztül napjainkra szinte teljesen beszívargott minden napjainkba, otthonunkba, munkahelyünkre, illetve hatást gyakorolt más tudományos területekre.

A robotika fejlődése során, más területeken létrehozott technológiák is egyre nagyobb arányban kerültek, kerülnek és kerülhetnek integrálásra, mint például a nanotechnológia, vagy a kvantumtechnológia. A korszerű robotok, ezek eredményeinek felhasználásával több szempontból is hatékonyabbak, eredményesebbek lehetnek, míg alkalmazási lehetőségeik spektruma tovább szélesedhet. A különböző technológiák ötvöztetésével, kombinált felhasználásával minden korábbinál realizálhatóbb humanoid robotok is létrejöhetnek, de az egyes kapcsolódó részterületeken is új lehetőségek nyílnak, mint például az energiatárolók fejlesztése, a robotok mozgáskoordinációjának javítása, vagy akár az adatkapcsolatok sebességének növelése.

Sokan azt feltételezik, hogy egy idő után a technika a nanotechnológia segítségével sem lesz már képes kisebb alkatrészeket, így egyre kisebb eszközöket gyártani.

Ugyanakkor az átlagemberek számára már az is elképzelhetetlennek tűnik, hogy az anyagok elemi részekre történő felbontásával és szerkezetük „újraépítésével”, átalakításával új anyagok hozhatók létre. Ennek ellenére a napvilágot látó publikációk tanúsága szerint a nanotechnológia aranykorát éli, sorra jelennek meg a területen kiaknázásra váró eljárások, az ezek segítségével megvalósított újítások, amelyek aztán újabb kutatásokat generálnak és újabb alkalmazási lehetőségek megjelenéséhez vezetnek.

A nanotechnológia előnyei közül, a katonai alkalmazások szempontjából is kétségtelenül a méretbeli csökkentés, és az ellenálló képesség növelésének lehetősége az egyik legjelentősebb, amely jelentősen megnöveli a haditechnikai eszközök tervezésének szabadságfokát, hiszen a fizikai mérettel többek között csökken a tömeg és az energiaszükséglet, valamint fokozható a berendezések integráltsági foka, komplexitása és védelme, ezáltal elősegítve a mobilitás fokozását, új funkciók kialakításának lehetőségét, valamint a redundancia növelésével a berendezések megbízhatóságát.

A NANOTECHNOLÓGIA ÉS ROBOTIKA KAPCSOLATA

A nanotechnológia – mint az anyagtudományok egyik kiemelt területét képviselő tudomány – folyamatos fejlődése új dimenziókat nyitott meg az elmúlt évtizedekben. Számos olyan újítást, eszközt, alkatrészt vagy akár módszert hoztak létre segítségével, amely forradalmasított több más tudományterületen zajló kutatást. Kiemelendő ezek közül az orvostudomány, ahol nagyszámú nanotechnológián alapuló szerkezet, gyógyszer vagy akár élő sejt került megalkotásra, amelyek segítségével a tudósok olyan világméretű problémákra keresnek hatékony megoldást, mint a rák gyógyítása, a műtétek invazivitásának csökkentése, vagy a teljesítőképesség növelése. A másik említést érdemlő, és mindenki számára jól látható terület az elektronika. Kezdve a legegyszerűbb alkatrészekről (kondenzátorok, ellenállá-

ÖSSZEFOGLALÁS: A XXI. századi technológiai fejlődés számos modern tudományágat hívott életre a kutatások során. Ilyen tudományág például a nanotechnológia és a kvantumtechnológia. De mi történik akkor, ha egy régebbre gyökerező, azonban jelentős mértékben fejlődő tudományággal alkot fúziót egy ilyen modern tudományág? Az erre a kérdésre adható potenciális válaszokkal szolgál a cikk, amely a katonai területen zajló jelenlegi eredményekre és perspektívákra elképzelésekre mutat a nanotechnológia és robotika kapcsolatára specializálódva.

KULCSSZAVAK: nanotechnológia, robotika, modern tudomány, nanorobot, szén nanocső

ABSTRACT: Technological progress in the 21st century established many modern disciplines in the course of research activities. Such disciplines include nanotechnology and quantum technology. But what happens if such a modern discipline merges in a more ancient, but highly evolving discipline? The article provides potential answers to this question, pointing to current results and perspectives in the military field, particularly to relation between nanotechnology and robotics.

KEY WORDS: nanotechnology, robotics, modern science, nanorobot, carbon nanotube

* Hadnagy. MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis, ORCID: 0000-0002-7358-8875

sok) a bonyolultabb elektronikai eszközökig (speciális akkumulátorok, tranzisztorok, chippek, szenzorok), egyre nagyobb szerepet kap a nanotechnológia, amelynek pozitív hatása többek között a különböző eszközök miniaturizációján keresztül realizálódik. A fentiek eredményeihez is közvetlenül kapcsolódva a robotika az a tudományterület, amelynek csaknem minden részterületén felhasználhatóak a nanotechnológia vívmányai. Nem véletlen tehát, hogy ez az a két terület, amelynek kutatásába és fejlesztésébe majdnem minden fejlett, vagy fejlődő ország igyekszik befektetni. E két tudomány összefonódásának köszönhetően olyan eszközök és módszerek alakulhatnak ki a jövőben, amelyek óriási előrelépést jelenthetnek a tudomány világában, a haditechnikában, majd később a mindennapi élet szintjén is.

NANOROBOTOK NAPJAINKBAN

A nanotechnológia és robotika direkt fúziójából született meg a „nanobot” fogalom, amely a 100 nanométernél kisebb eszközökre használatos. Ezek alkalmazására számtalan futurisztikus, filmbe illő ötlet született meg, amelyek nagy része azonban valóban csak a filmvásznon létezik, és semmilyen tudományos alapra nem támaszkodik. Több kutató is tett már olyan nyilatkozatokat, amely szerint 2030-ra az agyunk felhő alapú tárhellyel fog rendelkezni, ami – elméletben talán megvalósítható –, a gyakorlati alkalmazások lehetőségétől ezek a tervek azonban még messze állnak. [1] A nanobotok tervezése a gyakorlatban ma még kimondottan bonyolult és jelenleg is folyamatos kutatás alatt álló terület.

A XXI. századi orvostudomány ugyanakkor hatalmas előrelépésnek tekinti a nanotechnológia becsatornázását a gyógyításba, vagy az emberi képesség dimenzióinak kiterjesztésébe. Jelenleg is zajlanak olyan kutatások a témában, amelyek során a fő hangsúlyt a parányi méretű, testben alkalmazható robotok kifejlesztésére helyezik. Az idén nyilvánosságra hozott változat egy rizsszem méretű, körülbelül 4 mm hosszú miniatűr robot, amely hernyószerű, mégis komplex mozgássorozatok végrehajtására képes.

A hernyószerű mozgás mellett képes járni, csúszni, ugrani, sőt úszni is, vagy képes akár mindenféle probléma nélkül nedves környezetből szárazba, vagy szárazból nedvesbe átjutni. A robot különlegessége, hogy nincsenek végtagjai, amelyek a mozgását segítenék, hanem a kutatók által keltett mágneses mező változtatásával tudják befolyásolni a szerkezetet felépítő részecskék orientációját, ezáltal mozgásra bírva azt. A cél, hogy a miniatűr robot képes legyen az emberi testben mozogni és navigálni, ezáltal például elérhetetlennek tűnő helyekre képes lenne gyógyszereket eljuttatni, feltéve, hogy képessé válik a gyógyszerek fogására, szállítására majd a megfelelő helyen való elengedésére. Eddig még csak mesterséges gyomorszöveten és csirkeszöveten tesztelték, de a kutatók pozitívan állnak hozzá a későbbi emberi testben való alkalmazás lehetőségéhez is. Az 1. ábrán a robot mozgását figyelhetjük meg. [2]

A NANOTECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSI TERÜLETEI A ROBOTIKÁBAN

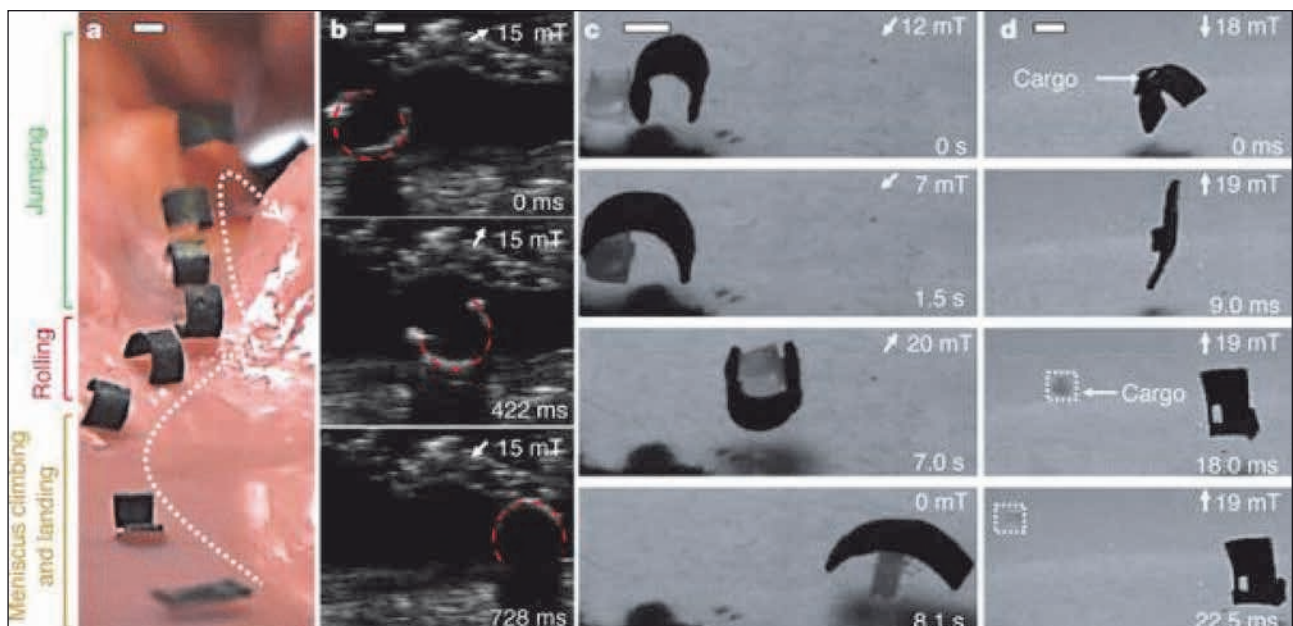
Az orvostudományon kívül máig nem alkottak még más területeken nanoméretű robotokat, így a nanotechnológia és robotika kapcsolatának vizsgálatát más szempontból érdemes elvégezni. A két terület kapcsolódási pontjai a következők lehetnek:

- energiatárolás hatékonysága;
- szerkezeti elemek fizikai tulajdonságainak javítása;
- a mozgás dinamikájának javítása;
- szenzorrendszerek hatékonysága;
- adatfeldolgozás és továbbítás sebessége;
- alkatrészek méretének, tömegének csökkentése.

ENERGIATÁROLÁS

Soha nem volt még akkora igény olcsó és a korábbiaknál nagyobb teljesítményű akkumulátorokra, mint napjainkban, hiszen az életünknek egyre nagyobb arányban válnak részévé a korszerű mobil technikai eszközök, amelyek működéséhez elengedhetetlenek a mobil áramforrások.

1. ábra. A miniatűr robot és mozgása



Egy robot szempontjából is igen fontos kérdés az energia-tároló-képesség minél magasabb szintre emelése, hiszen ez alapjaiban határozza meg az egy feltöltéssel elérhető üzemidőt. Már a robot „agyát” jelentő számítógépes feldolgozó egység is jelentős energiát használ fel működése során, ugyanakkor ezen felül természetesen minden más működési funkció, a fizikai helyváltoztatás feltételeinek biztosítása is igényli a stabil és tartós áramforrást. Elmondható tehát, hogy az energiatárolók kapacitásának növelése, működésük optimalizálása kiemelt feladat, sőt kritikus kérdéskör a robotikai fejlesztések területén. Erre a problémára a nanotechnológia többféle megoldást is kínál. A robotok esetében fontos az energiatárolók (akkumulátorok) méretének csökkentése, amellyel többek között a mozgás dinamikája is javítható, hiszen kisebb teher van jelen a roboton, és annak elhelyezése tekintetében nagyobb lesz a tervezés szabadságfoka. Továbbá lényeges az akkumulátorok kapacitásának növelése, mivel az egyre komplexebb és több feladatot ellátó rendszereknek több energiára van szüksége. A nanotechnológián alapuló akkumulátorok mindkét területen javíthatnak a rendszer működési paraméterein. Az Egyesült Államok élen jár a nanotechnológiás kutatásokban és fejlesztésekben, így az akkumulátorfejlesztés sikeres termékei leggyakrabban amerikai kutatók nevéhez fűződnek. A Marylandi Egyetem kutatóinak sikerült egy olyan akkumulátort fejleszteniük, amely egy bélyegméretű, ultravékony kerámialapból áll. Ez egymilliárd apró, hálózatba kötött lyukat tartalmaz, ezekben valósul meg az elektromos energia tárolása. A rendszer igen rövid idő alatt (kb. 12 perc) alatt feltölthető, és ezer töltési ciklust bír az akkumulátor kapacitásának jelentősebb romlása nélkül. A gyors töltést az teszi lehetővé, hogy méretéből adódóan a töltéseknek nagyon rövid távokat kell megtennie az anyagban. [3] A mai akkumulátorok többségében a villamos energia kémiai energia formájában tárolódik. Ezekben az energiatárolókban az anód grafitból készült, míg a nanotechnológián alapuló akkumulátorokban a grafitot egy szilícium nanorészecskéket tartalmazó szén kompozittal helyettesítik. Ez a nanokompozit nem tartozik a költséges anyagok közé, hiszen egy önszervező, bottom-up technológiával készül, amely mellett, hogy egyszerű, költséghatékony is. Az így létrehozott anódok felülete, azonos térfogat mellett akár ötszörösére növelhető a hagyományos grafit anódhoz képest, így az akkumulátor terhelhetőségének növelését, illetve a feltöltés gyorsítását is el lehet érni. [4] Szintén az Egyesült Államok területén, a Stanford Egyetemen egy kutatócsoport egy tisztán lítiumos akkumulátoron dolgozik, amelyben az elektroliton túl az anód is lítium ionokból áll. Ezzel a fejlesztéssel kezdetben egy jelentős probléma adódott, mivel az anyag a töltődés közben jelentős táguláson megy keresztül. Ennek a jelenségnek a kezelése mindamellett, hogy komoly nehézséget okozott, rongálja az akkumulátor hatékonyságát és csökkenti élettartamát. Ezt a nehézséget végül sikerült áthidalni a kutatóknak, és 1-2 éven belül piacra kerülhet az új áramforrás, aminek használatával okostelefonjaink egy feltöltéssel akár háromszor hosszabb ideig működhetnek majd, míg az elektromos járművek hatótávolsága akár háromszorosára is növekedhet. [3] Ezek a nanotechnológián alapuló akkumulátorok a jövőben új lendületet adhatnak a robottechnikai fejlesztéseknek és a katonai célú eszközökben való alkalmazhatóságukban is nagy potenciál rejlik. Használatukkal könnyebb, mozgékonyabb, nagyobb teherbírási és kapacitási, hosszú üzemidejű célrobotok állíthatók elő a legkülönbözőbb katonai feladatok végrehajtásának hatékonyságnövelése érdekében.



2. ábra. Nanotechnológián alapuló akkumulátor

A hagyományos akkumulátorok működési elvén alapuló energiatárolókra kívül megjelentek egyéb speciális eszközök is, amelyek közül kiemelhető a „szuperkondenzátor” nevű alkatrész. Maga az eszköz két lemez közé telepített szén nanocső-erdőből áll, amely működésének alapja, hogy a nanoszerkezetű csövek nagyon gyorsan képesek leadni az energiát, rendkívül rövid idő (pár másodperc/perc) alatt képesek elvégezni azt a munkát, amely egy akkumulátor számára több órát is jelentene. Egyik előnyük az, hogy a hagyományos akkumulátoroknál több tízszeres töltési ciklust képesek elviselni károsodás nélkül, azonban hátrányuk, hogy nem képesek hosszú ideig energiát tárolni. Ennek felső korlátja jelenleg egy hónap. Speciális tulajdonságai miatt a robotikában ez az alkatrész alkalmazható lenne memóriák biztonsági áramforrásoként, továbbá a jelenlegi polgári felhasználáshoz hasonlóan a mozgás, illetve fékezés közben megtermelt többletenergia tárolására, illetve szükség esetén rövid idő alatti visszatáplálására. Ilyenek lehetnek a dinamikus manőverek, vagy a gyorsulás fokozását igénylő műveletek, esetleg a speciális fegyverrendszerek működtetéséhez szükséges többletenergia-igény. A szuperkondenzátorok a hibrid, valamint elektronikus hajtású repülőeszközöknél is nagy szolgálatot tehetnek majd a jövőben, így az UAV-k esetén is felhasználhatóvá válhatnak. [4]

Fiatalkutatói terület még az energiatárolás területén az úgynevezett öngyógyító akkumulátor, amely sérülése esetén olyan szinten képes regenerálni magát, hogy működése érdemben nem változik. Az ilyen jellegű energiatárolók felhasználása elsősorban a katonai felszerelésbe integrált áramforrások esetén lehet indokolt, de valójában bármilyen katonai célú fejlesztés esetén hasznosnak bizonyulhat, hiszen drasztikusan növelheti az eszközök, illetve a katonai túlélési esélyeit. [4]

3. ábra. Szuperkondenzátorok



MECHANIKAI VÁZSZERKEZETEK, TESTPÁNCÉLOK

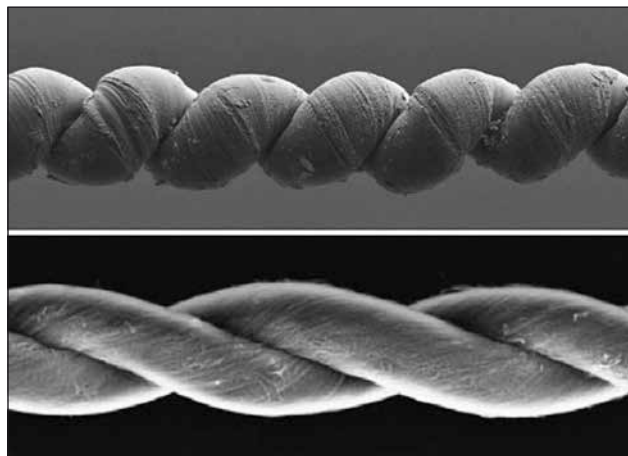
A robotok tartós és ellenálló mechanikai rendszerének fontos alappillére a megfelelő minőségű anyagok kiválasztása és felhasználása. A komplex feladatok ellátására törekvő igények egyre szilárdabb, mégis könnyű anyagokat kívánnak. Az ilyen célokra felhasználható anyagokban igazán nagy potenciál rejlik, amelyek fontos alkotóelemei a szén nanocsövek lehetnek. A szén nanocsövek számos pozitív tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek közül a robotika szempontjából fontos, hogy rendkívül nagy a szakítószilárdságuk (az acél szakítószilárdságának közel húszszoros), egyedülállóan rugalmasak, azaz amíg a fémek szinte azonnal törnek, addig a szén nanocsövek különböző szögekben hajlíthatók, majd képesek újra felvenni eredeti alakjukat. Sajnos a nanocsövekkel kapcsolatban a legnagyobb hátrány, hogy jelenleg igen magas az áruk, mivel a nagy tömegben történő előállításukhoz szükséges technológia még nem létezik, így a beszerzés nehéz feladatnak bizonyulhat. Ennek ellenére perspektivikus felhasználásuk a robotok mechanikai szerkezeti elemeinek előállításánál, vagy az emberi mozgást, teherhordó képességet növelő exoszkeletonoknál, illetve testpáncélok esetén is indokolt lehet. A 4. ábrán az „Iron Man” elnevezésű, nanotechnológián alapuló testpáncél tervét láthatjuk, amelynek egyes elemei akár robotok külső vázába is beépíthetővé válhatnak.



4. ábra. Az „Iron Man” páncél mintája és gyakorlati alkalmazási módja

A MOZGÁS DINAMIZÁLÁSA

A gépek mozgásának megkönnyítése, a természetben előforduló mozgásformákhoz közelítése szintén fontos aspektust jelent a robotfejlesztések területén. Ez első megközelítésben főként a humanoid típusú robotok mozgásának finomításakor, a nehéz terepen közlekedő, illetve nehéz anyagokat mozgó, vagy precíziós műveleteket végrehajtó robotok esetén bizonyulhat fontosnak. Ezekre nyújthat megoldást az emberi izomszövetre nagymértékben hasonlító



5. ábra. Mesterséges izomszövet feszített és elernyedt állapota

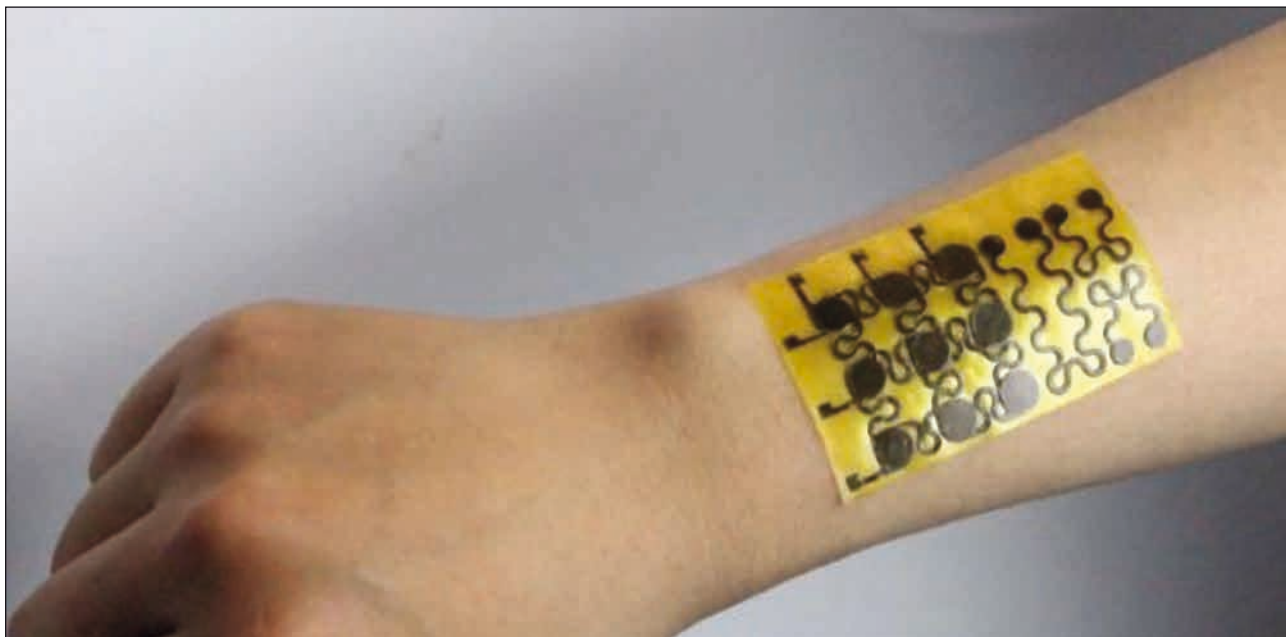
műizomszövet, amelyet a Columbia Egyetemen fejlesztettek ki. Ez a műizomszövet olyan szálakból áll, amelyek összesodort paraffinviasszal töltött szén nanocsöveket tartalmaznak, ezek 200-szor erősebbek az emberi izomnál. [4] A viasz hő vagy elektromosság hatására lágyulni kezd, így összehúzódásra készíti a szén nanocsöveket. A működéséhez szükséges energiát külső áramforrásból, vagy akár a környezet hőjéből is lehet fedezni. A mesterséges izmokban rejlő lehetőségek határtalanok, hiszen tetszőleges méretű és szerkezetű izomszövet építhető fel alkalmazással. Jelenleg a mesterséges izmok magas hőmérsékleten működnek optimálisan, ugyanakkor az ennek a korlátnak a lebontását célzó kutatások jelenleg is nagy erőfeszítések mellett zajlanak. [5]

A mozgás finomításához kapcsolódóan zajlik a megfelelő anyagú és időtálló, belső mozgást segítő alkatrészek fejlesztése. A szén nanocsöveket tartalmazó anyagok szintén megoldást kínálhatnak például a csuklós alkatrészek helyettesítésére is, amellyel nagy lépést tehetnénk a robotok mozgásának az élőlények mozgásához történő közelítése területén.

SENZOROK

A robotokon elhelyezett, a környezet érzékelését és a vezérlést segítő szenzorrendszerek kiemelten fontos szerepet játszanak azok működésében. A szenzorok érzékenysége növelése, valamint méretük csökkentése jelentős hatást gyakorolhat a robottechnikai kutatásokra. A katonai robotokon alkalmazott szenzoroknak számos kritériumnak kell megfelelniük, hiszen gyakran speciális és nagy precíziást igénylő feladatok ellátására használják azokat, akár szélsőséges körülmények között is. A környezeti hatások érzékelésében jelenleg három olyan irányzat figyelhető meg, amelyek fejlesztésére nagy hangsúlyt fektetnek a kutatók. Ezek a nyomás-, hő- és gázérzékelő szenzorok, amelyek természetesen nem csak a robotikában kerülhetnek felhasználásra, gyakran megjelennek az orvostudományban, illetve különböző egyéb területen végzett monitorozási feladatok során is. A nyomásérzékelő szenzorok felhasználására robotok esetén az úgynevezett „e-bőr” jelenheti. A mesterséges bőr kialakítása az elmúlt évtized egyik megoldásra váró problémája volt, hiszen a robotok tapintása nem volt elég fejlett, csak rendkívül bonyolult szabályozási folyamatokkal lehetett elérni például az optimális „fogási képességet”. Az „e-bőr” gyakorlatilag egy





6. ábra. Mesterséges bőr („e-bőr”)

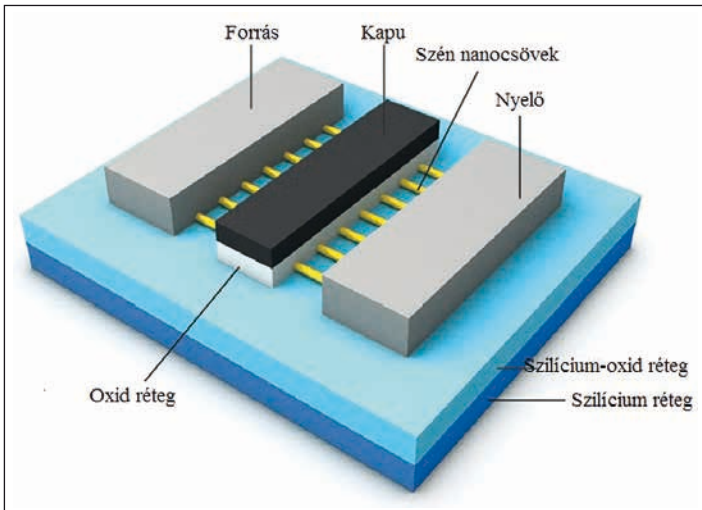
germániumból és szilíciumból álló nanocsőmátrix, amelyet poliamid filmre visznek fel. Ezekből nanoméretű tranzisztorokat hoznak létre és vonnak be nyomásérzékeny gumi- anyaggal. Az így megalkotott mesterséges bőr képes 0 és 15 kPa közötti nyomást érzékelni. Az „e-bőr” továbbfejlesztése jelenleg is zajlik, hiszen a tudósok szeretnék más szenzorokkal kiegészítve képessé tenni akár radioaktív anyagok érzékelésére, később pedig a robotikán kívül az orvostudomány szolgálatába is állítani. [6] 2018-ra eljutottak a kutatók odáig, hogy a mesterséges bőr – amely ezüst nanorészecskékből és polimerből áll – teljesen öngyógyuló és újrahasznosítható, és közel úgy érzékeli a nyomást, a hőmérsékletet és a rezgést, mint az emberi bőrszövet. Ez hatalmas előrelépést jelent, hiszen már az is nagy jelentőségű, hogy egy béteszitter-robot képes érintéssel, hőmérő nélkül érzékelni a rábízott gyermek testhőmérsékletét. Az így kifejlesztett bőr nemcsak a robotoknál lehet hasznos, hanem végtagprotézisekre helyezve is nagy szolgálatot tehet majd az emberi érzékelés helyreállításával. [7]

A következő fontos szenzortípus a hőérzékelő szenzoroké, amelyek mind külső, mind belső hőmérséklet mérésre és szabályozásra is használhatóak. Ilyen szenzorok a Morpho lepke szárnyainak fényvisszaverő és hőre színváltoztató tulajdonságain alapuló detektorok, amelyek képesek a hőmérsékletet érzékelni és vizuálisan visszajelezni azt. Az érzékelőt számos területen felhasználhatják, segítségével olyan szenzorok válhatnak alkalmazhatóvá, amelyek képesek harcanyagokat és robbanószereket érzékelni. (Az ilyen detektor például egy tűzszerező robot esetén bizonyulhat nagyon hasznosnak. [8]) A harmadik jelentős típus a gázérzékelő szenzoroké, amelyek főként különböző fenyegetés- és veszélyjelző megoldásokban alkalmazhatók. Ezt a szenzort a külső környezetben hirtelen megjelenő (akár kis koncentrációjú) gázok érzékelésére és azonosítására használják. Az ilyen szenzorok egyik fajtája a szén nanocsövek azon tulajdonságát használja fel, hogy a nanocsövek bizonyos légnemű anyagok hatására (pl. ammónia, nitrogén-dioxid stb.) megváltoztatják vezetőképességüket, amelyet egyszerűen lehet mérni. Ezzel a technológiával nagy érzékenységű szenzorok is létrehozhatók, amelyek képesek akár 20-30 másodperc alatt felismerni a

fenyegetettséget. Ezek a szenzorok szintén helyet kaphatnának különböző harci robotok, felderítő drónok használatában. [4]

AZ ADATFELDOLGOZÁS GYORSÍTÁSA

A robot irányítórendszere alapvetően a szenzorok által szolgáltatott nagymennyiségű adatra támaszkodik, így kiemelt feladat annak minél gyorsabb rendszerezése, feldolgozása és kiértékelése, azaz a robot „gondolkodásának” gyorsítása a helyes döntések gyorsabb meghozatala érdekében. Az adatfeldolgozás a robot „agyában”, azaz az ott elhelyezkedő számítógépeken megy végbe. Az ezeket felépítő különböző alkatrészek tulajdonságai nagyban meghatározzák a gépek számítási kapacitását, azaz ezek javításával gyorsítható a feldolgozás folyamata. A nanotechnológián alapuló eszközök nagy részéről elmondható, hogy kis méretüknek köszönhetően az adott részecskének rövidebb utat kell bejárniuk. Ez igaz a szén nanocső alapú tranzisztorokból felépülő áramkörökre is, amelyek ötször gyorsabban képesek elvégezni ugyanazon műveleteket, mint a szilíciumalapú tranzisztorokból álló eszközök, így kevesebb energiára van szükségük a működéshez. A szén nanocsövek kis mérete lehetővé teszi, hogy az adott jel gyorsabban haladjon végig egy adott jelfeldolgozási láncban, amelynek eredményeképp a vezetékes kommunikáció során adatátviteli sebesség, csatornkapacitás növekedés következik be. A 2012-ben megalkotott szén nanocső alapú tranzisztor 9 nanométeres méretével 100-szor kisebb, mint egy hagyományos szilícium alapú tranzisztor. Így nemcsak az adatfeldolgozás gyorsítható, hanem a robot elektronikájának mérete, tömege és fogyasztása is csökkenthető. [4] A szingapúri Nemzeti Egyetem kutatói 2017-re kifejlesztettek egy teljesen új konstrukciót. A nagy sebességű vezetett adattovábbítás fizikai mechanizmusát a mai rendszerek túlnyomó részében a fényterjedés tulajdonságai határozzák meg, ugyanakkor a fotonok viszonylag nagy részecskék. A fotonok helyett más részecske alkalmazásával csökkenthető lenne az elektronikai eszközök mérete, és a megfelelő anyag használatával az adatátvitel



7. ábra CNT alapú tranzisztor felépítése

sebessége is növelhető lehetne. Erre alkották meg a kutatók az új modellt, amelyben fotonok helyett plazmonokat használnak, amelyek a fotonokhoz hasonlóan szintén képesek fénysebességgel terjedni, de a folyamat során megnő a felbontás, vagyis egy-egy impulzusba több információ sűrítendő bele. Az egyetlen probléma a plazmonokkal kapcsolatban az adathordozásra való affinitásuk hiánya. Ennek a problémának a kiküszöbölésére alkottak Szingapúrban egy újfajta átalakítót, amely képes kiaknázni a plazmonok használata által jelentett előnyöket, miközben képessé válik magasabb frekvenciákon adattovábbításra. [9] Ezen eszköz segítségével a chippek sebessége tovább növelhető az energiafelhasználás csökkentése mellett.

ALKATRÉSZEK MÉRETÉNEK CSÖKKENTÉSE

A nanotechnológia alapjaiban változtatta meg az alkatrészeket, és ezáltal a különböző eszközök tulajdonságait. A számtalan pozitív jellemző mellett kiemelten fontos a méretbeli csökkenés jelentősége. A legalapvetőbb és legelemibb áramkörti elemek (ellenállások, kondenzátorok stb.) méretének redukálása is jelentős méretbeli csökkenést okozott különböző eszközökben (chipek, tranzisztorok, memóriák), így ezekből szintén kisebb méretű, komplex rendszereket lehet építeni. Ez a robotika szempontjából nagy jelentőségű, hiszen gyakran (főként katonai területen) beszélhetünk speciális rendeltetésű robotokról, amelyeknek kifejezetten hasznos a méretének csökkentése, sőt akár a roboton belüli alkatrészek méretének, így tömegének csökkentése, amellyel sokszor együtt jár a hasznos teher növelhetősége. A kisebb alkatrészek rendszerint kevesebb energiát igényelnek, ezáltal növelhető a robotok alkalmazásának ideje is. A méretcsökkentés fő kérdése az, hogy ez meddig mehet el, mi a határa az alkatrészek méretének. Erre a tudomány mai állása szerint igen nehéz lenne válaszolni, hiszen a nanotechnológián alapuló kutatásokban már néhány tucatnyi atomokból álló csoportok szintjén végzik kísérleteiket a tudósok, amely egy átlagember számára még ma is szinte elképzelhetetlennek tűnik.

ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapítható, hogy a robotika fejlődésének jelentős lendületet adtak a nanotechnológiai kutatások elmúlt évtize-

des eredményei, és számos, ma még kritikusnak számító problémára adhatnak választ a jövőben. Ezen perspektivikus megoldások katonai robotok fejlesztése során való mielőbbi felhasználása indokolt, mivel azok alkalmazásával egyre bonyolultabb feladatok végezhetőek el emberi életek kockáztatása nélkül, ami mára a korszerű hadviselési elvek egyik alaptételévé vált. A nanotechnológiának köszönhetően akár a legegyszerűbb robotok esetén is olyan jelentős változásokkal számolhatunk, ami korábban elképzelhetetlennek tűnt. Évtizedekkel ezelőtt a robotok ipari, majd katonai felhasználása is újdonságnak számított, mára pedig egy másik modern tudományággal való fuzionálásról beszélhetünk, amely teljesen új utakat nyit a tudomány számára. Sajnos a robotok széleskörű alkalmazása jelenleg még elsősorban a megfelelő gazdasági potenciállal rendelkező országokban jellemző, mint például az Amerikai Egyesült Államok, Oroszország vagy Kína. Ezekben az országokban jelentős K+F+I tevékenység folyik a kapcsolódó területeken is, így nagy valószínűséggel a nanotechnológia is lényegesen nagyobb szerephez jut a majd a jövőben, ami forradalmasíthatja a robotipart. A katonai területeken zajló fejlesztésekbe számos kisebb ország is szeretne kapcsolódni, és több európai országban folynak kutatások a területen. Remélhetőleg az eredmények, ha „kis” késéssel is, de megjelennek majd a szövetséges államok haderőinek eszköztárában is.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Száraz György: A nanobotok, az elme-kontroll és a transzhumanizmus, avagy a tudat jövője? 2014. <http://boldognapot.hu/blog/a-nanobotok-az-elme-kontroll-es-a-transzhumanizmus-avagy-a-tudat-jovoje/> [2018.03.12.];
- [2] Minimalista robot lesz a jövő sebésze? 2018. http://jelenbolajovobe.blog.hu/2018/02/02/minimalista_robot_lesz_a_jovo_sebesze [2018.03.12.];
- [3] Katona Balázs: Pár éven belül jöhetnek a nanoszerkezetű akkuk. 2014. <https://www.aku.info.hu/par-even-belul-johetnek-a-nanoszerkezetu-akkuk/> [2018.03.12.];
- [4] Szmolnik Laura: A nanotechnológia fejlődése és potenciális katonai alkalmazási lehetőségei, különös tekintettel az elektronikai hadviselés aspektusaira. TDK dolgozat, 2017.;
- [5] Mesterséges izom szén nanocsövekből, 2012. https://ipon.hu/magazin/cikk/mestersleges_izom_szen_nanocsovekbol/23063 [2018.03.14.];
- [6] Dajkó Pál: Elkészült a nanotechnológiával kialakított mesterséges bőr. IT Cafe, 2010. https://itcafe.hu/hir/e-skin_e-bor_berkeley_stanford_robot.html [2018.03.16.];
- [7] Tóth Balázs: Öngyógyító bőrt kapnak a robotok, index.hu, 2018. https://index.hu/tech/2018/02/12/ongyogyito_bortol_lesznek_emberibbek_a_robotok/ [2018.03.16.];
- [8] ELEKTRONet Online: Pillangóhatás - képkapító szenzorok nanotechnológiával. 2014. <https://www.elektro-net.hu/konstruktor/5404-pillangohatas-kepalkoto-szenzoroknanotechnologiaival> [2018.03.16.];
- [9] National University of Singapore: Breakthrough in ultra-fast data processing at nanoscale. 2017. <https://phys.org/news/2017-10-breakthrough-ultra-fast-nanoscale.html> [2018.03.20.].

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből.)