

Polimery elektroaktywne

Polimery elektroaktywne (w skrócie EAP, od ang. *electroactive polymers*) są to polimery, które pod wpływem napięcia elektrycznego zmieniają swój kształt lub rozmiar. Pod takim skrótowym określeniem kryje się cała rodzina materiałów, która ma szansę zrewolucjonizować rozwój układów motorycznych wykorzystywanych współcześnie w robotyce, ale także w medycynie jak i wielu dziedzinach życia codziennego. Ze względu na podobieństwo zasady działania do naturalnych ścięgien zyskały one miano sztucznych mięśni – która to nazwa wydaje się bardzo trafnie określać ich działanie oraz potencjalne zastosowania.

Działanie EAP można porównać do materiałów piezoelektrycznych – jednak tutaj to nie odkształcenie elementu powoduje powstanie napięcia elektrycznego, a odwrotnie. Za stosowaniem EAP przemawia między innymi ich możliwość do wywoływania naprężeń o dwa rzędy wielkości silniejszych w porównaniu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami takimi jak elektroaktywne materiały ceramiczne (EAC, ang. *electroactive ceramics*). Z kolei w porównaniu z materiałami z pamięcią kształtu (SMA, ang. *shape memory alloy*) cechują się krótszym czasem reakcji, mniejszą gęstością oraz lepszą sprężystością. Czynnikiem ograniczającym dla materiałów polimerowych wciąż pozostają stosunkowo niskie siły oddziaływania możliwe do osiągnięcia, gęstość energii mechanicznej (w przeliczeniu na jednostkę powierzchni) oraz mała odporność na uszkodzenia mechaniczne. Pomimo tych wad znajdują one już zastosowanie w medycynie (np. w sterowanie elementami sztucznych cewników), miniaturowych manipulatorach czy chwytakach.

Materiały EAP dzielą się na dwie podstawowe klasy – tzw. elektrostatyczne oraz jonowe, w zależności od mechanizmu wywołującego deformację. Dla pierwszej klasy działanie jest wywoływane przez siły oddziaływania elektrostatycznego między dwiema elektrodami, w wyniku której następuje kurczenie się materiału polimerowego. Ta klasa charakteryzuje się koniecznością stosowania wysokich napięć (rzędu 150MV/m), ale za to bardzo niskim poborem prądu. Ponadto nie jest wymagana moc elektryczna do utrzymania materiału w określonej pozycji – tzn. pozostaje on statyczny bez pobierania dodatkowej energii. Przy wykorzystaniu tego typu materiałów uzyskuje się stosunkowo duże siły oddziaływań.

Dla drugiej klasy materiałów działanie powodowane jest przez przemieszczanie jonów wewnątrz polimeru. Dla wywołania efektu wystarczają napięcia rzędu kilku voltów, jednak ta klasa cechuje się większym poborem mocy zarówno do wywołania przemieszczenia, jak i utrzymania materiału w określonej pozycji. Głównym kierunkiem oddziaływania jest zwijanie się, na którym uzyskuje się stosunkowo duże przemieszczenia, jednak siła i szybkość reakcji jest jednak mniejsza niż dla pierwszej klasy materiałów. Problemem pozostaje także konieczność utrzymywania takiego materiału w stanie nawilżenia, ponieważ tylko w takim środowisku może następować ruch jonów, który wywołuje efekt siły mechanicznej.

Z praktycznego punktu widzenia obecne materiały EAP (w formie najczęściej prezentowanej) to paski materiału polimerowego o szerokości około 1cm, długości kilku centymetrów i grubości paru milimetrów. W zależności do której z wyżej opisanych klas należą, pobudzone są one do działania przez elektrody zaczeplone do pasków i podłączone bądź to do źródeł niskiego napięcia (dla materiałów jonowych), bądź do kosztownych generatorów wysokiego napięcia (dla materiałów elektrostatycznych), które umieszczone są jednak w małych i zwartych obudowach. Ogólnie ujmując przed technologią EAP stoją cały czas nierozwiązane kwestie generowania większych sił z większą

sprawnością, problem większej niezawodności oraz odporności, jednak już teraz pojawiają się ciekawe aplikacje dla tych materiałów.

Jako zadanie testowe dla EAP w 1999 roku został zaproponowany przez Yesef'a Bar-Cohen'a pojedynek siłowania na rękę pomiędzy człowiekiem, a sztucznym ramieniem robota zbudowanym w oparciu o elektroaktywne polimery (AMERAH, ang. "Armwrestling Match of EAP Robotic Arm Against Human"). Wyzwanie to ma na celu stymulować rozwój badań na polu EAP oraz wzbudzić zainteresowanie społeczne jak i pozyskać potencjalnych sponsorów dla rozwoju technologii.

Pierwszy pojedynek AMERAH miał miejsce dopiero w marcu 2005 roku (czyli aż 6 lat po ogłoszeniu wyzwania). Odbył się on w ramach konferencji poświęconej efektorom i urządzeniom opartych na technologii EAP w San Diego. Swoich zawodników wystawiły trzy organizacje – dwie ze Stanów Zjednoczonych i jedna ze Szwajcarii. Przeciwnikiem była uczennica szkoły średniej, Panna Felsen, która zwyciężyła we wszystkich pojedynkach – najdłuższy z nich trwał 26 sekund, zaś pozostałe dwa zaledwie 4 sekundy i 3 sekundy. Nie jest to zdumiewający rezultat, ale dla porównania środowisko EAP przypomina, że pierwszy lot samolotem trwał jedynie 12 sekund!

Obecnie pojawiają się już pierwsze komercyjne produkty oparte na technologii EAP. Japońska firma EAMEX w swojej ofercie posiada m.in. miniaturowe soczewki optyczne, których położenie stabilizowane jest dzięki połączeniu z obudową miniaturowymi fragmentami EAP. Ich oczywistym zastosowaniem są miniaturowe aparaty fotograficzne jak choćby te stosowane obecnie w telefonach komórkowych, jednak z możliwością zmieniania parametrów ogniskowych bez stosowania układów mechanicznych. Dostępne są także mniej funkcjonalne, a mimo to ciekawe produkty, jak kartki z życzeniami wzbogacone o drobne elementy poruszane za pomocą materiałów EAP, czy akwaria ze sztucznymi rybkami poruszającymi się dzięki płetwom z EAP.

Prawdziwą przyszłością elektroaktywnych polimerów mogą być jednak już obecnie konstruowane prototypowe układy sztucznych dłoni czy sztucznych twarzy. Odejście od zajmujących dużo miejsca i niewygodnych w rozmieszczaniu elementów elektromechanicznych wydaje się konieczne dla uzyskania rzeczywiście bionaśladowczych tworów. Dodatkową zaletą EAP jest tutaj całkowicie bezgłośna praca – zupełnie jak w naturalnych mięśniach.

Materiały EAP mogą być także wykorzystane jako sensory – w tym zastosowaniu odwraca się ich rola, tzn. zamiast zmieniać położenie w reakcji na podanie zasilania mierzone jest energia elektryczna potrzebna do utrzymania fragmentu EAP w danej pozycji. Jako aplikacje można tutaj przytoczyć już istniejące czujniki ułożenia dłoni w formie rekawic – gdzie polimerowe paski zginają się w połączeniu ze zginaniem palców.

Kolejnym krokiem w zastosowaniach EAP jest połączenie ich funkcjonalności jako efektorów oraz sensorów do budowy wbrew pozorom skomplikowanego narzędzia, jakim jest sztuczna skóra. Możliwość przeplatania się fragmentów wykonawczych i czujnikowych oraz naturalna podatność cienkich błon polimerowych czynią materiały EAP obiecującym tworzywem do budowy zaawansowanych odpowiedników ludzkich dłoni.

Obecnie problemem dla technologii EAP pozostają wciąż stosunkowo niewielkie siły oddziaływań możliwe do uzyskania. Jednocześnie dla klasy materiałów elektrostatycznych problemem są duże wymagane napięcia zasilania (co stanowi blokadę ekonomiczną), zaś dla materiałów jonowych konieczność utrzymywania wilgotnego środowiska (co z kolei jest utrudnieniem praktycznym). Jednocześnie prowadzone są badania nad wykorzystaniem naturalnych materiałów – jak np. celulozy jako podkładu do produkcji EAP i w tej dziedzinie osiągnięto już obiecujące rezultaty. Aktualnie prezentowane aplikacje pokazują kierunki rozwoju i potencjalne dziedziny wdrożeń. Największe nadzieje wiązane są z zastosowaniem polimerów elektroaktywnych w robotyce oraz medycynie. Na rynku są już obecne pierwsze firmy produkujące EAP dla zastosowań komercyjnych. Nieodległa przyszłość pokaże, czy materiały EAP znajdą swoje miejsce w życiu codziennym tak, jak stało się to z innymi materiałami polimerowymi.