

WYDRUKUJ TO SOBIE!

O DRUGIM ŻYCIU STOPÓW Z ODZYSKU I WYMYŚLANIU
ZUPEŁNIE NOWYCH MATERIAŁÓW OPOWIADA
DR INŻ. RAFAŁ WRÓBLEWSKI



**Wydział Inżynierii
Materiałowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Inżynieria materiałowa to dość szerokie pole badań. Proszę opowiedzieć, czym zajmuje się Pana Zespół?

Zajmujemy się materiałami funkcjonalnymi, czyli takimi, które mają właściwości inne niż wytrzymałościowe, np. oddziałują na jakieś bodźce. Jedną z grup materiałów funkcjonalnych są materiały inteligentne. Przykładowo, w zapalniczce piezoelektrycznej jest materiał funkcjonalny: naciskamy i powstaje iskra. Za pomocą takich materiałów można też konwertować energię czy wytwarzać zewnętrzne pole magnetyczne.

Nasza grupa jest skupiona na materiałach magnetycznych, czyli takich gdzie pole magnetyczne jest albo generowane albo wykorzystywane. Na przykład zajmujemy się wytwarzaniem szkielec

metalicznych czyli stopów metali, ale o strukturze innej niż znakomita większość, czyli nie struktura krystaliczna, a amorficzna, tak jakby zamrożona ciecz. One też mogą mieć właściwości konstrukcyjne, na przykład odporność na ścieranie albo twardość, czy wytrzymałość, ale równocześnie mogą wykazywać właściwości funkcjonalne, czyli być podatne na pole magnetyczne lub nie, w zależności od tego, czy tego chcemy czy nie.

Czego dotyczą najnowsze prace badawcze Zespołu?

Nasz projekt w ramach priorytetowych Obszarów Badawczych PW dotyczy przygotowania materiałów pod technologie addytywne, czyli pod druk 3D. W szczególności chodzi nam o druk 3D za pomocą wiązki laserowej SLM, czyli Selective Laser Melting, selektywne przetapianie laserowe. Nakładamy warstwę proszku, przetapiamy laserem, powstaje lity materiał, nagarniamy nową warstwę proszku, przetapiamy laserem, nagarniamy nową warstwę... W ten sposób przyrasta nam materiał – to jest właśnie technologia addytywna. W projekcie skupiliśmy się na budowie urządzenia, które jest w stanie wytworzyć proszki do metody SLM: proszki sferyczne, czyli proszki o kształcie małych kuleczek rzędu kilkudziesięciu mikrometrów. Proszki mogą być z bardzo szerokiej gamy materiałów metalicznych - możemy produkować proszki ze złota, tytanu, stali; z różnych stopów cztero-, pięcio-, siedmio- składnikowych; z materiałów funkcjonalnych.

Jednym z tych materiałów są stopy na bazie niklu, które wykazują efekt magnetokaloryczny. Taki materiał możemy drukować, mamy to prze-testowane. Dlatego teraz próbujemy opracować optymalny kształt tego proszku.

Co to znaczy optymalny kształt? Dlaczego to jest takie istotne?

Proszki o kształcie odmiennym od sferycznego czyli płytki albo igiełki gorzej wypełniają przestrzeń, przez co potencjalny produkt miałby większą porowatość. Z kolei porowatość jest niekorzystna w przypadku materiałów, którymi się zajmujemy. Kulki się najlepiej upakowują, najgęściej zajmują przestrzeń.

Na tym polega nowość tego rozwiązania?

Proces atomizacji jest dobrze znany i istnieją przemysłowe atomizery. Rzecz w tym, że aby załadować przemysłowy atomizer to potrzebujemy np. 50 kg proszku. Proszek stalowy czy tytan to nie jest duży koszt, ale 50kg złota już tak. Mała skala to jest zupełna nowość. Klasyczne, przemysłowe atomizery nie pozwalają na zrobienie kilku gramów.

W inżynierii materiałowej opracowujemy nowe materiały, na podstawie różnych rozważań, np. termodynamicznych czy pożądaných właściwości docelowego materiału. Przykładowo, dany materiał w temperaturze pokojowej miałby wykazywać prze-

mianę magnetyczną, aby można go wykorzystać w budowie lodówki magnetycznej. Na etapie badań nie będziemy robić 50 kg różnych wersji stopów, gdzie jest potrzebny czysty nikiel, czysty mangan, czysta miedź, czysty gal, czysty ind, czysta cyna i tak dalej, bo zjedzą nas koszty samych materiałów.

W zaproponowanym rozwiązaniu możemy wykonać małą próbkę 5-10 gramów, która pozwala na badanie nowego materiału w bardzo małej objętości: określić, czy da się wyprodukować proszek kulisty oraz czy w procesie atomizacji nie zmienia on swojego składu chemicznego (porównanie materiału wejściowego i wyjściowego). Potem z tego proszku drukujemy i znów powtarzamy badania właściwości materiału. W przypadku pomyślnych wyników, możemy przejść na przemysłową skalę. To jest właśnie „od pomysłu do przemysłu”: wymyślamy materiał, robimy małe próbki, a jeśli działają, robimy większe próbki, na większą skalę.

Dlaczego wcześniej nie dało się wytworzyć małych naważek, a teraz jest to możliwe? Na czym polega technologia atomizacji ultradźwiękowej?

Z powodu użytej metody. Atomizację gazową znamy np. z perfum, gdzie mała porcja cieczy jest rozdmuchiwana gazem i powstaje mgiełka. Znałe są też atomizery odśrodkowe oraz rozpylanie plazmowe. Natomiast my zaproponowaliśmy technologię atomizacji ultradźwiękowej. Moglibyśmy

zatomizować nawet pojedynczą kropelkę (czyli mniej niż jeden milimetr sześcienny).

W urządzeniu występuje element, który jest podłączony do generatora drgań ultradźwiękowych i może drgać bardzo szybko, kilkadziesiąt tysięcy razy na sekundę. Na drgający element pada struga ciekłego metalu. Proszę sobie to wyobrazić, jak płyn wlewany na drgający głośnik: powstają kropelki i odskakują. W momencie oderwania się, kulki są ciekłe, ale w trakcie lotu zastygają. Kiedy wpadają do komory, to na ogół już są skryształizowane albo zestalone. W efekcie uzyskujemy proszek.

Należy odpowiednio dobrać materiał, np. żeby się nie stopił na elemencie drgającym, a także optymalne parametry drgań (częstotliwość, amplituda), aby tworzące się kuleczki były jednorodne. Nie jesteśmy w stanie aż tak dobrze kontrolować procesu, aby wszystkie kulki powstały w tym samym rozmiarze - jest rozrzut od około 20 do 200 mikrometrów. Wtedy materiał można podzielić na frakcje z wykorzystaniem odpowiednich sit, np. rzędu 100, 150 mikrometrów.

Rozumiem, że to jest użyteczne na etapie badawczym: projektowania nowego materiału, badania właściwości, testowania możliwości. Proszę opowiedzieć, komu się przyda takie rozwiązanie? Mam wrażenie, że odpowiedź będzie różna, zależnie od tego, nad jakim materiałem Państwo pracują.

Tak, bo może być lekarz zainteresowany wytworzeniem implantu kostnego, opartego na stopach tytanu. Może to być producent czujników kąta obrotu w silnikach spalinowych. Jest taka funkcja w nowszych samochodach „start-stop”: kiedy samochód się zatrzymuje, silnik gaśnie a po naciśnięciu pedału przyspieszenia szybko zaskakuje i samochód jedzie dalej. Szybkie uruchamianie silnika jest możliwe dzięki specjalnym czujnikom kąta obrotu: komputer zapamiętuje w jakiej pozycji silnik się zatrzymał, który cylinder jest gdzie, kiedy otworzyć który zawór i gdzie na którą świecę podać iskrę. I to się dzieje natychmiastowo. Te czujniki kąta obrotu moglibyśmy produkować z drukowanych materiałów.

Jest tyle rzeczy, które można drukować 3D: można drukować domy, jedzenie. Pole do popisu jest przeogromne. Wydrukowaliśmy ostatnio ostrza do noży we współpracy z jednym z polskich rzemieślników wytwarzających noże. To mały, ostry nożyk, w którym ostrze ma strukturę warstwową i w założeniu ma właściwości samoostrzące (wieczne ostrze). Zobaczymy czy się uda, czy spełni nasze oczekiwania. Drukujemy też tytan na implanty. Tytan, oprócz właściwości wytrzymałościowych, ma taką funkcjonalną właściwość, że jest biogodny, czyli organizm go nie odrzuca. To

„W zaproponowanym rozwiązaniu możemy wykonać malutką próbkę 5-10 gramów, która pozwala na badanie nowego materiału w bardzo małej objętości. [...] To jest właśnie „od pomysłu do przemysłu”: wymyślamy materiał, robimy małe próbki, a jeśli działają, robimy większe próbki, na większą skalę”.

jest materiał konstrukcyjny i funkcjonalny jednocześnie.

Możemy sobie zrobić tytanowe kości?

No moglibyśmy, oczywiście, niektórzy mają, głównie stawy. Jest taki startup z PW: Materials Care5. Bioniczne tematy to nie jest Cyber Punk i rok 2077, tylko 2021. Drukujemy implanty, które pozwalają naprawić uszkodzenia, jednocześnie ulepszając, bo te tytanowe wstawki są w sumie lepsze niż kość. Metody addytywne i nasza metoda przygotowania proszków może posłużyć nie tylko do opracowania nowego materiału. Jeśli chcemy, możemy stary materiał przerobić na proszek i wydrukować nowy produkt. Co więcej, jeżeli wydruk nam się nie uda, to możemy go bezkarnie przetopić i zatimizować, czyli zawrócić. To wspiera gospodarkę obiegu zamkniętego. To kwestia dbania o środowisko i dbania o ekonomię, bo możemy ten sam materiał wykorzystać wielokrotnie.

Czekałam na ten wątek! Proszę opowiedzieć, co możemy recyklingować z wykorzystaniem waszej metody?

Na przykład moglibyśmy poddać recyklingowi magnesy neodym-żelazo-bor: atomizować zużyte magnesy ze starych dysków komputerowych (standardowych HDD), ze starych głośników, telefonów, maszyn do rezonansu magnetycznego - tam są całe dziesiątki kilogramów magnesów, które można powtórnie użyć, poddać recyklingowi. Jesteśmy w stanie zredukować całe hałdy elektrośmieci.

Magnesy neodym-żelazo-bor mają taką błyszczącą powłokę, chroniącą przed korozją - są pokryte warstwą niklu albo czasem niklu i miedzi. To jest odpad. Natomiast to jest prawie

korzystać go produkcji tego stopu magnetokalorycznego. Następnie możemy go zatimizować i wydrukować, czyli 50% materiału jest wytworzone ze śmieci.

Mając udostępnione odseparowane metale typu cyna, nikiel czy inne metale, moglibyśmy je próbować zawracać: atomizować i potem coś z nich drukować, jeśli ktoś by miał taką potrzebę. Moglibyśmy się też włączyć w recykling materiałów nietypowych, jeśli byłaby potrzeba wytworzenia stopów na bazie tego, co ktoś odzyskuje.

Jestem głównym autorem zgłoszenia patentowego dotyczącego opracowanych stopów magnetokalorycznych z odpadowego niklu. Sprawdziliśmy, że da się je wytwarzać z odpadu po odpadach.

„Metody addytywne i nasza metoda przygotowania proszków może posłużyć nie tylko do opracowania nowego materiału. Jeśli chcemy, możemy stary materiał przerobić na proszek i wydrukować nowy produkt. To kwestia dbania o środowisko i dbania o ekonomię, bo możemy ten sam materiał wykorzystać wielokrotnie”.

czysty nikiel i można go wyplukać, oczyścić. Z kolei w stopach magnetokalorycznych około 50% stanowi nikiel. Zamiast kupować czysty nikiel i czyste pierwiastki, możemy wziąć nikiel będący obecnie śmieciem i wy-

Co oznacza dla Pana określenie społeczna odpowiedzialność nauki?

Z jednej strony jestem wykładowcą, więc społeczna odpowiedzialność nauki to jest przekazywanie wiedzy dalej, uświadamianie, pokazywanie nowych rzeczy. Z drugiej strony, dla naukowca ważne jest zadbanie, żeby nauka, która jest

finansowana z pieniędzy publicznych, dawała gdzieś jakiś zwrot, np. w formie transferu technologii, by można z tego skorzystać, wyprodukować. Jak pani kupi nowy samochód, to niewykluczone, że tam będą nasze czujniki

kąta obrotu. Albo, może za 10-20 lat, jak Pani kupi nową lodówkę, to ona już nie będzie opierała się na sprężaniu i rozprężaniu gazu, tylko tam będzie magnesik, który będzie się kręcił, a w środku będzie materiał magnetokaloryczny i to będzie super ciche, super oszczędne i super wydajne. Zamiast silnika elektrycznego i sprężarki byłby silnik elektryczny i wirnik z magnesów, który by się kręcił dookoła lub najeżdżał i odjeżdżał od elementu magnetokalorycznego. Następowałoby grzanie, chłodzenie, grzanie, chłodzenie... Ponieważ przerabiamy ruch posuwistozwrotny tłoka na ruch obrotowy - lodówka nie trzęsłaby się i właściwie nie byłoby jej słychać. Właśnie to rozumiem przez społeczną odpowiedzialność nauki: przekazywanie wiedzy w postaci jakiegoś produktu. Jest jeszcze trzecia działka, która jest związana z produktem, czyli dbanie o środowisko, klimat. Możemy wziąć stare materiały i je przerobić na nowo. To jest sporą częścią inżynierii materiałowej. Zresztą na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej również jest cały zespół, który poświęcił swoje badania na recykling akumulatorów, baterii i tak dalej. To jest ważne, redukcja śladu węglowego, gospodarka obiegu zamkniętego.

Podnoszenie świadomości społecznej to bardzo ważny wątek i jednocześnie dość trudne zadanie.

To prawda. Niska świadomość ekologiczna mieszkańców charakteryzuje się np. niskim stopniem segregacji

odpadów. A jakbyśmy teraz powiedzieli: nie wyrzucajcie tych magnesów byle gdzie, bo my z tego robimy super fajne, oszczędne lodówki! Gdyby zrobić kampanię społeczną, to może by te magnesy oddawali? Może moglibyśmy próbować podnosić tę świadomość przez pokazanie, że efektywność gospodarki zależy właśnie od tego, czy ludzie posegregują odpady.

Byłem kiedyś w Danii, w Roskilde, gdzie mogłem zobaczyć prototyp pompy ciepła do domku jednorodzinnej działającej właśnie w oparciu o efekt magnetokaloryczny. Moglibyśmy rozwinąć prace nad ochładzaniem powietrza albo żywności drukując materiały magnetokaloryczne. Co najmniej 20% energii produkowanej globalnie jest zużywanej na chłodzenie. To jest dużo. Możemy o kilkadziesiąt procent zmniejszyć zużycie energii na chłodzenie a przez to - oszczędzić. Zjawisko magnetokaloryczne jest bardziej efektywne niż sprężanie i rozprężanie gazu, czyli konwencjonalna lodówka, konwencjonalny klimatyzator czy urządzenia do produkcji wody chłodniczej do przemysłu.

Moją idee fixe jest wydrukowanie takiej lodówki albo agregatu chłodniczego prawie od zera z różnych materiałów. Materiał magnetokaloryczny to jest jedna rzecz, umiemy to drukować, podobnie element magnetyczny, czyli zapewniający zewnętrzne pole magnetyczne - pracujemy nad drukiem magnesów, które mogliby-



śmy wziąć z recyklingu. Ponadto, cały system zapewnienia przepływu cieczy można drukować z polimerów. Silnik niekoniecznie, ale jego elementy już tak.

Jak Pan sądzi, co zmieni się w dyscyplinie przez najbliższe 10 lat?

Myślę, że przede wszystkim moglibyśmy poszerzyć gamę materiałów, które możemy atomizować w ten sposób. Moglibyśmy poszerzyć gamę materiałów o ceramikę albo materiały wysokotopliwe, np. wolfram. Jakbyśmy byli w stanie rozpropagować druk 3D różnych dziwnych części, moglibyśmy wspierać transfer technologii i rozwój młodych, innowacyjnych kadr. To się częściowo dzieje: jest startup politechniczny Amazemet, z którym współpracujemy, założycielem jest mój doktorant Łukasz Żrodowski. Moglibyśmy pomóc małym firmom się rozwijać.

Na zakończenie, proszę opowiedzieć, co sprawiło, że stał się Pan naukowcem?

Pierwszy zestaw klocków Lego. Dostałem mały zestaw, może 20 klocków, jak miałem 5, może 7 lat. To był ten moment, kiedy pojawiła się technika. Do tego, mój tata jest bardzo uzdolnioną „złotą rączką”, potrafi naprawić właściwie wszystko. Obserwując go i ucząc się od niego, ogarnąłem, oczywiście w bardzo podstawowym zakresie, bardzo szeroką gamę różnych umiejętności: układanie instalacji hydraulicznych, elektrycznych, spawanie, stolarka, rymarstwo. Stolarstwo i rymarstwo jest u nas w rodzinie: jeden dziadek był rymarzem, drugi stolarzem. Te tradycje techniczne gdzieś tam się utrzymują.

Dlaczego Politechnika? Myślałem o inżynierii środowiska, o inżynierii

rii lądowej, ale jakoś tak... Jak poszedłem na dni otwarte, to się wszyscy w sali nie zmieścili i staliśmy jeszcze w korytarzu. A jak poszliśmy z moim kolegą z liceum na dni otwarte na Wydział Inżynierii Materiałowej, to byliśmy we dwóch a ze strony wydziału: czterech profesorów i dwóch doktorantów. Pokazali nam komputery, mikroskopy elektronowe, mówili, że wydział przyszłościowy, że w sumie to nie wiadomo co po tym można robić, ale ciekawe studia są. Ja poszedłem, kolega nie. To jest bardzo fajna praca, niesztampowa, zawsze się dzieje coś nowego.

Rozmowę przeprowadziła:
dr Aleksandra Wycisk
(DBA CZłITT PW)