

Samsonow, Grigorij / Płotkin, Semen J.

Aspekty historyczne nauki o materiałach

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 18/4, 677-683

1973

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



ASPEKTY HISTORYCZNE NAUKI O MATERIAŁACH *

Rozwój kultury materialnej, bazy materialno-technicznej społeczeństwa zwykło się wiązać z rozwojem narzędzi produkcji, narzędzi pracy. Znane są dziś dość dobrze główne etapy rozwoju narzędzi pracy, technologii obróbki tych narzędzi i surowców do ich wyboru¹. Za mało uwagi natomiast poświęca się badaniom nad rozwojem materiałów, a przecież właśnie materiały w znacznej mierze decydują o możliwości pojawiania się tych czy innych narzędzi pracy.

Zapotrzebowanie na materiał do wyrobu narzędzi pracy powstaje oczywiście na gruncie idei danego narzędzia, jego przeznaczenia i użytkowania. Gdy jednak uda się wytworzyć z tego lub innego materiału jakieś narzędzia pracy, wówczas materiał staje się już owym czynnikiem, który określa możliwość wytwarzania innych jeszcze narzędzi pracy, innych ich konstrukcji. Zatem materiał właśnie wywiera nader istotny wpływ na rozwój sił wytwórczych.

We wczesnych epokach rozwój kultury materialnej zasadza się na doborze do wyrobu narzędzi pracy materiałów najbardziej dostępnych, znajdujących się pod ręką (w paleolicie górnym — kamienie krzemienne, w paleolicie późnym — kamienie krzemienne, kość, w mezolicie — to samo; w neolicie — glina, w eneolicie — miedź). Na przestrzeni wielu epok posługiwano się wciąż tymi samymi materiałami (np. krzemień, drewno). Jednakże stopniowe „poznawanie” ich właściwości, możliwości obróbki ich różnymi metodami przyczyniało się do postępu w zakresie wyrobu narzędzi pracy, techniki i całej kultury materialnej. Miedź rodzimą poznał człowiek w późnym neolicie. Odkrył w niej nowy, dogodny, poddający się łatwo formowaniu materiał, który początkowo posłużył mu do wyrobu tych samych narzędzi, wytwarzanych dotąd z krzemienia (topory, groty strzał, najprostsze narzędzia rolnicze), a następnie determinował możliwość powstawania nowych narzędzi pracy i nowych broni. Dla wszystkich tych epok jest rzeczą charakterystyczną, że materiałami posługiwano się w ich postaci gotowej, rodzimej, czy był to krzemień, glina czy miedź rodzima. Wszakże już pierwsze zastosowanie metalu (była nim miedź) miało ogromne znaczenie historyczne. Przede wszystkim znamionowało ono przejście od epoki kamienia do epoki brązu. Z kolei obserwacje poczynione nad przemianami miedzi w procesie najbardziej nawet prymitywnej jej obróbki wykazały, że możliwe jest w zasadzie ulepszanie materiałów, pierwsze zaś próby takiej obróbki zapoczątkowały nowy etap — przej-

* Artykuł S. J. Płotkina, redaktora naczelnego „Woprosów Istorii Jestiestwoznania i Tiechniki” i G. W. Samsonowa, członka korespondenta AN USRR, tłumaczył z języka rosyjskiego Tadeusz Zabłudowski.

¹ Zob. A. A. Z w o r y k i n, N. I. O s m o w a, W. I. C z e r n y s z e w, S. W. S z u c h a r d i n: *Istorija tiechniki*. Moskwa 1962.

ście od eksploatacji materiałów znajdujących się w przyrodzie do materiałów, w mniejszym lub większym stopniu stworzanych przez człowieka. Niebawem człowiek odkrył, że miedź daje się przetapiać. Odkrycie to poszerzyło wydatnie możliwości aktywnej interwencji człowieka.

Odkrycie żelaza, metod jego obróbki i wydobywania go z rud (proces dymarkowy), wynalezienie sposobu otrzymywania stali znamionowały coraz wyraźniejsze przechodzenie od doboru materiałów do ich tworzenia, co wywarło istotny wpływ na rozwój techniki społeczeństwa niewolniczego, materiały nie tylko bowiem umożliwiały realizację tych czy innych idei technicznych, ale wręcz generowały samo powstawanie tych idei.

Tworzenie materiałów nie było oczywiście w tym okresie oparte na podstawach naukowych, gdyż do drugiej połowy XVIII — początków XIX w. poziom wiedzy z zakresu fizyki, i chemii, czyli tych nauk przyrodniczych, które stanowiły właściwą podstawę materiałoznawstwa, nie dawał jeszcze możliwości zastosowania ich osiągnięć do rozwiązywania różnych problemów teoretycznych i technologicznych.

W drugiej połowie XVIII w. zapoczątkowane zostaje doskonalenie metod przerobu surówek, uwieńczone wynalezieniem procesów martenowskiego i konwenterowego. Był to istotny krok prowadzący do stworzenia nowych materiałów metalicznych.

Jednakże rewolucja przemysłowa XVIII w. była oparta głównie na konstruowaniu nowych maszyn i mechanizmów, przede wszystkim na wynalezieniu maszyny parowej, rozwój zaś materiałów był całkowicie podporządkowany tym potrzebom praktycznym. Nie ulega wątpliwości, że właśnie materiały metaliczne umożliwiły realizację idei stworzenia maszyny parowej, aczkolwiek nie im tylko przypadła tu główna rola. Można skonstatować, że rewolucji przemysłowej towarzyszyła również rewolucja w zakresie tworzenia nowych materiałów. Oprócz wspomnianych procesów przerobu surówki w stal dokonują się rewolucyjne przemiany w dziedzinie odwiecznej ceramiki².

Rozwój atomistyki, teorii flogistonu, analizy jakościowej pozwoliły na uogólnienie mnóstwa rozproszonych danych empirycznych, toteż właśnie w XVIII w. powstały podstawy naukowe procesu wypalania wapna i technologii spoiw (Black, Lavoisier, Łomonosow).

W owych czasach idee techniczne, konstrukcyjne zdecydowanie wyprzedzały rozwój materiałów i wiedzę o nich. Nie istniało jeszcze materiałoznawstwo naukowe, zbyt bowiem wąty był jeszcze zasób wiedzy z zakresu fizyki i chemii.

Naszym zdaniem istotnym bodźcem rozwoju materiałów były badania z dziedziny elektrotechniki — wynalezienie żarówki elektrycznej, maszyn elektrycznych, systemów przenoszenia energii elektrycznej i komunikacji. Pojawiły się z gruntu nowe wymagania stawiane materiałom. Jeżeli więc materiały do wyrobu maszyn i mechanizmów na przełomie XVIII i XIX w. musiały odpowiadać głównie postulatowi wytrzymałości, mieć określone własności mechaniczne i były poddawane obróbce metodami mechanicznymi, to już materiały dla elektrotechniki musiały spełniać przede wszystkim określone postulaty fizyczne, wy-

² I. A. Znaczkow-Jaworski: *Nowyje matieriaty w sowriemniennom i istoriczeskom aspiewtach*. W: *Nowyje matieriaty w tiechnike i naukie*. Moskwa 1966 s. 38.

kazywać określone własności przewodnictwa elektrycznego, określoną temperaturę topnienia, a później własności magnetyczne. To z kolei przyspieszyło rozwój fizyki technicznej, powstanie podstawowych elementów teorii ciała stałego, niektórych rozdziałów chemii i nowych dziedzin metalurgii. Wszakże czynnikiem decydującym było tu podejście fizykalne do wyboru i wytwarzania nowych materiałów dla elektro-techniki.

Ponieważ jednak nie rozporządzano dostatecznym zasobem wiedzy umożliwiającym wytwarzanie nowych materiałów odpowiadających określonym wymaganiom, zaczęły się już wtedy rozwijać różne metody wytwarzania materiałów złożonych, komponowanych z różnych składników. Przyczyniły się do tego wspaniałe osiągnięcia analizy fizykochemicznej i badania diagramów układu oraz próby otrzymywania nowych materiałów na drodze zwykłego zmieszania materiałów już znanych.

Rozwój materiałoznawstwa jako nauki zapoczątkowały klasyczne prace Nikołaja Kurnakowa z zakresu analizy fizykochemicznej. Należy nadmienić, że rozwój wiedzy o substancjach i materiałach z tych substancji pochodzących cechują trzy podstawowe etapy: 1) ustalenie zależności korelacyjnych między różnymi własnościami substancji; 2) ustalenie związku między własnościami substancji a ich budową krystalograficzną, jak również defektami tej budowy; 3) ustalenie związku między własnościami danej substancji a jej budową elektronową. W gruncie rzeczy te trzy etapy rozwoju poglądu na substancję stanowią istotę materiałoznawstwa jako nauki³. Materiałoznawstwo jest to nauka o własnościach materiałów i metodach uzyskiwania potrzebnych własności. Prace badawcze Kurnakowa, po raz pierwszy oparte na podstawach naukowych, zestawienie różnych własności substancji, w szczególności temperatury topnienia stopów oraz ich budowy z innymi ich własnościami, całkowicie zdeterminowały etap pierwszy i w znacznym stopniu etap drugi rozwoju materiałoznawstwa. W wyniku tych prac powstały nader doniosłe metody badania naukowego i prognozowania stopów metali, toteż prace te są jednym z fundamentów współczesnego materiałoznawstwa. Teoria Kurnakowa oparta jest głównie na równowadze faz, na pojęciu zrównoważonego składu i układu stopów i innych materiałów. Jednocześnie jednak coraz częściej stawały się przedmiotem eksploatacji stopy metastabilne, o równowadze niestałej, przy czym ta równowaga niestała, wykryta została na poziomie atomowym i znajdowała wyraz przede wszystkim w defektach budowy — punktowanych i liniowych. Ten typ równowagi niestałej powoduje przede wszystkim istotne zmiany ważnych dla praktyki własności mechanicznych substancji, co posłużyło za podstawę do opracowania teorii defektów budowy krystalograficznej, przede wszystkim zaś teorii defektów liniowych czyli tak zwanych dyslokacji⁴.

Ale i teoria dyslokacji, która zdołała wytłumaczyć liczne zjawiska i umożliwiła świadome oddziaływanie na naturę materiałów, nie daje jeszcze możliwości zrozumienia podstawowej budowy substancji i wielu jej własności, a to przede wszystkim z tej przyczyny, że same zakłócenia budowy krystalograficznej są wynikiem szczególnych właściwości bu-

³ N. A. Rebinde: *Razwitiye fizikochemiceskoj miechaniki matieriałow kak nowoj pogranicnojoj oblasti znaniy*. Tamże s. 17.

⁴ Z. Fridel: *Dislokacyja*. Moskwa 1967.

dowy elektronowej substancji. Dlatego też już na etapie teorii Kurnakowa zaczęto podejmować próby wyjaśnienia struktury elektronowej metali i stopów oraz licznych substancji niemetalicznych. Największe zasługi położył w tych badaniach Hume-Rosery⁵, który pierwszy usiłował jeśli nie wytłumaczyć strukturę elektronową stopów, to przynajmniej wykryć jakieś wspólne cechy i współzależności między własnościami stopów a ich budową elektronową. Badania te rozwijały się na szeroka skalę zarówno w ZSRR jak i zagranicą.

Na trzecim etapie powstały nowe kierunki w metaloznawstwie, narodziło się metaloznawstwo fizyczne, które w pewnym stopniu powstało w wyniku wykorzystania osiągnięć fizyki ciała stałego przez naukę o substancjach i materiałach.

Przyswajanie i transformacja osiągnięć nauk przyrodniczych jest jedną z najważniejszych cech materiałoznawstwa jako nauki. Stanowi przeto materiałoznawstwo pograniczną dziedzinę wiedzy między naukami przyrodniczymi i technicznymi, teoretycznymi i stosowanymi. Jeżeli rozwój nauk podstawowych na długie lata determinuje główne tendencje postępu naukowego i technicznego, to zadanie maksymalnego przybliżenia nauki do produkcji stanowi podstawę rozwoju nauk stosowanych i technicznych, warunkujących postęp społeczny.

W dobie obecnej szczególnie intensywnie rozwijają się kierunki naukowe na pograniczu klasycznych nauk przyrodniczych i technicznych, powstają nowe nauki, rozwijające się w niezwykle szybkim tempie.

Taką właśnie nauką jest materiałoznawstwo. Z punktu widzenia znaczenia jego dla kultury materialnej można je określić jako naukę przyrodniczo-techniczną.

Podstawą postępu naukowo-technicznego są — obok energetyki i automatyzacji — materiały. W triadzie tej materiały odgrywają rolę szczególną, gdyż od rozwoju ich zależy rozwój zarówno energetyki (atomowej, bezpośredniego przekształcania energii, budowy turbin, przekazywania energii), jak i automatyzacji (urządzenia cybernetyczne, materiały kanałów pamięciowych, materiały elektroniki, akustyki technicznej).

W okresie rewolucji naukowo-technicznej rola materiałów wzrosła ogromnie, przy czym szczególnie jaskrawo występuje zależność realizacji idei konstrukcyjnych i wynalazków od materiałów (technika kosmiczna, energetyka atomowa, technika półprzewodników, automatyzacja i cybernetyka).

Toteż postęp i osiągnięcia materiałoznawstwa przyczyniają się do powstawania nowych substancji, prowadzą do wytwarzania nowych materiałów, których potrzeby do pewnego momentu nie odczuwano, a co za tym idzie osiągnięcia te stwarzają nowe potrzeby.

Idealem byłoby tworzenie materiałów o z góry określonych własnościach, co też jest celem finalnym materiałoznawstwa jako nauki. Wymaga to jednak sterowania budową elektronową substancji, co z uwagi na wyjątkową złożoność tego problemu nie jest całkowicie możliwe. I jakkolwiek materiałoznawstwo, jak zaznaczyliśmy, przyswaja sobie wszystkie osiągnięcia nauk przyrodniczych, to jednak rozwiązanie problemów, jakie przed nim stoją, wymaga metod inżynierskich, których

⁵ W. Jum - Rozeri: *Struktura metali i spawów*. Moskwa 1938.

na razie nie można jeszcze wypracować na podstawie ścisłej teorii ciała stałego, gdyż teoria taka na razie nie istnieje.

W związku z tym materiałoznawstwo rozwija się w kierunku konstruowania różnorodnych uproszczonych modeli, które pozwalają niezbyt ściśle, nie mniej jednak dość operatywnie i z dużym „prawdopodobieństwem trafienia” rozwiązywać aktualne zadania materiałoznawstwa. Do modeli takich należy model Heitlera-Heisenberga⁶ oraz model teorii strefowej F. Blocha⁷. Są to modele „ekstremalne” opisujące w większym lub mniejszym przybliżeniu poszczególne problemy budowy elektronowej. Swego rodzaju modelem „pośrednim” jest model konfiguracyjnej lokalizacji substancji⁸. Celem głównym wszystkich tych modeli jest interpretacja substancji, materiału i przejście do tworzenia ich na uzyskanej podstawie. Jednym z najważniejszych kierunków są metody matematycznego obliczania diagramu układów, własności stopów. W Związku Radzieckim największymi osiągnięciami w tym kierunku poszczycić się może szkoła J. M. Sawickiego⁹. Ale i te drogi, oparte na korelacjach, porównaniach i eksperymencie, nie są jeszcze w stanie dostarczyć informacji potrzebnych do projektowania materiałów.

Toteż postęp w zakresie nowoczesnych materiałów oparty jest w znacznej mierze na zasadzie kompozycji, czyli na kojarzeniu pożytecznych własności różnych materiałów przez łączenie ich w jeden materiał, złożony, kompleksowy. Formalnie rzecz biorąc jest to brąz eneolityczny, wytwarzany początkowo w sposób przypadkowy, obecnie zaś na poziomie technicznym, jaki ludzkość osiągnęła w ciągu minionych 5—6 tysięcy lat. Znaczną rolę w tego rodzaju pojmowaniu rzeczy odgrywa interpretacja procesów zachodzących w przyrodzie, wykorzystaniu bioniki. Naturalnym materiałem złożonym, znanym człowiekowi od wczesnego paleolitu jest drewno, składające się z włókien celulozy inkrustowanych ligniną¹⁰.

Obecnie używano już wiele materiałów kompleksowych: uzbrojone we włókna masy plastyczne, metale, stopy o utrwalonych układach rozproszonych, polimery z napełniaczami nieorganicznymi¹¹, ceramiczne materiały złożone¹². Należy zaznaczyć, że „komponowanie” materiałów może polegać nie tylko na łączeniu materiałów prostych na poziomie makro, lecz również na poziomie mikro, atomowym. W istocie rzeczy do takich komponowanych na poziomie mikro materiałów należą na przykład ferryty, w których specyficzne własności elektryczne i magnetyczne uzyskuje się przez wprowadzenie jonów metali do „matrycy” z atomów tlenu; różne klatraty (fazy włączenia); pseudostopy znajdujące zastosowanie w radioelektronice oraz liczne inne materiały znajdujące zastosowanie w radioelektronice¹³.

⁶ W. Heisenberg, „Physik” 49: 1928 s. 619.

⁷ F. Bloch, „Physik” 57: 1929 s. 545.

⁸ G. W. Samsonow, I. F. Priadko, L. F. Priadko: *Konfiguracyjna model*. Kijew 1971.

⁹ S. J. Sawickij, W. Gribuli, „Izwestija AN SSSR, Nieorganiczeskije materiaty” 7: 1971 nr 7, s. 1097.

¹⁰ E. Kelli: *Priroda kompozycyjnych materiatow*. W: *Sowriemiennye materiaty*. Moskwa 1970 s. 116.

¹¹ P. P. Budnikow: *Nieorganiczeskije materiaty*. Moskwa 1968.

¹² Tamże.

¹³ N. P. Bogarodickij, W. W. Pasynkow: *Materiaty w radioelektronice*. Moskwa 1961.

W toku poszukiwania nowych materiałów złożonych pojawiają się coraz to nowe kompozycje: tworzywa metalo-szklane, węgloszklane, ceramiko-metaliczne¹⁴. Temu „montażowi” całości z elementów, materiałów złożonych z prostych odpowiada też szczególnie metoda „integracji” złożonej całości z elementów prostych — tak zwana metoda metalurgii proszków. Ta interesująca tendencja „integracyjna”, omówiona już przez nas w publikacji wcześniejszej¹⁵ — wyraża właśnie naturalną tendencję materii do coraz większej złożoności w ciągu: cząstki elementarne — atom — cząsteczka — kryształ — substancja — materiał.

Należy przewidywać, że już w ciągu najbliższych dziesięciu lat wyczerpane zostaną możliwości w zakresie materiałów złożonych na poziomie makro, poszerzy się znacznie wiedza i doświadczenie w zakresie materiałów złożonych na poziomie mikro, rozwiną się również i częściowo zostaną wypróbowane modele budowy elektronowej. Wówczas zacznie, być może, powstawać integralna teoria ciała stałego, substancji i materiału, zintegrowane zostaną różne, jak dotąd osobne, kierunki naukowe (na przykład, mechanika i fizyka wytrzymałości), pod koniec zaś naszego stulecia podjęte zostaną badania nad wzorami materiałów o z góry określonych własnościach, ich programowanie i automatyczne wytwarzanie na podstawie tych programów. Mamy wszelkie po temu dane, że z początkiem XXI w. materiałoznawstwo stanie się nauką o charakterze głównie teoretycznym.

Tak więc początki materiałoznawstwa jako nauki przypadają na epokę rewolucji przemysłowej XVIII—XIX w. (zwłaszcza rozwój podstaw naukowych metalurgii); dalszy rozwój przypada na okres kapitalizmu monopolistycznego (druga połowa XIX w. — 1917 r.), przy czym cechuje go powstanie materiałów dla przemysłu chemicznego, energetyki i elektroniki, techniki wojskowej (materiały wybuchowe); etap następny wiąże się z rozwojem fizyki i chemii ciała stałego, fizyki atomowej i jądrowej, cechuje go stopniowe przechodzenie od naukowego poszukiwania materiałów do tworzenia materiałów o określonych własnościach, ich programowania i automatycznego wytwarzania (materiały radiotechniki i elektroniki, techniki kosmicznej i atomo-energetycznej i in.). Rozwój materiałoznawstwa na tym etapie hamuje wciąż jeszcze niedostateczność danych o wewnętrznej budowie materii dostarczanych przez nauki przyrodnicze i niedostateczne możliwości przetwarzania posiadanych danych dla otrzymania materiałów o z góry określanych własnościach. Pierwsze próby w tym kierunku zostały już jednak podjęte (skonstruowanie diagramu układów, obliczanie wartości liczbowych najprostszych własności fizycznych, konstrukcji modeli skondensowanego układu substancji). Trudności te powodują tworzenie materiałów złożonych (zarówno na makro — jak i na mikropoziomie), co nie jest zresztą tylko etapem narzuconym przez warunki, lecz zawiera głębszą treść jako podstawowy kierunek rozwoju materiałów ze stopniowym uściśleniem kompozycji na podstawie pogłębiania teorii budowy materii na poziomie subatomowym.

¹⁴ *Nowyje materiały w technice*. Moskwa 1962.

¹⁵ G. W. Samsonow: *Certains aspects de l'histoire du développement de la métallurgie des poudres*. W: *XII^e Congrès d'Histoire des Sciences. Actes*. T. XB: *Histoire des Techniques*. Paris 1971 s. 83—86.

С. Я. Плоткин, Г. В. Самсонов

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

Первый период создания материаловедения, как науки, может быть отнесено к эпохе промышленной революции XVIII—XIX вв. (особенно в развитии научных основ металлургии); второй период относится ко второй половине XIX в. — до 1917 г., когда стали создаваться материалы для химической промышленности, энергетики и электротехники, военной техники (взрывчатые вещества); третий период связан с развитием физики и химии твердого тела, атомной и ядерной физики, характеризующийся постепенным переходом от научного поиска материалов к созданию материалов с заданными свойствами, их программированию и автоматическому производству (материалы радиотехники и электроники, металлургии химии, космической и атомно-энергетической техники). Этот этап нашего времени отличается пока неполными данными естественных наук о внутреннем строении вещества и недостаточной трансформацией имеющихся данных для создания материалов с заранее заданными свойствами. Однако первые попытки в этом направлении начаты (расчетное построение диаграмм состояний, расчет численных значений простейших физических свойств построение моделей конденсированного состояния вещества). Эта недостаточность вызывает создание композиционных материалов (как макро-, так и микрокомпозиционных), идея, которая, однако, содержит более глубокий смысл, являясь основным направлением развития новых материалов, при условии постепенного уточнения композиций на основе дальнейшей разработки теории строения вещества на субатомном уровне.

S. J. Plotkin, G. W. Samsonow

HISTORICAL ASPECTS OF THE SCIENCE OF MATERIALS

The first period in the knowledge of materials as a science took place during the age of the industrial revolution of the 18th and 19th centuries (especially the development of the scientific foundations of metallurgy); the second period spanned the second half of the 19th century up to 1917 (the production of materials for the chemical, power, electronical industries and for military techniques — explosives, is the characteristic feature of this period); the next stage is associated with the development of the physics and chemistry of solids, atomic and nuclear physics; its main feature is a gradual shift from a scientific search of materials to the production of materials with definite characteristics, their programming and automatic production (radiotechnical and electronic products, space and atomic-power technology).

The development of the knowledge of materials in this stage is limited by the still existing shortage of data concerning the internal construction of matter supplied by natural sciences and the insufficient amount of possibilities of processing data to receive materials which would have predefined qualities. The first attempts in this direction have already been undertaken (the construction of a diagram of structures, the calculation of the numerical value of the simplest physical characteristic peculiarities, the construction of models of the substance's condensed structure). These difficulties cause the construction of complex materials (both on the macro- and micro levels) which is not just a stage superimposed by the conditions but also contains more profound contents and is the elementary direction in the development of materials with a gradual specification of their composition on the basis of a more thorough study of the theory of matter's construction on the sub-atom level.