

ZZ DZIEDZINY NAUKI I TECHNIKI

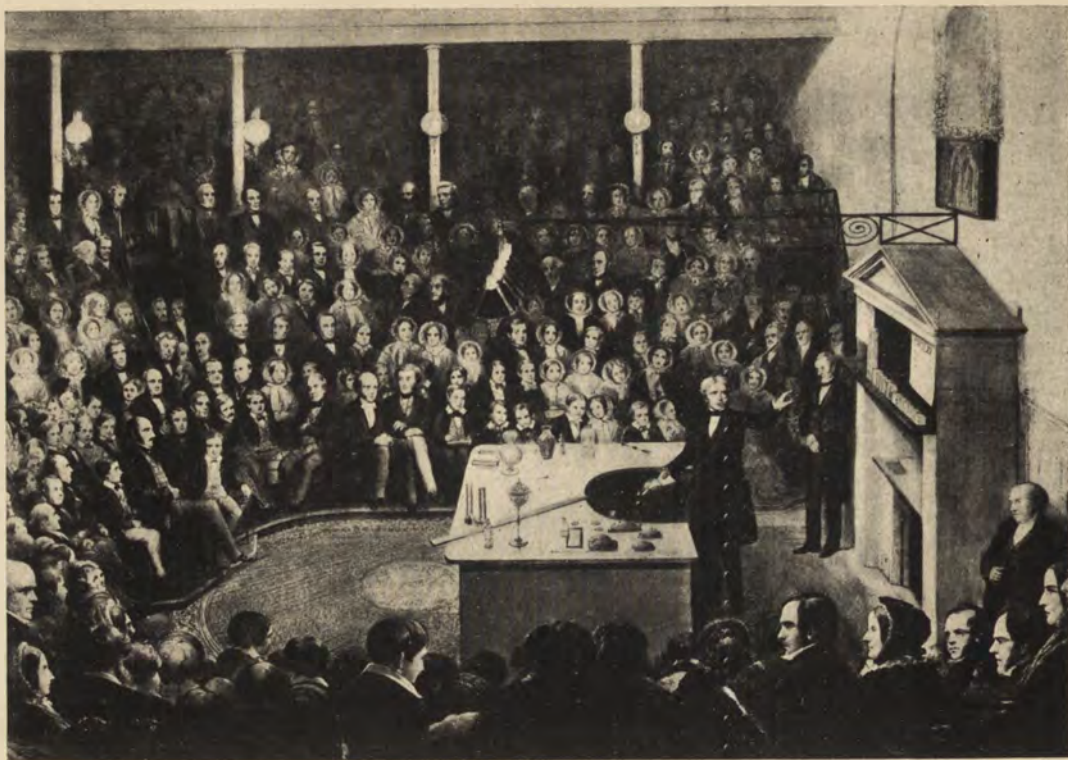
TOM VII

Z DZIEDZINY
NAUKI I TECHNIKI
BIBLIOTEKA POPULARNO-NAUKOWA

TOM VII
SIR WILLIAM BRAGG
STARE RZEMIOSŁA
A NOWA NAUKA

PRZEŁOŻYŁA
Inż. M. KUBASZEWSKA

WARSZAWA
NAKŁADEM „MATHESIS POLSKIEJ“
1935



Jeden z wykładów świątecznych Faradaya p. t. „Metale” w Royal Institution (1855—1856). (Obraz Aleksandra Blaikleya).

STARE RZEMIOSŁA A NOWA NAUKA

NAPISAŁ

SIR WILLIAM BRAGG

O. M., K. B. E., D. SC., F. R. S.

Dyrektor Royal Institution; Laureat Nobla

2B341

PRZEŁOŻYŁA

INŻ. MARJA KUBASZEWSKA

WARSZAWA

NAKŁADEM „MATHESIS POLSKIEJ“

1935

Tytuł oryginału
OLD TRADES AND NEW KNOWLEDGE

Pierwsze wydanie oryginału 1926

Drugie wydanie oryginału 1933

Trzecie wydanie oryginału 1933



23341

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

H- 121366

ZAKŁADY DUKARSKIE F. WYSZYŃSKI I S-KA, WARSZAWA, WARECKA 15

PRZEDMOWA

Zapewne wiele osób, a szczególnie młodzież pragnęłaby wiedzieć, dlaczego wykonano to lub owo w jakimś rzemiośle. Skłoniło mnie to, aby niniejsze wykłady świąteczne poświęcić rozpatrzeniu, w jaki sposób nauka stale wpływała na rozwój starych zawodów, zwłaszcza tych, które stworzyły Anglię. Muszę zaznaczyć, iż wykłady moje mają pewien sens moralny, i że jest w nich coś więcej, niż tylko zachwyt nad historją ludzkich wysiłków twórczych. Jest w nich bowiem wyraźna wskazówka, że rzemiosła należy ulepszać ustawicznie, posiłkując się zdobyczami nauki, która zawsze wywiera na nie wpływ dodatni. Zpośród wszystkich narodów Anglicy najbardziej byli zmuszeni zdobywać środki utrzymania ze sprzedaży wyrobów ręcznych, a wytworzone przez nich przedmioty były snąc tak dobre i wartościowe, że inne narody obawiały się konkurować z nimi. Oprócz tego starałem się określić pewien ideał, który zda się leżeć poza granicami naszych możliwości, a do którego jednak należy stale dążyć: dać każdemu pracę i uczynić ją szczęściem człowieka.

Rozpatrując kolejno różne rzemiosła z mego indywidualnego punktu widzenia, musiałem jednak zwracać uwagę na to, aby robić wrażenie pewnego rodzaju znawcy we wszystkich zawodach (znawca taki zazwyczaj nie jest wyrocznią w żadnym). Z tego względu fachowiec znajdzie zapewne wiele błędów w niniejszej książce. Sądzę jednak, że mimo braku wielu szczegółów i nieściśłości uwypukła się w niej

pewna myśl przewodnia. Uniknięcie wielu błędów zawdzięczać mam przyjaciółom, którzy łaskawie udzielili mi swej pomocy. W czasie pracy zetknąłem się z licznymi instytucjami; dla braku miejsca nie mogę wymienić wszystkich. Pragnąłbym jednak wyrazić specjalne podziękowanie Wydziałowi Naukowemu Marynarki za pomoc, okazaną mi przy zmontowaniu doświadczeń, przedstawiających najnowsze wynalazki w żeglarstwie. Sir Robert Hadfield, Dr Desch i Dr Hatfield pomogli mi w opracowaniu kowalstwa, co uczynili również Dr Rosenhain oraz jego współpracownicy z Wydziału Metalurgji Państwowego Laboratorium Fizycznego. Dr Crossley i jego współpracownicy z T-wa do Badania Bawełny, prof. Barker z Leeds, Dr Willows i inni byli mi pomocni w opracowaniu tkactwa; cenne wskazówki, dotyczące farbiarstwa, otrzymałem z Brytyjskiego Zrzeszenia Farbiarzy i od Prof. Greena. Dr. Mellor i P. Frank Wedgwood umożliwili mi opracowanie wykładu o garncarstwie. P. Doulton łaskawie wypożyczyła mi kilka pięknych okazów porcelany. W związku z opracowaniem górnictwa winienem jeszcze podziękować Dr-owi R. V. Wheelerowi i P. Batleyowi za obmyślenie i urządzenie licznych doświadczeń.

Profesor Andrade zezwolił mi skorzystać z pięknego zbioru starych książek i rycin, dotyczących historii rozwoju nauk, i udzielił mi łaskawie wielu cennych wskazówek. Kilka modeli starych mechanizmów i urządzeń, przedstawiających niejednokrotnie zabytki historyczne, przywieziono dzięki uprzejmości p. Henry Lyonsa, z Muzeum Naukowego South Kensington i były one demonstrowane na wykładach.

Zadanie wykładowcy w Instytucie Królewskim jest nader wdzięczne, gdyż wszyscy starają się mu pomóc i przyczynić się do tego, aby wykłady uczynić jaknajbardziej zajmujące dla młodzieży. Należy dodać, że przy przygotowaniu wy-

kładów do ogłoszenia drukiem wprowadziłem pewne uzupełnienia. Wydaje mi się to rzeczą korzystną dla czytelników, gdyż mogłem bardziej zagłębić się w niektóre zagadnienia naukowe, niż było to możliwe podczas wykładów. Forma wykładowa została zachowana, z tą różnicą, że objaśnienia odnoszą się do rysunków, nie zaś do modeli i przezroczy, jak to miało miejsce na wykładach.

W. H. Bragg.

OD TŁUMACZA

Corocznie w czasie świąt Bożego Narodzenia odbywają się w Royal Institution wykłady popularne, przeznaczone zarówno dla młodzieży jak i dla szerokiego ogółu. Wykłady te mają już w społeczeństwie angielskim swoją ustaloną tradycję, są bowiem z reguły wygłaszane przez czołowych przedstawicieli nauki angielskiej. Już Faraday wygłosił w roku 1855—1856 cykl odczytów o metalach, a słuchaczami jego byli m. inn. Książę Małżonek wraz z Księciem Walji oraz Ks. Edynburskim.

Niniejsza książka stanowi właśnie cykl takich wykładów świątecznych, wygłoszonych przez Sir Williama Henryka Bragga, znakomitego fizyka, odznaczonego nagrodą Nobla za odkrycia w dziedzinie spektrografii promieni rentgenowskich. Tym razem autor obrał za temat swych wykładów rozwój zawodów w ciągu wieków, zwracając specjalną uwagę na postępy uczynione w latach ostatnich dzięki rozwojowi nauki czystej, a szczególnie fizyki i chemji. Mylnym byłby pogląd, że temat ten nie leży w obrębie zainteresowań uczonego fizyka i chemika, jakim jest autor tej książki. Ra-

czej, przeciwnie, tylko człowiek czystej nauki, tylko specjalista fizyki i chemji, potrafi dojrzeć głęboko związki, istniejące między postęпами przemysłu a postęпами nauki. Już przy pobieżnem choćby zapoznaniu się z temi wykładami czytelnik zauważy, jak dalece rozwój żeglarstwa został umożliwiony dzięki rozwojowi astronomji i różnych działów fizyki, w jakim stopniu metalografia została uzależniona od badań rentgenologicznych, farbiarstwo — od chemji organicznej, górnictwo od rozwoju maszyny parowej etc.

Wykłady te nie mają oczywiście pretensyj do systematycznego przeglądu wszystkich zagadnień, dotyczących poszczególnych działów. Nie było to zadaniem autora. Czerwoną nicią przewija się w nich motyw przewodni, którym jest wskazanie głębokiej łączności między nauką czystą a zawodami ludzkiemi, łączności, która im będzie głębsza, tem bardziej przyczyni się do polepszenia bytu ludzkiego na ziemi. Niemniejszą również rolę odgrywa w tej książce umiłowanie i cześć głęboka dla tych wysiłków ludzkich, które, jak powiada autor, mają na celu „dać pracę każdemu i uczynić ją szczęściem ludzkości“.

Przyswojenie tej książki, mającej wszystkie zalety angielskiej literatury popularno-naukowej, piśmiennictwu polskiemu, wydaje się w tej chwili szczególnie pożyteczne. Reforma nauczania szkolnego dąży słusznie do nawiązania kontaktu nauki z życiem praktycznem, do jaknajwiększego zaakcentowania praktycznej wartości nauki. To też niniejsze wykłady Sir Williama Bragga będą doskonałą lekturą, uzupełniającą wykłady fizyki i chemji. Książka ta ma jednak jeszcze tę specyficzną zaletę angielskiej literatury popularnej, że będąc dostępną już dla ucznia czwartej klasy, jest jednocześnie niezwykle interesująca dla szerokiego ogółu, którego zaznajamia z perspektywami współczesnego rozwoju przemysłu.

Podobnie, jak autor tej książki, tłumacz również musiał udawać znawcę wszystkich zawodów, choć jest specjalistą tylko w jednym. Dotyczy to szczególnie polskiej terminologii wyrażen fachowych, która niejednokrotnie nastroczała poważne trudności. Możliwość przewyciężenia licznych trudności terminologicznych tłumacz zawdzięcza P. Prof. Dr-owi Witoldowi Doroszewskiemu za wskazówki do rozdziału o żeglarstwie oraz szereg uwag językowych, inż. Mikołajowi Łażniewskiemu za przejrzenie rozdziału o farbiarstwie oraz inż. Mieczysławowi Rogowskiemu za wskazówki do rozdziałów o tkactwie i hutnictwie. Wszystkim tym Panom najuprzejmiej na tem miejscu dziękuję.

Inż. M. Kubaszewska.

SPIS RZECZY

Rozdziały

	Str.
I Żeglarstwo	1
II Kowalstwo — hutnictwo	41
III Tkactwo	77
IV Farbiarstwo	110
V Garncarstwo — ceramika	145
VI Górnictwo	178

SPIS TABLIC

Tablice należące do właściwego rozdziału znajdują się przy końcu tego rozdziału.

<i>Tablica</i>	<i>obok str.</i>
I Wykład Faradaya o metalach (1855—1856 r.)	<i>tytułowej</i>
II (a) „Coracle“ irlandzki. (b) „Catamaran“ na morzu. (c) „Catamaran“ na brzegu	40
III (a) Ruch księżycy na niebie. (b) Astrolabja Hiszpańskiej Armady	40
IV (a) Portret Johna Harrisona. (b) Chronometr Harrisona. (c) Urządzenie wyrównawcze Harrisona	40
V Zegar główny z Obserwatorium Królewskiego	40
VI (a) Rzymska maska z żelaza. (b) Afrykańscy metalowcy. (c) Piec Osmundzki	76
VII (a) Rzymska ozdoba kwietna z żelaza. (b) Przekrój ozdoby	76
VIII Nowoczesny wielki piec	76
IX Model pieca elektrycznego	76
X (a) Skrzyżowanie szyn ze stali manganowej. (b) Próbką ze stali manganowej. (c) Doświadczenie ze stopem miedzi-niklowym	76
XI Zdjęcia mikroskopowe (a) czystego żelaza; (b) stali o zawartości 0,2 ^o / _o węgla; (c) perlitu; (d) stali o zawartości 0,6 ^o / _o węgla	76
XII (a) Zdjęcie mikroskopowe stali o dużej zawartości węgla. (b) Nóż celtycki i zdjęcia mikroskopowe przekrojów noża	76
XIII Zdjęcia mikroskopowe (1) stali manganowej; (2) stali manganowej po działaniu termicznym; (3) stali manganowej po próbie na rozciąganie; (4) stali manganowej po próbie na ściskanie	76
XIV (a) Układ atomów w żelazie α (b) Układ atomów w żelazie γ (c) Doświadczenie z punktem krytycznym żelaza	76
XV Doświadczenie z kryształem aluminium	76
XVI Model, wskazujący wielkość ślizgania w różnych płaszczynach poślizgu	76

Tablica

obok str.

XVII	(a) Płaszczyny poślizgu kryształów sodu. (b) Helm ze stali manganowej. (c) Węzeł z drutu tungstenuwego. (d) Stal damasceńska	76
XVIII	(a) Zdjęcia mikroskopowe różnych włókien wełnianych. (b) Włókna lniane. (c) Zgrzeblenie ręczne	108
XIX	Sposób przędzenia na kołowrotku	108
XX	(a) Stary kołowrotek. (b) Nowoczesna zgrzeblarka	108
XXI	Maszyna przędzalnicza	108
XXII	Maszyna przędzalnicza Hargreaves'a	108
XXIII	Maszyna przędzalnicza Arkwright'a	108
XXIV	(a) Urządzenie do przędzenia. (b) Przędzenie sztucznego jedwabiu	108
XXV	Merceryzacja bawełny	108
XXVI	(a) Doświadczenie z prasowaną bawełną. (b) Źródło połysku. (c) Połysk i właściwe skręcenie	108
XXVII	Merceryzacja bawełny	108
XXVIII	(a) Tablice z gliny, pochodzące z miasta Ur. (b) Tablice tureckie z 15 lub 16 wieku. (c) Tablica, wykonana przez Simpsona, około 1670—1680 r.	176
XXIX	(a) Sześcioboczny imbryk z Staffordshire. (b) Dzban grecki. (c) Waza z Worcester	176
XXX	(a) Waza chińska z czasów dynastji Sung (960—1279 przed Nar. Chr. (b) Tubylcy afrykańscy, deptający glinę. (c) Klinowanie	176
XXXI	(a) Mycie gliny w kopalni. (b) Zbiór krzemienia	176
XXXII	(a) Osadniki. (b) Młynek	176
XXXIII	(a) Beleczi z gliny. (b) Wyrób naczyń stołowych. (c) Piec do suszenia wyrobów z gliny	176
XXXIV	(a) Ostrosłupy Segera. (b) Zanurzanie w polewie. (c) Nalewanie gliny plastycznej do formy	176
XXXV	(a) Zdjęcie mikroskopowe wypalonych chińskich wyrobów z gliny. (b) Rozpuszczanie różnych substancyj w żelatynie	176
XXXVI	(a) Stary sposób wentylacji. (b) Ilustracja, przedstawiająca ciśnienie atmosferyczne	218
XXXVII	(a) U wylotu szybu. (b) Na dnie szybu	218
XXXVIII	Lampy bezpieczeństwa Humphry Davy'ego	218
XXXIX	(a) Odkrywka węgla. (b) Galeria w pobliżu Eskmeals	218
XL	(a) Wnętrze galerji w pobliżu Eskmeals. (b) Skutki doświadczalnego wybuchu	218
XLI	(a) Elektryczna lampa bezpieczeństwa. (b) Stary górniczy przyrząd do zapalania	218

ROZDZIAŁ I

ŻEGLARSTWO

HISTORJA dawnych rzemiosł zaciekawia nas dlatego, że stanowi opowieść o ludzkich wysiłkach twórczych. Wiele nieudanych prób poprzedzało każde powodzenie. Same narzędzia pracy mogłyby nam wiele opowiedzieć, gdybyśmy potrafili zrozumieć ich język. Kształt młota czy żagla, krosno tkackie czy lampa górnika — każde z tych narzędzi jest owocem wieloletniego doświadczenia. Cokolwiek człowiek wytwarzał, czynił to bądź dla własnego użytku, bądź dla wymiany z innymi. W opowieści Kiplinga mieszkańcy South Downs wpadli na pomysł, że hodowane przez siebie stada owiec mogą zamieniać na inne potrzebne im przedmioty u mieszkańców lasów Sussex. Ci ostatni bowiem, stapiając przy pomocy węgla drzewnego żelazo, wyrabiali z niego broń. A znów ludzie z South Downs potrzebowali broni dla ochrony swych owiec przed wilkami, które trzebiły im stada. Pasterze byli zmuszeni do ulepszania swych sposobów hodowli, gdyż, dając lepsze produkty swej pracy, mogli wymagać od sąsiadów lepszych wytworów. To samo dążenie wpłynęło na rozwój kowalstwa, w lasach pojawiły się kuźnie.

Ponieważ handel wymienny rozszerzał się coraz

bardziej, obejmując coraz to większą ilość wytworów i pokonywając coraz to większe przestrzenie, przeto równocześnie rozwijały się i udoskonalały różne rzemiosła. Człowiek starał się o to, aby sprostać wymaganiom nabywcy. W każdym przemyśle, czy to garncarskim, czy skórzanym, czy wełnianym, czy też metalowym jakoś wyrobów musiała być utrzymywana na odpowiednim poziomie, w przeciwnym razie przemysł upadał i człowiek tracił korzyści, płynące z handlu wymiennego. Wobec konieczności pokonywania dużych przestrzeni towary przewożono na statkach, które były wykonywane przez tych, co tę sztukę znali najlepiej, kierowane przez najlepszych żeglarzy, i w ten sposób budowa statków i żeglarstwo zmieniały się i ulepszały ustawicznie. Z postępem czasu zwiększone wymagania wypierały to, co kiedyś było uważane za doskonałe. Wynajdowano coraz to nowe surowce. Rozpowszechnienie się w Europie jedwabiu przyczyniło się do rozwoju wielkiego przemysłu. Zmieniały się zarówno upodobania ludzkie, jak i ich obyczaje. Wpływ czytających książki, dzięki wynalezieniu druku, z rzemiosła drukarskiego uczynił poważny zawód. Jak tylko jaka nowa roślina została wprowadzona do kraju, jak np. ziemniaki do Irlandji w 16 w., rolnik natychmiast wykorzystywał to odkrycie. Wiele nowych zawodów powstało w związku z poznaniem i używaniem tytoniu. Mechanika przekształca się całkowicie od chwili zastosowania oliwy do palenia. Przykładów takich można przytoczyć bardzo wiele. Widzimy więc, jak w każdym pokoleniu zmieniają się zawody, szerzą się jedne, zanikają inne, zależnie od tysiąca wpły-

wów, mających swe źródło w wymaganiach ludzkich, oraz od najrozmaitszych przyczyn, sprzyjających lub przeszkadzających rozwojowi. Historia zawodów jest więc historią ludzkości.

Nowa gałąź wiedzy zawsze wprowadza zmianę, którą można osiągnąć tylko drogą żmudnych, wielostronnych badań. Dlaczego kowal, chcąc zahartować kawałek stali przez zanurzenie go w wodzie, najpierw ją zmiesza dokładnie? Zapewne w celu wyrównania temperatury, ponieważ wie z doświadczenia, że nierównomierne ochłodzenie wywiera szkodliwy wpływ na metal. Cieśla używa przy pracy drewnianego młotka i dłuta, posiadającego drewnianą rączkę; natomiast kowal przy wykonywaniu form metalowych posługuje się lekkim dłutem stalowym i metalowym młotem. Chodzi mu bowiem o to, aby uderzenie było mocne, ale krótkotrwałe, ponieważ tylko pod wpływem nagle przyłożonej dużej siły kryształ metalu pękają i oddzielają się od siebie. Inaczej sprawa przedstawia się przy obróbce drzewa. W tym przypadku należy używać mniejszej siły, lecz za to trwającej dłużej. Praca kamieniarska jest czemś pośrednim. Kamieniarz ma do pokonania małe siły spójności międzycząsteczkowej i w tym celu używa narzędzi stalowych i ciężkiego młotka drewnianego. Moglibyśmy przytoczyć cały szereg przykładów zastosowania w każdym rzemiośle wiedzy nabytej przez doświadczenie, wiedzy, która nie przychodzi nagle, lecz narasta stopniowo, niedostrzegalnie i jest przekazywana przez mistrzów uczniom.

Wynalazki powstają jednak niekiedy zupełnie

przypadkowo. Wiemy dzisiaj, że najpiękniejsze zabarwienie szkła otrzymuje się dzięki domieszce pewnej ilości pyłu miedzianego. Własność tę spostrzeżono wtedy, gdy jeden z robotników nieumyślnie upuścił miedzianą łyżkę do naczynia z roztopioną masą szklaną. Newcomen, który zbudował jedną z pierwszych maszyn parowych, w podobnie przypadkowy sposób uczynił odkrycie, że można skropić parę wodną w cylindrze przez wprowadzenie doń strumienia wody. Stwierdził to wówczas, gdy, pragnąc zapobiedz przenikaniu powietrza do wnętrza cylindra, nalał pewną ilość wody na wierzch tłoka. Szczelność tłoka nie była dostateczna i trochę wody przedostało się do wewnątrz, co spowodowało skroplenie się pary wodnej.

Szczęśliwe przypadki, którym zresztą wiedza przedewszystkiem zawdzięcza swój rozwój, zdarzają się rzadko. Dostrzega je jedynie bystre oko i umysł dostatecznie przygotowany. Każdy z nas doświadczył tego na sobie. Weźmy najprostszy przykład: pragniemy wykonać jakiś szczegół w grze w tenisa lub t. p. Zastanawiamy się nad tem, jak to uczynić, obserwujemy grę innych, próbujemy sami, aż pewnego dnia zauważamy drobny ruch ręki, który prowadzi do celu. To samo dzieje się w każdej dziedzinie pracy. Artyście malarzowi wystarcza chwila natchnienia dla wydobycia efektu, którego poszukiwał; metalowca, pragnącego nadać stali określoną własność, lub garncarza, chcącego osiągnąć piękny połysk polewy, najmniejsze spostrzeżenie wprowadza na właściwe tory, ponieważ ich umysł jest już na-

stawiony w odpowiednim kierunku. Tego podszeptu wiedzy kto inny nie usłyszy.

Dziwnem nam się nieraz wydaje, jak zdobycze wiedzy w jednym zawodzie rozwiązują wątpliwości w innym i otwierają dlań nowe horyzonty. Często człowiek, wprowadzając ulepszenia w jakiejś pracy, nie ma nawet pojęcia o tem, w jaki sposób mogą być one wykorzystane przez innych. Kiedy Faraday zauważył po raz pierwszy, że prąd elektryczny w uzwojeniu cewki może wzbudzić prąd w uzwojeniu cewki z nią sąsiadującej, wówczas nie przyszło mu zapewne na myśl, że to odkrycie będzie stanowiło podstawę do wspaniałego rozwoju nauki o elektryczności. Badania, przeprowadzone w pierwszej połowie 19 w. nad wyładowaniami elektrycznymi w naczyniach z różną zawartością powietrza, przyczyniły się do odkrycia promieni X i wynalezienia telegrafu bez drutu. Mając tego rodzaju przykłady, człowiek gromadzi swoje spostrzeżenia nawet wtedy, gdy nie widzi ich bezpośredniego zastosowania w danej chwili. Ponieważ wiele zagadnień może być rozwiązanych jedynie drogą wielostronnych poszukiwań naukowych, przeto dzisiejszy wielki przemysł powierza je ludziom, biegłym w różnych gałęziach wiedzy, jak w fizyce, chemji, botanice, biologji i t. p. Wiadomości o doświadczeniach laboratoryjnych są stosunkowo mało znane szerszemu ogółowi, to też w moich wykładach postawiłem sobie za zadanie zaznajomienie czytelników z temi pracami, które są nietylko zajmujące same przez się, lecz przedstawiają ogromną wartość dla utrzymania właściwego miejsca, jakie przemysł angielski zajmuje w świecie.

A teraz wróćmy do żeglarstwa.

Długą jest droga ewolucji, jaką musiało przejść prymitywne czółno, wydrążone z pnia drzewa, by przekształcić się w wielki i potężny okręt dzisiejszy.



Fig. 1. — Łódka łowcy ptactwa jest wykonana z papyrusa; jest ona tak lekka, że z łatwością przepływa płytkie miejsca i miejsca porośnięte trzcina. Łowca stoi na macie, która zabezpiecza go od przemoczenia nóg. Zwrócić uwagę na rośliny, oraz ryby i zwierzęta w wodzie.

Ale od zaczątków żeglarstwa do chwili obecnej istnieją pewne cechy, nieodłączne od zawodu żeglarskiego. Przedewszystkiem żeglarz posiada przysłowiowy sentyment do swej łodzi i jest dumny z władania nią. Miłość człowieka do jego dzieła jest jednym

z najpiękniejszych uczuć na świecie. Żeglarstwo rozwijało się nie tylko dzięki współzawodnictwu. Odgrywały tu również rolę pobudki artystyczne, ponieważ człowiek pragnął stwarzać rzeczy piękne dla czystej przyjemności tworzenia. Bez wątpienia ludzie w owych czasach, kiedy spychano do rzeki kloce drzewa, lub wiązano trzcinę i sitowie, jak to czynili Egipcjanie w celu zbudowania tratw i czółen, byli dumni ze swej zręczności. Jednocześnie człowiek był zmuszony używać takich materiałów, jakie miał pod ręką. Egipcjanie używali papyrusa, ponieważ drzewa mieli tak mało, że mogli posługiwać się niem jedynie przy budowie cięższych statków.

„Posyłają wysłańców przez morze w łodziach z sitowia“, mówi Izajasz. „*Coracle*“* (tabl. II a), był to kosz, wysłany skórami, używany w różnych częściach starożytnego świata, gdzie posiadano skóry i odpowiedni „budulec“. Czytamy o tego rodzaju w historii starożytnej Brytanji, lecz ten sam sposób budowy spotyka się do dziś dnia na dużych rzekach na wschodzie. Wielką istotnie sztuką było wykonanie dobrego *c o r a c l e*. Juliusz Cezar nauczył się jej od Brytów i łodzi takich używał podczas swych wypraw. Starożytny geograf Strabo opowiada, że Cezar popłynął do Egiptu w koszu z wikliny. Przypomina nam to historie z dzieciństwa.

Na morzach południowych spotykamy łódź o dziwnej konstrukcji z olinowaniem i ozagleniem t. zw. „*catamaran*“ (tabl. II, b i c). Kształt tej łodzi pamięta czasy zamierzchłe, w których została wy-

* Łódź z plecieniem dnem, obciążniętym skórą.

próbowana jej celowość. W planie przypomina ona motocykl z przyczepką i zdaje się urągać wszelkim zasadom budowy łodzi. A jednak spełnia swe zadanie doskonale: może odbywać długie podróże i przeciwstawiać się burzy, chociaż z racji swych własności konstrukcyjnych jest trudna do prowadzenia. Może ona bowiem żaglować jedynie przy wietrze od strony zewnętrznej łyżwy wodnej, ponieważ równowaga zależy od jej ciężaru, który może być powiększony przez umieszczenie na niej jednego, dwóch, lub kilku ludzi. W zależności od tego określano siłę wiatru: „wiatr dla jednego człowieka“, „wiatr dla dwóch ludzi“ i t. d. Wadami tej łodzi są: mały opór w wodzie i mała zwrotność, ponieważ droga, jaką zakreśla burta nawietrzna przy zwrocie, jest długa. Zmiana kierunku jazdy nie mogła odbywać się tak prosto, jak w manewrowaniu obecną żaglówką, gdyż, jak zaznaczono wyżej, łódź może płynąć tylko z wiatrem od strony zewnętrznej łyżwy wodnej. Należało więc przełożyć ster i zmienić położenie masztu i żagla.

Ileż to czasu pochłonęło osiągnięcie takiej konstrukcji; była ona prawdopodobnie najlepszą, jaką można było wykonać z materiałów, którymi rozporządzano i ze względu na przeznaczenie łodzi. Przepływały one długie przestrzenie między wyspami, były używane do połowu ryb, a nawet ścigano się na nich. Dr Malinowski w swej książce*, z której zapożyczono wspomniane ilustracje, opowiada, że skoro tylko łódź jaka przybiła do brzegu, żeglarze groma-

* *Argonauci Zachodniego Pacyfiku.*

dzili się na pokładzie, spierając się namiętnie i podnosząc zalety swych łodzi. To też każdy szczególnie konstrukcyjny, każde pociągnięcie zdobnicze opowiada nam historję ustawicznego doskonalenia się tego dzieła ludzkiego, dzięki doświadczeniu, nabywanemu podczas wypraw morskich, — opowiada nam historję niekończących się wysiłków myśli i pracy twórczej.

Jeżeli zastanowimy się, ile włożono trudu w zbudowanie tak prostej stosunkowo łodzi, wówczas ogarnia nas wprost przerażenie na myśl, jak wielki musiał być wysiłek człowieka, jeżeli doprowadził do stworzenia dzisiejszego okrętu oceanicznego. Nie możemy tutaj oczywiście rozpatrywać jego szczegółów, gdyż zgubiliśmy się w nich bardzo szybko. Omówimy więc jedynie pewną grupę zadań żeglarsza, a mianowicie sposób, w jaki określa on swoje położenie na morzu.

Pytanie to powstało bardzo prosto. Żeglarz na pełnem morzu nie widzi żadnych znaków lądowych i jeżeli niebo jest zasłonięte chmurami, nie może kierować się zapomocą Słońca lub gwiazd. Nie jest w stanie wówczas ani określić miejsca, w którym się znajduje, ani kierunku drogi, dokąd zdąży. W dawnych czasach starano się nie oddalać od lądu, aby nie stracić go z oczu. Mimo to żeglarze z Egiptu, Tyru i Rzymu odbywali zadziwiające podróże. Herodot podaje naprzykład historję jednej z wypraw egipskich, która, sądząc z jego opowiadania, przepłynęła dokoła Afryki, gdyż wyruszyła na południe przez Morze Czerwone i zjawiła się na zachodzie. Wiele opowieści Herodota wzbudza wątpliwości,

a nawet on sam co do wyprawy, o której mowa, wyraża się w następujący sposób: „nie wierzę, aby to mogło być prawdą, chociaż są ludzie, którzy czegoś podobnego dokonują“. Przyczyną jego ostrożności było to, że uczestnicy wyprawy twierdzili, iż przez większą część podróży widzieli Słońce po prawej stronie. Mogło być tak rzeczywiście, gdyby płynęli dokoła przylądka Dobrej Nadziei ze wschodu na zachód. Ale Herodot nie przewidział tej możliwości. Jednakże właśnie ta przyczyna, która wzbudza w nim wątpliwość, nas skłania do uwierzenia, że wyprawa egipska istotnie popłynęła dokoła Afryki.

Skoro człowiek zaczął coraz bardziej rozszerzać swe pojęcia o wielkości Ziemi, wówczas zjawiała się oczywista dążność do skrócenia podróży przybrzeżnych. Orjentowano się, o ile to było możliwe, według Słońca i gwiazd. Jeżeli niebo było czyste, różniano północ od południa i zachód od wschodu. W umyśle ludzkim powstały pojęcia kierunku i położenia; można było np. określić, że jakiś przedmiot znajduje się na północy, inny zaś w kierunku jakiegoś portu, lub jak daleko jest od niego odległy. Kiedy człowiek nauczył się posiłkować gwiazdami nie tylko na morzu, lecz i podczas podróży lądowych na otwartych pustyniach, kiedy zaczął spostrzegać zjawiska dnia i nocy, oraz zmienność czasu w ciągu roku, używając nieba jako zegara, wówczas powstała astronomja. Rozwój jej nie zatrzymał się po zaspokojeniu pierwszych potrzeb, zaczęto interesować się zjawiskami astronomicznymi dla samej wiedzy. Później dopiero człowiek zrozumiał, jak ważne zastosowanie praktyczne miały te odkrycia. Jednym

z pierwszych było stwierdzenie, że Ziemia i niebo poruszają się względem siebie dokoła pewnej osi. To spostrzeżenie doprowadziło do odkrycia kulistości ziemi, co pociągnęło za sobą konieczność rozróżnienia długości i szerokości geograficznej. W związku z tem zniknęła trudność określenia położenia statku na morzu.

Wyznaczenie szerokości geograficznej zapomocą Słońca jest rzeczą stosunkowo łatwą, o ile niebo jest pogodne. Jeżeli znany jest dzień w roku, to szerokość geograficzną określi wzniesienie Słońca nad horyzontem w południe, t. zn. najwyższy punkt, jaki ono osiąga w ciągu dnia. Wyjaśnia to fig. 2. Widzimy na nim globus z południkami i równoleżnikami. Wyobraża on Ziemię. W punkcie, gdzie się znajduje okręt, przywiązano sznurek, którego drugi koniec prowadził do lampy, przedstawiającej Słońce. Globus obrócono dokoła osi od położenia, w którym był styczny do niego w pewnym punkcie, do położenia, w którym był styczny do punktu, znajdującego się po przeciwległej stronie globusa. Połowa drogi między temi dwoma położeniami okrętu znajdowała się ściśle naprzeciwko wyobraźalnego Słońca i wówczas sznurek tworzył największy kąt z powierzchnią globusa. Ten kąt winien być właśnie zmierzony w praktyce. Nie daje on jednak wprost szerokości geograficznej. Byłoby tak, gdyby Słońce znajdowało się nad równikiem, to jest gdyby lampa była umieszczona na płaszczyźnie, prostopadłej do osi globusa i przechodzącej przez równik. W danym przypadku szerokość geograficzną znajdujemy jako różnicę między kątem zmierzonym a kątem prostym. Słońce

znajduje się nad równikiem tylko dwa razy w ciągu roku: w czasie równonocy wiosennej, w marcu, i je-

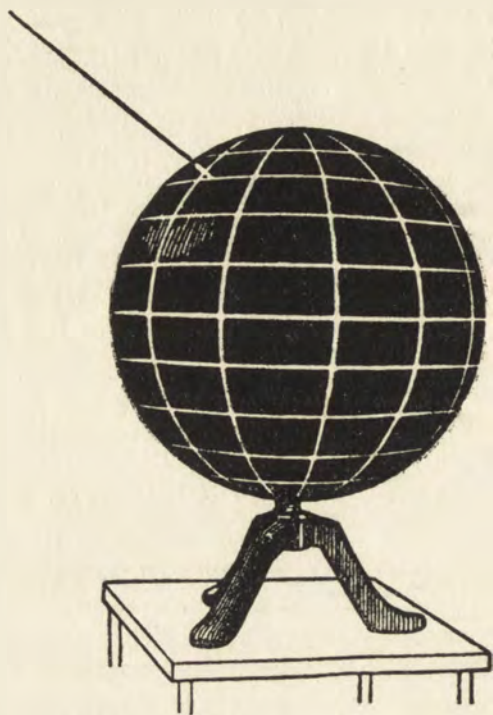


Fig. 2. — przedstawia globus. U góry po lewej stronie rysunku widzimy sznurek, prowadzący do lampy, która wyobrażała słońce. Podczas obrotu globusa sznurek był zawsze naprężony, ponieważ wewnątrz niego znajduje się guma. Kąty pochylenia pokazane są jaśniej na następnym rysunku.

siennej — we wrześniu. W lecie Słońce znajduje się nad równikiem, jak to widzimy na modelu, w zimie zaś pod równikiem. W związku z tem należy zaw-

sze dodać lub odjąć pewną wartość od zmierzonej wysokości Słońca nad horyzontem. Do pomiaru kąta

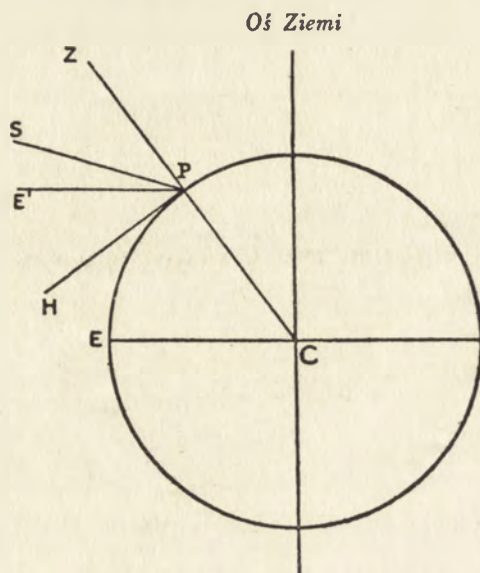


Fig. 3. — Okręt znajduje się w punkcie *P*; *PS* przedstawia linię, łączącą Słońce z okrętem. Jest południe, przeto *SPH* stanowi miarę wysokości katowej Słońca nad horyzontem. Kąt *SPE* przedstawia wysokość Słońca nad równikiem; kąt ten jest zmienny w zależności od pory roku. Kąt *EPH* jest różnicą między dwoma powyższymi kątami, a *ZPE'* — szerokością geograficzną w danym miejscu.

w stopniach używano przyrządów, z których najprostszym był krzyż żeglarski.

Aby odczytać kąt, jeden koniec przykłada się do oka, jak pokazano na fig. 4, nastawiając nasadki od-

powiednio na horyzont i na Słońce. Wobec tego, że blask Słońca przeszkadza w ustawieniu instrumentu, przeto odczyt był przeważnie niedokładny. Przyrząd ten był używany nie tylko do pomiarów szerokości geograficznej, lecz również do mierzenia kątów na lądzie, (fig. 5, zaczerpnięta z *Pantometrji*

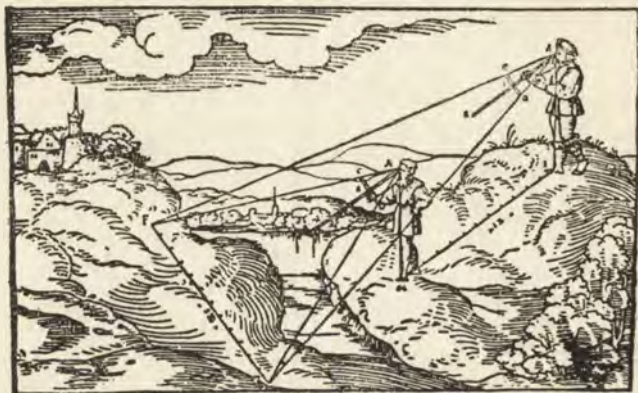


Fig. 4. — Krzyż żeglarski podczas pomiarów. Punkty F i G stanowią podstawę pomiaru kątów, który dokonywują obserwatorzy z dwóch stanowisk. Mając zmierzoną odległość między stanowiskami, można obliczyć długość odcinka FG , oraz odległości obserwatorów od punktów F i G . Krzyż żeglarski jest szczegółowo przedstawiony na fig. 6.

Thomasa Digges'a). Trzecia, najmniejsza nasadka, służyła do pomiaru małych kątów.

Bardziej złożonym przyrządem jest astrolabja. Jest to krążek metalowy, zazwyczaj z brązu lub mosiądzu, zawieszony na kółku (fig. 6 i tabl. III, b). Alidada, czyli ruchoma wskazówka, umieszczona wzdłuż średnicy krążka, obraca się dookoła osi, przechodzącej przez jego środek. Na obu końcach wska-

zówki znajdują się wzierniki. Trzymając astrolabję za kółko, ustawia się ją w ten sposób, aby krążek leżał w płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez Słońce, przyczem alidadę obraca się tak, aby promienie Słońca przeszły przez oba wzierniki. Jeżeli obserwujemy gwiazdę, to winna ona być również widoczna w otworach obydwóch wzierników. Mierzony kąt odczytuje się na krążku z podziałką. Kilka pięknych



Fig. 5. — Pomiary zapomocą prostego kwadranta, uskutecznia-
ne podczas wojny.

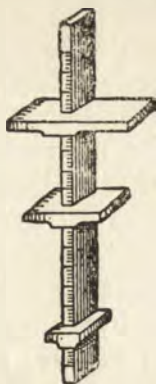
starych astrolabji znajduje się w Muzeum Naukowem w South Kensington. Jedna z nich (tabl. III) została znaleziona pod skałą na jednej z wysp w pobliżu Walencji; podobno należała ona do hiszpańskiej Armady. Jest ona ciężka, o mocnej budowie, ponieważ chodziło o osiągnięcie dużego oporu podczas wiatru. Astrolabje często ozdabiano piękne-

mi ornamentami; przystosowywano je też niekiedy do zawyłych obliczeń astronomicznych.

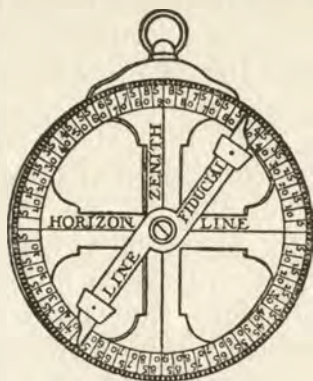
Krzyże żeglarskie i astrolabje posłużyły do zbudowania w 1731 r. bardziej dokładnego i pożytecznego przyrządu, zwanego sekstansem. Podczas swej wyprawy do Indyj Kolumb posiłkował się temi przyrządami oraz kompasem, który rozpowszechnił się później. Przy ich pomocy nie mógł określić długości geograficznej, a byłoby to dlań niewątpliwie użyteczne, gdyż miał bardzo niedokładne pojęcie o krajach, do których dążył. Jest rzeczą pewną, że nie docenił odległości, jaką miał do pokonania. Zawiodło go nadto wyobrażenie o łącznej długości Europy i Azji oraz wielkości świata. Kolumb sądził, że świat jest daleko mniejszy, niż to jest w rzeczywistości. Na mapach, używanych przez niego, między Azją i Europą były zaznaczone na oceanie legendarne wyspy.

W rzeczywistości jest to otwarta przestrzeń między dwoma kontynentami, której część środkową zajmuje Ameryka. Fig. 7 wyobraża mapę, wykonaną przez Marcina Behaim'a, przyjaciela Kolumba. Jest ona przechowywana w ratuszu norymberskim. Znajduje na niej ciekawe nazwy: Cipango oznacza Japonję, Taprobana — Ceylon; widzimy też takie nazwy, jak Caput Bona Spey (Przylądek Dobrej Nadziei), Cathaya, Tartaria i wiele innych, które znamy.

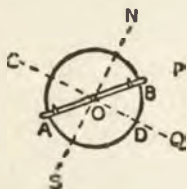
Zagadnienie długości geograficznej stało się palącym w 18 w. i wtedy dopiero zostało rozwiązane. Anson podczas podróży naokoło świata w 1741 r.



Krzyż żeglarski



Astrolabja z 1594 r.



Wykres, przedstawiający zasadę zdjęć przy pomocy astrolabji.



Dawny kwadrant



Z brewiarza
Św. Ludwika
Ilustrowany rękopis
z XIII. w.

Fig. 6. — U góry po lewej stronie rysunku widzimy krzyż żeglarski, na prawo — astrolabję. Dalsze rysunki przedstawiają użycie astrolabji.

mógł być jeszcze w takim błędzie, że krążąc tuż przy brzegu przylądka Horn, wyobrażał sobie, że znajduje się o 10° na zachód od niego. Kiedy indziej, gdy płynął na szerokości wyspy Juan Fernandez, leżącej o 300 mil w kierunku zachodnim od wybrzeża Chili i chciał na niej wylądować, był tak niepewny, na jakiej długości geograficznej się znajduje, że popłynął z powrotem w kierunku wybrzeża i zawrócił, dążąc już wprost do miejsca przeznaczenia. Wówczas dopiero zauważył, że istotnie był uprzednio w błędzie. Wskutek zwłoki stracił on ze swej załogi ośmdziesięciu ludzi na szkorbut. Na mapie (fig. 8) wyrysowano linią pełną podróż Ansona według opisu jego kapelana.

O ile zastanowimy się głębiej nad sposobami określania długości geograficznej, to dojdziemy do przekonania, że nie jest to rzecz łatwa. Wyobraźmy sobie, że znajdujemy się na pełnym morzu i śledzimy ruch Słońca. Obliczamy szerokość geograficzną przez zmierzenie wzniesienia Słońca nad horyzontem wówczas, gdy ono osiąga najwyższy punkt na niebie. Nazwijmy ten moment południem i od niego rozpoczniemy pomiar czasu. Dla znalezienia różnicy między długością geograficzną, na której się znajdujemy, a długością geograficzną jakiegoś stałego miejsca na ziemi np. południka Greenwich musimy wiedzieć, kiedy jest południe w tem miejscu. Jeżeli potrafimy znaleźć tę różnicę czasu, wówczas możemy określić długość geograficzną, wiedząc, że Ziemia obraca się dokoła Słońca w ciągu 24 godzin. Jeżeli południe w miejscu, gdzie znajduje się okręt, jest o cztery godziny później, niż na połud-

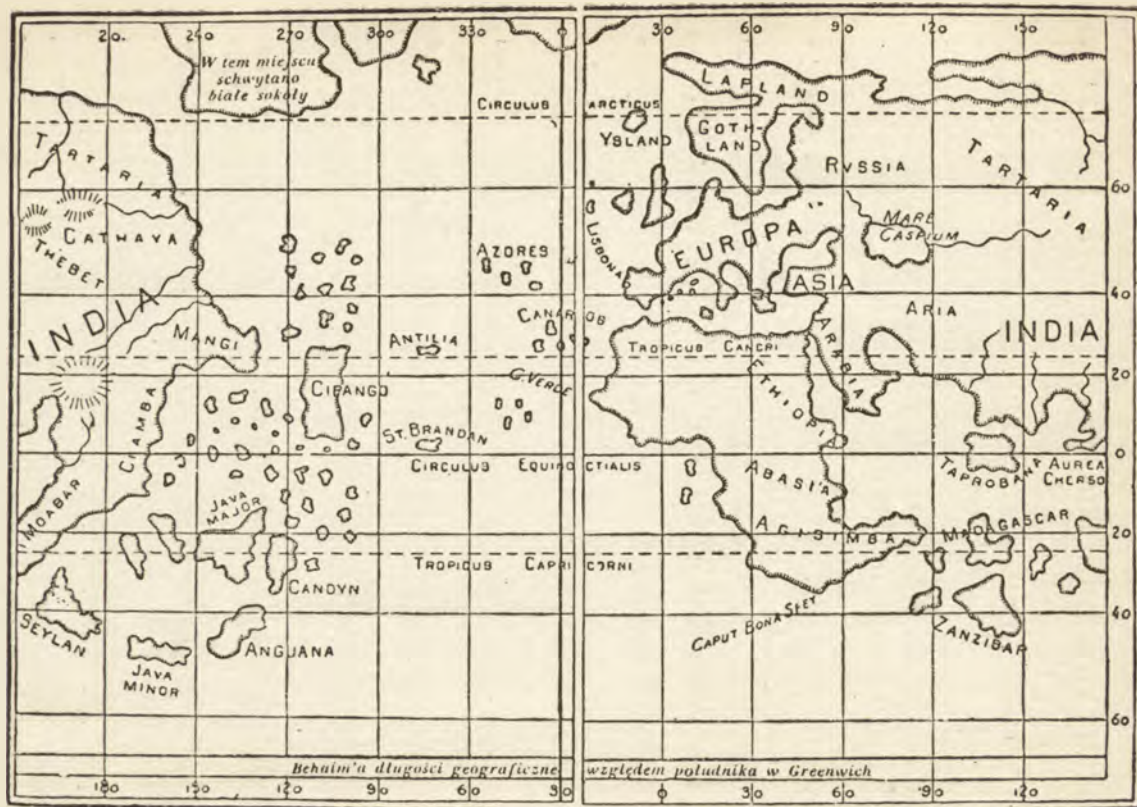


Fig. 7. <http://rcin.org.pl/iiif> Rzut globusa Marcina Behaima.

niku Greenwich, to okręt przebył $1/6$ czasu, jaki potrzebuje Ziemia dla całkowitego obrotu dookoła osi, o ile oczywiście południk Greenwich przyjmiemy za punkt wyjścia. Ale jak dowiedzieć się, kiedy jest południe na południku Greenwich? Dzisiaj odpowiedź na to pytanie jest bardzo prosta: należy mianowicie mieć ze sobą w czasie podróży chronometr, wyregulowany dokładnie według południka Greenwich. Lecz w czasie, gdy żył Anson, nikt nie umiał zrobić jako tako dobrego chronometru. Wobec tego posiłkowano się niebem, obserwując ruch Księżyca między gwiazdami. Położenie Księżyca było obliczane zawczasu i każdy żeglarz był zaopatrzony w tablice t. zw. „odległości księżycowych“. Tablice te były ułożone w ten sposób, że wykazywały czas w pewnym stałym punkcie Ziemi; żeglarz winien był tylko zmierzyć położenie Księżyca i czas odczytać z tablic. Porównywając go ze swoim czasem, znajdował długość geograficzną.

Praktycznie był to sposób trudny, nie jest bowiem rzeczą łatwą mierzyć położenie Księżyca podczas ruchu okrętu, tembardziej że i używane wówczas przyrządy pomiarowe nie były dokładne. Z rysunku, podanego na tablicy III, *a*, widzimy, jak niewielki ruch wykonywa Księżyc w ciągu 24 godzin, możemy więc sobie łatwo wyobrazić, jak dużej dokładności wymagały pomiary. Błąd 1 minuty w odczytaniu kąta powoduje błąd $1/2$ stopnia w długości geograficznej, a ówczesne przyrządy nie dawały nawet takiej ścisłości.

Zagadnienie było tak palące, że za panowania króla Karola II powstało w Greenwich Obserwato-

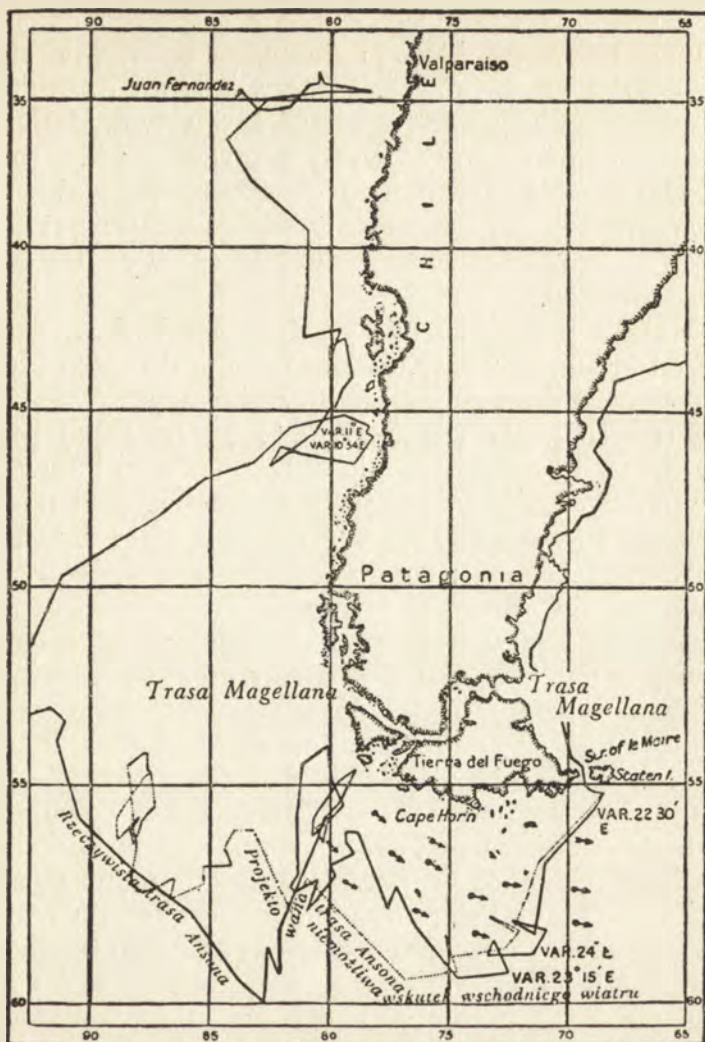


Fig. 8. — Z podróży Ansona. Linja kropkowana u dołu rysunku przedstawia projektowaną przez Ansona trasę; linja pełna — trasę rzeczywistą. U góry mapy zauważyć możemy ciekawy zwrot, jaki Anson wykonał dla upewnienia się, że jest na właściwej drodze w kierunku Juan Fernandez.

rjum Królewskie, którego zadaniem było obliczanie odległości księżycowych. Obserwatorjum to oddało nieocenione usługi astronomji i żeglarstwu. Obliczenia odległości księżycowych prowadzono do roku 1907, chociaż już dawno przestano je stosować. Zagadnienie obliczania długości geograficznej zostało całkowicie rozwiązane przez wynalezienie chronometru.

Należy jednak zaznaczyć, że nie tak dawno, bo przed kilkunastu laty, zastosowanie do pomiarów starego sposobu „odległości księżycowych“ okazało się bardzo pożyteczne. Było to na początku roku 1915, kiedy wyprawa do bieguna południowego stwierdziła nieprzydatność chronometru, jaki miała ze sobą. Zatrzymano się w grudniu w 1914 r. w Południowej Georgji; co do tego istnieje jednak pewna wątpliwość tak, że prawdopodobnie ostatnie zatrzymanie się wyprawy miało miejsce w Buenos Ayres w październiku. Począwszy od tego czasu wyprawa płynęła wśród lodów, wskutek czego okręt zbaczał w różne strony; temperatura ulegała znacznym wahaniom. Członkowie ekspedycji zaczęli zastanawiać się nad zastosowaniem starego sposobu odległości księżycowych. Osiągnięcie dostatecznej ścisłości pomiaru zapewniały dwie okoliczności: okręt nie kołysał się, gdyż był zamrożony, a nadto na pokładzie znaleziono 3 calowy (7,62 cm) teleskop. Korzystając z możliwości obserwowania gwiazd podczas ciemnych miesięcy zimowych, James i Worsley ustawili teleskop na statywie i 24 czerwca ujrzeli kilka pięknych zaćmień gwiazd. Czas, kiedy poszczególne gwiazdy chowały się za tarczę Księżyca, noto-

wano bardzo dokładnie. Okazało się, że błąd chronometru, jaki posiadała wyprawa, wynosił 4 minuty, co spowodowało błąd w obliczeniu długości geograficznej, równy 1 stopniowi. Spostrzeżenie to było podwójnie ważne: umożliwiło zorientowanie się, na jakiej długości geograficznej znajdowała się wyprawa, oraz wykazało wadliwość mapy. Wnioskując z mapy, wyprawa winna była znaleźć się już na stałym lądzie, podczas gdy w rzeczywistości była na pełnym morzu w miejscu, gdzie głębokość wynosiła 550 m.

W roku 1714 Parlament powołał specjalny komitet do rozpatrzenia sprawy pomiaru szerokości geograficznej. Izaak Newton, który brał udział w pracach komitetu, przedstawił kilka projektów, nazywając je „uzasadnionymi teoretycznie, lecz trudnymi do wykonania“. Pierwszym był projekt dokładnego chronometru.

„Jednym z moich pomysłów jest zegar do ścisłego pomiaru czasu; jednak dotychczas nie posiadamy przyrządu, który działałby sprawnie w takich warunkach, jak kołysanie okrętu, podczas wahań temperatury, przy zmiennej wilgotności, różnicy przyciągania ziemskiego na różnych szerokościach geograficznych“.

Ponieważ Newton wspomina o przyciąganiu ziemskim, przeto prawdopodobnie miał na myśli zegar wahadłowy. Należy zaznaczyć, że właśnie w tym czasie wynaleziono wahadło i tryb wyrównawczy; używane do tej chwili przyrządy do pomiaru czasu były niżej granicy dokładności, wymaganej przez żeglarzy. Jak liche były te przyrządy, możemy osą-

dzić z następującego wyjątku, wziętego z pięknej starej książki *Human Industry* („Przemysł ludzki“), wydanej w 1661 roku.

„Najdokładniejsze ówczesne zegary i zegarki były nieściśle i wymagały wprowadzenia poprawek w pomiarze czasu. Zegarki w ciągu pierwszej pół godziny szły prędzej, w ciągu drugiej pół godziny wolniej. Następna godzina wykazywała znów pewne opóźnienie i t. d. Przyczyna tego zjawiska leży w tem, że sprężyna odkręca się szybciej na początku ruchu niż przy końcu. Spostrzegamy to zresztą w każdym nagłym ruchu. W zegarze wahadłowym rzecz się ma przeciwnie: śpieszy się on mianowicie w ciągu drugiej pół godziny, ponieważ ciężary poruszają się z początku wolniej, podobnie jak wszystkie ciężkie przedmioty, a następnie przyśpieszają ruch w miarę zbliżania się do ziemi. Oprócz tego liny lub sznury, na których były zawieszony ciężary, zwiększały wagę, co powodowało wzrost szybkości. Obydwa błędy usiłował usunąć William Landgrave z Hessen i Tycho Brahe, nie wiemy jednak, czy im się to udało“.

Newton przedstawił dokładny opis pomiaru długości geograficznej metodą odległości księżycowych, oraz szereg innych wniosków, które stanowiły podstawę rozważań komitetu. Parlament wyznaczył nagrodę 20 000 funtów za obliczenie długości geograficznej dowolną metodą z dokładnością do $\frac{1}{2}$ stopnia podczas sześciotygodniowej podróży do Indji Zachodnich; 15 000 funtów, o ile błąd nie przekroczy $\frac{2}{3}$ stopnia i 10 000 funtów, o ile nie przekroczy 1 stopnia. Dla uzyskania pierwszej nagrody chrono-

metr — gdyby użyto chronometru — miał w ciągu sześciu tygodni wykazać odchylenie najwyżej do dwóch minut.

Nagrodę, która ściągnęła wielu współzawodników, otrzymał John Harrison, cieśla z Yorkshire, którego fotografię widzimy na tabl. IV,a. Uzyskał on dokładne wyniki pomiaru czasu zapomocą swego chronometru dzięki zastosowaniu wyrównania temperatury przy użyciu dwóch pasków metalowych, umieszczonych wewnątrz. Chronometr Harrisona, znajdujący się obecnie w Obserwatorium Królewskim, jest przedstawiony na tabl. IV,b, a urządzenie do wyrównywania temperatury na tabl. IV,c. Zasada tego urządzenia jest prosta i bardzo pomysłowa. Gdy temperatura wzrasta, wówczas zegar się spóźnia wskutek rozszerzania się trybu wyrównawczego i zużycia dłuższego czasu na ruch. Dla wyrównania Harrison umieścił wewnątrz sztabkę, składającą się z dwóch pasków, ułożonych obok siebie, jednego z mosiądzu, drugiego ze stali. Przy wzroście temperatury sztabka wygina się, ponieważ wydłużenie mosiądzu jest większe niż stali. Wskutek tego punkt, w którym sztabka dotyka sprężyny, wolno się porusza, co pociąga za sobą niewielkie skrócenie sprężyny. Dzięki temu tryb przyspiesza swój ruch i w ten sposób osiąga się wyrównanie wpływu temperatury.

W roku 1761 William Harrison, syn Johna, udał się na Maderę. Po 18 dniach od chwili wyruszenia z Portsmouth spierał się z kapitanem okrętu, będąc pewnym swoich obliczeń według chronometru, gdy kapitan twierdził, iż znajdują się na 13°50' długości

zachodniej i chciał zmienić kurs. Harrison przeciwstawił się temu, gdyż jego zdaniem okręt był na $15^{\circ}19'$ długości zachodniej, wobec czego nie należało zmieniać kursu. Kapitan bardzo niechętnie przystał na to; na drugi dzień ujrzano Maderę. To powodzenie i wiele innych, jakie osiągnął Harrison



Fig. 9. — Strzałka pokazuje właściwe położenie okrętu, na którym jechał William Harrison, jako pasażer. Na prawo linją kropkowaną oznaczono położenie okrętu według mylnego obliczenia kapitana.

w podróży do Indyj Zachodnich, stało się powodem, że przypisano mu rozwiązanie zagadnienia obliczania długości geograficznej. Od tej chwili chronometr stał się jednym z najniezbędniejszych

przyrządów w wyposażeniu okrętów. Na Obserwatorium Królewskie spadły teraz dwa obowiązki: szacowanie chronometrów dla użytku na morzu oraz ścisły pomiar czasu z ruchu gwiazd. Obecnie zegary Obserwatorium są zadziwiająco dokładne. Wyrównanie temperatury jest w nich doskonałe, jednakże dla uniknięcia błędów zegary wzorcowe są trzymane w pomieszczeniach o stałej temperaturze. Do głównego zegara, umieszczonego pod ziemią, jest dołączony poruszający go zegar dodatkowy tak, że zadaniem zegara głównego jest wyłącznie wskazywanie czasu. Obecnie zapomocą radja można słuchać głosu zegara z Obserwatorium i wyregulować według niego swoje zegarki. Na tabl. V widzimy właśnie ów zegar. Ponieważ czas ekspozycji fotograficznej wynosił dwie minuty, przeto wskazówka minutowa wyszła jak smuga, a wskazówki sekundowej wogóle nie widać. Okręty, zaopatrzone w aparaturę radjową odbiorczą, mogą w podobny sposób sprawdzać czas, wobec czego chronometr musiał po wielu latach oddawanych usług ustąpić swe zaszczytne miejsce zegarowi. Od chronometru wymagamy obecnie wskazywania dokładnie czasu najwyżej w ciągu jednej doby.

Sposób pomiaru czasu, o którym mówiliśmy, nie może być zastosowany, o ile chmury zasłaniają niebo, i Słońce, Księżyc i gwiazdy nie są widoczne. Żeglarzowi pozostaje kompas, jako jedyny przyrząd orjentacyjny, który zresztą z powodu niedokładności wskazań dopomaga mu jeszcze do popelniania błędów. Nie jest rzeczą łatwą osiągnąć tym sposobem dobre wyniki. Pomiary szybkości były niegdyś

uskućeczniane zapomocą róznych bardzo niedokładnych sposobów, jak np. przez wrzucenie u dzioba okrętu jakiegoś przedmiotu i zmierzenie czasu, gdy okręt ten przedmiot minie. Obecnie bardzo dobre wyniki daje specjalny opatentowany przyrząd. Przy pomiarach szybkości zawsze winien być brany pod

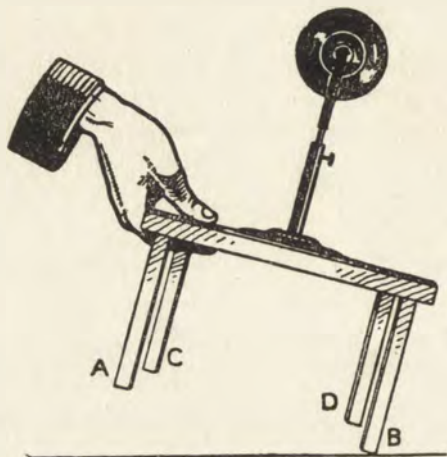


Fig. 10 a.

uwagę wpływ prędkości prądu, oraz błędy w odczytach kompasu. Znając położenie okrętu na morzu, używa się kompasu jedynie dla wskazania kierunku kursu. Kompas jest przyrządem dalekim od doskonałości, możemy jednak wyobrazić sobie zachwyć i zadowolenie, z jakim przyjęto go w Europie. Kompas nie wskazuje nigdy ściśle północy; kierunek strzałki zmienia się w dość szerokich granicach tak, że odczytanie kąta wymaga uwzględnie-

nia wpływu magnetyzmu ziemskiego. Na wskazania kompasu oddziałują również obecność żelaza, przewożonego na okręcie i żelaza, użytego do jego konstrukcji; wielkość zboczenia od kierunku północnego zależy od miejsca położenia okrętu i jego kursu. Nic więc dziwnego, że dla okrętów, całkowicie

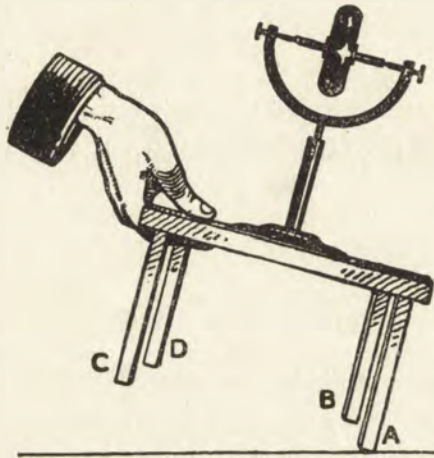


Fig. 10b.

wykonanych ze stali, poszukiwano innych, lepszych przyrządów.

Jednym z nich jest giroskop, którego zasada działania jest bardzo prosta. Jeżeli krążek obraca się około własnej osi lub około pręta, na którego wierzchołku jest nasadzony, albo około jakiegoś innego ciała, znajdującego się jednocześnie w ruchu obrotowym dokoła innej osi, wówczas zmusza to ciało do wykonania takiego ruchu, aby obie osie przyjęły

położenie równoległe względem siebie. Zjawisko to wyjaśnimy na następującem doświadczeniu.

Mamy giroskop — na fig. 10,*a* i 10,*b* czarny krążek. Obraca się on dokoła osi poziomej, która jest osadzona w ramce w kształcie litery Y, zbudowanej w ten sposób, że może się ona obracać dokoła osi pionowej, jak to widać na rysunku. Przyrząd umieszczamy na stoliku o czterech nóżkach A, B, C, D. Oś obrotu giroskopu jest równoległa do AC i BD. Podnosimy stół w ten sposób, że nóżki D i B pozostają na ziemi, zaś A i C unoszą się, czyli obracamy stół wraz z przyrządem około osi BD, równoległej do osi krążka. W tym przypadku nie odczuwamy oporu w punktach, w których oś opiera się na ramce Y; ruch obrotowy krążka również nie wpływa na naszą pracę.

Załóżmy teraz, że podnosimy stół tak, że nóżki A i B pozostają na ziemi, zaś C i D podnoszą się. Jeżeli krążek jest ciężki, wówczas ruch jego utrudnia nam wykonanie tej czynności. Musimy pokonać opór krążka przez wywarcie nań pewnej siły za pośrednictwem podpór. Skutek będzie następujący: krążek obróci się dokoła osi pionowej i wywoła ruch drążka ramki Y, starając się ustawić swoją oś obrotu równoległe do AB. Nadto krążek będzie się obracał w szczególny sposób dokoła osi pionowej. Jeżeli mianowicie staniemy przy brzegu CD, wówczas bliższy koniec osi krążka, wykonywającego ruch obrotowy zgodnie z ruchem wskazówek zegara, porusza się w prawo, t. j. w kierunku punktu C. Pochylenie stołu dla obserwatora, stojącego od strony AB, będzie zgodne z ruchem wskazówki zegara,

a ruch krążka będzie również wydawał się zgodny z ruchem wskazówki zegara.

Zjawisko to możemy zbadać inną drogą, biorąc giroskop o nieruchomej postawie, ustawiony na kółkach, które pozwalają osi obrotu na wykonywanie ruchów w dowolnym kierunku. Jeżeli teraz, trzymając ramkę, zaczniemy obracać się dokoła osi pionowej, wówczas zauważymy, że krążek (o ile wprowadziliśmy go w ruch wraz z jego osią dokoła osi pionowej) nie wykazuje zmian w swym ruchu, jeżeli jego kierunek obrotu jest taki sam, jak naszego ciała. Lecz o ile te kierunki są sprzeczne, wówczas krążek znajdzie się w równowadze niestąłej i prawie natychmiast zawraca w prawo — tak, aby obie osie obrotu były zgodne.

Zjawisko to tłumaczą ściśle zasady dynamiki, w które nie będziemy się zagłębiać. Dla naszych celów wystarczy stwierdzenie faktu, że krążek będzie się starał ustawić swą oś obrotu, która jest jednocześnie jego osią symetrii, równoległą do nowej osi obrotu.

Jeżeli krążkowi nie nadamy nowego ruchu, wówczas oś jego zachowa położenie nieokreślone. Możemy więc wyobrazić sobie krążek, zbudowany tak, aby służył jako wskaźnik pewnego kierunku, oraz to, że kierunek ten byłby stały w *przestrzeni*, lecz niezależny od pomieszczenia, w którym ustawiony jest przyrząd. Jeżeli oś obracającego się krążka nastawimy na jakąś gwiazdę, to oś będzie wskazywała ją w sposób nieokreślony, ponieważ nie jesteśmy w stanie zbudować takiego urządzenia, które pozostawiałoby osi krążka całkowitą swobodę nastawia-

nia się w dowolnym kierunku. Gdyby krążek chciał się poruszyć, to wywoła tylko nacisk na podpory, które będzie usiłował obrócić dokoła nowej osi i nastawić odpowiednio swą własną oś obrotu.

Praktyczne zastosowanie zasady działania giroskopu jest jeszcze bardziej złożone i ciekawe. Powróćmy do giroskopu, przedstawionego na pierwszym rysunku. Oś jego wprowadzamy w ruch przez obrót stolika. Przyjrząwszy się dokładnie, zauważymy, że oś porusza się nawet wtedy, gdy stolika nie obracamy. Zjawisko to możemy spostrzec wyraźniej, śledząc pod mikroskopem ruch drobnych rysek na ramce giroskopu. Przyczyną jest tu fakt, że stół wraz z pokojem obraca się stale wskutek ruchu obrotowego ziemi dokoła osi ziemskiej, zaś oś krążka będzie się starała przyjąć położenie równoległe do niej. Budowa przyrządu przeszkadza temu, wobec czego oś krążka będzie tylko wskazywała kierunek północno - południowy. Perry w książce swej o obracających się ciałach wykazuje, że wszystkie przedmioty, będące w ruchu obrotowym, jak dynamo, osie motorów samochodowych i t. p. naciskają lekko na podpory, starając unieść się w kierunku gwiazdy polarnej. O ile giroskop jest zbudowany prawidłowo i przystosowany do szybkich obrotów, do czego najlepiej jest użyć prądu elektrycznego, wówczas w ciągu, powiedzmy, godziny giroskop sam się ustawi właściwie i będzie się w tej pozycji nadal utrzymywał. Wobec tego giroskop jest najdokładniejszym kompasem, wskazującym ściśle północ i niezależnym od rodzaju materiału, z którego jest zbudowany okręt.

Należałoby jeszcze usunąć ujemny wpływ kołysania się okrętu na morzu, gdy giroskop jest umieszczony na pokładzie i jego podstawa chwieje się w różnych kierunkach. Jeżeli giroskop lądowy ustawimy na stole, zmontowanym na kółkach, to zajdą również wyżej opisane zjawiska. Kółka w rzeczywistości nie będą odgrywały roli, ponieważ cały pokój obraca się stale wraz z ziemią. Ostatecznie oś kompasu ustawi się w linii północno-południowej; będą co prawda pewne niewielkie odchylenia, które możemy jednak pominąć. Podobne urządzenie na okręcie usunie ujemny wpływ kołysania, lecz nie zniweczy wpływu ruchu ziemi.

Powyzszą metodę stosuje się w praktyce. Szczegóły przyrządu są jednak bardziej złożone od opisanych wyżej. Ustawienie na kółkach i podporach nigdy nie jest tak doskonałe, aby uniezależniło giroskop od wpływów zewnętrznych. Do pokonania tych trudności niezbędna jest pomysłowość i ogromne doświadczenie praktyczne.

Ulepszony przyrząd może posłużyć nie tylko do wskazywania właściwego kierunku, lecz również do sterowania okrętem. Można mianowicie przymocować przyrząd elektryczny, zaopatrzony w kontakt, który wprowadzałby w ruch mechanizm, poruszający ster, w razie gdyby okręt przepłynął więcej niż pewną określoną drogę. Przyrząd taki nazywa się „mechanicznym wachtowym“. Okazało się, że sterowanie za pomocą giroskopu pozwala łatwiej utrzymać kurs niż sterowanie ręczne.

W obecnych czasach żeglarz posiłkuje się kompasem, który jest kosztowny, ale zato nie powoduje

niepewności magnesu. Z pomocą kompasu łatwiej jest nakreślić i utrzymać kurs. Jeżeli jednak Słońce lub gwiazdy nie są widoczne, wówczas przy pomocy takich przyrządów, jak magnes lub kompas nie można określić położenia okrętu. Mamy w tym przypadku możliwość zastosowania zdobyczy wiedzy lat ostatnich np. radja. Sposób ten daje dobre wyniki, chociaż zdarzają się błędy, których przyczyny dotychczas nie wyjaśniono. Metoda ta rozpowszechni się niewątpliwie jeszcze bardziej, jeżeli będzie więcej stacyj nadawczych, rozrzuconych w ważniejszych miejscach, podobnie jak latarnie morskie. Co do sposobu obsługi, to należałoby ustalić, czy okręty powinny posyłać zapytania do stacyj pomiarowych, czy też odwrotnie. Pierwsza metoda ma tę zaletę, że czułe przyrządy do określania kierunku znajdują się na stałym gruncie; mogą być one wykonane staranniej, bez względu na koszty i dawać dokładniejsze pomiary. Istnieje jednak ta niedogodność, że wiadomość o położeniu okrętu winna być posłana do okrętu, wysyłającego zapytanie, a może się zdarzyć, że jednocześnie zapytuje o to kilka okrętów. Druga metoda jest oczywiście dogodniejsza, ponieważ każdy okręt prowadzi niezależnie swe własne pomiary na zasadzie wiadomości, wysyłanych bez przerwy przez stacje przybrzeżne.

Wojna wpłynęła na wynalezienie innego sposobu określania położenia okrętu na morzu. Umieszczono pod wodą szereg hydrofonów, połączonych zapomocą przewodu elektrycznego ze stacją przybrzeżną. Z okrętu wyrzucono pocisk, który eksplo-

dował w wodzie, a powstałe fale uderzały kolejno w hydrofony. Położenie okrętu mogło być obliczone przez porównanie czasów, kiedy poszczególne hydrofony otrzymywały uderzenie. Sposób ten jest wyjątkowo dokładny, przyczem stan morza, prąd wody i t. p. przyczyny fizyczne mają niewielki wpływ na wynik. Wymaga on jednak zbudowania stacyj hydrofonów, których obecnie jeszcze nie posiadamy, stosuje się więc sposób przesyłania wiadomości przez stacje przybrzeżne za pośrednictwem radja. Hydrofony byłyby bardzo użyteczne dla określania położenia okrętów, niezbyt oddalonych od brzegu w czasie mgły lub burzy. Metoda ta dawałaby pomiar położenia okrętu z dokładnością do jego długości.

Istnieje jeszcze inny sposób określania położenia okrętu, zapomocą t. zw. „kabla kierującego“. Pomysł ten datuje się od lat około czterdziestu, gdyż został opatentowany w r. 1893 przez C. A. Stevensona. Prób dokonano na rzece Hudson w 1911 roku. Zasada tej metody jest prosta. Prąd elektryczny zmienny przechodzi przez kabel i działa na cewkę indukcyjną i telefon, umieszczony na okręcie, o ile ten ostatni znajduje się dość blisko brzegu. Podczas wojny wypróbowano i zbadano ten sposób dokładnie. Jak to zwykle bywa z nowymi pomysłami, pierwsza myśl jest wielkim krokiem naprzód, a pierwsze próby budzą daleko idące nadzieje, poczem dopiero zaczynają piętrzyć się nieprzewidziane trudności. Przychodzi długi okres zniechęcenia, lecz i on mija, następuje znów okres powodzenia. Kable używane obecnie są tak ułożone,

że okręty mogą posiłkować się nimi, płynąc przez nieznanne miejsca podczas mgły. (Na wykładach moich w czasie świąt Bożego Narodzenia metoda ta była uwidoczniona za pomocą modelu okrętu, który poruszał się nad kablem kierującym, ułożonym wzdłuż stołu. Okręt był zaopatrzony w dwie cewki indukcyjne, połączone za pomocą przekaźnika z lampami: zieloną i czerwoną. Gdy okręt był poruszany ręcznie w kierunku poprzecznym do kabla tam i z powrotem, wówczas zapalały się lampy obydwie jednocześnie lub pojedynczo, wskazując w ten sposób położenie okrętu).

Rozpatrzmy jeszcze jedno bardzo ciekawe i pożyteczne zastosowanie nowych zdobyczy wiedzy w żeglarstwie. W ostatnich czasach zajmowano się szczególnie określaniem głębokości morza za pomocą sondowania i to nie tylko teoretycznie, lecz i praktycznie, ponieważ zagadnienie to odgrywa dużą rolę w rozwoju telefonu. Podczas wojny sposób ten, który zresztą był znany już przedtem, nabrał szczególnej wagi, gdyż dawał możliwość określenia głębokości bez zatrzymywania okrętu w celu podniesienia sondy. Należało wywołać ostry, wyraźny dźwięk pod okrętem z pomocą pewnego przyrządu, połączonego z kadłubem okrętu. Dźwięk dochodził do dna morza i odbijał się o nie. Mierzono czas od chwili opuszczenia sondy do powrotu dźwięku. Z długości czasu obliczano głębokość. Powstały dwie trudności. Pierwszą było dokładne zmierzenie krótkiego okresu czasu, potrzebnego do przebycia drogi od powierzchni wody do dna, gdyż szybkość ruchu sondy w wodzie jest bardzo duża i wynosi około 1 mili

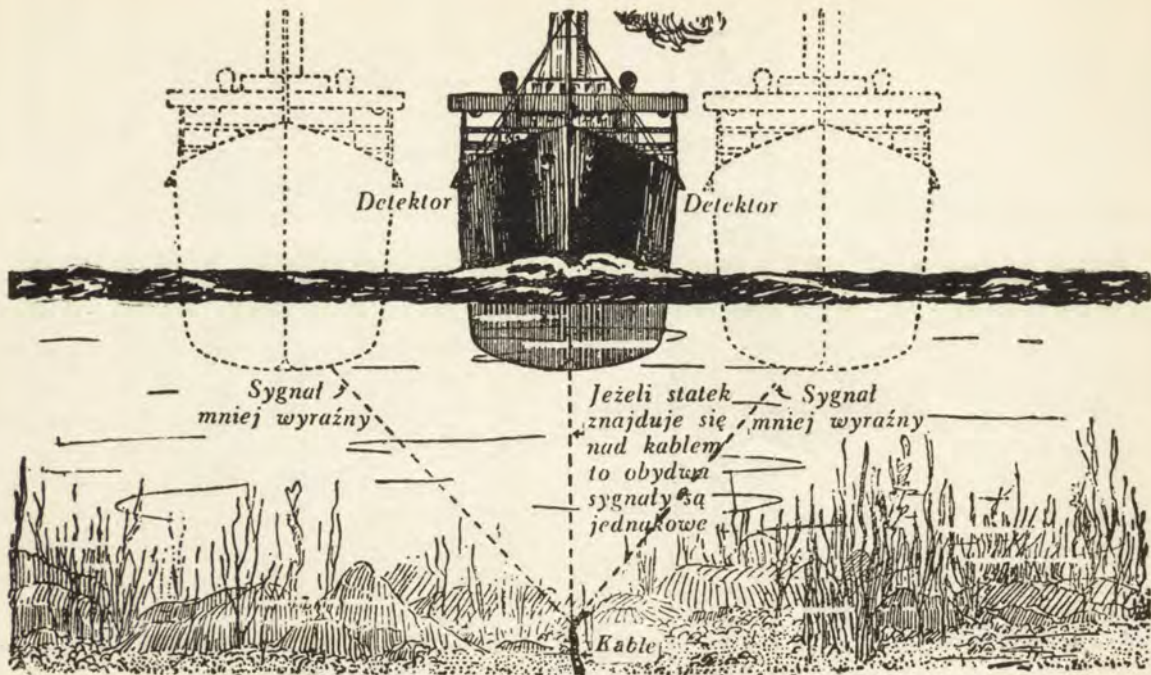


Fig. 11. — „Kabel kierujący“.

ang./sek. Druga trudność polegała na tem, że telefon, dość czuły na pochwycenie echa, mógł być



Fig. 12. — Sondowanie zapomocą dźwięku sondy.

stłumiony i nie działać w chwili powstania pierwotnego dźwięku. Obie te trudności pokonano w bar-

dzo pomysłowy sposób przez umieszczenie wyłączników w dwóch głównych miejscach obiegu prądu. Jeden z nich uruchamia młoteczek elektryczny, który wykonywa uderzenie, drugi w żądanej chwili włącza telefon. Kontakty działają niejednocześnie, dzięki zastosowaniu poruszającego mechanizmu,

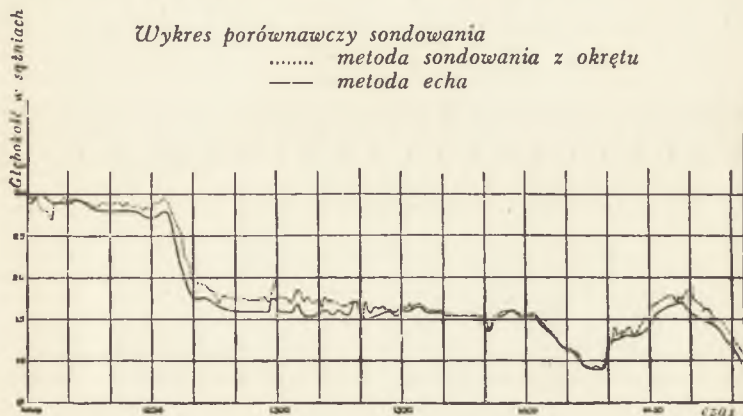


Fig. 13. — Linja ciągła przedstawia profil dna morskiego, wykreślony na podstawie metody sondowania dźwiękowego, podczas ruchu okrętu. Linją kropkowaną oznaczono ten sam profil przy zastosowaniu starej metody sondowania na linie przy zatrzymaniu okrętu. Długość trasy między punktami sondowania wynosiła 6 mil ang.

a okres czasu można zmieniać dowolnie i obliczyć bardzo dokładnie. Jest tylko rzeczą konieczną zmienić okres czasu przed usłyszeniem echa. O dokładności tego urządzenia możemy sądzić z wykresu, który przedstawia profil dna morza w pewnym miejscu drogi do Indyj Zachodnich. Jedna linja wskazuje głębokości, zmierzone zapomocą starej i bardzo wolnej metody sondowania na linie, druga przy użyciu

wyżej opisanego urządzenia podczas nieprzerwanego ruchu okrętu.

Na zakończenie należy nadmienić, że te nowe pomysły zostały opracowane przez Marynarkę Angielską, która obecnie posiada kilka stacyj badawczych w Teddington, Portsmouth i innych miejscowościach. Prace te są bardzo ciekawe i posiadają doniosłe znaczenie.



(a) Nowoczesny coracle irlandzki, przypuszczalnie bardzo podobny do starożytnego coraclu brytyjskiego. (Z *The Science Museum, South Kensington*).



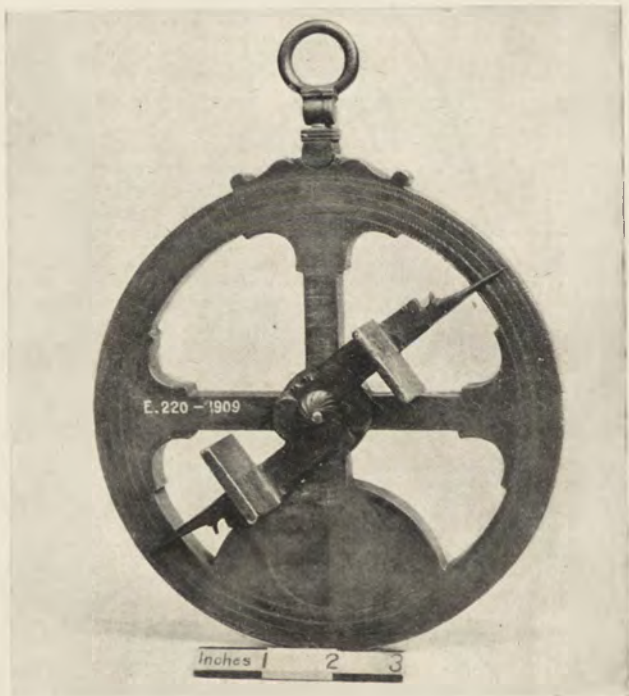
(b) Catamaran na morzu. (Z „*The Illustrated London News*“).



(c) Catamaran na brzegu. Reja spoczywa na łądzie po prawej stronie; jest ona połączona z łodzią za pomocą układu prętów, z których górne stanowią rodzaj pokładu. (Z książki *Malinowskiego „Argonauts of the Pacific*“).



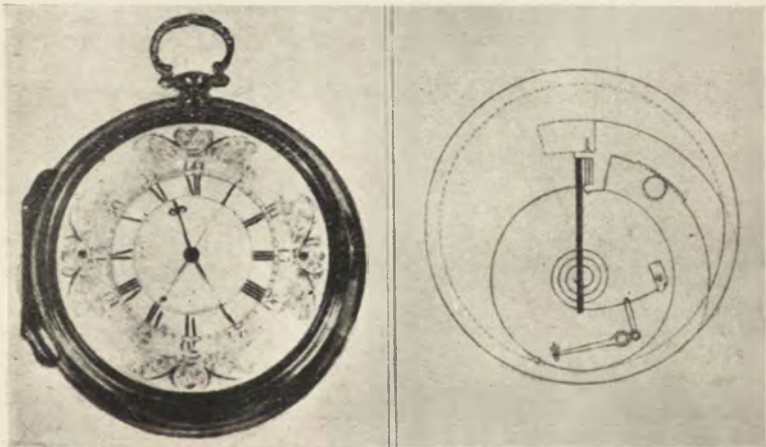
(a) Rysunek przedstawia przesunięcie Księżyca na niebie w ciągu jednej doby. U góry widzimy Księżyc w postaci krążków w dwóch położeniach. (Z „Astronomer Royal”).



(b) Astrolabja. należąca ongiś przypuszczalnie do Hiszpańskiej Armady. (Z *The Science Museum, South Kensington*).



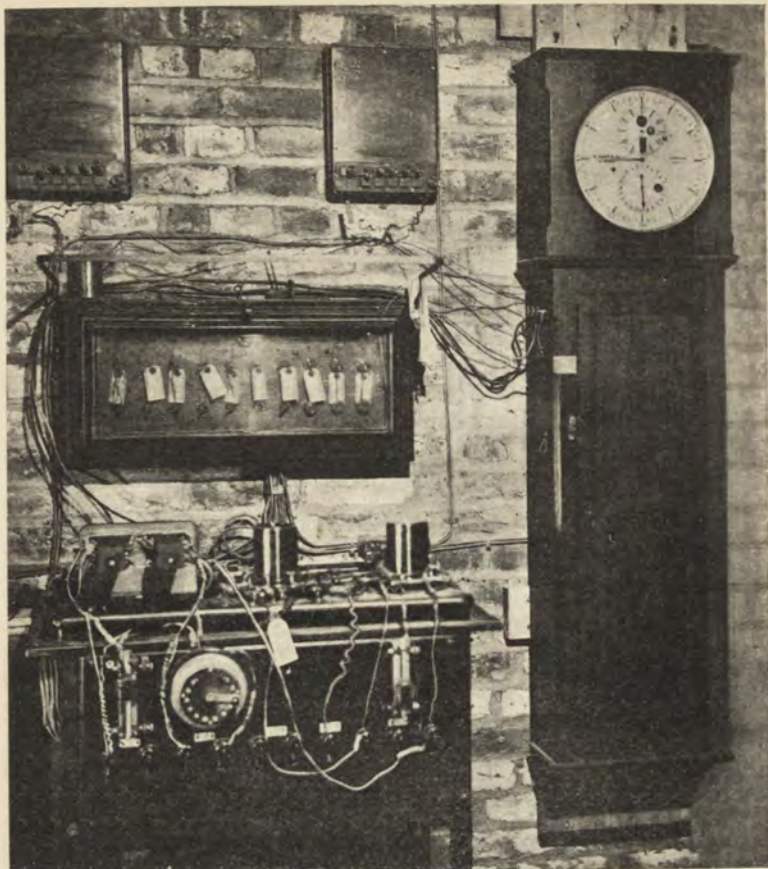
(a) Wynalazca chronometru, John Harrison, który otrzymał nagrodę Parlamentu.



(b) (Z lewej) Chronometr Harrisona.

(c) (Z prawej). Rysunek, wyjaśniający sposób wyrównywania temperatur. Sztabka pionowa jest wykonana z dwóch pasków metalowych, połączonych razem, które rozszerzają się niejednakowo pod wpływem temperatury. Pod wpływem zmian temperatury sztabka wygina się i, naciskając na poruszającą się sprężynę, zmienia okres jej drgań.

TABLICA V



Jeden z zegarów głównych w Królewskim Obserwatorium w Greenwich. Aparat z lewej strony zawiera między innymi przewody elektryczne, prowadzące do zegara dodatkowego, poruszającego zegar główny, którego zadaniem jest wyłącznie pomiar czasu.

ROZDZIAŁ II

KOWALSTWO — HUTNICTWO

OBRÓBKA metali datuje się od tak dawna, że nie można określić czasu powstania rzemiosła kowalskiego. Wszystkie nasze wiadomości zawdzięczamy nielicznym narzędziom i zbrojom, znalezionym w starych grobowcach lub w wykopaliskach. Kowal jest obecnie i musiał być dawniej ważnym członkiem społeczeństwa. Rozwój potęgi człowieka zależał bowiem w dużym stopniu od używania metali, wobec czego kowal był zawsze niezbędnym, czy to jako dostawca broni podczas wojny, czy też narzędzi i ozdób podczas pokoju. Potrzebował go każdy: myśliwy i rybak, leśnik i rolnik, budowniczy, słowem każdy człowiek, uprawiający jakieś rzemiosło.

Kuźnię wyobrażamy sobie jako ośrodek życia wsi; było tak dawniej i tak jest obecnie, chociaż siła mechaniczna coraz bardziej wypiera siłę pociągową zwierząt. W dawnych czasach rzemiosło kowalskie posiadało jeszcze większe znaczenie, kiedy to kowal sporządzał miecze i zbroje dla rycerzy oraz narzędzia do pracy. Być może z powodu znaczenia, jakie kowal odgrywał w społeczeństwie, tak często spotyka się nazwisko Mr. Smith*; rzadziej natomiast występują takie nazwiska, jak Mr. Dyer*, Mr. Pot-

ter*, a jeszcze rzadziej Mr. Weaver*, Mr. Spinner*. W dawnych czasach tkactwo było uprawiane w każdym domu, lecz najważniejszym ośrodkiem wsi lub zamku była kuźnia. Rzemiosło kowalskie wymagało szczególnej zręczności i dlatego szanowano je bardziej od innych. Jest ono trudne i zawile; rozwija się od tysięcy lat, a w ostatnich czasach szybciej niż dawniej. Z tego powodu interesuje ono nas i nieraz zapytujemy, co właściwie nadaje rzemiosłu kowalskiemu szczególnego charakteru.

Odpowiedź na to pytanie znajdziemy, rozważywszy trzy najważniejsze trudności, jakie musi pokonać kowal. Przedewszystkiem nie jest rzeczą łatwą samo otrzymanie metalu, ponieważ w tym celu należy utrzymywać przez długi czas piec do stapiania rudy w wysokiej temperaturze. Możemy sobie wyobrazić, ile wieków upłynęło zanim człowiek doszedł do odpowiednich wiadomości i umiejętności pod tym względem.

Drugą przyczyną jest to, że własności metali i ich stopów zależą w dużej mierze od składników. Niektóre metale są miękkie i ciągliwe, inne są twarde, nieciągliwe, jedne rdzewieją, inne nie i t. d. Liczba możliwych do otrzymania stopów jest bardzo wielka, aczkolwiek liczba metali jest ograniczona. Każdy metal lub stop posiada właściwe sobie cechy charakterystyczne.

Po trzecie własności metalu lub stopu są zależne od wewnętrznej struktury, t. j. od rozkładu cząstek. Obecnie potrafimy zmienić strukturę metalu

* Smith — kowal, dyer — farbiarz, potter — garncarz, weaver — prząśnik, spinner — tkacz. *Przyp. tłum.*

lub stopu zapomocą odpowiedniego działania termicznego lub mechanicznego, jak przekucie, walcowanie i t. p. Zachowanie się metalu zależy nawet od jego przeszłości.

Jeżeli rozważymy to wszystko, nie dziwimy się, że tak dużo czasu pochłonął rozwój kowalstwa i doprowadzenie go do obecnego stanu. Niewątpliwie kowalstwo przeszło w swoim rozwoju wiele zajmujących okresów, a postęp szedł zwykłą drogą prób i błędów.

W ciągu ostatnich lat pięćdziesięciu wynaleziono sposoby, zapomocą których można ściśle zbadać strukturę metalu, co umożliwiło odkrycie wielu ciekawych i ważnych zjawisk. Możemy obecnie wyjaśnić trudności, jakie napotymano dawniej i zrozumieć błędy, które popełniano. Wiedza rzuciła promień światła i dodała bodźca do pracy, chociaż jesteśmy jeszcze bardzo daleko od zgłębienia licznych zagadnień, związanych z obróbką metali. Odkrycie wielu najbardziej potrzebnych stopów i sposób ich otrzymywania z metali wpłynęło na ogromny rozwój kowalstwa. Omówimy teraz pokrótce nowe metody i wynalazki w tej dziedzinie. Przedtem jednak musimy wspomnieć o kilku wydarzeniach z historii kowalstwa i wyjaśnić, jak byłyby one rozumiane obecnie.

Dawniej, gdy człowiek pragnął wykonać broń lub jakieś narzędzie, używał materiałów, jakie miał pod ręką, a więc krzemienia, różnych innych kamieni, kości i t. d.; daleko później zaczęto używać metali, gdyż były one trudne do obróbki. Metale przeważnie znajduje się pod postacią rud, zawiera-

jących różnego rodzaju składniki chemiczne, z których nie można sądzić o własnościach czystego metalu. Dla otrzymania metalu ruda musi być stopiona, a w ciągu długiego okresu czasu nikt nie umiał tego wykonać.

Gdziekolwiek na powierzchni ziemi znajdowano masy czystego metalu. Istnieje przypuszczenie, że były to pierwsze metale, jakich zaczęto używać. Np. w Kanadzie znajdują się olbrzymich rozmiarów bryły rodzimej miedzi, z których wiele posiada ślady, że część została zużyta. Spotykamy również bryły żelaza, które prawdopodobnie spadły na powierzchnię ziemi; są to meteoryty, wędrujące w przestworzach zanim osiągną ziemi. Ekspedycja podbiegunowa w 1818 r. uczyniła odkrycie, że eskimosi z przylądka York w Baffin Bay używają noży, wykonanych z kawałków żelaza, które udało się im oddzielić od olbrzymiego meteoru w Melville Bay. Na meteorycie, znajdującym się w Argentynie* widać conajmniej w sześciu miejscach ślady odłamanych części. W Meksyku znajduje się meteor o ciężarze około pół tonny, w którym jest otwór o długości 9 cm z wetkniętym złamanym dłutem miedzianym, pozostawionym widocznie przez jakiegoś rzemieślnika. Prawdopodobnie ludzie starożytni otrzymywali żelazo tą samą drogą; niektórzy z nich np. Egipcjanie i Chaldecjczycy nazywali żelazo „metalem z nieba“. Grecy nadawali mu nazwę „Sideros“, pochodząca od słowa „sidus“ co po łacinie oznacza gwiazdę.

* Dokładne opowiadanie jest podane w książce Dr Newtona Friend *Iron in Antiquity* t. j. „Żelazo w starożytności“ (Griffin & Co.).

Nie wiemy, kiedy po raz pierwszy otrzymano metal z przetopionej rudy, jest jednak rzeczą pewną, że dużo upłynęło czasu zanim człowiek zdobył wiadomości z metalurgji. Starzy handlarze śródziemnomorscy przywozili miedź i cynę z Hiszpanji. Bronz jest stopem miedzi i cyny o tyle twardszym od miedzi, że można z niego wyrabiać miecze i narzędzia do krajania. Był on używany, jak wiemy, do wielu innych celów, jak np. na tarcze, posągi i t. p.; można było z niego robić odlewy, wyryć na nim rysunki i nadawać rozmaite piękne kształty. Można było go utwardzić przez przekucie. Egipcjanie nadawali narzędziom z bronzu taką twardość i wyrabiali tak ostre brzegi, że mogli ich używać do obróbki granitu. Osiągnęli to dzięki dwóm cechom charakterystycznym metali, o których mówiliśmy uprzednio: szczególnym własnościom stopów oraz zmianie własności metalu pod wpływem działań mechanicznych.

W niektórych krajach bronz zjawia się wcześniej niż żelazo, w innych epoka kamienna przechodzi wprost do epoki żelaza. Gdzieindziej znów żelazo występuje współcześnie z bronzem. W Egipcie około Troi i w wielu innych miejscach znaleziono przedmioty z żelaza z przed tysięcy lat. W wielu przypadkach żelazo to jest w bardzo lichym gatunku. Bronz był lepszy od złego żelaza, ale za to przygotowanie go wymagało więcej zręczności. Jeszcze trudniej było uzyskać dobre żelazo i stal. Polybjusz w opowiadaniu o najściu Celtów na Italję w 223 r. przed Nar. Chr. mówi, że Celtowie używali żelaza w bardzo złym gatunku. Rzymianie przypisywali

porażkę Celtów pod Adduą w pobliżu Medjolanu temu, że długie miecze żelazne Celtów „zginały się łatwo i można było nimi ciąć tylko zgóry na dół; po uderzeniu brzezi tak się skręcały, a ostrza zginały, że nie mogli nimi zadać ciosu, o ile nie mieli dość czasu do wyprostowania ich“.

W starej opowieści Islandzkiej p. t. „Opowiadanie o pra-mieszkańcach“ czytamy:

„Wybuchła wielka bitwa; Steinthor stał na czele, ale zniekształcony jego miecz nie chciał ciąć, ilekroć natrafił na zbroję, tak że rycerz być zmuszony często wyprostowywać go nogą“.

Opowieść Islandzka z 13 w. podaje następujący opis ostatniej walki Kjartana: „Kjartan wyciągnął miecz, ale nie miał przy sobie miecza, zwanego „Królewski Dar“... Synowie Oswifa i Gublanga natarli na Kjartana; było ich pięciu, przeciw dwóm: Kjartanowi i Anowi. Walczyli oni dzielnie, nie chcąc cofnąć się przed Kjartanem - Bolti stał na uboczu z mieczem zwanym Footbiter. Kjartan mocno uderzał mieczem, aż go uszkodził i musiał ciągle wyprostowywać go nogą“. Widocznie miecz Kjartana był wykonany z miękkiego metalu. Footbiter miał sławę dobrego miecza, podobnie jak Excalibur, miecz króla Artusa i Mimung, miecz Völundra. A więc istniały miecze i tarcze z dobrego metalu i złego, skoro znaną była sława wielu z nich. Od tego czasu rozumiano różnicę między dobrym a złym materiałem, skoro żelazo i stal mogły zmieniać się w zależności od składu i obróbki; nic więc dziwnego, że najlepszy gatunek zyskiwał sławę. A przedewszystkiem zaleta materiału decydowała

o życiu człowieka. Kowal, który potrafił wykonać dobrą broń, był uważany za wielkiego człowieka. Niejednokrotnie nazwisko kowala przetrwało do późnych czasów np. „kowal Wayland“, bohater licznych romansów w północnej Europie. Tradycja angielska umieszcza jego kuźnię w Vale of the White Horse w Berkshire i głosi, że Merlin posiadał miecz, wykonany przez Waylanda.

Aby miecz zyskał sławę, musiał odpowiadać trzem warunkom. Przedewszystkiem materiał, z którego był wykonany, winien był być doskonały, co nie było rzeczą łatwą do osiągnięcia, ponieważ metal po nieumiejętnym stopieniu zawierał wiele zanieczyszczeń. Nadanie odpowiedniego kształtu wymagało dużej zręczności i wrażliwości wzroku i dotyku. Wreszcie potrzebną była pewna doza szczęścia.

W niektórych krajach zręczność i cierpliwość rzemieślnika przewycięzała trudności, dzięki czemu stwarzano doskonałe wyroby. Słynna stal damasceńska przywędrowała z Indyj drogą przez Damaszek; czytaliśmy też wszyscy zapewne o klingach z Toledo i zbrojach medjolańskich. Z punktu widzenia budowy metalu bardzo ciekawy obraz przedstawia stal damasceńska.

Główną przeszkodą przy obróbce żelaza i stali stanowi trudność w otrzymaniu dostatecznie wysokiej temperatury w piecu, w którym metale są stopiane. Wkrótce stare metody przygotowania ognisk w wykopanym dole ziemi lub na kilku kamieniach, ułożonych na zboczu góry — dla wykorzystania ciągu wiatru, okazały się niewystarczającymi; niewiel-

kim krokiem naprzód było również wynalezienie przez jakiegoś pomysłowego człowieka miechu (tabl. VI, *b*). Oczywiście w dawnych czasach nie umiano przetopić żelaza i zrobić odlewu, jak się to robi dzisiaj. Potrafiono tylko rudę zamienić w piecu na ciastowatą masę, która po wyjęciu z ognia była oblepiona szlaką. Ilustracja zaczerpnięta z książki Agricoli *De Re Metallica* (fig. 14) daje obraz ówczesnej obróbki metali (1556 r.). Odlewy żelaza robiono i przedtem, lecz nie było to ogólną zasadą produkcji. Ilustracja Agricoli przedstawia stary sposób obróbki. Widzimy robotnika przy ognisku, w którym znajduje się mieszanina rudy żelaznej z węglem; miechy są umieszczone za ścianą. Stopiona szlaka wypływa przez otwór, oznaczony literą C. Dwaj robotnicy odbijają zapomocą młotków kawałki szlaki, przyklejonej do bryły żelaza uprzednio przetopionej. Po takim oczyszczeniu żelazo kładziono na kowadło i przekuwano młotem, poruszającym zapomocą koła wodnego. Następnie na tem samem kowadle krajano bryłę żelaza, używając do tego noża żelaznego i młota. Wreszcie po ponownem ogrzaniu w piecu kowalskim żelazu nadawano kształt lemieszy lub obręczy, lecz najczęściej formowano z niego prostokątne beleczki. U dołu z prawej strony omawianej ilustracji widzimy właśnie robotnika zajętego tą czynnością.

O ile ruda żelazna zawierała domieszkę miedzi lub z innych względów trudniej było ją stopić, wówczas używano głębszych pieców, w których można było osiągnąć wyższą temperaturę.



Fig. 14. — Z książki *De Re Metallica Agricoli*. A — ognisko; B — stos; C — wyjście szlaki; D — masa żelazna; E — młotki drewniane; F — młot; G — kowadło. Zauważmy, że człowiek przy ognisku ma zasłonę na twarzy.

Żelaza nie odlewano w formach, lecz obrabiano w bryły wewnątrz pieca, a następnie przekuwano, podgrzewając ponownie. Ilość obrabianego metalu zapomocą starej metody była ograniczona; większe przedmioty wykonywano z części. Sposób ten był stosowany w czasach rzymskich, czego dowodem może posłużyć blok z wykopalisk około starożytnego miasta rzymskiego Corstopitum *. Na tabl. VII widzimy dwie fotografie bloku, z których wynika, że Rzymianie, chcąc wykonać duży przedmiot skuwali i spawali go z małych części. Połączenia tego rodzaju nie były dobre. Nie należy sądzić jednak, że Rzymianie umieli spawać żelazo w ścisłym znaczeniu tego słowa. Dr Newton Friend mówi (*Nature*, 21 listopada 1925), że ostatnio zbadał koło żelazne, wykopane około zamku Richborough w pobliżu Sandwich i twierdzi, że niema tam śladów spawania. Połączenia mogły być wykonywane zapomocą zlutowania wywierconych dziur w płytach, z których wykonano koło. Część żelaznej rury, pochodzącej z Uriconium, zbadano w podobny sposób; okazało się, że została ona wykonana z arkusza żelaza, zgiętego w pierścień i złączonego lub „zlutowanego“ zapomocą roztopionej miedzi lub stopu miedzianego. Znajdujemy liczne przykłady, że w starożytności łączenie części żelaznych zapomocą lutowania było bardzo proste; dopiero później został wprowadzony kłopotliwy sposób połączeń zapomocą nitów. Rycina maski (tabl. VI, a) stwierdza,

* Bell, Louis i Stead, *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1912, str. 118.

jak piękne dzieła z żelaza potrafili wykonywać Rzymianie.

Początek produkcji żeliwa stanowi olbrzymi krok naprzód; była to jedna z tych zmian, które nie tylko przekształcają dany przemysł, lecz rozpoczynają nową erę w historii światowej. Z chwilą, gdy można było otrzymywać duże ilości żelaza w formach i obrabiać je później w dowolne kształty, człowiek



Fig. 15. — Piec osmundzki (z 18 wieku). Należy zwrócić uwagę na grube ściany, pokryte zewnątrz belkami drewnianymi i wylot, przez który wypływa stopiony metal. Patrz również tabl. VI, c. (Z „*Metallurgy, Iron and Steel*“ Percy'ego).

dał upust swoim pomysłom. Był to punkt zwrotny dla przemysłu żelaznego, gdyż umożliwił tworzenie tak olbrzymich dzieł, jak mosty, belki, słupy stalowe, szyny kolejowe i t. p. Przewrót ten rozpoczął się z chwilą, gdy rozmiary starych pieców zostały powiększone i budowa ich przystosowana do stapiania dużych ilości rudy żelaznej. Oczywiście temperatura wewnątrz pieca winna była być odpowiednio wyższa. W nowoczesnych piecach temperatura wzrasta jeszcze dzięki temu, że przed wprowadze-

niem strumienia powietrza, podgrzewa się go. Sposób ten stosuje się od niedawna na większą skalę. Kowale indyjscy znali go oddawna. Niejednokrotnie budowali dwa piece obok siebie, z których jeden służył do ogrzewania metalu, drugi do podgrzewania powietrza przed wprowadzeniem go do pieca roboczego. Każdy z nas widział niewątpliwie wielkie piece o wysokości, dochodzącej do 300 m., które żarzą się wieczorem, gdy roztopiony metal wypływa po zwolnieniu go z pieca. Strumień roztopionego metalu, skierowuje się następnie do rynien, wykopanych w piasku przed piecem i spływa do odgałęzień, tworząc tam t. zw. „gęsi“, t. j. sztaby żelaza, które spotykamy w handlu, (tabl. VIII).

Żelazo w tym stanie zawiera 2,5—5 procent węgla, co czyni je twardem i łamliwym. Węgiel przedostaje się do żelaza podczas stapiania, ponieważ przy wykonywaniu odlewów używa się pewnego gatunku węgla kamiennego, zmieszanego z rudą żelazną. Wskutek wspólnego podgrzania do wysokiej temperatury węgiel łączy się z tlenem, stanowiącym część składową rudy. Powstałe w ten sposób gazy ulatniają się, zostaje żelazo, żużel i szlaka. Większą część tych zanieczyszczeń żelaza usuwa się natychmiast, jednak pewna ilość węgla, a często i krzemu, zostaje. Obecność węgla nadaje żelazu lanemu (żeliwu) specjalnych własności. Ponieważ żeliwo z powodu kruchości nie nadaje się do przekuwania, przeto dla wykonania jakiejś części żeliwo musi być ponownie roztopione i nalane do odpowiedniej formy. W ten sposób żeliwo może być używane do wyrobu różnych przedmiotów pomimo takiej wady,

jąką jest kruchość. Jako powszechne zastosowanie żeliwa przytoczymy np. naczynia kuchenne.

Dla otrzymania stali musimy zmniejszyć ilość węgla w żelazie, czyli odwęglić je. Staże się ono wów-

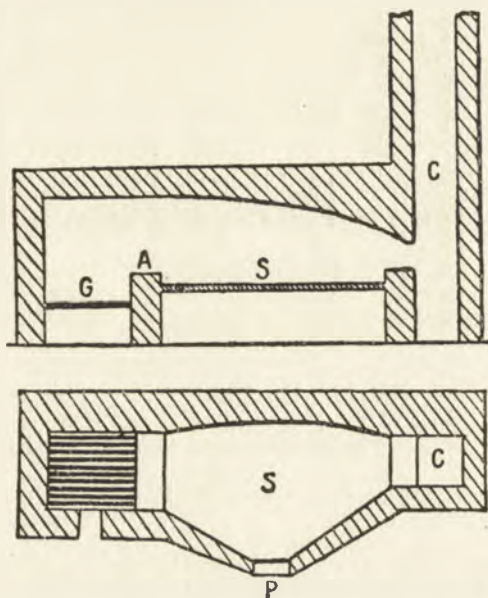


Fig. 16. — Piec pudlingowy. Przekrój i plan.
G — palenisko; *O* — komin; *S* — ruszt; *A* — scho-
 dek; *P* — drzwi robocze.

czas mniej łamliwe i twardsze. Dzięki ponownemu ogrzaniu do wysokiej temperatury zmienia się struktura metalu i po ponownym ochłodzeniu otrzymuje się żelazo kowalne, zamiast łamliwego żeliwa. W celu usunięcia nadmiaru węgla z żeliwa należy je ogrzać do temperatury topnienia i wystawić na

działanie powietrza, którego tlen, łącząc się chemicznie z węglem, usuwa go z żeliwa. Przed pięćdziesięciu laty wyłącznym sposobem obróbki żelaza było stapianie go w ognisku, przez które przechodziły płomień z paleniska w kierunku komina

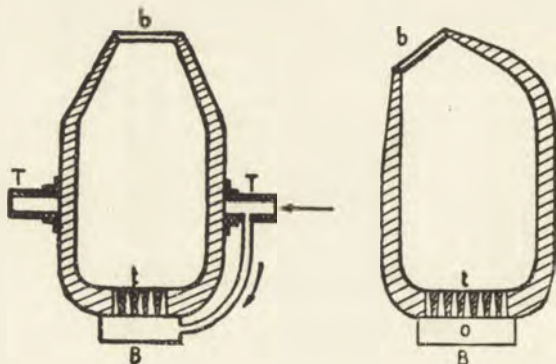


Fig. 17. — Konwerter Bessemera. *T* — łożysko osi; *B* — dmuchawka; *t* — rury, przez które wchodzi powietrze; *b* — ujście, przez które wylewa się stopiony metal po wywróceniu konwertera.

(fig. 16). Robotnicy używali przytem długich żelaznych prętów, zakrzywionych na końcu, któremi wpychali żelazo do pieca przez otwory o przekroju około 15 cm². Roztopiona szlaka zbierała się na powierzchni gorącego żelaza wewnątrz pieca i była stale usuwana. Żelazo uwolnione od węgla stawało się coraz gęstsze; mieszanie wymagało coraz to większego wysiłku; wreszcie robotnicy toczyli kule z żelaza roztopionego do białego żaru i wpychali je kolejno nazewnątrz przez specjalne drzwiczki. Większą część niezbędnego do spalania tlenu otrzymuje się przez wyle-

pienie paleniska masą, zawierającą tlenki żelaza, którą zmienia się po każdym opróżnieniu pieca. W ostatnich czasach — przy wyrobie kul — dużą rolę odgrywa tlen z powietrza. Praca pudlarza jest bardzo ciężka i odpowiedzialna. Żelazo, otrzymane

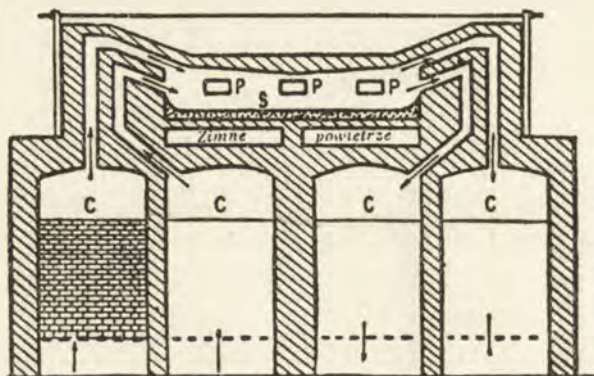


Fig. 18. — Piec Siemens-Martenowski. S — palenisko; P — drzwi; C — regeneratory. Palenisko jest ogrzewane przez spalanie gazu, który zbiera się w jednej z komór C, na lewo, pod paleniskiem. Gaz i powietrze dostają się do paleniska jednocześnie, jak wskazują strzałki, a produkty spalania przechodzą następnie do dwóch komór na prawo, skąd zostają odprowadzone do komina. Te dwie komory silnie się nagrzewają; po uływie pół godziny odwraca się kierunek przepływu gazów przez otwarcie a następnie zamknięcie drzwi; gaz i powietrze przechodzą przez nagrzaną komorę zanim dostaną się do paleniska, dzięki czemu zwiększa się siła spalania.

w ten sposób, może być kute i zginane dla nadawania różnych kształtów.

Wyżej opisany sposób nie jest doskonały. Od stu lat nie dokonano w nim ulepszeń. Temperatura pieca nie jest wystarczająca, a praca zbyt ciężka w porównaniu z ilością żelaza, otrzymywaną zapo-

mocą tej metody. Została ona wyparta przed 50 laty przez daleko lepszą metodę Bessemerowską. W t. zw. gruszce Bessemera przepuszcza się przez roztopione żelazo silny prąd ogrzanego powietrza. Żelazo zawsze zawiera pewną ilość krzemionki, z którą łączy się tlen z powietrza, co podnosi temperaturę stopionej masy i przyspiesza reakcję. Otrzymana tą metodą stal nadaje się do wyrobu szyn i belek. Dla uzyskania lepszych gatunków stali posiłkujemy się innymi metodami. Jedną z nich polega na tym, że stal wyjmuje się z ognia wolniej niż przy metodzie Bessemerowskiej (fig. 18). Palenisko jest urządzone podobnie, jak w metodzie pudlingowej, lecz prąd powietrza stwarza wysoką temperaturę, a stal wydostaje się w postaci płynnej cieczy, nie zaś w ciastowatych bryłach.

Mówiąc ogólnie, im większe stawia się wymagania danemu materiałowi, tem staranniejsze musi być przygotowanie pieca i tem większe koszty. O ile chodzi o otrzymanie niewielkich ilości metalu wielkie piece zastępuje się stosunkowo „małemi“, które jednakże mogą dostarczać kilku ton żelaza. Tego rodzaju piec często ogrzewa się prądem elektrycznym, przepływającym między elektrodami węglowymi (tabl. IX). Elektrody w zwykłych lampach łukowych posiadają grubość ołówków, w danym zaś przypadku są niemal grubości człowieka. Piękny jest widok, gdy po otwarciu pieca wypływa strumień błyszczącej stopionej stali do „wiadra“, skąd później zostaje przelewany do form.

Zmniejszenie ilości węgla z 3—4 proc. do 1 proc. lub mniej zamienia żeliwo w stal. W budowie za-

sadniczej tych materiałów niema wielkiej różnicy, ale pod względem własności różnią się one znacznie. Stal jest bowiem mocna, spoista, daje się kuć i spawać. Posiada nadto cenną zaletę, że może być zahartowana przez zanurzenie na gorąco w zimnej wodzie, oliwie lub innym płynie. Ciepłe żelazo jest materiałem bardzo miękkim. Stalą nazywamy żelazo o małej zawartości węgla, żeliwem zaś — żelazo o dużej ilości węgla. Żelazo, otrzymywane metodą pudlarską, może zawierać taką samą ilość węgla, jak stal, ale nazywamy je „żelazem“, ten sam gatunek materiału, otrzymany metodą Bessemerowską, nazwiemy „stalą miękką“. Są to pojęcia zrozumiałe jedynie dla specjalistów.

Proces utwardzania żelaza jest bardzo ciekawy. To zagadnienie metalurgiczne było szeroko dyskutowane. Istotę jego w świetle najnowszych badań przedstawimy później.

Liczne dzisiejsze czynności, związane z otrzymywaniem żelaza z surowca są powtórzeniem na wielką skalę dawnych metod kowalskich. Piec, kuźnia, kowadło i kadź do utwardzania żelaza, a następnie hartowania stali, są to zasadnicze elementy kowalskie. Zmienił się tylko uderzająco rozmiar pracy. Musimy jednak być sprawiedliwi, że zmiana skali jest także rzeczą trudną i stanowi wspaniałą wynik wysiłków ludzkich. Powinniśmy docenić spryt i wytrzymałość, które wyraża. Jeżeli np. mamy wykonać wał śruby okrętowej dwa razy dłuższy i o większym przekroju, to nietylko musimy zwiększyć wymiary pieca, narzędzi pomocniczych i zużyć większą ilość paliwa. Powstaje nowe zagadnienie w związku

z długością czasu, potrzebnego do ogrzania a potem ochłodzenia większej masy. Musi być zmieniony sposób obróbki i wypracowana nowa technika wykonania. A więc przejście od małej skali pracy do większej nie jest rzeczą tak prostą, jak się wydaje. Pomysłowość ludzka odegrała tu niewątpliwie największą rolę.

Zastanowiwszy się głębiej nad pracą nowoczesnego hutnika, spostrzeżemy z łatwością, że nietylko rozszerzył on zakres swej pracy. Wynałazł on nadto sposoby zwiększenia wytrzymałości metali, sposoby wytwarzania różnorodnych tworzyw dla różnych celów oraz nadawania im żądanych własności. Dawniej istniał jeden rodzaj stali, dzisiaj mamy stal bardzo miękką i bardzo twardą; jedne gatunki posiadają własności magnetyczne, inne ich nie posiadają; jest stal twarda, w stadjum ogrzania do czerwonego żaru; niektóre rodzaje stali podlegają korozji pod wpływem wody morskiej, kwasów i t. d. Własności materiału mają oczywiście duży wpływ w zastosowaniu praktycznym.

Pierwszym stopem, który się rozpowszechnił w dużych ilościach, jest stal manganowa t. zw. stal hadfieldowska, od nazwiska Roberta Hadfielda, który był kierownikiem Królewskiego Instytutu.

Stal manganowa posiada osobliwe własności. Jeżeli ogrzana stal zostanie zanurzona w wodzie, wówczas staje się miękka i ciągliwa oraz traci własności magnetyczne. Koniec próbki stali manganowej (po lewej stronie tabl. X, *b*) został w ten sposób zmiękczony, drugi koniec pozostawiono taki, jaki otrzymano przy ochłodzeniu normalnem po jej wy-

konaniu. Ta część próbki zachowała swe własności magnetyczne, jest łamliwa, podczas gdy drugi koniec próbki utracił je i może być zgięty nawet w kształt pętlicy, jak to widzimy na rysunku.

Ten rodzaj stali jest bardzo szeroko stosowany, ponieważ nie jest kruchy i posiada jednocześnie dużą wytrzymałość. Próbka umieszczona na tym samym rysunku po prawej stronie została rozciągnięta do granicy wytrzymałości na rozciąganie*. Zaczęła ona poddawać się przy obciążeniu 4140 kg na cm². Naskutek wzrostu obciążenia próbka wydłużyła się prawie dwukrotnie; obecne wydłużenie wynosi 85,6 procent. Rozerwanie próbki nastąpiło przy obciążeniu 11320 kg na cm². Obok pokazana jest dla porównania podobna próbka, z którą nie robiono doświadczenia. Jest rzeczą ciekawą, że nie utworzyła się t. zw. „szyjka“** przy pęknięciu próbki, oraz że próbka nabyła własności magnetycznych.

Drugą własnością stali manganowej jest twarzenie pod wpływem uderzeń i walcowania. Wskutek tego ma ona zastosowanie w takich przypadkach, jak np. układanie skomplikowanych rozjazdów i skrzyżowań szyn (tabl. X, a). Uderzenia i szarpania są w miejscach zatrzymań bardzo duże, przeto szyny stalowe zużywają się szybko. Każdy z nas zapewne zauważył wytoczone rowki w starych szynach tramwajowych. Wstawki szyn, wykonane ze stopu stali manganowej, uprze-

* To znaczy rozciągnięta na taką długość, że najmniejsze dalsze rozciągnięcie spowodowałoby rozerwanie próbki. *Przyp. tłum.*

** Przy rozciąganiu próbka zwęża się pośrodku i tę zwężoną część próbki nazywamy „szyjką“. *Przyp. tłum.*

dnio zahartowanej, trwają kilka razy dłużej niż trwałyby, gdyby je wykonano ze zwykłego materiału.

Inny znany nam rodzaj stali jest to stal „wysokowartościowa“. Brearly z T-wa Brown, Firth i S-ka, poszukując odpowiedniego materiału na wyłożenie luf wielkich armat, odkrył zupełnie przypadkowo, że stop żelaza i chromu nie rdzewieje pod wpływem wody*. Obecnie używany stop zawiera 14 proc. chromu, resztę stanowi żelazo. Ma on szerokie zastosowanie przy wyrobie noży.

Własność ta jest szkodliwa, ponieważ rzadziej się czyści takie noże, co powoduje utratę ostrości ostrza. Stop żelaza z 18 proc. chromu i 8 proc. niklu jest jeszcze wytrzymalszy od wyżej opisanego. Jest on kruchy, ale mimo to dość miękki, przeto dobrze znosi ciśnienie, a nawet daje się wciskać w formy w kształcie kul i t. p.

Istnieją gatunki stali, nadające się specjalnie do wyrobu części maszyn, będących w szybkim ruchu; chodzi tu o zachowanie trwałości tych części podczas toczenia na tokarni, gdy rozgrzewają się do czerwonego żaru. Inny gatunek stali wytrzymuje wysoką temperaturę pieca, nie łuszcząc się; ta stal jest bezcenna w wyrobie kleszczy, ruchomych rusztów i t. p.

Przy rozważaniu innych metali i ich stopów, губimy się wprost w różnorodności celów, do których

* T-wo Brown, Firth i S-ka przystało na niniejsze wykłady: ostrza turbin, kule do golfa i różne instrumenty wykonane ze stali chromowej: naczynia kuchenne, tace, lichtarze, łaski, rury ciągnięte i przewodniki ze stopu chromo-niklowego. Jedna próbka została przyholowana za statkiem do Nowej Zelandji i zpowrotem i nie zardzewiała.

służą. Stopy aluminium i magnezu są lekkie, jednak dość mocne, wobec czego nadają się do konstrukcji samolotów i ruchomych części maszyn samochodowych. Istnieją specjalne stopy dla dynamomaszyn i motorów, inne, których używają jubilerzy, stopy do wyrobu dzwonów, dużych kół i t. d. Może jednym z najbardziej godnych uwagi jest stop żelazo - niklowy, w którym $\frac{1}{4}$ stanowi nikiel, resztę żelazo. Stop miedzio - niklowy zawiera 5 proc. miedzi, resztę niklu. Jest on łatwiejszy do namagnetyzowania od miękkiego żelaza. Własności magnetyczne znikają z chwilą przerwania prądu elektrycznego. Ilustruje to następujące doświadczenie (tabl. X,c). Mamy dwa zupełnie jednakowe magnesy. Rdzeń jednego jest wykonany z miękkiego żelaza, drugiego zaś ze stopu miedzioniklowego. Przez obydwa magnesy przepuszczamy ten sam prąd. Drugi magnes przyciąga pewien ciężar, podczas gdy pierwszy nie jest w stanie tego uczynić, gdyż jego siła magnetyczna jest zbyt mała. Jeżeli prąd elektryczny jest dość silny i działają obydwie cewki, a ciężary są przyciągnięte, to w chwili przerwania prądu natychmiast odpada ciężar od rdzenia ze stopu miedzio - niklowego, natomiast rdzeń z żelaza miękkiego jeszcze przez jakiś czas zachowuje własności magnetyczne i utrzymuje przyciągnięty ciężar. Własności stopu żelazoniklowego zostały zbadane w Western Electric Company drogą systematycznych badań stopów żelaza i niklu w różnych proporcjach. Odkrycia te z punktu widzenia ekonomicznego są bardzo doniosłe. Np. przez kabel podmor-

ski, zaopatrzony w płaszcz ze stopu żelazoniklowego, można nadawać jednocześnie trzy razy więcej sygnałów niż przez kabel zwykły. Trudno jest w kilku zdaniach wyjaśnić to zagadnienie; należałoby je zgłębić teoretycznie. Wobec tego stwierdzimy tylko, że odpowiedni dobór proporcji dwóch składników: niklu i żelaza podnosi kilkakrotnie wydajność kabli podmorskich.

Przytoczone wyżej przykłady są nietylko interesujące same przez się, lecz dają obraz zawikłości zjawisk, z jakimi spotykamy się w hutnictwie. Pragnęlibyśmy, o ile to jest możliwe, znać klucz do rozwiązania tych tajemnic. Wiele z nich wyjaśnia nam badania uczonych w licznych laboratorjach, przeprowadzone w ciągu ostatnich lat pięćdziesięciu, a w szczególności najnowsze doświadczenia lat ostatnich.

Ogromnym krokiem naprzód w tej dziedzinie było zastosowanie w połowie ub. wieku przez prof. Sorby w Sheffield metody mikroskopowej do badań struktury metalu na polerowanych próbkach. Jeżeli np. przyjrzymy się pierwszej mikrografii (pokazanych na tabl. XI—XIII) czystego żelaza, powiększonej 150 razy, to zauważymy wyraźny podział na ziarna, co jest dla metali rzeczą charakterystyczną. Każde ziarno stanowi oddzielny kryształ żelaza. Nie należy sobie wyobrażać, że ziarna te dają się łatwo oddzielać jedno od drugiego; więzy między ziarnami są dość silne. Następne cztery ilustracje, są to mikrografje stali o różnej zawartości procentowej węgla. Cząsteczki o ostrych krawędziach na ostatniej fotografii są to

ziarna cementytu, t. j. ściśle określonej mieszaniny żelaza i węgla; ich obecność w stali powoduje twardość metalu. Rodzaje stali, przedstawione na wyżej wymienionych fotografiach, różnią się między sobą zarówno pod względem wyglądu, jak i własności. Na następnych czterech zdjęciach widzimy stal manganową. Pierwsza fotografia (tabl. XIII,1) wyobraża próbkę, która była ogrzana do 1000°C ., a następnie zanurzona w wodzie; dalsza — zjawisko, jakie zachodzi po ogrzaniu tej samej próbki stalowej do 500°C . w ciągu 60 godz., po wolnym ochłodzeniu. Stal taka jest twarda i posiada własności magnetyczne. Przedtem była ona mocniejsza, mniej krucha i nie posiadała własności magnetycznych. Dwie następne próbki wykazują wpływ działania mechanicznego na metal. Pierwsza była silnie rozciągnięta w maszynie probierczej; widzimy, że ziarna na brzegu (tabl. XIII,3) mają wygląd talji kart; warstwy wewnętrzne powstały wskutek poślizgu jednych po drugich. Ostatnia rycina jest jeszcze bardziej złożona.

Z tych kilku ilustracyj widzimy, jak szybko zmienia się wygląd metalu pod mikroskopem zależnie od jego składu i obróbki. Metalurg, który poświęcił się badaniom tych zjawisk, umie z wyglądu odczytać własności danego metalu, a więc obraz mikroskopowy opowiada mu historję obróbki, daje wskazówki, co należy uczynić dla zmiany własności, mówi mu o podobieństwach i różnicach w porównaniu z innymi metalami, pozwala poznać charakter ziarn, igieł i t. d.

Ważmy następujący przykład. Niedawno na polu

około Shrewsbury w Anglii znaleziono dłuto z brązu. Wycięto z niego w różnych miejscach kawałki i zbadano je pod mikroskopem; wyniki badań widzimy na tabl. XII, *b*. Metalurg od razu rozpozna, że koniec dłuta był silnie ochłodzony po uprzednim nagraniu, że następnie zahartowano ostrze przez przekucie; wnioskować można o tem z układu ziarn na fotografii; dalej można przypuścić, że dłuto zostało podgrzane do niewysokiej temperatury i ochłodzone, ponieważ przekucie uczyniło go zbyt kruchem.

Badania mikroskopowe dokazały cudów w rozwoju metalurgji. Wyparły je metody nowsze i dokładniejsze, polegające na badaniu temperatury pieca. Zmiany w wewnętrznej strukturze metalu zachodzą podczas ogrzewania, gdy w piecu będzie utrzymywana odpowiednia temperatura w ciągu określonego czasu. Jest rzeczą bardzo ważną dla kontroli zjawiska, aby można było jego przebieg zbadać i zmierzyć dokładnie. Obecnie istnieją liczne ścisłe sposoby pomiarów. Najnowszym zdobyczom wiedzy zawdzięczamy odkrycie szeregu gatunków stali oraz stopów metali.

W ostatnich czasach powstała nowa metoda*, która przyczyniła się do wyjaśnienia procesu hutniczego. Promienie *X* wnikają w strukturę metalu 10 000 razy głębiej niż mikroskop. Zrozumienie wyników tej metody jest nader cenne, ponieważ wyjaśnia ona zjawiska, z którymi spotykał się dawny kowal, nie znając ich istoty. Promienie *X* prowadzą

* T. zw. metoda rentgenologiczna. *Przyp. tłum.*

nas do sedna rzeczy, stanowią one fundament, na którym możemy budować wiedzę od podstaw.

Zdjęcia zapomocą promieni rentgenowskich wskazują, że cząsteczki metalu są rozłożone naogół w sposób bardzo prosty. Weźmy np. prostokątną tacę i połóżmy na niej warstwę kul, jak pokazano na tabl. XIV, *a*. Kule są ułożone w pewnych odległościach od siebie w myśl prawa fizycznego, które wkrótce wyjaśnimy. Na pierwszej warstwie kładziemy drugą, identyczną do poprzedniej, tylko położoną wyżej. Kule trzeciej warstwy będą leżały ściśle nad kulami pierwszej warstwy. Oczywiście powierzchnia, jaką zajmują warstwy kul, zmniejsza się w miarę posuwania się ku górze, ponieważ kule nie mogą być ułożone do samego brzegu, jeżeli nie znajdują się w naszym, posiadającym ściany. Zależność, o której mówiliśmy wyżej, polega na tem, że odległość kuli w trzeciej warstwie od kuli pierwszej warstwy, jest taka sama, jak odległość między sąsiednimi kulami w jednej warstwie. Jeżeli będziemy dodawali warstwy kul, to zauważymy, że tworzy się budowla, której każda kula leży w środku sześcianu, utworzonego z 8 sąsiednich kul.

Za pomocą promieni *X* stwierdziliśmy, że w taki właśnie sposób są rozłożone cząsteczki żelaza. Odległość między środkami dwóch cząsteczek, stykających się ze sobą, wynosi 0,000 025 cm. Tak małe odległości mogą być jedynie zmierzone zapomocą promieni *X*, czego nie jesteśmy w stanie uczynić przy użyciu mikroskopu.

Pewna ilość cząsteczek żelaza, ułożonych razem

w takim porządku, tworzy kryształ. Mówiąc o kryształach, mamy zazwyczaj na myśli ciało o regularnym kształcie i powierzchni szklistej, jak np. kawałek kwarcu lub kostkę cukru. Ale żelazo jest także kryształem. Zarówno kwarc, cukier, jak i żelazo posiadają regularność rozłożenia cząsteczek z tą różnicą, że w żelazie nie widać tego nazewnątrz.

Powróćmy jeszcze do rysunku mikroskopowego, przedstawionego na tabl. XI, *a*. Obecnie rozumiemy go lepiej i widzimy, że rzeczywiście każde ziarno jest kryształem. W dwóch ziarnach sąsiednich cząsteczki nie są ułożone w ten sam sposób — nie są idealnie dopasowane. Linja, rozdzielająca je, jest nierówna i wychodzi poza zarys próbki. Jednakże to połączenie nie jest miejscem słabym, jak tego moglibyśmy się spodziewać. Różne kształty linii w rozmaitych ziarnach kryształu są widoczne na tablicy XIII, 3, gdzie naprężenia wewnętrzne przesuwały warstwy cząsteczek względem siebie, co spowodowało, że linje, oddzielające kryształy, nie są do siebie równoległe. Przesunięcie tych warstw i kształt linii rozdzielczych można porównać do stasowanej talji kart.

Dalej z prześwietlenia promieniami Roentgena widzimy, że istnieje jeszcze inny rodzaj rozłożenia cząsteczek żelaza, który powstaje wówczas, gdy temperatura przekracza pewną granicę (około 900° C), co odpowiada temperaturze czerwonego żaru. To rozłożenie cząsteczek może być przedstawione przez ułożenie kul na trójkątnej tacy, jak na tabl. XIV, *b*. W każdej warstwie kule stykają się ze sobą, a w całej piramidzie każda z kul sąsiaduje z 12-oma: sze-

ścioma z własnej warstwy i po trzy z warstwy górnej i dolnej. W poprzednich warstwach każda kula sąsiadowała z 8-oma kulami: czterema z warstwy górnej i czterema z dolnej. Stąd wniosek, że jeżeli żelazo jest gorące, wówczas cząsteczki są ściślej ułożone niż wtedy, gdy jest zimne.

Zilustrujemy to pięknym doświadczeniem (tabl. XIV,c). Żelazna sprężyna o długości 185 cm zostaje ogrzana prądem elektrycznym. Jeden koniec sprężyny jest zamocowany, drugi porusza się w miarę wydłużania się sprężyny pod wpływem ciepła. Zjawisko to możemy zbadać zapomocą urządzenia powiększającego ze wskazówką, poruszającą się wzdłuż skali. Gdy przepuścimy prąd elektryczny, wówczas sprężyna wydłuży się i porusza wskazówkę. Przy dojściu do temperatury krytycznej wskazówka zatrzymuje się i cofa, a następnie zaczyna znów poruszać się, jak poprzednio. Przyczyną tego zjawiska jest przemieszczanie się cząsteczek przy temperaturze krytycznej, polegające na tem, że cząsteczki zbliżają się do siebie, co powoduje niewielkie skrócenie sprężyny. Przy przerwaniu prądu i ochładzaniu sprężyny zachodzi zjawisko odwrotne.

Ciekawem jest, że żelazo posiada własności magnetyczne dopóty, dopóki temperatura nie przekracza 760°C , wobec czego jego struktura jest podobna do rozłożenia kul w pierwszym doświadczeniu.

Rozpatrzmy teraz zasadniczą różnicę między czystym żelazem a stalą i zastanówmy się, czy budowa wewnętrzna, którą widzimy z prześwietlenia promieniami X, wyjaśnia nam, w jaki sposób mała domieszka węgla może wpłynąć na tak wielką zmianę

własności metalu. Otóż metoda rentgenologiczna zwraca uwagę na pewne zjawiska, które mogą stanowić podstawę wyjaśnienia, chociaż istnieje wiele niezbadanych dotychczas szczegółów.

Przedewszystkiem cząsteczki węgla wciskają się między cząsteczki żelaza, burząc w ten sposób regularność układu wewnętrznego kryształów. Pociąga

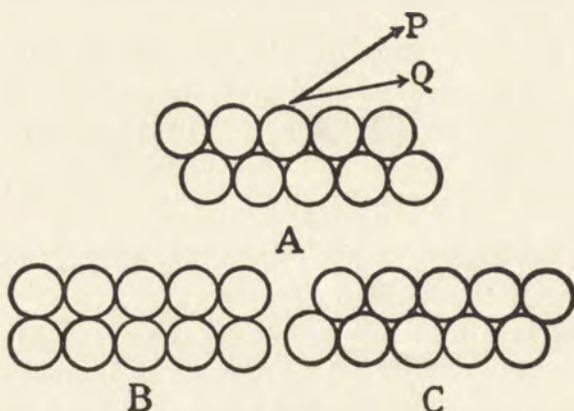


Fig. 19. — Model, przedstawiający ślizganie kryształów metalu. Górny rząd kul przesuwają się pod wpływem siły *P* lub *Q*, tak że po przejściu do położenia *B*, ułoży się ponownie w sposób, wskazany na rys. *C*.

to za sobą ważne następstwa, które wkrótce wyjaśnimy.

Badania rentgenologiczne rzucają pewne światło na zachowanie się metalu pod wpływem obciążenia. Blok metalowy jest zazwyczaj zbitą masą kryształów. Dla zrozumienia naprężeń wewnętrznych w metalu poddajemy obciążeniu pojedynczy kryształ. W ostatnich czasach odkryto, że można wy-

konać kryształy niektórych metali o stosunkowo dużych rozmiarach przez utrzymywanie metalu przez określony przeciąg czasu w pewnych warunkach obciążenia i ogrzania. Na początku doświadczenia kawałek metalu składa się z małych kryształów. Tablica XV przedstawia kawałek aluminium po wykonaniu tego rodzaju próby. Powierzchnia próbki

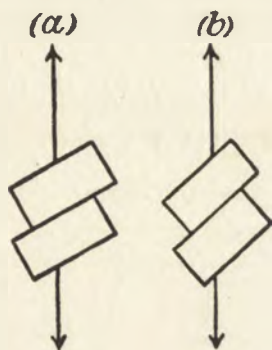


Fig. 20.

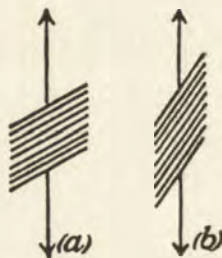


Fig. 21.

została wytrawiona kwasem, dzięki czemu kontury kryształów są wyraźne np. u dołu próbki Nr. 2. Po rozciągnięciu w maszynie probierczej następuje bardzo ciekawe zerwanie próbki. Znajduje się bowiem zawsze kryształ w zwężonej części próbki, który umożliwia oddzielenie się kryształów w tym miejscu. Sam on nie przestaje być kryształem, czyli nie zmienia układu cząsteczkowego; zachodzi tu przesuwanie się cząsteczek jednej warstwy względem drugiej. Możemy to sobie przedstawić, jako dwie warstwy kul (fig. 19,A), które zostały wytrącone z położenia, przedstawionego w B, siłami P lub

Q oraz ułożone w inny sposób, niż w C. W pojedynczym kryształ to przesunięcie odbywa się po pewnej powierzchni. Przypuśćmy, że mamy dwa kawałki szkła, przedzielone warstwą tłuszczu, jak na fig. 20, co odpowiada pewnej płaszczyźnie. Przy poruszeniu przesuną się one względem siebie po tej płaszczyźnie. Kryształ możemy wyobrazić sobie również jako układ linii (fig. 21,*a*), który, popchnięty w kierunku strzałki, poddaje się, jak na rys. 21,*b*. Częstość na powierzchni rozciągniętego pojedynczego kryształu metalu zauważymy ślady linii, wzdłuż których nastąpiło przesunięcie. Piękny przykład widzimy na tablicy XVII,*a*. Rysunek przedstawia kryształ sodu, który został poddany obciążeniu rozciągającemu; widzimy okrągłe ślady. Jeżeli przyjrzymy się dokładniej, to zauważymy dwa krzyżujące się wzajemnie kierunki kół, co pozwala nam wyciągnąć ciekawy wniosek. Nie każda płaszczyzna kryształu jest płaszczyzną przesunięcia; są pewne płaszczyzny, po których przesunięcia następują łatwiej. Każdy kryształ posiada ich kilka. Np. ułożenie cząsteczek, jak na tabl. XIV,*b*, które odpowiada żelazu przy 900° C, aluminium lub miedzi, posiada cztery możliwe położenia płaszczyzn przesunięć, równoległych do czterech boków graniastosłupa.

Płaszczyzny kryształu, przesuając się względem siebie, dążą do przyjęcia położenia równoległego do siły. Przedstawia to fig. 21,*a*. Z dwóch płaszczyzn, wzdłuż której ono nastąpi, płaszczyzną taką jest ta, która tworzy kąt najbardziej zbliżony do prostego względem kierunku działającej siły. Jest to fakt, stwierdzony doświadczalnie. Możemy sądzić, że

dzieje się to dlatego, że siła P , łatwiej od siły Q , (rys. 19) pochylonej pod ostrzejszym kątem, może podnieść cząsteczki jednej warstwy i przenieść je nad wypukłościami od położenia A do położenia C . Zachodzi coś jakby rżnięcie piłą; kryształ ślizga się od jednego położenia dopóty, dopóki płaszczyzna poślizgu nie osiągnie położenia równoległego do kierunku siły, a następnie przesuwa się do innego położenia. Właściwie w obydwu położeniach płaszczyzny są jednakowo nachylone do kierunku siły, a przesunięcie następuje prawie równocześnie. Na kryształach sodu widzimy dlatego dwie linie poślizgu.

W przypadku próbek rozciąganych aż do zerwania (tabl. XV) poddały się całe próbki, z powodu poślizgu płaszczyzn pojedynczego kryształu. Na fotografiach 1 i 2 kierunek płaszczyzny poślizgu przechodzi z jednej strony na drugą, w innych od tyłu do przodu. Na ostatniej widzimy, że utworzyła się szyjka; w innych próbka zwężyła się przed zerwaniem od tyłu do przodu, co oczywiście na fotografii nie jest widoczne.

Pojedynczy kryształ metalu może być naogół z łatwością zginany lub skręcany. Próbka aluminiowa, trzymana w ręce, może być zgięta przez machnięcie ręką. Zwykły kawałek aluminium o tych samych wymiarach jest prawie sztywny. Jeżeli pewna siła usiłuje skrócić kawałek metalu, to poszczególne kryształy dążą do przesunięcia się w różnych kierunkach; dopóty, dopóki to się nie stanie, materiał jest zdolny oprzeć się tej sile: jest on sztywny i twardy. Przypuszczamy przeto istnienie między kryształami

więzów, które przeciwstawiają się sile zewnętrznej. Stąd wniosek, że pojedynczy kryształ łatwo rozpada się w pewnych kierunkach. Jest więc on sam przez się bardzo słaby, podobnie jak łańcuch, którego wytrzymałość równa się wytrzymałości najsłabszego ogniwa.

Dalej założmy, że jakaś przyczyna zmienia regularność układu cząsteczek metalu, czyniąc go tward-



Fig. 22. — Pojedynczy kryształ aluminium zgięty przez machnięcie ręką.

szym. Może to się zdarzyć, gdy próbka składa się z wielu kryształów; może to mieć miejsce również wówczas, gdy na kryształ działają siły wewnętrzne, pochodzące z nacisku innych kryształów lub wreszcie z innych przyczyn.

Teraz rozumiemy, dlaczego stop może być wytrzymałszy od czystego metalu. Układ cząsteczek stopu nie jest bowiem tak regularny, jak układ cząsteczek czystego metalu. Działają tu więzy międzycząsteczkowe nieregularnego układu. Prawdopodobnie jest to jedną z przyczyn, dlaczego obecność pew-

nej domieszki węgla w żelazie nadaje mu wytrzymałości stali. Węgiel łączy się z żelazem i tworzy cementyt, czyli substancję krystaliczną, zawierającą 3 cząsteczki żelaza na 1 cząsteczkę węgla. Jeżeli ilość węgla nie jest zbyt wielka, mamy perlit, który jest mieszaniną żelaza i cementytu, ułożonych w warstwach naprzemianległych; perlit nadaje stali szczególną wytrzymałość i twardość. O ile zawartość węgla wynosi 0,9%, wówczas cała stal składa się z perlitu. O ile węgla jest więcej, wówczas widzimy pod mikroskopem igielki cementytu; taka stal jest krucha. Ciekawy przykład tego zjawiska stanowi stara stal damasceńska, zawierająca sporą domieszkę węgla, i która po przekuciu młotem wykazuje dużo tego rodzaju kryształów. Kowal nagrzewał żelazo w piecu. W pewnej chwili, gdy metal stawał się miękki, przekuwał go i nadawał żądane kształty. Metal jednakże szybko stygnął i musiał być ponownie nagrzanym. Za każdym przekuciem tworzyły się igły, których ostre brzegi ulegały stępieniu. Wskutek tego stal stawała się bardziej giętka i wreszcie po wielokrotnym ogrzaniu i kuciu otrzymywało się świetną stal.

Obecność licznych jasno zabarwionych plam cementytu nadaje stali damasceńskiej wygląd przedstawiony na tabl. XVII, *d*. Są one ułożone w warstwach, które się utworzyły podczas obróbki; przesuwają się one niejednokrotnie względem siebie, aż utworzyły fałsty deseń, który widzimy na rysunku.

Obecnie rozpatrzmy hartowanie stali zapomocą ogrzewania i ochładzania jej w zimnej wodzie. Kiedy stal jest gorąca, wówczas cząsteczki żelaza są roz-

łożone, jak na tabl. XIV, *b*, a cząsteczki węgla są rozrzucone między nimi tak, że siły międzycząsteczkowe są bardzo małe. Jeżeli stal nagle ochłodzimy, wówczas cząsteczki żelaza przesuwają się tak szybko względem siebie, że cząsteczki węgla nie zdążają zająć położenia, odpowiadającego najmniejszym naprężeniom. Najdogodniejsze rozłożenie cząsteczek węgla w tych dwóch przypadkach nie jest jednakowe i jeżeli pozwolimy, aby metal ochładzał się wolno, wówczas cząsteczki węgla ułożą się w pewnych odległościach od cząsteczek żelaza. Prawie czyste żelazo skupia się w małych masach, zwanych ferrytem; większa część węgla tworzy w połączeniu z żelazem masę krystaliczną — cementyt. W tych warunkach materiał jest miękki, o ile tylko nie zawiera zbyt dużo węgla. Gdy zanurzenie w zimnej wodzie przeszkodzi osiągnięciu tego układu, wówczas metal jest twardszy i mniej łamliwy. Układ naturalny sprzyja temu; przesunięcia nie zachodzą.

Możemy obecnie wyjaśnić przypadki bardziej złożone, mianowicie strukturę stali manganowej oraz stopów żelaza. Stal manganowa po ogrzaniu i zanurzeniu w wodzie nabiera własności odwrotnych: staje się miękka i ciągliwa. Nabiera natomiast twardości, gdy po ogrzaniu pozwolimy jej ostygnąć powoli. Twardnieje również wtedy, gdy po ogrzaniu i zanurzeniu do wody, ogrzejemy ją ponownie do temperatury niższej od krytycznej i utrzymujemy w tej temperaturze przez pewien czas.

Przyczyną tego zjawiska jest obecność manganu i pewnych innych składników, opóźniających zmianę układu cząsteczek. Gdy stal po ogrzaniu zostanie

zanurzona w wodzie, wówczas przemieszczanie cząsteczek jest powstrzymane do chwili, gdy metal ostygnie. Wskutek tego cząsteczki manganu mają rozkład, jak na tabl. XIV, *a*. Stal ta nie posiada własności magnetycznych, jest ciągliwa i miękka, co wypływa również z rozkładu cząsteczek węgla. Jeżeli stal ogrzejemy ponownie, wówczas zachodzi przesuwanie się cząsteczek węgla, przedtem zahamowane, ponieważ ciepło przyspiesza teraz ich ruch. Stal nagle staje się magnetyczna, a cząsteczki węgla zajmują miejsca, z których nie mogą się już przesuwać. Różnicę między temi dwoma stanami przedstawia próbka na tabl. X, *b*.

Podczas wojny armję zaopatrzone w hełmy ze stali manganowej, bardzo wytrzymałej na uderzenia odłamków szrapneli. Hełmów tych zaczęto używać do gotowania strawy. Natychmiast wydano surowy zakaz, ponieważ nagrzanie zmieniało strukturę metalu, co powodowało zupełne zniszczenie hełmów (tabl. XVII, *b*).

Domieszka wolframu i chromu wpływa w podobny sposób na przemieszczanie się cząsteczek nawet przy ogrzaniu stali do czerwonego żaru. Dlatego też używa się tego rodzaju stali do wyrobu narzędzi, służących do cięcia metali.

Istnieją również i inne sposoby hartowania metali. Kawalek aluminium, który tak łatwo daje się zgiąć palcami, po zahartowaniu nabiera twardości i staje się oporny na zginanie. Hartowanie przekształca prosty układ cząsteczek metalu. W jaki sposób to się odbywa jest jeszcze dzisiaj kwestją sporną; być może warstwy przesuwiają się względem sie-

bie, a może przemieszczają się tylko niewielkie grupy cząsteczek.

Wobec tego, że dzisiaj hartowanie, które stanowi podstawową pracę obróbki, potrafimy dostosować do wewnętrznego układu cząsteczek metalu, przeto możemy odkryć w przyszłości jeszcze wiele ciekawych zjawisk. Postęp w tym kierunku nastąpił szybko, a nowe odkrycia przyniosą niewątpliwie również cenne wyniki, jak to miało miejsce, gdy Sorby po raz pierwszy zastosował do badań mikroskop.



(a) Maska rzymska z żelaza. (Oryginał jest własnością Dr. G. Macdonalda).



(b) Robotnicy afrykańscy przy pracy. Należy zwrócić uwagę na prymitywny kształt miechów, którymi się posługuje robotnik z lewej strony.



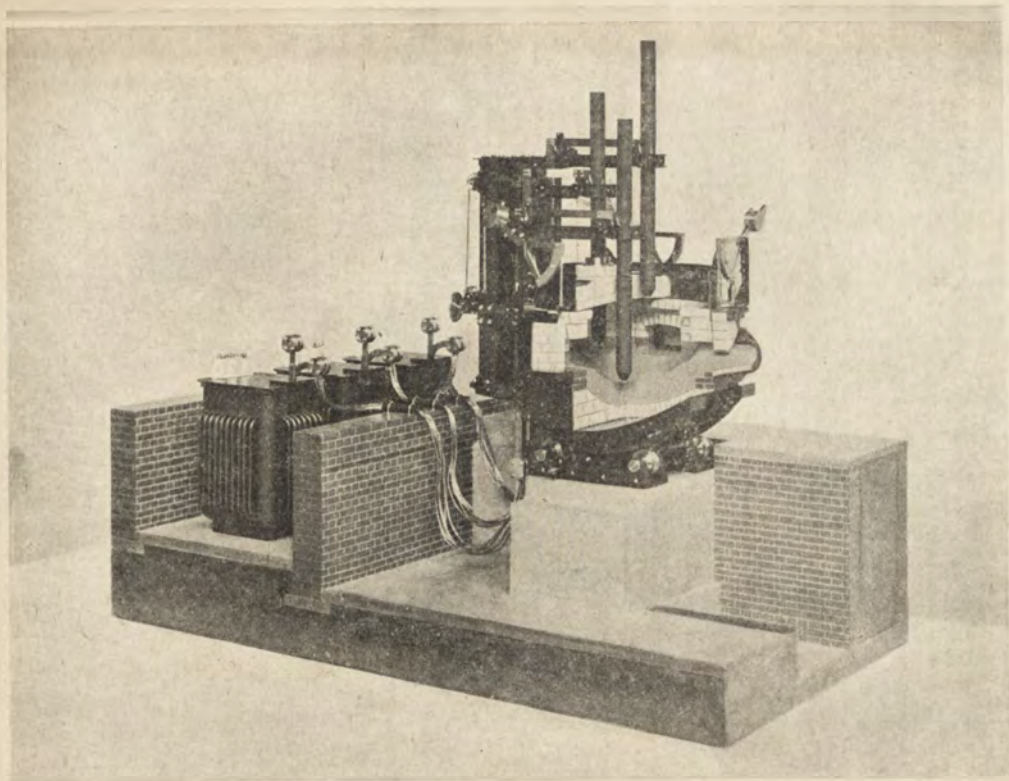
(c) Piec osmundzki.
<http://rcin.org.pl/ifis>



(Z lewej). Ozdoba kwietna z żelaza rzymskiego, znaleziona koło Corstopitum w pobliżu Corbridge nad Tyne. (Z prawej). Fotografia rysunku, z której widzimy, w jaki sposób została wykonana ozdoba (1/7 wielkości naturalnej).
I. E. Stead. (Z Newtona Frienda „Iron in Antiquity”).



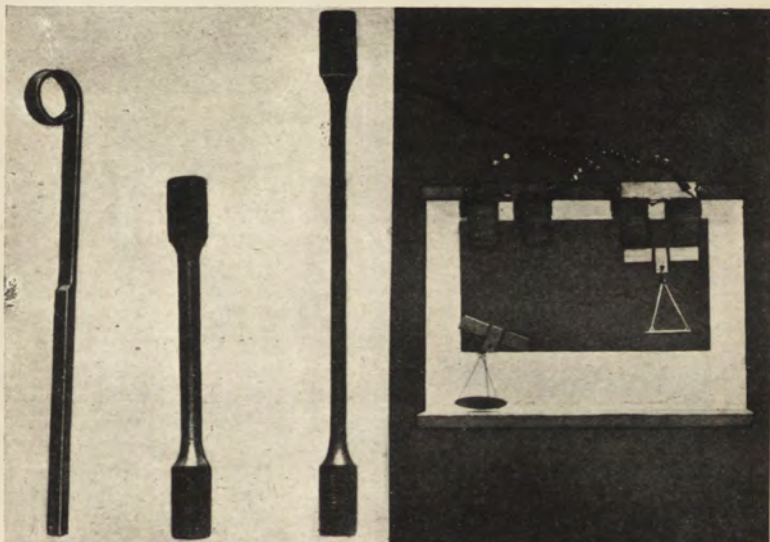
Nowoczesny wielki piec. Zakłady Tata, Jamshadpur, Indje. (Mr. R. Mather).
<http://rcin.org.pl/ifis>



Model pieca elektrycznego. (*The Science Museum, South Kensington*).



(a) Rysunek pokazuje, w jakich wypadkach wskazane jest zastosowanie stali miękkiej — manganowej.



(b) (Na lewo). Próbkę ze stali manganowej. Górna część beleczki po lewej stronie jest miękka i nie posiada własności magnetycznych: część jej została wygięta w kształcie pierścienia. Dolna część jest twarda, łamliwa i posiada własności magnetyczne. Próbkę po prawej stronie jest wykonana ze stali miękkiej i była poddana rozciąganiu: przed próbą na rozciąganie wyglądała, jak próbka pośrodku, wielkość i równomierność wyciągnięcia jest wyraźna.

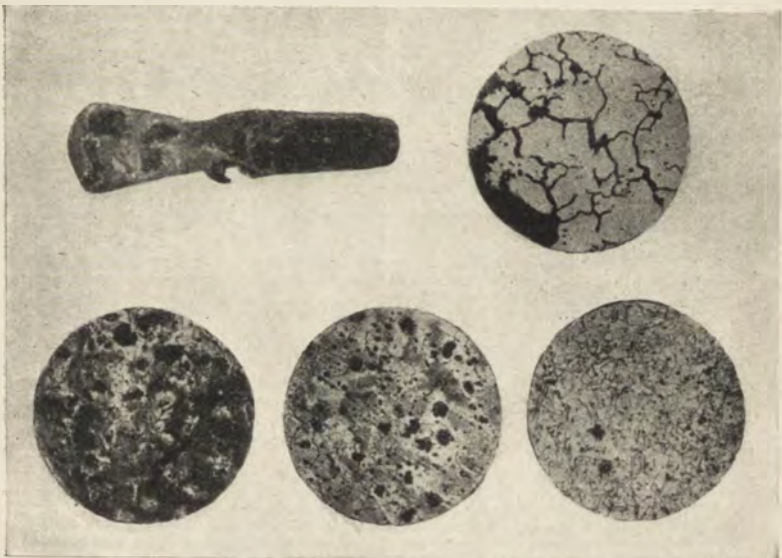
(c) (Na prawo). Rdzenie elektromagnesów są wykonane ze zwykłego miękkiego żelaza (po prawej stronie) i stopu miedzioniklowego (po lewej stronie). O ile przez obydwa elektromagnesy przepuścimy ten sam prąd elektryczny, wówczas każdy z nich może utrzymać pewien ciężar. Po przzerwaniu prądu od lewego magnesu ciężar natychmiast odpada, prawy magnes natomiast jeszcze utrzymuje przyciągnięty ciężar dzięki pozostałości magnetycznej w żelazie. Stop żelazo-niklowy zachowuje się, jak stop miedzi-niklowy.



- (a) (U góry z lewej). Zdjęcie mikroskopowe bardzo czystego żelaza (powiększenie 150-krotne), na którym widzimy poszczególne kryształy.
- (b) (U góry z prawej). Zdjęcie mikroskopowe wolno chłodzonej stali, zawierającej 2% węgla. Białe plamy to czysty węgiel, lub ferryt; czarne plamy jest to perlit; w silniejszym powiększeniu na fotografii (c) (u dołu z lewej) widzimy ciekawy blaszkowy układ. Zawiera on blaszki cementytu (patrz tekst) w warstwie ferrytu. (Z „Introduction to Physical Metallurgy” Rosenhaina).
- (d) (U dołu z prawej). To samo tło na fotografii w 6% różnica, że ilość węgla wzrosła z 2% do 6%, wobec czego próbka zawiera obecnie więcej perlitu, a mniej ferrytu.

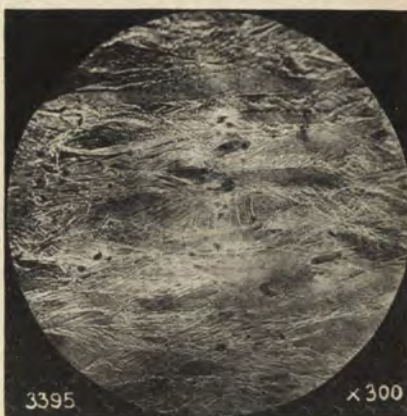
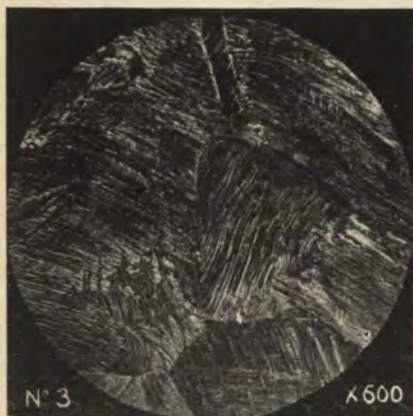
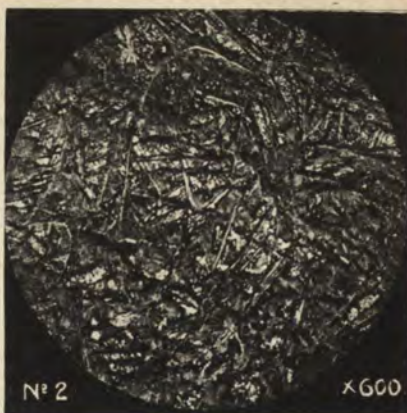
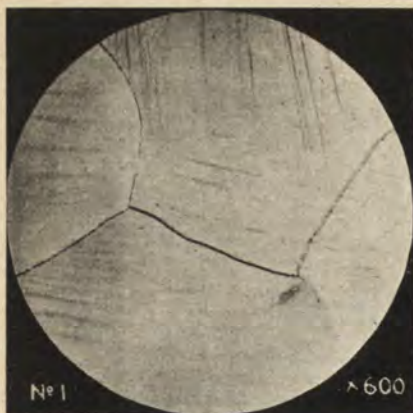


(a) Stal, zawierająca dużą domieszkę węgla: widzimy perlit, a w nim kryształy cementytu. (Z „*Introduction to Physical Metallurgy*” Rosenhaina).

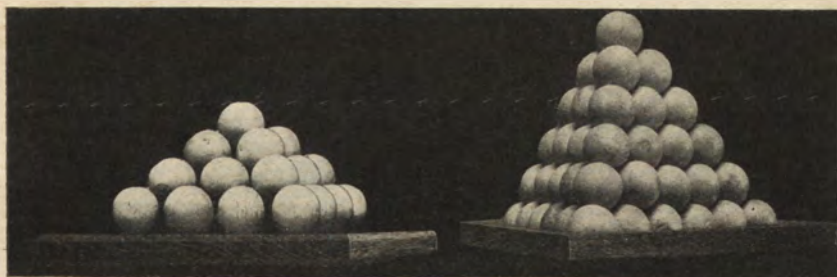


(b) Nóż celtycki, o którym była mowa w tekście. Na zdjęciach mikroskopowych widzimy budowę wewnętrzną różnych części noża.

TABLICA XIII

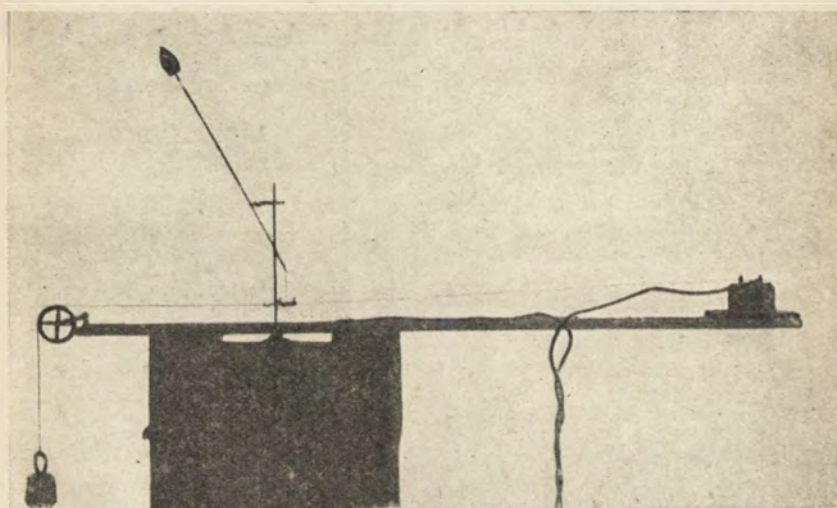


- (1) Stal manganowa, ochłodzona nagle w wodzie przy temp. 100° C. Jest ona miękka, nie posiada własności magnetycznych i ciągliwa. (Tabl. X, b).
- (2) Ta sama stal ponownie ogrzana do 500° C w ciągu 60 godz. i chłodzona wolno. Cząsteczki żelaza zmieniły swoje położenie. Stal jest twarda i nie posiada własności magnetycznych.
- (3) Ta sama próbka co pod Nr. 1 po rozciągnięciu w maszynie probierczej. Linje przedstawiają płaszczyzny poślizgu, różne dla różnych kryształów.
- (4) Ta sama próbka, co pod Nr. 1 po wykonaniu próby na ściskanie.
- (Cztery powyższe mikrografje stali manganowej należą do Roberta Hadfielda).



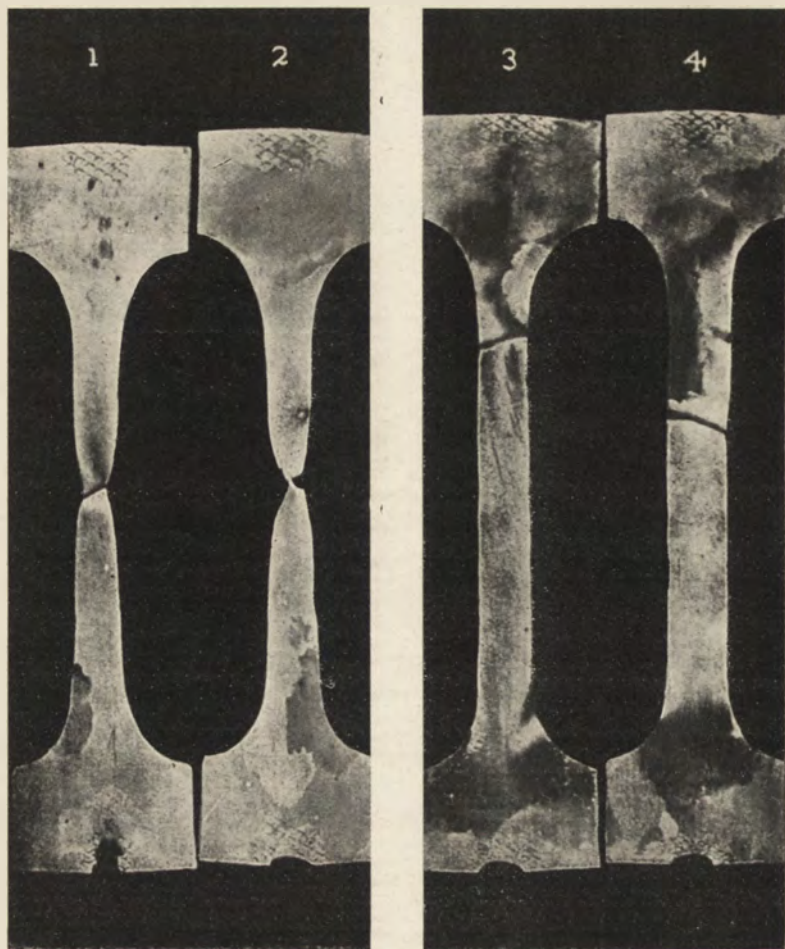
(a) Rozkład atomów żelaza w niskiej temperaturze: żelazo α

(b) Rozkład atomów żelaza w wysokiej temperaturze: żelazo γ

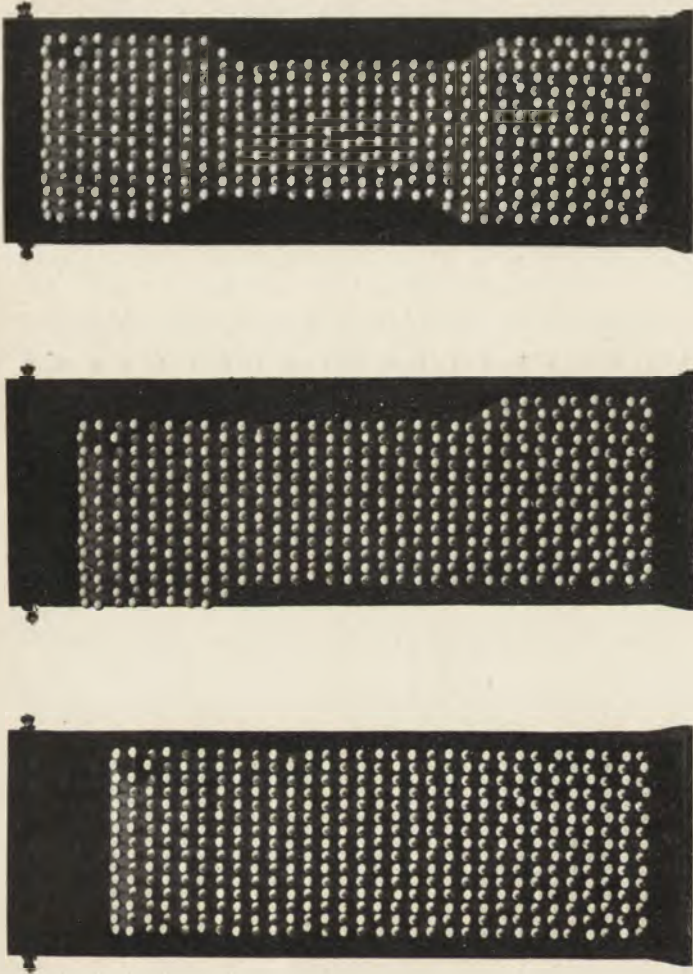


(c) Doświadczenie, opisane w tekście, wskazujące zmianę długości sprężyny żelaznej przy przejściu od niskiej do wysokiej temperatury i odwrotnie.

TABLICA XV



Próbki aluminiowe, rozciągnięte do zerwania w maszynie probierczej. Główki składają się z pojedynczych kryształów: charakter zerwania zależy od położenia kryształu względem siły zrywającej i miejsca pęknięcia próbki.



(a) Model, na którym pokazano, w jaki sposób następuje rozciąganie kryształu metalu nasłonek przesunięcia w jednej płaszczyźnie (a) i (b), następnie w drugiej (b) i (c), podczas gdy układ atomów pozostaje bez zmiany.

TABLICA XVII



(a) Belecza. składająca się z jednego kryształu sodu: belecza została rozciągnięta. płaszczyzny przesunięcia są wyraźnie widoczne: znaki w kształcie elips są śladami tych płaszczyzn. (Dr Alex. Müller).



(b) (Na lewo). Helm żołnierski, wykonany ze stali manganowej. Żołnierz nie miał helmu na głowie, gdy kule uczyniły w nim zagłębienia!



(c) (Na prawo). Druk składający się z jednego kryształu tungstenu, który wskutek przesunięć w różnych płaszczyznach zgina się tak łatwo, że możemy wykonać z niego węzeł. Rysunek jest znacznie powiększony. (Dr F. C. Goucher).



(d) Znaki na mieczu ze stali damasceńskiej. (Belaiew).

ROZDZIAŁ III

TKACTWO

DO wyrobu tkanin ubraniowych i pokryć różnego rodzaju dotychczas przeważnie używamy tych samych materiałów, co dawniej. Wełna, bawełna, len i jedwab są znane od tysięcy lat. Jedyną nowością jest t. zw. „jedwab sztuczny“. Metody fabrycznego przędzenia i tkania są również w swej istocie te same, co za dawnych czasów. Zmienił się jedynie zakres pracy. Maszyna zastąpiła ręce ludzkie, które jeszcze w wielu częściach świata nie zostały jednak przez nią wyparte. Każdy ruch ręki prząsnika, czy tkacza ma swój odpowiednik w nowoczesnej maszynie przędzalniczej i tkackiej, bowiem wykonanie włókna jest istotnie rzeczą bardzo złożoną. Włókno posiada właściwości, wymagające specjalnego obchodzenia się bez względu na to, czy to robi ręka ludzka, czy maszyna.

Zręczność, którą osiągnął prząsnik czy tkacz jest zadziwiająca. Nie można patrzeć bez zdumienia np. na stary ręczny szal, w którym cieniutkie niteczki jedwabne są ułożone w najbardziej misterne i delikatne desenie. Pomyślmy tylko, jak sprawnym musi być dotknięcie indyjskiego prząsnika bawełny, który może utworzyć z jednego funta bawełny nić o długości 400 metrów. Odtworzenie takiej pracy

zapomocą maszyny jest trudne. Specjalną wartość maszyny stanowi możliwość długotrwałej pracy oraz wyrabianie dużej ilości przedmiotów, dzięki czemu liczne rzesze ludzi mogą zaopatrzyć się w piękne wyroby. W przeciwnym razie korzyść z maszyny byłaby istotnie bardzo mała.

Wyobraźmy sobie kogoś, kto zaczyna prażyć nić wełnianą, posługując się starą metodą. Przypuśćmy, że wełna została oczyszczona i wymyta i następnie przeszła do stadjum przygotowania włókien do przedzenia. Prząśnik „zgrzebli“ wełnę. Posiłkuje się on dwoma zgrzeblami, pokrytymi po jednej stronie zgiętymi haczykami, jak pokazano na tabl. XVIII,c. Kładzie on garść wełny na jedno zgrzebło i przyciska drugim w ten sposób, że haczyki przechodzą obok siebie mijankowo. Czynność ta, zwana „czesaniem“ wełny, powtarza się w ciągu niedługiego okresu czasu. Włókna układają się obok siebie. Mogą być one umieszczone całkowicie na jednym zgrzeble przez zmianę kierunku, w jakim jedno zgrzebło porusza się względem drugiego; haczyki w dwóch położeniach przechodzą tę samą drogę, a ten, który stosunkowo prędzej się porusza, zabiera całą wełnę. Zapomocą pewnych manipulacyj wełna jest ostatecznie ułożona w okrągły kłębek zwany „niedoprzędem“. Włókna są oddzielone jedno od drugiego i rozłożone jednostajnie w całym kłębku. Po przygotowaniu dostatecznej ilości pasm prząśnik bierze wrzeciono i kądziel.

Wrzeciono jest to obtoczony kawałek drzewa z niewielkim talerzykiem z gliny, drzewa lub metalu, któremu nadaje się ruch obrotowy. Na jednym

końcu wrzeciona znajduje się nacięcie do umocowania włókien. Wrzeciono wprowadza się w szybki ruch ręką lub, jak to czynią wieśniacy włoscy, przez potarcie między ręką a udem. Wełna przedzie się w nić skręcaną z luźnej masy uprzednio oczyszczonej i uczesanej na kądzieli. Długość tej nici wzrasta



Fig. 23. — Wrzeciono. Po lewej stronie widzimy motek wełny, przeznaczony do przedzenia. Podczas obrotu wrzeciona wełna zwisa na nawpół przygotowanej nici, którą następnie przedzie się w celu dobrego skręcenia jej.

stopniowo. Narzuca się zasadnicze pytanie: jak te włókna trzymają się razem i w jaki sposób przedzenie wpływa na wzajemne ich przyleganie? Jeżeli włókna zbadamy pod mikroskopem, to zauważymy, że są one nieregularne. Włókna wełny mają łuski; włókna lnu węzélki, podobne do bambusu; włókna bawełny są skręcone i posiadają supelki. Jeżeli je ściśniemy mocno, to wypukłości i nieregularność powierzchni nie pozwalają na przesuwanie się wzglę-

dem siebie (tabl. XVIII,*a,b*; XXVI,*a*). Wymagane ciśnienie zależne jest od skręcenia.

Istnieje jeszcze inne zjawisko, które winniśmy poznać, bardzo charakterystyczne dla procesu przędzenia; polega ono na wyrównywaniu włókien. Przypuśćmy, że wyciągniemy ręką trochę przędzy, z której ma być wykonana nić. Musi istnieć jakieś miejsce, w którym przędza jest słabsza; wskutek tego wy-



Fig. 24. — Pasma niedoprzedu.

ciągnie się za dużo wełny. Wówczas utworzy się zgrubienie. Jeżeli jednak nitkę będziemy przytem skręcać, wówczas ta cienka część skręci się bardziej, niż pozostała, a ponieważ włókna są wtedy ściągnięte mocniej, wobec tego ściślej do siebie przylegają. Ostatecznie ta cienka część staje się mocniejsza od grubszej tak, że dalsza część okręca się koło niej i jest przez to wzmocniona. Widzimy to wyraźnie na rysunku. O ile jednocześnie następuje skręcanie

i ruch postępowy, wówczas nie uzyskuje jednakową grubość na całej swej długości.

Po wykończeniu pewnej długości nici przy uprzednim zasilaniu jej wełną, prząsłnik zakręca nią i umocowuje ją na wrzecionie, poczem rozpoczyna pracę od początku.

Kołowrotek jest narzędziem bardziej złożonem od zwykłego wrzeciona, ale sposób użycia go do przędzenia jest oparty na tych samych prostych czynnościach. Wrzeciono jest przystosowane do szybkiego obrotu zapomocą obracającej go taśmy, która sprzęga go z kołem.

Prząsłnik trzyma nitkę mniej więcej w kierunku osi wrzeciona, do którego jest przymocowana i przę-



Fig. 25. — Pasma niedoprzedu zostało wyciągnięte, dzięki czemu uwidoczniły się słabe miejsca. Pasma przedzie się, a całe skręcanie przejmują na siebie miejsce słabsze.

dzie podobnie, jak to wykazaliśmy wyżej na prostszym przyrządzie. Po uprzedzeniu pewnej określonej długości prząsłnik zmienia położenie ręki w ten sposób, aby nitka była prostopadła do kółka, a ponieważ wrzeciono obraca się, przeto nitka jest skręcana. Wyjaśnia to tabl. XIX.

Inny sposób użycia kołowrotka jest bardziej pomysłowy i staranniej opracowany, ponieważ przędzenie i skręcanie nici odbywa się jednocześnie. W tym celu dołączona jest „wirówka“, której działanie objaśnia fig. 26. Jest to jakby ręka mechaniczna, która obraca się dookoła wrzeciona, za-

kręcąc nań nitkę. Posiada on nacięcia, po których nitka prześlizguje się, podobnie jak między palcami prząsnika. Wirówka winna obracać się nieco szybciej od wrzeciona.

Gdyby wrzeciono i wirówka obracały się z jednakową szybkością, wówczas nitka nie byłaby skrę-



Fig. 26. — „Wirówka“ w kształcie litery Y, zaopatrzona w haczyki. Obraca się ona dokoła osi i jest poruszana przez jedno z widocznych na rysunku kółek. Szpulkę porusza drugie kółko. Nić z kądzieli przechodzi przez rurową oś, widoczną w dole rysunku, oraz przez otwór tuż przy podporze na jeden z haczyków wirówki a następnie na szpulkę. Taśmy kierujące z małych kółek przechodzą na duże koło, co na rysunku nie jest uwidocznione.

cana, nawijanie natomiast byłoby wówczas największe. Jeżeli wirówka porusza się za szybko względem wrzeciona, wówczas skręcanie będzie za duże, a nawijanie za małe. Dlatego właśnie wirówka i wrzeciono poruszają się z niejednakową, ale odpowiednio uzgodnioną szybkością, dzięki czemu przędzenie i skręcanie odbywa się równomiernie.

Znając te proste metody i maszyny, które rozwinęły się z biegiem czasu, możemy zrozumieć zasady nowoczesnej maszyny przędzalniczej. Z początku jesteśmy przerażeni dużą ilością części i złożonością tych maszyn. Ale musimy sobie jasno przedstawić, że jest to usiłowanie, zresztą bardzo udatne, zastąpienia wprawnych rąk prząsnika kółkami, wałami i prowadnicami dla uzupełnienia jego prostych na-

rzędzi. Po każdej stronie widzimy tysiące wrzecion uszeregowanych w rzędzie. Każde z nich zastępuje pojedynczy kołowrotek.

Przedewszystkiem wydaje się nam, że wełna czy bawełna przechodzi przez więcej procesów, niż przy obróbce ręcznej. Wrażenie to pochodzi jedynie stąd, że jest więcej, (ale za to krótszych) stopni dla dojścia do końca obróbki. Mycie i oczyszczanie wykonują kolejno maszyny. Proste zgrzebła są zastąpione przez duże (tabl. XX, *b*) z licznymi naciętymi wałami, które czeszą włókna, przesuwając z jednego wału na drugi ostatecznie zwalniając je na końcu maszyny.

Nadto przy dawnym sposobie przedzenia była jedynie prosta praca rąk, które, biorąc wełnę z kądzieli, wyciągały ją do pewnej długości przed wykonaniem nici. Czynność ta ma przy obróbce maszynowej swój odpowiednik w ruchu pary wałów, przez które stopniowo przechodzi niedoprzęd, przy czem każda następna para wałów porusza się szybciej od poprzedniej. W ten sposób luźne pasmo zostaje równomiernie wyciągnięte bez zrywania. Czasami wyciąga się kilka pasm połączonych razem, poczem wyciąga się je ponownie w celu otrzymania jednego pasma złożonego i bardziej jednostajnego. Przy tej czynności pasmo należy nieco skręcać, dzięki czemu daje się ono rozciągać bez obawy zerwania i ostatecznie otrzymuje się grubą luźną nić, t. zw. przędzę. Skręcenie jest niewielkie, przeto nić jest dość słaba. Właściwej mocy nadaje jej dopiero ostateczna obróbka. Powyższy opis dotyczy zarówno

bawełny, jak i wełny, lecz przy obróbce tych dwóch materiałów zachodzą ważne różnice w szczegółach.

W połowie XVIII w. zaczęto stosować maszyny. W południowej części wzgórz Lancashire i Yorkshire i sąsiednich nizinach znajdowały się osiedla, zamieszkałe przez ludność bardzo czynną i ruchliwą. W każdej wiosce mieszkańcy przędli i tkali materiały, które po wykończeniu zawozili końmi do sąsiednich miasteczek. W wielu miejscach w Anglii do tychczas można widzieć drogi piesze brukowane kamieniami. Człowiek, wracając z pieniędzmi i z surowcami, zastanawiał się nad tem, w jaki sposób powiększyć wydajność pracy, którą dobrze znał, a która przynosiła mu zyski. Zastanawiał się, czy nie mógłby prząść kilku nici jednocześnie, a za większą ilość sprzedanego towaru uzyskać więcej pieniędzy dla domu i rodziny. W 1767 r. James Hargreaves tkacz z Blackburn zbudował ramę, w którą wmontował pewną ilość wrzecion (tabl. XXII). Każde z nich odpowiadało jednemu kołowrotkowi. Ruchoomy wózek podtrzymywał szpulki, na które nawijało się pasmo przędzy t. j. niedoprząd lekko przez maszynę wyciągane i skręcane. Czynności te są doskonale opisane w „Textile Machinery Catalogue of the Science Museum at South Kensington“, gdzie można również oglądać kopję maszyny Hargreaves'a. Podajemy tu następujący wyjątek z tej książki:

„Wieloprzańnicę, która była pierwszym krokiem w rozwoju maszyn do przędzenia bawełny, wynalazł James Hargreaves, ubogi tkacz z Blackburn między 1750—1757 r. i opatentował w 1770 r. Główna zaleta wynalazku polegała na tem, że jeden

prząśnik mógł prząść jednocześnie 120 różnych nittek, podczas gdy na kołowrotku można było prząść tylko jedną nić. Inne cechy charakterystyczne o dużym znaczeniu stanowią: wózek ruchomy, dzięki któremu ze szpulki została wyciągana tylko pewna długość bawełny, rozciągana i skręcana wskutek ruchu obrotowego wrzecion, oraz sprężyna kierująca, która, naciskając na skręcane nici, układała je w zwitki na wrzecionach podczas powrotnego ruchu wózka. Metoda wyciągania i wyrównywania między obracającą się parą wałów o różnej szybkości była wynaleziona przez Lewis Paul w 1738 r., ale Hargreaves nie znał jej i chociaż patent wygasł w 1752 r. nie zastosował jej w swej wieloprząśnicy. Dopiero Arkwright skorzystał z tego pomysłu w 1769 r. przy budowie swej maszyny przędzalniczej t. zw. „ramy wodnej“.

„Wieloprząśnica, która poprzedziła maszynę Cromptona, nie miała tylu ruchów, które umożliwiłyby jej przędzenie cienkich nici. Dopiero Robert Crompton wykonał taką maszynę, która przetrwała bez zasadniczych zmian do dnia dzisiejszego.“

Maszyna Cromptona została zbudowana między 1774—1779 r. Działa ona na tych samych zasadach, co wieloprząśnica Hargreaves'a, posiada jednak wiele ulepszeń. Oprócz tego zawiera ona ruchome wały, służące do wyciągania pasm niedoprzędu przed rozpoczęciem przędzenia. Podtrzymują one starannie nić podczas przędzenia, dzięki czemu można prząść cieńszą nić, niż na innych maszynach. Zdziwiająca jest praca tej maszyny (tabl. XXI), każdy ruch jej jest obmyślony, a poszczególne czynności roz-

łożone równomiernie. Widzimy olbrzymią ramę, niosącą setki wrzecion, wyruszających ściśle z jednego położenia w kierunku ramy z przędzą, przygotowaną do przędzenia. Przy ruchu powrotnym ramy przędza jest wyciągana i lekko skręcana, ponieważ wrzeciona nieco się pokręcają. Po wyciągnięciu pewnej długości przędzy dalsze wyciąganie jest zahamowane. Wózek jednak porusza się naprzód wyciągając przędzę, gdyż ta ostatnia, będąc poddana skręcaniu, stawia opór. Wózek zatrzymuje się, obracające się wrzeciona dążą naprzód, przez co wózek cofa się nieco, ulegając wzrastającemu wysiłkowi. Nagle ruch się przerywa. Na każde wrzeciono zaczynają naciskać sprężyny dla zatrzymania nici od ześlizgnięcia się z jego końca, poczem wózek zaczyna się cofać, skręcając nici.

Wieloprząśnica i maszyna Cromptona są rozwinięciem mechanicznem metody przędzenia zapomożą kołowrotka pokazanej na tabl. XIX, metody, w której przędzenie i skręcanie następują po sobie kolejno. Z pewnego punktu widzenia jest ona lepsza od metody stale zmiennej, ponieważ można prząść cienkie i delikatne nici. Przy rozdzielaniu tych dwóch czynności (przędzenia i skręcania), można je wykonać dokładniej. Metoda ciągła, przy której przędzenie i skręcanie odbywa się jednocześnie, posiada swą niezależną historję rozwoju. Przyczynił się do tego Richard Arkwright. Muzeum Naukowe posiada maszyny przez niego wykonane. Druga z kolei, zbudowana w 1775 r. pokazana jest na tabl. XXIII*. Posiada ona osiem

* Jest to samoprząśnica wózkowa. *Przyp. tłum.*

wrzecion, zasilanych przez wirówkę, jak w kołowrotku. Nić przechodzi przez pusty trzpień wiórowki; przedzenie odbywa się dzięki jej ruchowi, a skręcanie wskutek różnicy szybkości wirówki i szpulki, podobnie jak przy użyciu kołowrotka (tabl. XX,a). Arkwright do zmiany różnicy szybkości

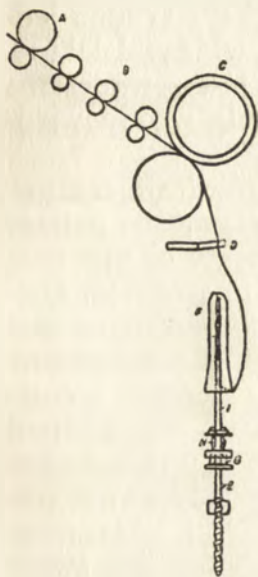


Fig. 27. — Sposób obrączkowy. Nić przechodząca z wałów u góry przedostaje się na szpulkę I u brzegu „głównki“. Szpulka obraca się szybko, a siła tarcia między nicią i brzegiem główki przeszkadza zbyt szybkiemu poruszaniu się szpulki. Nić jest przeto zwijana i skręcana równomiernie.

zastosował siłę tarcia. W swoim mechanizmie wyzyskał on również pomysł nawijania nici na szpulkę. Na kołowrotku znajdują się haczyki pojedyncze, na wirówce zaś haczyki, używane kolejno przez zmianę ręcznie nitki od jednego do drugiego. Lecz Arkwright zastosował sposób wygodniejszy, mianowicie szpulka porusza się w sposób ciągły do góry

i na dół tak, że nić nawija się na całej jej długości. Istnieje przypuszczenie, że był to pomysł Hargreaves'a.

Nowoczesną maszynę przędzalniczą przedstawia tabl. XXIV, *a*. Obecnie stosuje się więcej niż jeden podtrzymywacz wirówki. Widzimy go na fig. 27. Inny podtrzymywacz, specjalnie dostosowany do pracy szybkiej, nazywa się „obrączką“. Trudno jednak wyobrazić sobie ich pracę, nie widząc działania w praktyce. Celem tych ulepszeń jest równoczesne wykonywanie przędzenia i nawijania w odpowiednim wzajemnym ustosunkowaniu.

Wielkie nowoczesne maszyny przędzalnicze powstały z wyżej opisanych typów. Nie można patrzeć na stare maszyny, nie doceniając tego, co one znaczyły kiedyś dla człowieka, który je stworzył. Dzisiaj stoją one bez ruchu: nieliczne beczynne nici łączą zużyte wały, ramy i wrzeciona. A niegdyś gorliwe ręce wynalazcy tworzyły każdy szczegół, a czujne oczy śledziły szybki ruch. Bywało wiele chwil zniechęcenia i wiele chwil szczęścia, gdy talent człowieka pokonał jakąś trudność. Niekiedy nawet powodzenie stawało się przyczyną udręki. Hargreaves tworzył wieloprząśnicę potajemnie na swym poddaszu. Sąsiedzi byli zaniepokojeni, gdy zrozumieli, że jego fantastyczne dzieło było większe od tego, jakie sobie wyobrażali. Zaczęto go szpiegować, odkryto jego tajemnicę, połamano maszynę i wygnano go z domu. Był on zmuszony dla uratowania życia uciec do Nottingham. Tę nienawiść możemy jednak zrozumieć. Sąsiedzi Hargreaves'a uważali go za chciwego człowieka, który pragnął wyciągnąć

więcej korzyści z pracy, niż mu się należało, co zagrażało ich egzystencji. Wszędzie dały się odczuwać te same objawy lęku. Według słów pewnego starego pisarza „w Gdańsku powstał nieznany sposób przędzenia 4 lub 5 nici jednocześnie bez ludzkiej pomocy; była to maszyna automatyczna, która poruszała się sama i mogła pracować dzień i noc. Wynalazek ten został zniszczony, ponieważ mógłby zrujnować biedną ludność miasta. Wynalazca pracował potajemnie, jak mówi Lancellotti, opat włoski, który słyszał o tem od p. Müllera, polaka, który jakoby widział ten wynalazek“.

Czy możemy rozwiązać zagadkę walki o byt? Czyż człowiek nie ma prawa do zużytkowania wszystkich sił twórczych dla ulepszenia swego dzieła. I dlaczego, czyniąc to, krzywdzi swoich bliźnich? Może winniśmy pozostawić ekonomistom rozwiązanie tego zagadnienia. Niewątpliwie i oni daliby odpowiedź taką, jak każdy z nas; mianowicie, jeżeli człowiek czyni jakiś wysiłek, to winien myśleć nietylko o sobie.

Dziwnem jest pomyśleć, że wszystkie te maszyny, od których zależy życie milionów ludzi, kręcą się koło jednego włókienka wełny, czy bawełny. Jeżeli włókno staje się dłuższe, jeżeli zmienia się jego moc lub zachowanie pod wpływem wilgoci, albo inna własność fizyczna, natychmiast pociąga to za sobą konieczność zmiany maszyny i sposobu obróbki. Do własności fizycznych włókna dostosowuje się bowiem obróbkę. Jest rzeczą pewną, że nawet dzisiaj istnieje w tym kierunku wiele rzeczy niezbadanych, które mogłyby wpłynąć na przemysł. Dlatego też w laboratorjach, które powstały w ostatnich latach

jako organa pomocnicze przemysłu, bada się starannie włókna, używane w przemyśle włókienniczym. Szczegółowa znajomość budowy włókna i jego własności jest rzeczą konieczną, jak również badanie zmian, zachodzących we wszystkich stadjach obróbki. Dopomaga temu botanika, biologja, chemja, fizyka oraz maszynoznawstwo. Podczas doświadczeń, przy wyjaśnianiu nieudanych prób i błędów powstają nowe ukryte zagadnienia.



Fig. 28. — Po prawej stronie widzimy rozplątywanie lnu i przygotowywanie go do przedzenia. Po prawej stronie na końcu ryciny użycie kołowrotka. Pośrodku odbywa się tkanie; stojący człowiek dozoruje pracę.

Zasadnicze cechy charakterystyczne pracy przy przedzeniu i tkaniu pozostały te same, co przed tysiącami lat. Najpierw zaczęto wyrabiać tkaniny z długich traw, sitowia i łyka, poczem zjawily się tkaniny ubraniowe. Sposób tkania polegał na zawieszeniu nici podłużnych pionowo, jak widzimy na starej rycinie egipskiej (fig. 28) i przeplataniu ich poprzecznie. Metoda przetykania lub cerowania zo-

stała zastąpioną nową, używaną obecnie, w której pewna ilość nici podłużnych (osnowy) porusza się względem reszty, pozostawiając między nimi puste miejsca. Przez nie przechodzi czólenko poziomo nie zaś w górę i w dół jak przy robieniu pończochy. Do utrzymywania nitki osnowy w odpowiedniej odległości używa się „grzebienia“ i w ten sposób każda nitka wątku (poprzeczna) zostaje kolejno wtłoczona na przeznaczone dla niej miejsce. Po każdym rzucie czólenka następowało wyrównywanie odległości między nićmi osnowy, które były popychane raz w jedną raz w drugą stronę.

Ręczne warsztaty tkackie wszystkich narodowości posiadały te same części składowe, umieszczone podobnie, z tą różnicą, że w niektórych osnowa była umieszczona pionowo, w innych poziomo. Dopiero w 1773 roku John Kay z Bury zastosował inną metodę prowadzenia czólenka. Zamiast przerzucania go z jednej ręki, chwytania drugą i z powrotem, czólenko wpadało do pudełka, znajdującego się na końcu tego biegu. Obydwa pudełka były przywiązane sznurkami do laski, którą tkacz trzymał w prawej ręce. Szybkim ruchem tkacz uderzał w odpowiednie pudełko, czólenko wyskakiwało, przechodziło przez wolne przestrzenie między nitkami i wpadało do drugiego pudełka. Tkacz nogą naciskał pedał, który opuszczał nicielnicę wraz z podniesionymi nićmi oraz podnosił te, które były opuszczone, poczem przerzucał z powrotem czólenko. Robert Kay, syn Johna, wynalazł w 1760 r. specjalne pudełko, zawierające kilka czólenek i taką samą ilość nici wątku

w różnych kolorach. Mogły być one podnoszone i opuszczane tak, że tkacz wyrzucał żądany kolor.

Warsztat tkacki mechaniczny jaśniej przedstawia dzisiejszą pracę tkacza. Ten ostatni śledzi jedynie pewną ilość warsztatów, działających automatycz-

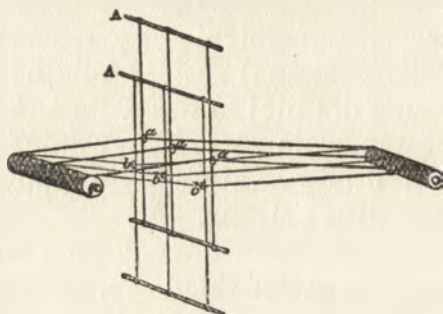


Fig. 29. — Rysunek przedstawia działanie nicielnicy. Jedna z nich podniosła nici osnowy *a, a, a*, druga zaś obniżyła nici *b, b, b*. Odległość między niemi podniesionemi i opuszczonemi nazywamy „pochylnią”. (Z „*Chambers's Encyclopaedia*”).

nie, naprawia zerwane nici i baczy, aby maszyny dobrze działały.

Jest rzeczą ciekawą, że rozwój mechanicznych warsztatów tkackich nastąpił przed wynalezieniem silników parowych. Wiek pomnażania wytwórczości, jak moglibyśmy go nazwać, wprowadził je w ruch. Myśl, aby człowiek własną siłą poruszał kilka maszyn, powstała po raz pierwszy wtedy, gdy Hargreaves zapragnął wprowadzić w ruch jednocześnie kilka wrzecion. Gdy tego dokonano, stało się jasnym, że można w tym celu użyć bezmyślnej siły przy odpowiednim urządzeniu i ścisłym dozorowaniu przez

człowieka. Wówczas zaczęto używać koni, lub siły wodnej, skąd pochodzi nazwa „wodnego warsztatu“ Arkwrighta. Pierwszy mechaniczny warsztat tkacki został zbudowany w 1785 r. przez Edmunda Cartwright i posiadał wiele pomysłówych szczegó-

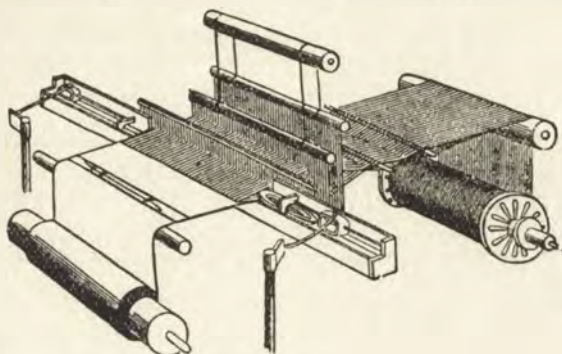


Fig. 30. — Warsztat tkacki, pokazany szczegółowiej niż na fig. 29. Po prawej stronie widzimy nici osnowy, odwijające się z wafu, po lewej nawijaną tkaninę. Widoczne są również nicielnice i czólenko. Pionowe słupki po obydwóch stronach w odpowiedniej chwili obracają się szybko dookoła osi pionowej i, uderzając w pudełko, wyrzucają czólenko, które przechodzi przez „pochyłnię“.

łów, które spotykamy w najbardziej nowoczesnych maszynach. Pierwsze maszyny przędzalnicze i tkackie w fabryce Cartwrighta w Doncaster w 1785 r. były poruszane siłą wołu. W cztery lata później zastosowano maszynę parową.

Nowoczesne krosno jest bardzo złożone. Pomysłowość konstruktora wyładowała się w całej pełni, stwarzając takie urządzenia mechaniczne, które umożliwiły tkanie najbardziej skomplikowanych wzorów. W niektórych maszynach poruszają się ko-

lejno duże zgrzebła, w których w odpowiednich miejscach są wywiercone otworki. Za każdym obrotem w pewnym położeniu zgrzebła przechodzą przez te otworki klawisze, unosząc nici osnowy do właściwego położenia. Praca tej maszyny jest właściwie tylko wielokrotnością pracy ręcznej. Niezawsze jednak może ona zastąpić ręce ludzkie i mózg. Np. przy wyrobie najdelikatniejszych jedwabi dotychczas stosuje się tysiące warsztatów ręcznych.

Włókna, używane przez tkacza, pochłaniają pewną ilość wilgoci. Przedewszystkiem zwiększa to ich ciężar, a powtórnie zmienia ich własności. Dla przemysłowca zmiana ciężaru materiału odgrywa ważną rolę. Niemożliwą jest rzeczą całkowite uniknięcie wilgoci; gdybyśmy nawet osuszyli go przez ogrzanie w piecu, to zawsze zjawia się pewna ilość wody w tkaninie. Np. materiały wełniane w kupnie i sprzedaży mogą zawierać tyle wody, ile wchłoną; ilość ta jest znana pod nazwą „odzysku wilgoci“. W okręgach przemysłowych, gdzie tę wielkość przyjęto za podstawę, ilość wody waha się od 16 do 19%, zależnie od rodzaju materiału. Jeżeli więc kupujemy materiał, to jednocześnie nabywamy pewną ilość wody; dla zorientowania się w gatunku tkaniny winniśmy wiedzieć, jak wielką jest ta ilość.

Wpływ wilgoci na własności fizyczne włókien jest rzeczą bardziej złożoną i praktycznie odgrywa dużą rolę. Wiemy o tem wszyscy np. jak to psuje wygląd zewnętrzny ubrania i jak ono się kurczy pod wpływem wilgoci. Czasami kurczy się rzeczywiście, a niejednokrotnie tylko pozornie, zmieniając fason. Wytwórca odczuwa silniej od nas tego rodzaju kło-

poty. Podczas gdy my przejdziemy do porządku dziennego nad tą drobną stosunkowo stratą, przemysłowiec może ponieść daleko większą stratę, o ile materiał nie będzie zdatny do sprzedaży. Po uprzedzeniu nici i wykonaniu tkaniny dalsza obróbka pociąga za sobą rozciąganie jej, moczenie, ogrzewanie, wogóle obchodzenie się z nią daleko mniej delikatne, niż my obchodzimy się z ubraniem. Niekiedy naprężenia, którym podlegał materiał podczas wyrobu, zjawiają się nagle w innem stadjum obróbki, wskutek czego materiał może stać się nierównym, sfałdowanym, w plamy. Jest to najgorsza wada. Istotnie nierówna tkanina nie przyciąga bynajmniej kupującego. Nierówność barwy występuje częściej w materiale farbowanym, gdyż ilość pochłoniętej farby przeważnie zależy od stanu materiału i wielkości rozciągnięcia. Zjawisko to zachodzi zwłaszcza przy wyrobie sztucznego jedwabiu, z którym należy obchodzić się bardzo ostrożnie, gdyż w przeciwnym razie może być porozciągany w różnych miejscach. W swej długiej praktyce tkacz wynalazł sposoby pokonywania trudności, jakie spotykał. Laboratorja, mające na celu wypróbowanie tych metod i usunięcie trudności przy ich zastosowaniu, zaczęły badać wpływ wilgoci, ciepła i wyciągania włókien. Łatwiej jest bowiem dojść do sedna rzeczy, jeżeli najpierw zbada się pojedyncze włókno, następnie zespół włókien w tkaninie. Zagadnienie to nie jest dotychczas rozwiązane wyczerpująco, chociaż włożono w nie już sporo pracy; istnieją bowiem różnice zdań między samymi wytwórcami. Niektóre wyniki badań uznane zostały za dobre przez wszystkich. Po-

znanie ich doprowadzi nas szybciej do zrozumienia zjawisk, o których mówiliśmy uprzednio. To też rozpatrzemy je najpierw, zanim przejdziemy do omówienia zawiłych doświadczeń, prowadzonych obecnie.

Pojedyńcze włókno może być rozciągnięte, lecz niezawsze zachowuje się ono, jak sprężyna, która odzyskuje swój kształt pierwotny po usunięciu działającej siły. O ile włókno zostanie szybko wyciągnięte i zwolnione, to zachowuje się rzeczywiście, jak sprężyna; jeżeli zaś przyłożona siła działa przez długi okres czasu, wówczas wyciąga ona włókno coraz bardziej aż do pewnej granicy. Gdy siłą usuniemy, wówczas włókno natychmiast kurczy się nieco. Do odzyskania powrotu dawnej długości potrzeba więcej czasu, o ile jest to wogóle możliwe. Model, obmyślony przez D-ra Shortera z Towarzystwa do Badania Bawełny dobrze wyjaśnia zachowanie się włókna. W cylindrze porusza się tłok do góry na dół. Cylinder jest wypełniony lepką cieczą, która może przedostawać się przez małe otwory z jednej strony tłoka na drugą. Do tłoka są przymocowane duże spiralne sprężyny, z których jedna znajduje się poza cylindrem, tak że koniec można uchwycić i pociągnąć; druga sprężyna łączy tłok z dnem cylindra.

Jeżeli teraz górna sprężyna (fig. 31) zostanie szybko wyciągnięta i puszczona wolno, to tłok nie ma dość czasu na wykonanie dużego przesunięcia, ponieważ przeszkadza temu lepka ciecz w cylindrze. O ile górna sprężyna zostanie zwolniona, to natychmiast cofa się do pierwotnego położenia. Odpowiada to szybkiemu wyciągnięciu włókna. Nadto jeżeli

górną sprężyną zostanie rozciągnięta nagle, wówczas może się zerwać pod wpływem siły, która nie byłaby w stanie tego uczynić, gdyby działała zwolna. Tłok w tym przypadku będzie miał dość czasu

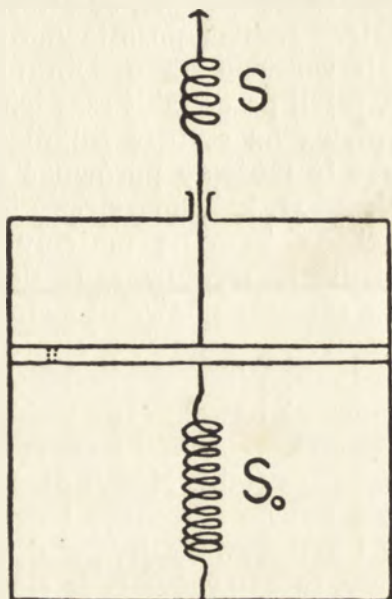


Fig. 31. — Model Shortera.

na podniesienie się. Podobnie włókno może przeciwstawić się większej sile, o ile nie jest ona nagle przyłożona. Wreszcie jeżeli tłok pod wpływem siły ciągłej podniesie się dość wysoko, zwalniając górną sprężynę, wówczas cofa się ona natychmiast, natomiast dolna sprężyna wróci do dawnego położenia dopiero po upływie pewnego czasu. W ten sam sposób działa siła ciąгла na włókno.

Wyżej opisane zjawiska występują oczywiście także i w tkaninie, składającej się z wielu włókien. Materiał, szybko rozciągnięty, kurczy się również szybko. Jeżeli natomiast rozciąga się go w przeciągu dłuższego czasu, to wydaje się, że otrzymuje on odkształcenie stałe. Jednak pozostawiony w spokoju powraca do pierwotnego stanu. Ubrania nasze odzyskują fason, jeżeli przez jakiś czas ich nie nosimy. Zmoczenie wpływa na szybsze zniknięcie odkształcenia. Zjawisko to możemy porównać z wyżej opisanym modelem, w którym ciecz jest rzadsza. Wpływ wilgoci na bawełnę możemy przedstawić zapomocą bardziej wymownego doświadczenia. Przypuśćmy, że zmoczoną bawełnę zwinęliśmy w belę i wysuszyliśmy. Po usunięciu ciśnienia bawełna nie zmienia kształtu. Wrzucona do benzyny bela nie zmieni się, ponieważ bawełna nie wchłania tej cieczy. Po zanurzeniu w naczyniu z wodą objętość beli szybko się powiększa (tabl. XXVI, a). Lub np. gdy, wyciągnąwszy z mocno złożonego kawałka perkalu nitki bawełny i zmoczywszy je, położymy na szkle w pobliżu lampy, to zauważymy, że się natychmiast wyprostowują.

Własności włókien, o których była mowa, odgrywają w praktyce dużą rolę. Podczas fabrykacji materiału zostaje rozciągnięty w różny sposób, po zwilżeniu wszystkie te wysiłki włókien działają razem. Ujawniają się one w pewnych warunkach, chociaż może w ciągu długiego czasu. Wilgoć jednak znika szybko. Wskutek tego materiał kurczy się nierówno, co jest bardzo wielką wadą, a więc naprężenia, które powstały podczas obróbki, winny być usunięte

w inny sposób. Dla zrozumienia tego zjawiska, musimy uwzględnić w naszych rozważaniach wpływ ciepła na włókna. Jedynie ciepło umiarkowane działa podobnie, jak woda. Odpowiednikiem w modelu (fig. 31) byłaby ciecz rzadsza. Ciepło przyśpiesza znikanie naprężeń szkodliwych. Dlatego też, jeżeli ubrania będą złożone w szufladzie lub szafie, to dla wyrównania wskazanem jest powiesić je w pobliżu ognia. Wysoka temperatura ma wpływ daleko większy; zmienia ona włókna na stałe. Wpływ ten możemy przedstawić na modelu, w założeniu, że zmieniliśmy sprężyny, umieszczając je w innych położeniach. Jeżeli w ubraniu pozostawimy pewne wyciągnięcia, to możemy je wszystkie usunąć, przepuszczając przez materiał parę wodną. Materiał czasami zwijamy ciasno w rolę i ogrzewamy gotującą wodą, dzięki czemu włókna tracą naprężenia, i materiał przybiera kształt naturalny; zazwyczaj robi się to przed wypraniem, niezbędnem dla oczyszczenia go z oliwy i brudu.

Dla wyrównania materiału często stosuje się sposób, polegający na rozpięciu go wzdłuż całego brzegu na ramie, gdy jest on jeszcze mokry po praniu. Rozciągniętą tkaninę można wysuszyć, a ponieważ wysuszanie odbywa się w temperaturze znacznie niższej od temperatury wrzenia wody, przeto naprężenie włókien staje się stałym, t. zn., że potrzeba długiego czasu, aby zniknęło. Zwilżenie usunęłoby je natychmiast; dlatego też niektóre materiały kurczą się. Jeżeli jednak na tkaninę rozpiętą na ramie podziałać parą wodną, to rozciągnięcie włókien staje się łatwiejsze i nabiera charakteru trwałego.

Proces ten nazywamy dekatyzowaniem. Dla upewnienia się, że w tkaninie nie pozostały naprężenia szkodliwe, stosuje się t. zw. dekatyzację londyńską. Polega ona na starannem zmoczeniu materiału i powolnem osuszeniu go, bacząc, aby nie naprężyć go więcej, niż to jest konieczne *. Ostateczne stadjum wykończenia tkaniny według D-ra Shortera polega na:

1. Działaniu zimnej wody, które ujawnia ukryte siły.
2. Działaniu gotującej wody lub pary, która niszczy te siły.

Pierwszy z tych wpływów na modelu jest przedstawiony jako zmiana gęstości płynu; drugi zaś jako powrót do równowagi sprężyn.

Krawiec, prasując ubranie, najpierw kładzie nań mokrą szmatę, a dopiero potem przykłada żelazko, bowiem zarówno ciepło, jak i wilgoć są potrzebne dla ułożenia na stałe włókien.

Jest więc coś we włóknie, co odpowiada dwom częściom modelu: sprężynom i cieczy. Samo zjawisko, że włókna mogą wchłonać tak dużo wilgoci wskazuje na ich galaretowaty charakter. Galareta prawdopodobnie posiada budowę tego rodzaju, że łatwo powiększa swą objętość, wchłaniając w pory wodę. Włókno musi posiadać podobną budowę porowatą z gęstym środkiem. Wpływ zimnej wody i ciepła działa na rozrzedzenie tego środka, ale nie narusza porowatej struktury. Para wodna natomiast działa na ponowne zgęszczenie środka. Zjawisko to

* Shorter, *Transactions of the Faraday Society*, tom XX, 1924 r.

zachodzi przy prasowaniu ubrań. Prawdopodobnie na budowę włókna ta czynność wpływa niezupełnie, ponieważ każde następne prasowanie krócej się trzyma.

Ogólnie biorąc, wszystkie włókna reagują podobnie, jednakże są znaczne nieraz odchylenia w szczegółach. Np. trwałość nici i wyrobów bawełnianych i płóciennych wzrasta z zawartością w nich wilgoci, podczas gdy wilgoć zmniejsza trwałość materiałów wełnianych i sztucznego jedwabiu. Zmoczono włókno wełniane staje się słabsze, natomiast zwilżenie nie wpływa na włókno bawełniane. Wydaje się, że zwiększenie wytrzymałości nici następuje naskutek mocniejszego wzajemnego przylegania. Musimy sobie przypomnieć, że moc nici zależy od dwóch czynników: siły poszczególnych włókien i od siły, z jaką włókna przylegają do siebie.

Największe wysiłki są czynione w kierunku zwiększenia połysku tkanin, gdyż własność ta przyciąga kupujących. Jest rzeczą trudną określić połysk. Wiemy wszyscy, co się przez to rozumie, lecz każde pojęcie można ująć w najrozmaitszy sposób. To też łatwiej będzie wyjaśnić tę sprawę na przykładach. Mówimy np., że jedwabie i satyny są bardzo lśniące i możemy zgodzić się, że są one pod tym względem najpiękniejsze. Mówimy o lśniących włosach lub oczach, np. oczy kota lśnią w ciemności. Lśniące towary także błyszczą. Istotą pojęcia połysku jest prawdopodobnie możliwość odbicia się światła od jego powierzchni. Błyszczący przedmiot nie jest właściwie dobrym reflektorem. Gdyby tak było, to posrebrzane lustro byłoby najbardziej lśniącym przedmiotem.

Czy o brylancie możemy powiedzieć, że jest błyszczący? Piękno brylantu zależy od jego własności refrakcyjnych, t. j. od rozpraszania promieni światła, które weń wchodzi i wysyłania ich w różnych kierunkach nieokreślonych, t. zn. takich, których nie możemy przewidzieć bez specjalnego obliczenia. Brylant wysyła błyski świetlne z nieznanych nam punktów. Wydaje się nam przeto, że brylant lśni. Niektóre brylanty fosforyzują w ciemności, ale własność ta nie ma nic wspólnego z błyszczaniem.

Sprawa połysku materiału jest tak ważna w przemyśle, że w ostatnich czasach zadano sobie dość trudu dla ścisłego określenia i wynalezienia przyrządu do pomiaru połysku, żaden bowiem proces, zmierzający do nadania tkaninie tej własności, nie da dodatnich wyników bez pomiarów ilościowych. Poleganie na wrażliwości wzroku jest bezużyteczną stratą czasu.

Większość przyrządów oparta jest na zasadzie pomiaru ilości światła, rozproszonego przez materiał w różnych kierunkach, zwłaszcza w tych, które nie są kierunkami odbicia od powierzchni gładkiej np. od lustra. Nie wchodząc w szczegóły budowy tych przyrządów, możemy poznać je ogólnie i jednocześnie wyrobić sobie pojęcie o połysku zapomocą następującego prostego doświadczenia. Światło laski pada pod pewnym kątem na kawałek satyny. Najbardziej do tego celu nadaje się satyna barwna. Źródło światła jest umieszczone za nami, a światło odbite od lustra, wcale nie doszłoby do naszych oczu, gdybyśmy je umieścili na miejscu satyny. Jeżeli natomiast obrócimy na miejscu kawałek sati-

ny, to zauważymy błyski. Dla ułatwienia wszystkie inne światła w pokoju są zgaszone (tabl. XXVI, *b*). Zastanówmy się nad tem, skąd pochodzi połysk?

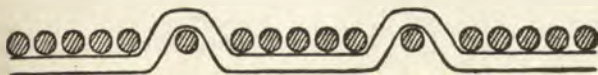


Fig. 32. — Sposób tkania satyny.

Badając tkaninę pod szkłem powiększającym, widzimy nici osnowy, ułożone równoległe względem

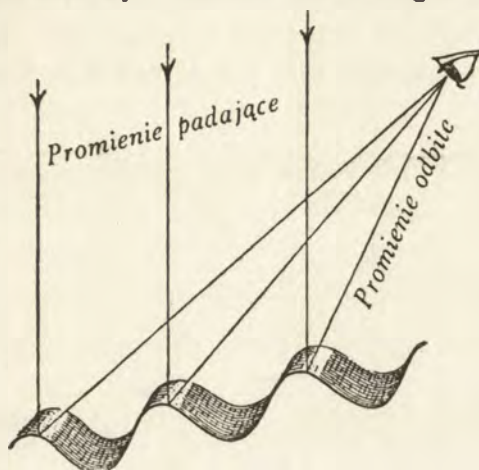


Fig. 33. — Wykres, przedstawiający połysk. Powierzchnia falista odbija światło w ten sposób, że oko umieszczone na rysunku, zobaczy odbicie na załamaniach fal. Jasne plamy na rysunku oznaczają te części tkaniny, które są jaśniejsze dla oka. Gdyby wstążka była płaska nie można byłoby zauważyć jasnych plam. Linja grzbietów fal jest prostopadła do płaszczyzny rysunku; promienie padania i odbicia znajdują się w płaszczyźnie rysunku.

siebie. Materiał jest w ten sposób utkany, że na jego powierzchni po stronie błyszczącej nici wątki mija-

ją kilka nitek osnowy, poczem przechodzą pod spód; objaśnia to fig. 32, na którym widzimy w dużym powiększeniu przekrój rzędu nici równoległych do siebie. Jeżeli odbite światło błyszczy tak, jak w wyżej opisanym doświadczeniu, wówczas nitki są prostopadłe do linii (dwusiecznej), dzielącej na połowę kąt, jaki tworzą linie, łączące materiał ze źródłem światła (promień padania) i odpowiednim promieniem, idącym do naszego oka (promień odbicia). Powierzchnia w rzeczywistości jest nierówna i odbicie światła następuje na brzegach nierówności. Każda nić musi mieć odpowiednią powierzchnię odbicia. Ten sam skutek uzyskuje się przez równoległe ułożenie nici. Z odwrotnej strony (lewej) materiał nie jest tak lśniący, ponieważ nici nie są tam rozłożone równomiernie. Podobne zjawisko zachodzi na świeżo zoranym polu na bokach brózd, które po przejściu pługa błyszczą.

Niekiedy dla nadania połysku wyrabia się w tkaninie prążki sztucznie przez przepuszczanie jej pomiędzy ogrzanymi wałkami, zaopatrzonemi w nacięte równoległe kanaliki. Sposób ten jest stosowany w wielu fabrykach, oczywiście do tkanin, których połysk przyciąga nabywców.

Po głębszym zbadaniu tego zagadnienia okazało się, że nie wszystkie nici dają jednakowe rezultaty, oraz że sposób przędzenia i tkania nie jest obojętny. Brytyjskie T-wo dla Badania Bawełny wykazało, że najlepiej nadającymi się do tego celu są nici bawełniane o przekroju kołowym, co było do przewidzenia. Połysk materiału zależy od odbicia promieni świetlnych w różnych miejscach jednocześnie i oczy-

wiecie w nieokreślonych kierunkach, jak to wyżej wyjaśniliśmy. Włókna bawełny o kształcie nieregularnym nie wywołują dodatniego wrażenia. Włókna okrągłe ułożą się regularniej na powierzchni. Połysk tkanin bawełnianych znacznie wzrasta dzięki t. zw. merceryzacji t. j. działaniu na bawełnę roztworami związków alkalicznych. Bawełna zanurzona w roztworze, wchłania go; roztwór przenika przez zewnętrzną warstwę włókna do celulozy, tworząc warstwę między tą powłoką a wewnętrzną wklęsłością. Celuloza powiększa swą objętość, co jest przyczyną, że przekrój włókna przybiera kształt kolisty; zewnętrzna skórka włókna ściąga się i staje bardziej błyszcząca. Na tabl. XXV i XXVII mamy kilka fotografii, przedstawiających to zjawisko. Widzimy różnicę między kształtem włókien przed i po merceryzacji. Jedna z ilustracji uwidacznia wpływ merceryzacji na krótkie kawałki włókien. Nabrzmiała ciecz wycieka na końcach tak, że kawałki włókien przybrały kształt kielicha. Na innej ilustracji włókna zostały nieco uszkodzone pod działaniem kwasu. Osłabiona powłoka zewnętrzna pękła. Obraz ten daje pewną przestrożę, a mianowicie, że chłopcy, którzy mają do czynienia z baterjami elektrycznymi, co się często zdarza obecnie, nie powinni wycierać rąk w chusteczki do nosa, szczególnie, o ile są one bawełniane. Pory włókien zostały bardzo słabo zaatakowane przez kwas; materiał „zmiękł“, jak to się określa technicznie.

Tkaninie można również nadać połysk przez zastosowanie odpowiedniego sposobu tkania. Dobry rodzaj połysku nici można osiągnąć, biorąc duże po-

jedyńczo skręcone nici i skrócić je razem w odwrotnym kierunku. Każda nić składa się z pewnej liczby skręconych włókien; podwójne pasmo widzimy na fig. 34. Następnie stwierdzono, że pewien stosunek skręconego podwójnego pasma do jego części składowych daje lepszy połysk. Po zbadaniu okazuje się, że

ma to miejsce w przypadku, gdy poszczególne włókna pojedynczego pasma są ułożone równoległe do kierunku nici w paśmie podwójnym. Zbadanie doświadczalne tego zjawiska polega na tem, że przygotowujemy skręcone pasma o różnych stosunkach nici, układamy je obok siebie na czarnem tle i oświetlamy światłem o różnej jasności, przyczem błednie ono stopniowo od strony lewej ku prawej, jak na rysunku. W ciemni optycznej widzi się nitki z jednego punktu i bardziej błyszczące nitki są jaśniejsze i błyszczą dalej wzdłuż swej długości (tabl. XXVI,c). Najjaśniejsze pasma znajdują się pośrodku. One właśnie były skręcone tak, jak pokazano na fig. 34. Stąd wynika, że dla osiągnięcia najlepszego efektu wszystkie nici, które dobrze odbijają światło, winny leżeć możliwie w jednym kierunku. Jeżeli kierunek ten jest symetryczny względem oka i źródła światła, jak w naszym pierwszym doświadczeniu, innemi słowy symetryczny do kąta odbicia,



Fig. 34. — Stosunek między skręceniem włókien w pojedynczem paśmie do skręcenia dwóch pasm jest taki, że włókna biegną równoległe do osi pasma podwójnego.

wtedy efekt odbicia jest większy. Jeżeli przy prążkowaniu tkaniny kierunek kanalików jest wyraźny i jednostajny, to otrzymuje się najładniejszy połysk.

Przejdziemy teraz do przypadku, w którym zamiast naturalnego włókna roślinnego czy zwierzęcego używa się włókna sztucznego. T. zw. jedwab sztuczny jest bardzo ceniony z powodu wyjątkowego połysku. Jest rzeczą naturalną, że widok pająka i innych owadów, tkających swe sieci, musiał podsunąć człowiekowi myśl przygotowywania w ten sam sposób nici. Pierwszy i najstarszy wpływ tego rodzaju można znaleźć w *Mikrografji* Hooke'a (1667 r.). Hooke był jednym z najbystrzejszych obserwatorów w owych czasach i jednym z największych angielskich uczonych. Posiadał on mikroskop, przyrząd wówczas bardzo rzadki. Hooke napisał książkę, w której podał opis wszystkich swych badań mikroskopowych. Między innymi badał on materiały włókiennicze i jedwab. Specjalna rozprawa na ten temat nosi tytuł „O pięknie prążkowanych jedwabiach i taftach“. Na końcu rozprawy autor wyraża możliwość wykonania sztucznego jedwabiu w następujący sposób:

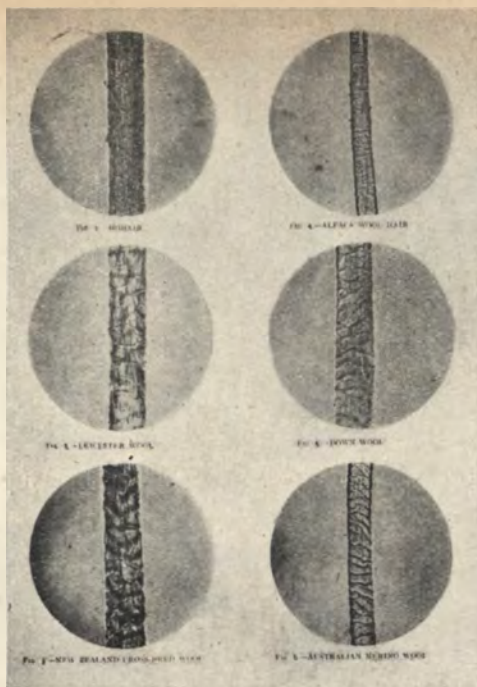
„Myślałem często o tem, że uda się wynaleźć sposób wykonania sztucznej kleistej mieszaniny, lub jakiejś innej podobnej substancji i równie dobrej jak ta, z jakiej jedwabniki skręcają kokony. Gdyby taką mieszaninę wynaleziono, to napewno znalazłby się łatwy i szybki sposób wykonania z niej włókien. Nie potrzebuję podkreślać korzyści takiego wynalazku, ani korzyści, jaką przyniósłby wynalazcy, gdyż jest to samo przez się jasne. Mam nadzieję, że zwró-

cenie przeze mnie uwagi na tę sprawę pobudzi kogoś zdolnego i przedsiębiorczego do wykonania doświadczeń. O ile się one udadzą, to osiągnętem swój cel i sędzę, że i wynalazca będzie zadowolony“.

Myśl ta została wprowadzona w czyn w naszych czasach. Wykonano bardzo piękny materiał w sposób, wskazany przez Hooke'a.

Sztuczny jedwab jest bardziej podobny do bawełny niż do naturalnego jedwabiu. W rzeczywistości nie jest to jedwab. Jest on dobrym przewodnikiem elektrycznym, podobnie jak bawełna. Jest również dobrym przewodnikiem ciepła, tak że przy dotknięciu wydaje się chłodny. Wełna odwrotnie przy dotknięciu wydaje się ciepła. Sztuczny jedwab wytwarza się przeważnie z miąższu drzewnego, który przerabia się w ten sposób, aby wyciągnąć zeń cellulozę. Następnie zapomocą odpowiednich związków chemicznych nadaje się jej lepkości. Otrzymaną masę przepuszcza się przez rurki z drobnymi otworami do cieczy, która ją utwardza (patrz tabl. XXIV, *b*).

Długość nici nie jest ograniczona; nie składa się ona z krótkich kawałków, jak to ma miejsce ze wszystkimi włóknami, z wyjątkiem jedwabiu naturalnego, które trzeba spoić przed przędzeniem. Jest ona twarda, błyszcząca, nie poddająca się, i zimna przy dotknięciu; nic ta jest dwa razy słabsza od nici bawełny i chociaż pojedyncze włókna sztucznego jedwabiu są mocniejsze od pojedynczych włókien wełny, nie przędą się tak łatwo jak ona, ponieważ nie dają się przeciągać między osnową. Przypomnijmy sobie, że wełna posiada swoistą budowę (tabl. XVIII, *a*), która umożliwia włóknom przyleganie



(a) Mikrofotografie różnych włókien wełnianych, na których widzimy nierówności, ułatwiające włóknom wzajemne przyleganie.

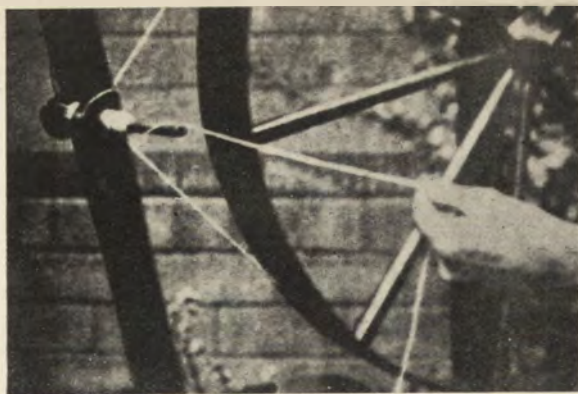
(Z lewej) 1. (u góry) Kamlot, 2. (po środku) wełna z Leicester, 3. (u dołu) wełna z Nowej Zelandji. (Z prawej) 4. (u góry) alpaga, 5. (po środku) wełna z Down, 6. (u dołu) wełna z australijskiego barana.



(b) Zdjęcie mikroskopowe włókna lnianego.

(c) Sposób trzymania „kartonów“.

TABLICA XIX



(a) Sposób trzymania nici w celu skręcenia jej bez nawijania.

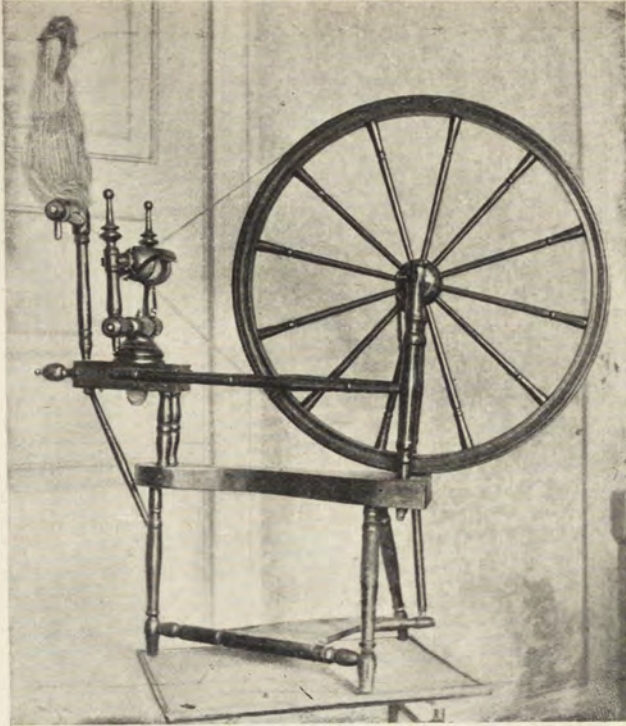


(b) Nawijanie bez skręcania.

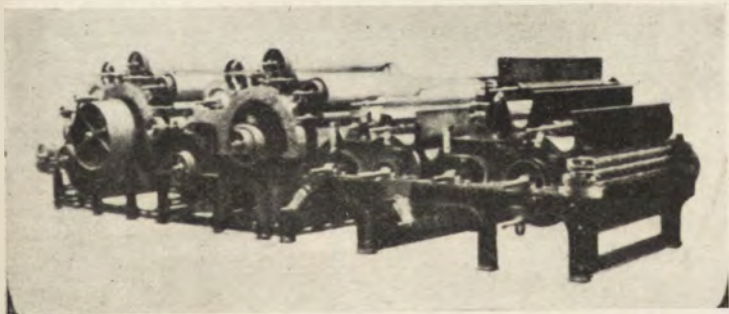
(Prof. Barker, Leeds University).



(c) Widok ogólny.

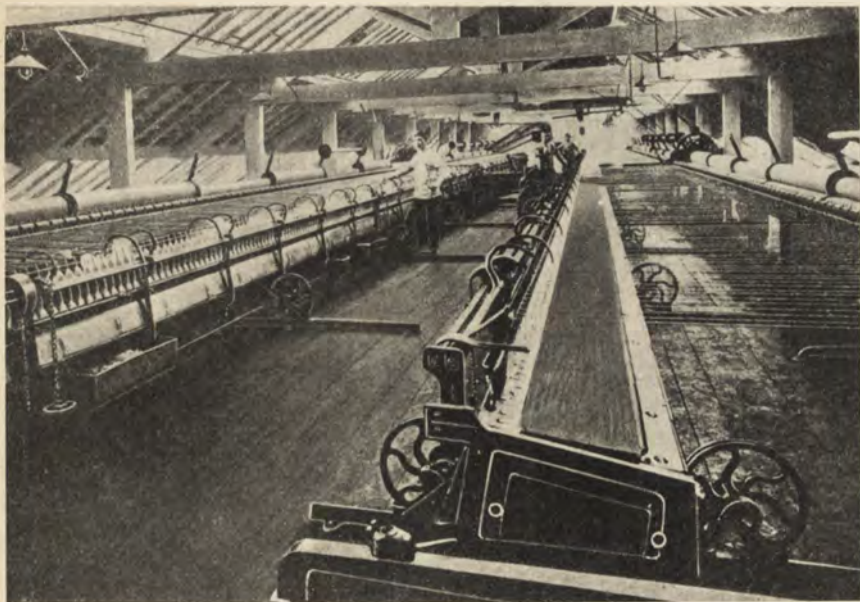


(a) Stary kołowrotek z „wirówką”.
(The London School of Weaving).

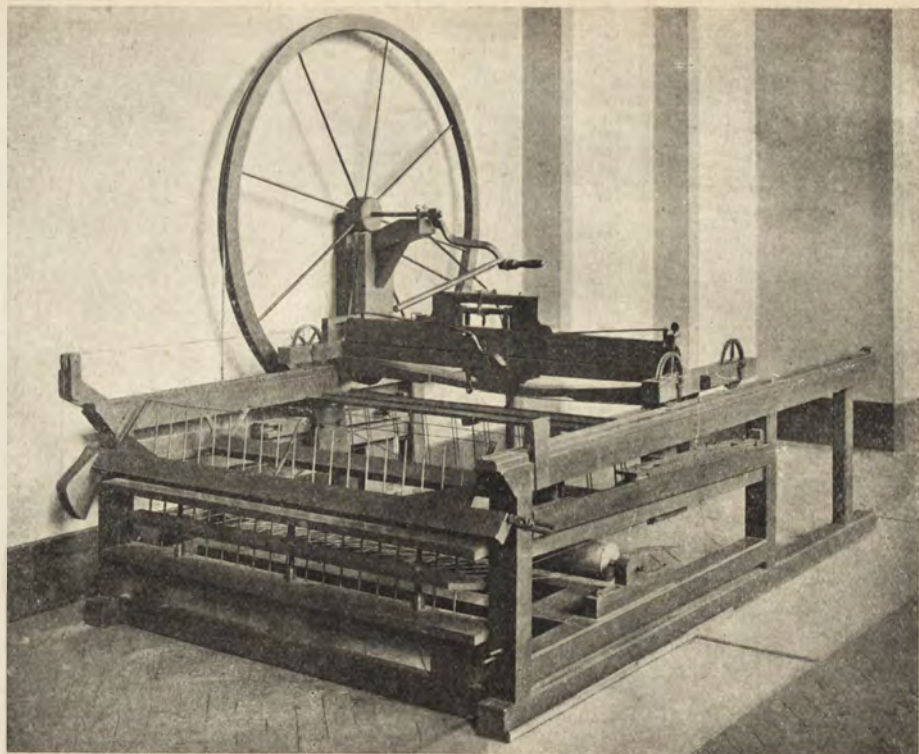


(b) Zrzeblarka.

<http://rcin.org.pl/ifis>



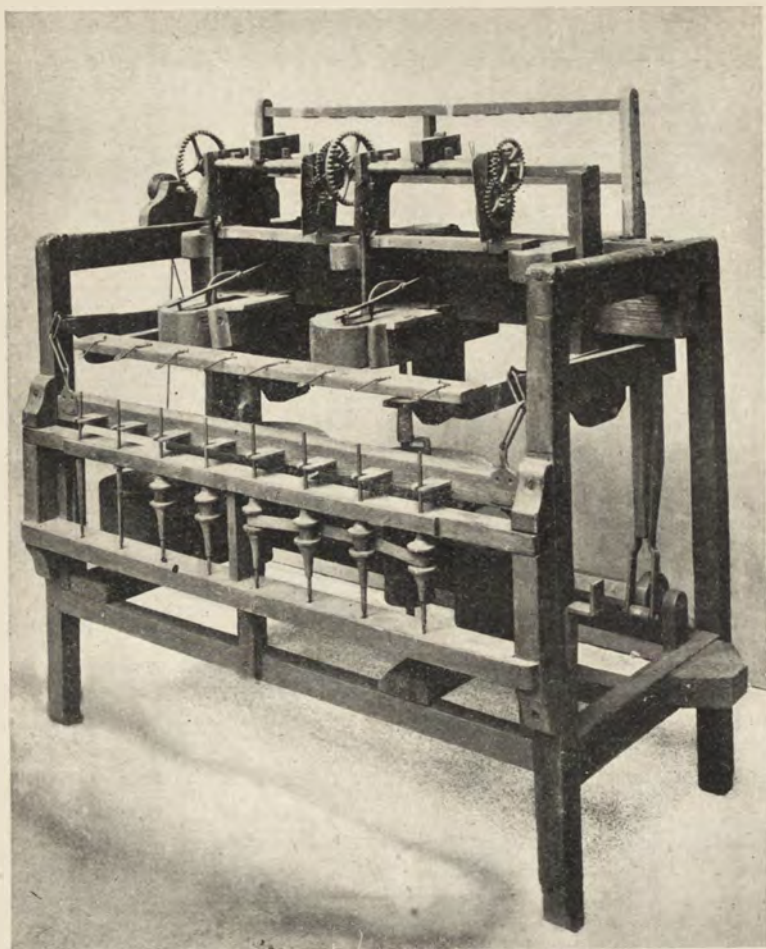
Samoprząsnice. Wózek środkowy posuwa się na kółkach, które widzimy na rysunku: w obecnym położeniu przedzenie jest ukończone: wózek następnie przesunie się w kierunku ramy na prawo, skąd otrzymuje nici do przedzenia.



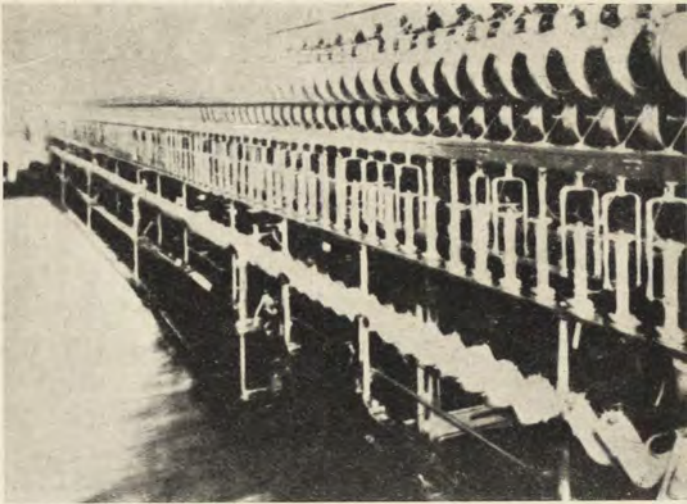
Wieloprząśnica Hargreaves'a (*The Science Museum, South Kensington*).

<http://rcin.org.pl/ifis>

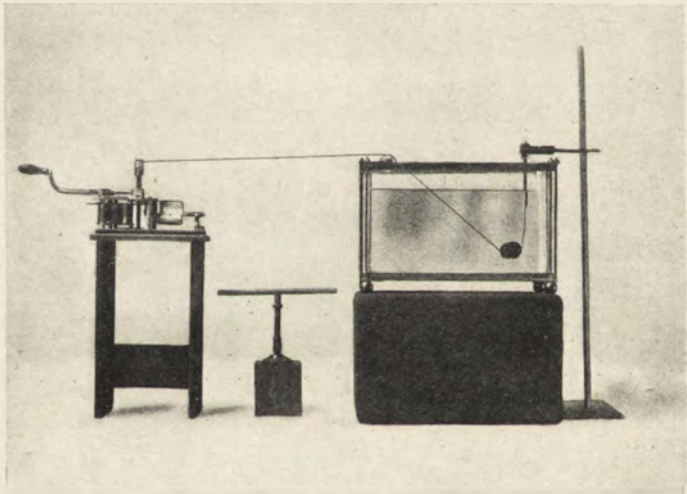
TABLICA XXIII



„Rama wodna” Arkwright’a. Nazwa ta pochodzi stąd, że wynalazca poruszał swe maszyny przędzalnicze w Crowford w Derbyshire siłą wodną. (*The Science Museum, South Kensington*).



(a) Urządzenia w przędzalni: ramki, podobne do krikietowych, są to „wiatraczki”.

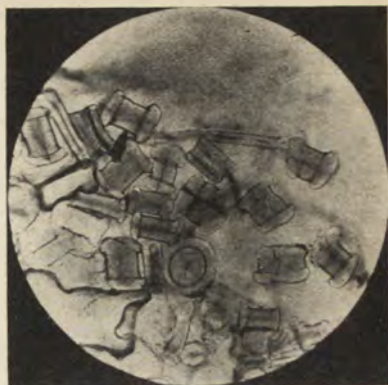


(b) Przędzenie nici „sztucznego jedwabiu”. Płyn kleisty znajduje się w pionowej rurce szklanej na prawo: nić zanurza się w utwardzającym roztworze, poczem następuje przędzenie zapomocą urządzenia zegarowego, które widzimy z lewej strony.

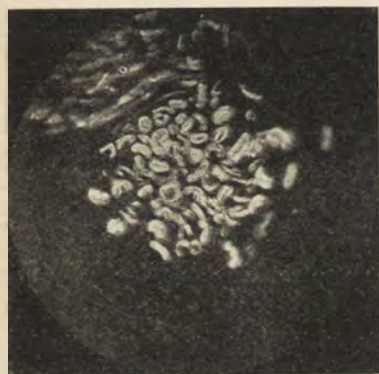
TABLICA XXV



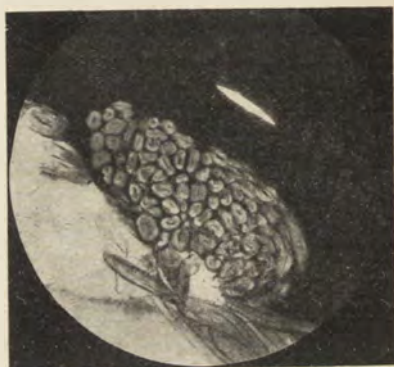
(a)



(b)



(c)

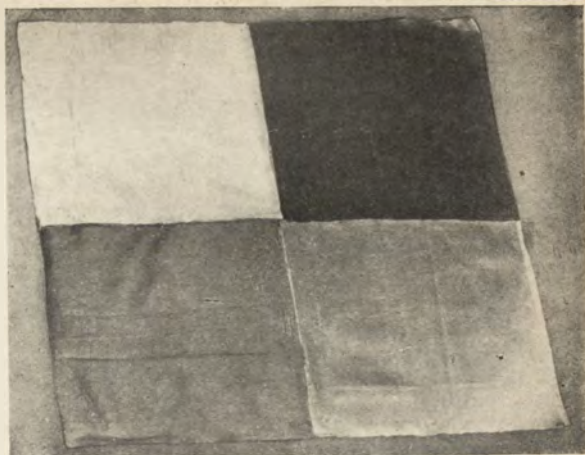


(d)

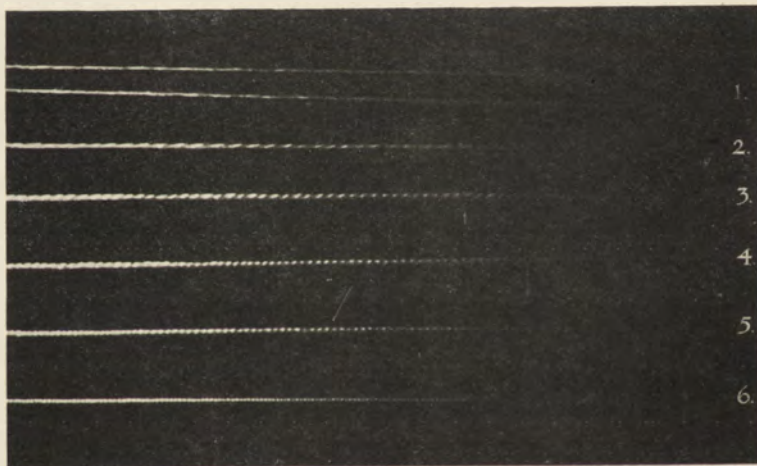
- (a) Merceryzacja zmiękzonej nici bawełnianej: na końcach nie widzimy pęcherzyków.
(b) Merceryzacja krótkich kawałków bawełny, na końcach utworzyły się pęcherzyki.
(c) Przekrój włókien nici przed merceryzacją.
(d) Te same włókna co pod (c), lecz merceryzowane.



(a) (Na prawo). Benzen nie działa na ściśniętą bawełnę, zanurzoną do naczynia z benzenem, ponieważ bawełna go nie pochłania. Ta sama bawełna, zanurzona w wodzie (na lewo) znacznie powiększyła swą objętość.



(b) Cztery kawałki materiału zeszyto brzegami: prążki kawałka po lewej stronie u góry biegną od lewej strony ku prawej tak, że ich krawędzie odbijają światło w kierunku oka obserwatora (lub ciecni). Źródło światła znajduje się za plecami obserwatora. Prążki górnego kawałka po prawej stronie biegną w kierunku pionowym, przeto niema odbicia. Kierunek prążków w dwóch pozostałych kawałkach materiału jest skośny.



(c) Badanie połysku nici dobrze skręconej, według opisu, podanego w tekście.



(a) Włókna bawełny przed merceryzacją. Są one podobne do tasiemki i zawierają liczne węzłki.



(b) Włókna bawełny po merceryzacji. Kształt przekroju włókien jest bardziej okrągły, niż na rysunku (a).



(c) Spirala, pokryta płaszczem z włókien bawełny (w danym przypadku naciągnięta do granicy zerwania).

w nici. Przez moczenie jedwab sztuczny osłabia się. Jednakże mimo tych wad jest to materiał bardzo pożądany, ponieważ łatwo mu nadać piękne barwy. Jest on również trwały w noszeniu, gdyż ma powierzchnię śliską. Obecnie ma szerokie zastosowanie w połączeniu z wełną i bawełną, nadając im bardzo ładny połysk i utrudniając wycieranie materiału.

Sztuczny jedwab jest pierwszym towarem włókienniczym, którego włókna nie pochodzą ze źródła naturalnego. Źródła te są praktycznie nieograniczone i ilość wytworzonego surowca nie zależy od żadnych przypadków (np. nieurodzaju). Jedwab sztuczny jest, być może, zwiastunem powstania innych materiałów, które będą posiadały jeszcze więcej cennych własności, jak ciepło, trwałość, niepodleganie wpływowi wilgoci i t. d., jednak w wielu przypadkach obecnie jeszcze nie może on zastąpić w zupełności włókna naturalnego.

ROZDZIAŁ IV

FARBIARSTWO

ZAWÓD farbiarza posiada swoiste cechy, wywołane tem, że farbiarstwo opiera się nie na wiedzy, przekazywanej tradycją, lecz na odkryciach najnowszych czasów. Dzięki badaniom nad budową cząsteczkową zasadniczych barwników chemik może odtwarzać je zapomocą nieznanych przedtem metod i czerpać z nowych źródeł. Liczba barw i odcieni zwiększyła się do takiego stopnia, że zaspokajają wszystkie wymagania, mimo to chemik jest w stanie wytwarzać coraz to nowe barwniki, które są równie trwałe, jak dawne. Istnieje jeszcze wiele zagadnień, oczekujących rozwiązania; dotyczą one uproszczenia procesów wytwórczych, wypróbowania odporności barw na działanie światła, wpływu zużycia przez noszenie oraz zastosowanie do nowych, uprzednio nieznanych, tkanin.

Farbiarz osiągnął wyjątkową doskonałość, ponieważ wgłębił się w istotę swego zawodu — w budowę cząsteczkową barwników. Inni rzemieślnicy szli podobną drogą: kowal badał kryształy metalu, tkacz — włókno, garncarz — glinę. Farbiarz jednak uzyskał najlepsze wyniki, zwłaszcza w ciągu ostatnich lat pięćdziesięciu. Historia rozwoju tego zawodu od najdawniejszych zaczątków i porównanie jej

ze stanem obecnym jest nader zajmujące. Zastanówmy się więc nad tem, czego dokonał farbiarz.

Rozpoczniemy od najważniejszych wiadomości o barwach i farbowaniu. Podstawową zasadą powstania pewnej barwy jest pochłonięcie lub odbicie innych barw. W rzeczywistości nie jest tak, jak bylibyśmy skłonni myśleć, że np. kawałek czerwonego szkła zmienia światło białe na czerwone, gdy promień świetlny zostanie przezeń przepuszczony, i jesteśmy zdziwieni, dowiadując się z fizyki, że w czerwonym szkłe brak właśnie tylko koloru czerwonego. Światło słońca lub pochodzące z innego źródła składa się z szeregu fal o różnych długościach od 100 000 do 50 000 na 1 cm. Światło białe zawiera wszystkie fale; o ile jednej lub kilku brakuje, wówczas powstaje barwa. Czerwone szkło pochłania niektóre promienie o krótszych falach, które starają się przejść przezeń, przepuszcza zaś promienie o dłuższych falach. Pewną część krótszych fal widzimy, jako barwę niebieską; pewną część długich — jako czerwoną. Wobec tego szkło wydaje się nam czerwone z tego powodu, że zatrzymuje krótkie fale niebieskie, przepuszcza zaś długie fale czerwone. Wszystkie plamy, barwniki i farby powstają w ten sam sposób, wywołując analogiczne wrażenie na zmysł wzroku.

Zjawisko to wyjaśnimy na prostym przykładzie. Przypuśćmy, że białe światło łuku elektrycznego przenika przez pryzmat, obracający się w tej smudze świetlnej. Ulega ono wówczas rozkładowi i na ekranie zobaczymy promienie o falach różnej długości. Na jednym końcu znajdują się pro-

mienie o długich falach, które zobaczymy jako ciemno-czerwone, na drugim fioletowe promienie o falach najkrótszych, pozostałe barwy rozłożą się w ściśle określonym porządku pomiędzy nimi. Jeżeli teraz promień światła przejdzie przez kawałek czerwonego szkła, to zauważymy, że wszystkie fale zostają pochłonięte z wyjątkiem czerwonych.

Bardzo często zdarza się, że materiał zabarwiony pochłania grupy promieni o pewnej ściśle określonej

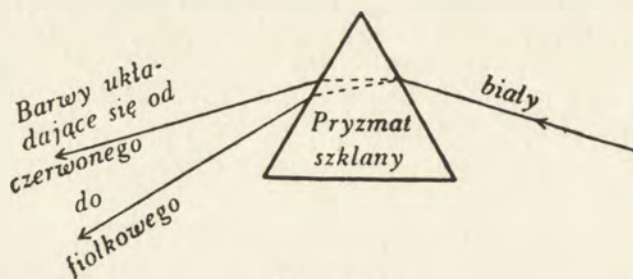


Fig. 35.

długości, a wówczas w widmie ujrzymy czarne plamy. Odbite fale dążą do wytworzenia jakiejś barwy, która oku przedstawi się, jako odcień jednej z barw zasadniczych. Oko, oczywiście, nie rozpozna składu tego odcienia; nie może zanalizować go i podzielić na części widma. Czułość wzroku pod tym względem różni się znacznie od ostrości słuchu, który jest w stanie odróżnić dźwięki nawet w bardzo złożonym akordzie. O ile jednocześnie uderzymy kamertony C i G, to każdy z nas usłyszy dwa tony, które w danym przypadku brzmią zgodnie. Żadne inne połączenie dwóch tonów nie wywoła tego samego wrażenia. Wzrok nie jest tak czuły na barwy, jak ucho na

dźwięki. O ile bowiem do oka wchodzi dwa promienie o różnej długości fal, wówczas widzimy jakiś kolor, którego części składowych nie jesteśmy w stanie odróżnić. W rzeczywistości łączymy fale o różnych długościach z rozmaitych części widma w najrozmaitszy sposób, a wszystkie te kombinacje dają to samo wrażenie wzrokowe. Nie możemy natomiast utworzyć różnych akordów na fortepianie, które brzmiałyby jednakowo.



Fig. 36.

Rzućmy teraz promień światła na dwie dobrze znane barwy np. czerwień turecką i indygo. Z widma zauważymy, które fale zostały pochłonięte, a które odbite; nadto zapomocą odpowiedniego urządzenia możemy zbadać barwę, która wówczas powstanie.

Powierzchnię ciała zaplamionego lub pomalowanego widzimy, jako barwną, ponieważ białe światło przenika na bardzo małą głębokość i zostaje odbite z powrotem, a podczas tej drogi fale o pewnej długości zostają oddzielone. Przy malowaniu farbami wodnymi jesteśmy zależni od białego papieru, który ma odbić promienie świetlne. Dlatego też, jeżeli malujemy na tym samym podkładzie farbami wodnymi kilkakrotnie, to malowidło traci świeżość i staje się

coraz brudniejsze. Każda warstwa farb przeszkadza dobremu odbiciu od białego papieru. Przy użyciu farb olejnych sprawa przedstawia się nieco inaczej, gdyż w tym przypadku nakładamy małe cząsteczki farby na płótno, tworząc w ten sposób warstwy, z których każda stanowi nowy materiał odbijający fale świetlne.

Kolor przedmiotu zależy nietylko od stanu jego powierzchni, lecz i od barwy oświetlającego go światła. Jeżeli np. na kawałek czerwonego szkła rzucimy promień światła, zawierający tylko krótkie fale niebieskie, wówczas nic on nie przepuści i będzie wydawał się czarnym. Jeżeli pokój oświetlimy światłem pary sodu ze zwykłej soli, palącej się w bezbarwnym płomieniu palnika Bunzena, to jedyne promienie, jakie ujrzymy, są żółte, ponieważ szczególną własnością sodu jest wydzielanie żółtych promieni. Każdy znajdujący się w pokoju przedmiot, który pochłania kolor żółty, wygląda czarno, każdy inny — żółto; oczywiście będzie wiele odcieni. W ten właśnie sposób otrzymujemy efekt bladej twarzy przy zabawie w smoka. Podobne zjawiska możemy zauważyć codziennie. Jeżeli np. do pokoju wpadnie promień słońca i oświetli jasno zabarwione przedmioty, wówczas pokój nabiera ich odcienia, ale i zabarwienie sprzętów zmienia się równocześnie. Wieczorem o zachodzie słońca, promienie niebieskie giną, przenikając przez powietrze, wskutek czego do ziemi dochodzą tylko promienie czerwone; o tej porze kwiaty czerwone wyglądają jaskrawiej od innych. Wiemy, jak odmiennie przedstawiają się nam różne kolory przy świetle dziennem i sztucznem,

zwłaszcza przy żółtawem świetle świec i lamp oliwnych i dawnych rodzajach lamp elektrycznych. Obecnie wnętrza farbiarni i wielu sklepów przystosowuje się do urządzenia oświetlenia, wzmacniającego kolor niebieski aż do otrzymania światła, jaknajbardziej zbliżonego do światła dziennego. Dzięki temu umożliwia się widzenie przy sztucznem świetle naturalnych barw nici, wyrobów włókienniczych, kwiatów.

Wrażenie barwy, jakie otrzymuje zmysł wzroku i przekazuje do mózgu, jest otrzymywane jeszcze inną drogą. Zależy ono od charakteru podstawowego światła i zabarwienia materiału, jednakże mechanizm wzrokowy niezawsze interpretuje tę samą barwę jednakowo. Uprzednia praca wzroku wywiera ogromny wpływ. Przypomnijmy sobie znany przykład: kładziemy na chwilę jedną rękę do zimnej, a drugą do gorącej wody. Jeżeli potem obie ręce zanurzymy do naczynia z letnią wodą, to jedna ręka odczuje gorąco, druga zimno. Podobnie, jeżeli oczy patrzyły na coś czerwonego, wówczas będą widziały barwę niebieską, jako pewien kolor pośredni, np. zielony, co nie miałoby miejsca, o ile uprzednio patrzylibyśmy na kolor niebieski. Wzrok nuży się pod działaniem jednej barwy. Jeżeli np. patrzymy przez jakiś czas na czerwony krążek, a następnie przenieśmy wzrok na biały papier, to ujrzemy na nim krążek niebieski, ponieważ kolor czerwony zmęczył wzrok, a blask białego papieru wywołuje w naszych oczach barwę, pożądaną dla wypoczynku. Podobne zjawisko otrzymamy, rzuciwszy na ekran światło dwóch lamp otoczonych białymi krążkami. Umie-

ściwszy przed jedną z nich czerwone szkło w ten sposób, że część *A* (fig. 37) będzie czerwona, wówczas część *C*, oświetlona tylko białym światłem, wyda się nam zielonkawo-niebieską. Jeżeli umieścimy żółte szkło przed tą lampą, to część *C* wyda się nam purpurową i t. d. Należy więc zawsze pamiętać przy

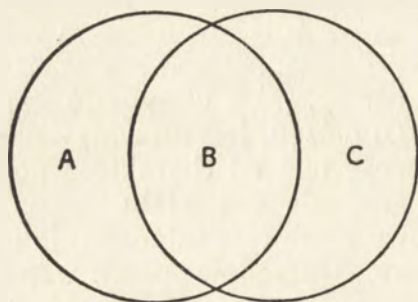


Fig. 37.

wywoływaniu wrażeń barwnych, że barwa może być wzmacniana dzięki umieszczeniu obok niej innych kolorów, które męczą wzrok.

Teraz postaramy się wyjaśnić szczegółowiej zjawisko absorbcji, stosując dla lepszego zrozumienia następujące porównanie.

Zasadą ruchu falowego jest pochłanianie części energii fali przez ośrodek, który mógłby być źródłem wysyłania fal podobnych. Wyobraźmy sobie łódkę, poruszającą się w różne strony w zależności od kierunku przepływających pod nią fal. Ruch łódki wzbudza fale wtórne we wszystkich kierunkach; źródłem ich energii są fale pierwotne. Wskutek tego energia tych ostatnich maleje i mówimy wówczas, że część energii została pochłonięta przez ruch łódki.

Weźmy inny przykład: jeżeli uderzymy kamerton widełkowy tak, że zacznie on wysyłać fale dźwiękowe, wówczas inny kamerton, tak samo nastrojony, chwytą energję przepływających fal i zaczyna wysyłać podobne fale dźwiękowe; innemi słowy sam zaczyna wydawać dźwięki. Jest to doświadczenie znane i możemy je łatwo wykonać. Jeżeli drugi kamerton posiada inną tonację, zjawisko to nie zajdzie. W pierwszym przypadku, t. j. gdy mamy do czynienia z łódką, zjawisko absorbcji nie wymaga ścisłego dostosowania się fal tak pierwotnych i wtórnych. Kamertony natomiast muszą być nastrojone ściśle dla otrzymania rezonansu (współdźwięku). Fala dźwiękowa pierwotna, oddając część swej energii drugiemu kamertonowi, który rozproszył ją w różne strony, osłabia się. Wyobraźmy sobie doświadczenie, w którem setki kamertonów tego samego stopnia tworzą przegrodę między słuchaczami i pojedynczym kamertonem, wydającym ton. Grupa kamertonów pochwyci pewien dźwięk i rozproszy go we wszystkich kierunkach tak, że słuchacz usłyszy mniej, niż gdyby słyszał bez istnienia ściany z kamertonów. Wykonanie tego rodzaju doświadczenia byłoby bardzo kłopotliwe, przeto musimy ograniczyć się jedynie do wyobrażenia go sobie. Zasada powyższa jest dobrze znana tym, którzy zajmują się ruchem falowym w związku z budową telefonu lub telegrafu bez drutu. Drgania przeszkadzające mogą być wyłączone z obiegu prądu przez przyłączenie oscylatorów elektrycznych, które wprowadza w ruch energja drgań i które rozpraszają tę energję w nieszkodliwych kierunkach.

Chociaż nie jesteśmy dobrze obeznani z mechanizmem, który światło pochłania i wysyła, ponieważ szczegóły tego mechanizmu są zbyt małe, aby mogły być widziane gołym okiem i nie mogą być zbadane metodami bezpośrednimi, to jednak widzimy, że istnieje duże podobieństwo z wyżej rozważanym zjawiskiem. Jeżeli pewna materja pochłania czerwone światło, to musi posiadać jakiś odpowiednik, wysyłający fale czerwone. Zastanówmy się nad tem głębiej. Zwykły barwnik, podobnie jak każda inne czysta substancja, jest zbiorem jednakowych cząsteczek. Odkryto, że zmiana budowy cząsteczki może spowodować zmianę koloru, który dany barwnik pochłania. Przypuszczamy, że siedliskiem czynności absorbcyjnej jest cząsteczka, która wobec tego musi mieć podobną budowę do rezonatora, coś, co umożliwia absorbowanie i rozpraszanie energii fal, które usiłują przejść przez nią. Wejrzyjmy teraz głębiej w budowę cząsteczki; może uda się nam wyrobić sobie pewne pojęcie, jak wygląda ten mechanizm rezonancyjny.

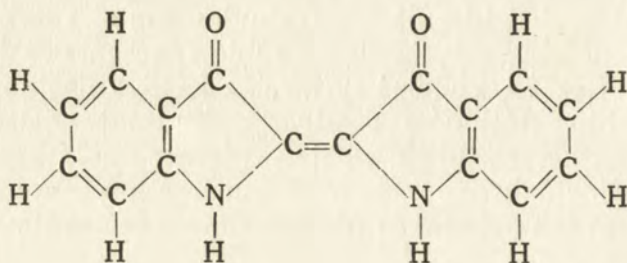
Przedewszystkiem przypomnijmy sobie, że cząsteczka jest to zbiór atomów, związanych ze sobą w pewien sposób i pozostających w tym stanie dopóty, dopóki pewna siła nie zerwie spójności międzycząsteczkowej. Cząsteczki licznych substancyj składają się z małej ilości atomów, jak np. woda, kwas węglowy lub sól, ale cząsteczka barwnika jest bardziej złożona i zawiera dużo atomów: 20, 50 lub więcej. Atomy te są następujące: węgiel, tlen, wodór oraz zazwyczaj atom innego rodzaju, jak azot, siarka, chlor, a w niektórych przypadkach metal. Własności

cząsteczki zależą nie tylko od jej składu chemicznego, lecz również od budowy. Możemy użyć kawałków drzewa i gwoździ do wykonania jakiejś budowli — łódki, zasłony słonecznej lub drabiny; własności każdej budowli będą zależały nie tylko od użytego materiału, lecz i od sposobu, w jaki ten materiał połączymy. Podobnie rzecz się ma z cząsteczką.

Cząsteczki nie można porównać do przedmiotów, dla których widzenia jest zbudowane oko tak, że z trudnością uzmysławiamy sobie znaczenie rozłożenia jej części, chociaż sprawa ta bardzo nas obchodzi. Sto milionów cząsteczek średniej wielkości, umieszczonych obok siebie, zajmuje około 2,5 cm. Nic więc dziwnego, że o cząsteczce myślimy jako o czymś tak małym, że nie doceniamy szczegółów jej budowy, jako czegoś jeszcze mniejszego. Oczywiście, nikt nie widział oddzielnej cząsteczki i nikt jej nie ujrzy. O istnieniu cząsteczek i ich cechach charakterystycznych wywnioskowano z szeregu spostrzeżonych zjawisk. Jest to zasługą chemika, że fakty te zestawiał tak przekonywująco i logicznie, iż nikt nie jest w stanie zbić wyciągniętych przez niego wniosków. Promienie X , dzięki którym wniknięto głębiej w tę sprawę, potwierdzają w całej pełni wnioski chemika, a otrzymane tą drogą wiadomości stanowią cenne uzupełnienie wiedzy o cząsteczce.

Chemik, jak wspomniano wyżej, z poczynionych doświadczeń wnioskuje o budowie wewnętrznej i składzie chemicznym cząsteczki. Jest to praca żmudna i zawiła; dokładny jej opis stanowiłby cały traktat chemiczny; możemy to łatwo stwierdzić, zwiedzając laboratorium chemiczne. Dla naszych

celów niema konieczności zgłębiania szczegółów pracy chemika i metod, jakimi się posługuje; wystarcza nam wynik ostateczny. Dla wyrażenia związku chemicznego używa się wzoru, który, chociaż pozornie wydaje się bardzo złożony, w gruncie rzeczy jest jasny i przejrzysty. Weźmy np. tak skomplikowaną cząsteczkę, jak cząsteczka indygo;



Indygo.

wzór jej jest zrozumiały, podobnie jak innej prostej cząsteczki.

Zbadajmy teraz co ten wzór wyraża. Przedewszystkiem każde C oznacza atom węgla, H — wodór, O — tlen, N — azot. Linje proste, łączące poszczególne litery, przedstawiają więzy, łączące dwa atomy; nie obchodzi nas w tej chwili jakiego rodzaju są te więzy. Powyższy wzór mówi więc, że cząsteczka indygo składa się z takich, a takich atomów: z takiej ilości węgla, wodoru i t. d.; wskazuje ponadto, że każdy atom jest połączony więzami z pewną określoną ilością atomów sąsiednich. Cząsteczka nie jest więc garścią rozrzuconych atomów; są one powiąza-

ne ze sobą w sposób, wskazany na wzorze. To jest wszystko, wzór nic ponadto nie przedstawia. Istnieje wiele rzeczy tajemniczych w budowie cząsteczki, które nas zaciekawiają, a których nie możemy wyrazić w prostych słowach. Nie jesteśmy w stanie np. odpowiedzieć na pytanie: do czego można porównać kształt i wymiary atomu, jaka jest odległość pomiędzy poszczególnymi atomami, czy leżą one w jednej płaszczyźnie, jak wydawałoby się ze wzoru (czego zresztą wzór nie stwierdza), w jaki sposób są one powiązane, jaka jest ich długość. Możemy przytoczyć cały szereg tego rodzaju pytań, a na żadne z nich wzór nie odpowie. Przypuśćmy, że podobny wzór otrzyma budowniczy, jako plan domu, w którym C oznaczałby sypialnię, H — łazienkę, N — pokój stołowy, O — salon, linje zaś — przejścia lub klatki schodowe. Plan taki byłby bardzo niedoskonały; daje on pewne wskazówki, jednakże budowniczy od razu spostrzeże, że niema na nim wielu niezbędnych danych. Weźmy choćby taką rzecz: ilu piętrowy ma być dom?

Byłoby niesłusznem twierdzić, że chemik nie wie nic więcej ponadto, co przedstawia wzór. Wie on bowiem, że atomy nie leżą w jednej płaszczyźnie oraz że własności cząsteczki zależą nietylko od składu i ich rozłożenia, jak pokazano na wzorze, ale również od odległości, które nie są uwidocznione. Odkrył on nawet ostatnio coś więcej — rodzaj rozkładu cząsteczki, jednakże odkrycia te nie są sprawdzone. Należy podkreślić tylko to, że wiadomości, które wyraża wzór chemiczny, są wynikami cierpliwej i żmud-

nej pracy. Baeyer pracował 18 lat nad ustaleniem budowy cząsteczkowej indygo. Opracowany kiedyś przez chemika wzór pomimo swej niedokładności stanowi punkt wyjścia i bodziec do dalszych poszukiwań; w danym przypadku był on podstawą do ogromnego rozwoju farbiarstwa. Umożliwił wykonanie indygo przez połączenie zapomocą sposobów chemicznych cząsteczek najrozmaitszych produktów, jakie się otrzymuje przy destylacji węgla. Istotnie dla chemika wystarczyło wiedzieć, że cząsteczka składa się z atomów i jak łączą się one ze sobą. W wyniku tych badań zmieszał on razem pewne substancje, wśród których były produkty smołowe węgla, w tego rodzaju warunkach, że cząsteczki zmusił do rozpadnięcia się i stworzenia nowych związków chemicznych; jednym z nich było indygo. Odkrycie sposobu wyrabiania indygo nie trwało długo chociaż dopiero w bieżącym stuleciu można wytwarzać je na wielką skalę z produktów smołowych węgla i w dodatku taniej, niż wynosiłby koszt otrzymywania go z rośliny indygo.

Jak powiedziano wyżej, cząsteczka indygo zawiera coś, co działa podobnie jak rezonator. Wprawny chemik, spojrzawszy na wzór, zauważy odrazu, że przedstawia on substancję o własnościach farbiarskich. Zastanówmy się nad tem, co widzi ze wzoru chemik?

Odpowiedź na to pytanie składa się z dwóch części. Jest coś w tej cząsteczce, co nadaje jej możność współdziałania. Tę własność rozpatrzymy najpierw. Jest tam również coś, co nadaje cząsteczce własność

przylegania do materiału, który ma być ufarbowany, coś co powoduje, że nie otrzyma się plamy, lecz równomierne zabarwienie. Nad tem zastanowimy się później.

Zjawisko rezonansu jest prawdopodobnie zależne od charakteru więzów, które łączą atomy w cząsteczkę. Istnieją ściśle określone prawidła, rządzące temi połączeniami; spójrzmy na wzór wyżej rozpatrywanej cząsteczki. Zauważmy, że atom wodoru jest zawsze związany z jednym tylko innym atomem. Z chemji wiemy, że tak jest w każdym przypadku. Wodór nigdy nie łączy się z kilkoma atomami sąsiednimi. Natomiast atom węgla w cząsteczce indygo łączy się zawsze z trzema innymi atomami. Nie jest to jednak prawidło ogólne, ponieważ całkowitem uzupełnieniem dla atomu węgla są 4 sąsiednie atomy; np. w djamencie każdy atom węgla jest związany z czterema sąsiednimi atomami tego pierwiastka. Istnieje jednak wiele wyjątków od tej zasady wówczas, gdy liczba jest mniejsza od czterech; ten brak objawia się w różny sposób: np. atom węgla stara się połączyć z jakimś drugim sąsiednim atomem, a nawet można odpowiednio wyzyskać tę skłonność atomu węgla. Gdy atom znajduje się w t. zw. stanie nienasyconym, wówczas posiada specjalne własności, jak to ma miejsce w danym przypadku. Atom azotu w cząsteczce indygo łączy się z 3 atomami; jest to zasada ogólna dla azotu. Atom tlenu sąsiaduje tylko z jedną cząsteczką, aczkolwiek może łączyć się z dwiema i zwykle ten przypadek zachodzi, np. w cząsteczce wody, która wyraża się wzorem H_2O .

Należy zauważyć, że we wzorze tym atom tlenu łączy się z sąsiednim atomem węgla linią podwójną. W znaczeniu chemicznym oznacza to, że węgiel jest połączony w szczególny sposób z tlenem; w rzeczy samej jeżeli założymy, że to połączenie jest równoważne dwóm zwykłym połączeniom (choć nie jest łatwym określić ściśle, co oznacza w tym przypadku słowo „równoważne“), wtedy tlen ma dwa połączenia, a węgiel cztery; każdy z atomów posiada pełną liczbę wiązań, pomimo że nie ma pełnej liczby atomów sąsiednich.

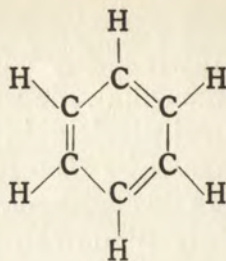
Wzory powyższe wydają się niedość jasne, a nawet może nieco nierzeczywiste, wyrażają jednak wyniki doświadczeń w sposób uznany narazie za dogodny. W przyszłości niewątpliwie uczeni nadadzą im taką postać, którąby ujęła zjawiska dokładniej i zrozumialej. Zmieszanie razem różnych cząsteczek powoduje wzajemną wymianę i przemieszczanie się jednych względem drugich; rozpadają się dawne cząsteczki, a powstają nowe. Zadaniem chemika jest badanie i sprawdzanie tych zjawisk. Powyższe zasady odgrywają dla niego dużą rolę, chociaż ich znaczenie nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśnione.

Jeżeli chemikowi pokażemy wzór indygo, którego, założymy, nigdy przedtem nie widział, to napewno powie on natychmiast, że z tego związku chemicznego można wyprodukować farbę. Są bowiem pewne cechy, które oko chemika od razu spostrzeże, gdyż zostały one stwierdzone w większości znanych dotychczas licznych materiałów farbiarskich. Przede wszystkim na każdym końcu wzoru znajduje się

sześciokątny pierścień atomów węgla, t. zw. pierścien benzenowy. Prawie każdy barwnik posiada go. Istnieją oczywiście barwniki, nie zawierające w swej budowie cząsteczkowej pierścienia benzenowego, ale nie można wyprodukować z nich farby.

Benzen posiada dla nas szczególne znaczenie, gdyż właśnie obchodziliśmy niedawno stulecie otrzymania tego związku z gazu świetlnego przez Faradaya. Faraday nie ustalił budowy cząsteczkowej benzenu, ponieważ nie znał kształtu pierścienia benzenowego, który odkryto w czterdzieści lat później. Pierścień ten jest nie tylko podstawą budowy barwników, lecz również licznych innych substancyj. Dzięki odkryciu pierścienia benzenowego powstała cała gałąź wiedzy chemicznej. Jak niezwykle doniosłe było to odkrycie może posłużyć fakt, że w czerwcu 1925 r. towarzystwa chemiczne państw całego świata wysłały swych przedstawicieli na uroczystość, zorganizowaną przez Instytut Królewski w Londynie ku uczczeniu stulecia odkryć Faradaya, dokonanych w laboratorjach tego Instytutu.

Benzen jest bezbarwny; fale świetlne przenikają przez niego swobodnie i nie zostają pochłaniane, co wyklucza własność rezonansu. Aby cząsteczka benzenu stała się rezonatorem, musi być przebudowana w cząsteczkę barwnika. Zastanowiwszy się nad tem głębiej, dojdziemy do przekonania, że benzen pochłania innego rodzaju fale niż te, które zauważamy wzrokiem. Pochłania on mianowicie fale daleko krótsze od fal fiołkowych, które są najkrótszymi w widzialnej części widma.



Benzen.

Następujące doświadczenie dobrze obrazuje tę sprawę. Wiemy, że niektóre substancje zmieniają światło, które na nie pada; pochłaniają one fale

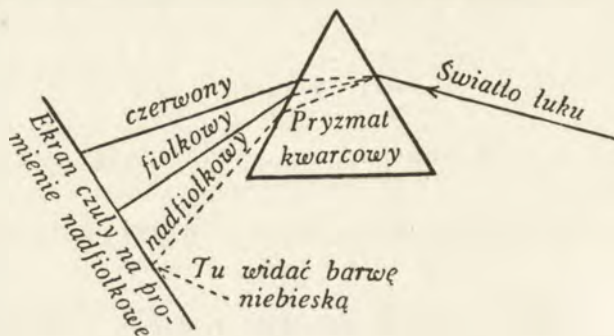


Fig. 38.

światłne jednej długości, a wysyłają fale dłuższe. Są to ciała „fluoryzujące“. Ciekawem jest, że nigdy nie są to substancje czyste; musi się w nich znajdować ślad jakiegoś obcego ciała, gdyż w przeciwnym razie nie fluoryzują. Taką substancją jest np. siarczan chininy, roztarty na ekranie doświadczalnym. Rzucamy nań widmo łuku świetlnego; łuk przechodzi między ostrzami żelaznymi, gdyż, jak znaleziono,

powstałe w ten sposób światło zawiera dużą ilość krótkich fal, niezbędnych do tego doświadczenia. Szkło ma własność pochłaniania tych fal, przeto soczewki i pryzmaty w naszym przyrządzie są wykonane z kwarcu, który przepuszcza krótkie fale. Jeżeli stosujemy ekran fluoryzujący, wówczas widmo wydaje się daleko dłuższe, ponieważ fale krótkie, poza fioletowemi, aczkolwiek same są niewidoczne, dają efekt widoczny. Są one pochłaniane na ekranie przez substancję fluoryzującą, która wysyła energję, jako światło niebieskie, widoczne dla wzroku. Są tam rzeczywiście obrazy szpary, przez którą promienie najpierw wychodzą z lampy; obrazy te

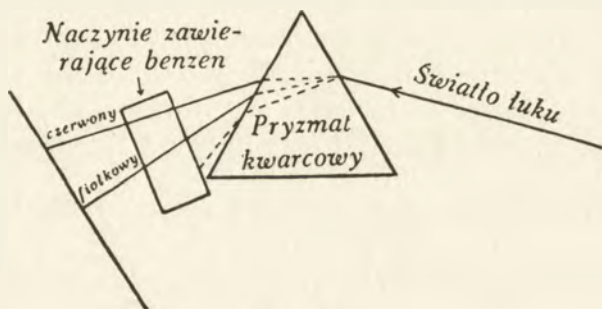
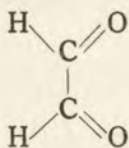


Fig. 39.

mają kolor niebieski zewnątrz końca fioletowego widzialnego widma. Należy tylko umieścić benzen w zbiorniku z kwarcu przed szparą lampy tak, aby promienie musiały przejść przezzeń, wówczas prążek niebieski zniknie, chociaż na widmo nic innego nie wpływa. Stąd wniosek, że benzen, aczkolwiek nie wykazuje żadnej barwy, pochłania pewną część widma. Gdyby nasze oczy widziały tę część, wów-

czas benzen byłby substancją zabarwioną jakimś dotychczas nieznanym nam kolorem.

Jak to przedtem zaznaczyliśmy, atomy węgla w benzenie nie posiadają pełnej liczby atomów sąsiednich. W nomenklaturze chemicznej mówi się, że są one nienasycone. Węgiel w tym stanie odgrywa ważną rolę w nadawaniu barwy cząsteczce, ponieważ atomy, nie posiadające właściwej liczby więzów z sąsiednimi atomami, nie są dość mocno spojone. Mogą one drgać, podobnie jak maszyna z obłuzowanymi bolcami. Prawdopodobnie dla powstania barwy widzialnej winny istnieć dwa „obłuzowane wiązania“ między atomami węgla a atomami sąsiednimi. Odpowiednikiem we wzorze chemicznym będą dwa miejsca, w których atomy byłyby ze sobą związane podwójnym wiązaniem, podobnie jak w cząsteczce indygo. Niezbędnem jest również, aby te dwa miejsca, gdzie są dwie linje, były od siebie oddzielone wiązaniem normalnym, które można byłoby przedstawić zapomocą jednej linji. Obydwa te warunki są spełnione w cząsteczce glioksalu. Jest ona bardzo lekko zabarwiona.

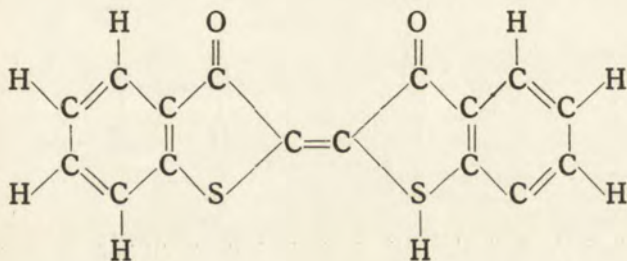


Glioksal.

Benzen, posiadający również nienasycone atomy węgla, czyni zadość powyższej zasadzie, ponieważ rozmieszczone we wzorze linje podwójne w trzy strony stanowią dla każdego atomu właściwą liczbę

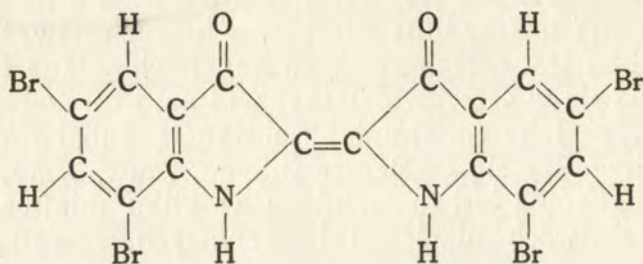
więzi. Pisząc w ten sposób wzór benzenu, dajemy wyraz spełnienia zasady. Benzen jest płynem bezbarwnym, ponieważ fale, które wysyła i pochłania są tak krótkie, że oko nie może ich dostrzedz. Jeżeli jednak cząsteczka jest dostatecznie duża i o ile posiada ona jeszcze inne miejsca, w których powyższe prawidło jest spełnione, wówczas pochłaniane fale znajdują się w części widzialnej widma, i otrzymamy barwnik lub conajmniej substancję zabarwioną. Przyjrzawszy się cząsteczce indygo, zauważymy, że zasada ogólna jest tu spełniona w kilku miejscach, oprócz dwóch pierścieni benzenowych, zawartych w cząsteczce.

Przejdziemy teraz do najciekawszego punktu. Skoro została zbudowana cząsteczka zabarwiona, to niewątpliwie można zmienić jej barwę przez dołączenie do układu zasadniczego poszczególnych atomów lub całych grup atomów. Np. z cząsteczki indygo mogą być usunięte atomy azotu wraz z połączonymi z nimi atomami wodoru i zastąpione atomami siarki. Otrzymamy wówczas następujący wzór



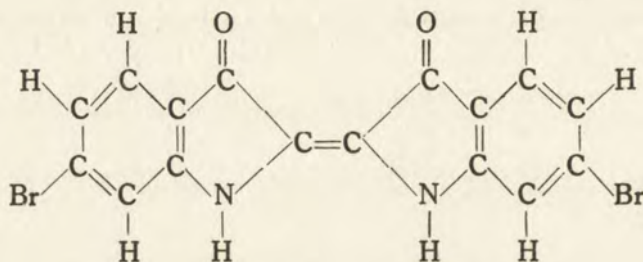
Czerwień tioindygowa
S = siarka.

Związek ten ma zabarwienie czerwone i znany jest pod nazwą czerwieni tiindygowej. Jeżeli na miejsce atomów wodoru podstawimy atomy bromu, otrzymamy następujący wzór:



Błękit Ciba
Br = brom.

Jest to błękit Ciba o zabarwieniu niebieskiem. Wreszcie, o ile atomy bromu i wodoru znajdują się w miejscach, jak uwidoczniono na niżej umieszczonym wzorze, wówczas mamy purpurę tyryjską.



Purpura tyryjska
Br = brom.

Nie wyczerpaliśmy jeszcze zagadnienia własności cząsteczek barwników, powinniśmy zbadać inne barwniki oprócz indygo; narazie jednak zatrzyma-

my się na tem i rozważymy, jaki wpływ mają powyższe wiadomości na rozwój farbiarstwa.

Liczba znanych i używanych barwników naturalnych jest bardzo mała. Należy pamiętać, że nie są to zwykle substancje barwiące. Muszą one mieć własność przylegania tak ściśle do materiału, aby słońce, deszcz i noszenie wywierały jaknajmniejszy wpływ; muszą być one odporne na światło, pranie i tarcie. Tylko nieliczne materiały farbowane odpowiadają tym warunkom. Wypróbowano wiele barwników — zarówno roślinnych, jak mineralnych, a nawet otrzymywanych z owadów i łuski ryb. Mało z nich jednak nadawało się do użytku oprócz indygo, marzanny farbiarskiej, purpury tyryjskiej i urzetu farbiarskiego. „Szkarłat“, o którym wspomina Stary Testament, otrzymywano z owadów, żyjących na pewnym gatunku dębu; inny gatunek szkarłatu w ostatnich czasach otrzymuje się z żyjącego w Meksyku owadu, zwanego Koszenilla. Jest to chrząszcz, którego samiczka po wysuszeniu i roztarciu daje ten barwnik. W Anglii farbuje się nim szkarłatne mundury dla wojska. Rzymianie wyrabiali barwnik żółty z krokusów. Z Ameryki Środkowej są sprowadzane kłocę drzewa, z których można otrzymać wspaniałą czerń. Należy wiedzieć, że w przyrodzie barwniki te nie mają tego przeznaczenia; przyroda nawet nie stara się o ich trwałość. Jej barwy są piękne nawet wówczas, gdy spłowieją. Gdy pragnie ona nadać zabarwienie, wówczas wcale nie używa farb, lecz zjawisk dyfrakcji, gdzie barwa zależy od efektów świetlnych na pięknych plamach, linjach, falach, np. na skrzydłach ptaków, motyli lub chrząszczy.

Indygo jest prawdopodobnie najstarszym barwnikiem, gdyż o używaniu go w Indjach wspominają księgi sanskryckie. Barwnik ten otrzymywano z rozmaitych specjalnie hodowanych w tym celu roślin, a hindusi znali sposoby przygotowywania indygo w najczystszej postaci i wiedzieli, jak go ponownie rozpuścić dla użycia, jako farby. Egipcjanie nauczyli się używania indygo od kupców indyjskich; malowidła na mumjach z przed 5000 lat są wykonane z indygo. Do Grecji i Rzymu przywędrował on z Egiptu; Plinjusz nazywa go indicum. Mówi on, że został przywieziony z Indji i stąd pochodzi nazwa; że jest to piana, którą znaleziono przyklepioną do trzciny i mchów. Plinjusz wspomina również o imitacji indygo, lecz podkreśla, że indygo naturalne można sprawdzić przez spalenie, ponieważ daje ono piękny płomień purpurowy i wydziela zapach morski, co było powodem mniemania, że pochodzi ono ze skał morskich. Dowodzi to, że Plinjusz istotnie mówił o indygo, aczkolwiek niesłusznym był jego pogląd co do pochodzenia tego barwnika. Ciekawem jest, że Rzymianie nie używali indygo do farbowania materiałów, lecz tylko jako farbę malarską. A więc stosowali oni indygo w naturalnym stanie, podczas gdy farbowanie wymaga uprzedniego rozpuszczenia indygo sposobem chemicznym. Farbowanie polega na tem, że barwnik w roztworze nakłada się na materiał, a następnie zapomocą specjalnego działania przywraca mu się stan pierwotny. Tylko dzięki spełnieniu tych warunków otrzymuje się trwałe ufarbowanie materiału, a nie plamę.

Nie wiemy dokładnie, kiedy zaczęto w Europie

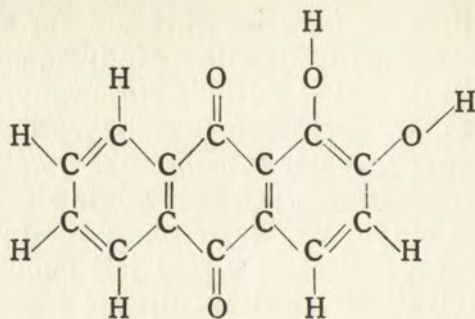
używać indygo, jako barwnika. Stało się to przed około 500 laty. Gdy zjawilo się indygo, urzet farbiarski już był dawno w Europie stosowany, a hodowcy tego barwnika opierali się przeciw wprowadzeniu indygo. Nawet przepisy prawne zakazywały używania go pod groźbą surowych kar; zdaje się, że przepisy angielskie w tym względzie nigdy nie były odwołane.* Budowa cząsteczki urzetu jest podobna do cząsteczki indygo; urzet otrzymuje się z innej rośliny. Produkcja indygo jest łatwiejsza i to jest przyczyną, że wyparł on urzet.

Purpurę tyryjską, czerwień rzymską, otrzymuje się z t. zw. „mureks“, pewnego gatunku łuski rybiej; trudno jest jednak o większą ilość, gdyż jest bardzo kosztowna. Przed 50 laty Friedlander otrzymał z kilku tysięcy ryb zaledwie 1¹/₂ grama tego barwnika. Jest on złożony z dwóch składników, z których Friedlander zbadał tylko jeden, przeto nie mógł ustalić dokładnie budowy cząsteczkowej. Znalazł on tylko podobieństwo do cząsteczek indygo (p. str. 120). Dwa atomy bromu, które zastępują dwa atomy wodoru wskazują na pochodzenie morskie. Otrzymana w ten sposób purpura królewska jest znacznie gorsza od dzisiejszych farb.

Z pośród substancyj barwiących, otrzymywanych z najrozmaitszych źródeł, trzy najbardziej znane posiadają podobną budowę cząsteczkową.

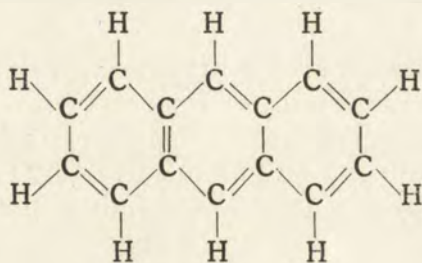
Cząsteczka barwnika, wyciągniętego z korzeni mazzany, i znanego pod nazwą alizaryny różni się budową od indygo, jak to widzimy z następującego wzoru:

* *Uat Colours*, Thorpe and Ingold, str. 22.



Alizaryna.

Istnieją i tutaj pierścienie benzenowe i ciekawy układ więzów podwójnych i pojedynczych, który znajdujemy w indygo i wogóle w cząsteczkach barwników. Marzannę, podobnie jak indygo, uprawiano od najdawniejszych czasów, w Indjach i w Egipcie; w Europie zaś rosła w dużych ilościach aż do ostatnich czasów. Kiedy poznano budowę tego barwnika, zaczęto preparować go sztucznie przed 50 laty; metodę produkcji, używaną obecnie, obmyślono znacznie później. Cząsteczka alizaryny jest uderzająco podobna do cząsteczki substancji, otrzymywanej ze smoły węglowej i znanej pod nazwą antracenu. Budowa jej jest następująca:

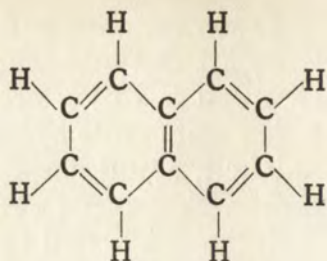


Antraczn.

Porównywując te dwa wzory, widzimy, że posiadają one jednakowy szkielet budowy; niektóre tylko atomy drugiego szeregu są różne. Proces chemiczny, dzięki któremu jeden atom może być zastąpiony drugim podczas produkcji, został odkryty dopiero po wielu usiłowaniach, wobec czego jest rzeczą jasną, że praktycznie zaniechano hodowli i produkcji farby z korzeni marzanny.

Odkrycia lat ostatnich w dziedzinie chemii zmieniły zupełnie sposoby produkcji farb. Część tylko ilości indygo, jaką potrzebuje przemysł światowy, dotychczas otrzymuje się z roślin, lecz większa część indygo i farb, wytwarzanych dawniej z korzeni marzanny, pochodzi z produktów węglowych. Należy zaznaczyć, że pomimo to właściwe źródło pozostaje to samo z tą tylko różnicą, że rośliny żyły przed wiekami.

Zmiany w przemyśle chemicznym poszły znacznie dalej, niż zastąpienie jednego pierwiastka drugim. Cząsteczka indygo lub alizaryny może być przekształcona przez dodanie innych atomów w pewnych punktach układu, lub grupy atomów np. pierścienia benzenowego, dzięki czemu zmienia się kolor barwnika. Ponieważ znana jest budowa cząsteczki, przeto można swobodnie i z całą świadomością dokonywać tego rodzaju zmian, otrzymując w ten sposób ogromną różnorodność barw i odcieni. Podstawą są wymienione wyżej cząsteczki zasadnicze.

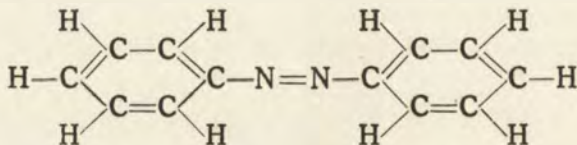


Naftalen.

Cząsteczka antracenu, używanego w nowoczesnym przemyśle chemicznym za punkt wyjścia w produkcji alizaryny, posiada budowę trójpierścieniową (str. 134). Przypomnijmy sobie, że benzen składa się z pojedynczego pierścienia (str. 126). Pośrednią między nimi jest budowa dwupierścieniowa cząsteczki naftalenu. Należy zaznaczyć, że naftalen stanowi podstawowy materiał w produkcji barwnika indygo.

Istnieje jeszcze jeden typ cząsteczki barwnika, znanego pod nazwą azobenzenu, który winniśmy rozpatrzyć szczegółowo. Podobnie jak inne, otrzymuje się on z produktów węglowych, lecz w odróżnieniu od poprzednich nie może być czerpany z innych źródeł.

Budowę tej cząsteczki, którą można zmienić przez przyłączenie atomów lub grup atomów zapomocą najrozmaitszych sposobów, wskazuje niżej umieszczony schemat:



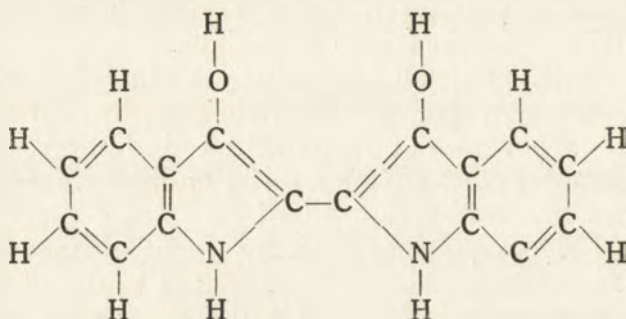
Azobenzen.

Widzimy tu pierścienie benzenowe i linje podwójne i pojedyncze, wyobrażające więzy między atomami. Przyczyną, że dwa atomy azotu są połączone linją podwójną jest fakt, iż azot zazwyczaj jest związany z trzema atomami sąsiednimi, a w danym przypadku jest tylko jeden atom, przeto przypuszcza się, że połączenie dwóch atomów azotu jest tego samego rodzaju, co połączenie dwóch atomów tlenu z sąsiednimi atomami węgla w indygo lub w alizarynie. W ten sposób tylko możemy wytłumaczyć własności barwiące azobenzeny. Azobenzen w tej postaci nie może być używany do farbowania, ponieważ cząsteczki nie trzymają się trwale materiału. Aby azobenzen stał się barwnikiem, należy stworzyć jakąś siłę przylegania do materiału i nad tem zagadnieniem zastanowimy się obecnie. Wyjaśniliśmy uprzednio, co mianowicie nadaje cząsteczce własności barwnika, teraz musimy rozważyć, jakie są cechy w budowie cząsteczki, które czynią ją zdolną do trwałej przyczepności do materiału.

Barwnika nie można usunąć z materiału w ten sam sposób, w jaki została nałożona, innemi słowy proces farbowania i odfarbowania nie jest odwracalny. Inaczej rzecz się ma z farbą malarską, jeżeli np. zamoczmy w farbie wodnej kawałek białego papieru i wysuszymy, to możemy farbę usunąć przez zmycie czystą wodą, lub przenieść ją tą drogą w inne miejsce na papierze. Jeżeli jednak ufarbujemy materiał przez zanurzenie go w roztworze farby oraz wykończenie go w pewien przepisany sposób, to wówczas już nie możemy usunąć farby zapomocą płynu, w którym farba była rozpuszczona. W farbie bowiem

zaszła zmiana, polegająca na wniknięciu jej w materiał, tak że przestała być ona wrażliwa na rozpuszczalnik. Farba stawia opór niszczącym ją wpływom. Gatunek farby jest tem lepszy, im większą posiada ona odporność na działanie światła, tarcia, roztworu mydła i t. p.

Powróćmy jeszcze do cząsteczki indygo. W stanie krystalicznym jest ona nierozpuszczalna w wodzie, wobec tego nie może służyć do farbowania materiałów. Dzięki małej zmianie w budowie cząsteczkowej można ją uczynić rozpuszczalną. Własność ta występuje wtedy, gdy dwa atomy tlenu są związane z dwoma sąsiednimi innymi atomami, nie zaś z jednym. W stanie pierwotnym cząsteczki indygo są tak mocno ze sobą związane, że trzymają się razem, dążąc zawsze do układu regularnego i tworząc t. zw. kryształ. Dlatego też przy zanurzeniu w wodzie nie łączą się z jej cząsteczkami.



Rozpuszczalna cząsteczka indygo.

Przebudowa cząsteczki indygo następuje pod działaniem wody, zawierającej jakiś związek zasadowy lub substancję, wydzielającą wodór. Nie będziemy

badali szczegółowo reakcji chemicznej, jaka wówczas zachodzi. Chemik na mocy licznych doświadczeń może oczywiście przewidzieć wynik, ale dla nas wyjaśnienie to nie jest wystarczającym. Najlepiej zrozumielibyśmy to zjawisko, gdybyśmy mogli ujrzeć powiększone cząsteczki barwnika, związku zasadowego i wody, wchodzące ze sobą w reakcję chemiczną. Może w przyszłości osiągniemy ten cel zapomocą prześwietlenia rentgenologicznego, skoro poznaliśmy dzięki tej metodzie wiele nieznanych nam rzeczy. Dotychczas jednak musimy przyjąć to, co mówi nam chemja doświadczalna, zarówno w dziedzinie zmian, zachodzących w cząsteczce pod wpływem reakcji chemicznej, jak i co do charakteru tych zmian.

Nowa cząsteczka indygo o nieco odmiennej budowie jest rozpuszczalna w wodzie. Należy zaznaczyć, że w tej części cząsteczki, od której zależy zdolność barwienia, zaszła poważna zmiana i nie powinno nas dziwić, iż nowa substancja nie jest już niebieska; ma ona barwę żółtą, a rozpuszczona w zupełnie czystym rozpuszczalniku przybierze kolor biały. Po zanurzeniu materiału luźne cząsteczki barwnika oddzielają się od sąsiednich cząsteczek wody i osiadają na materiale.

Jest to ujęcie bardzo powierzchowne. Dla lepszego zrozumienia procesu skorzystajmy z innych wiadomości w tej dziedzinie. Przypomnijmy sobie mianowicie, że powierzchnia każdej substancji posiada punkty, w których działają siły elektryczne.

Niektóre atomy powierzchni są naelektryzowane dodatnio, inne ujemnie. Jeżeli więc cząsteczki

jakiejś substancji znajdują się w pobliżu, to są przyciągane i mogą osiąść na punktach dodatnich lub ujemnych. Cząsteczka może posiadać na swej powierzchni i punkty dodatnie i punkty ujemne, jest przeto zdolna do osiadania w różnych miejscach. Im większą będzie ilość punktów dodatnich lub ujemnych, któremi cząsteczka może przyłączyć do materiału, tem przyczepność jej jest większa. Weźmy następujący przykład. Powierzchnia kryształu soli kuchennej zawiera punkty dodatnie i ujemne, ułożone regularnie. Kryształ wzrasta w roztworze na-

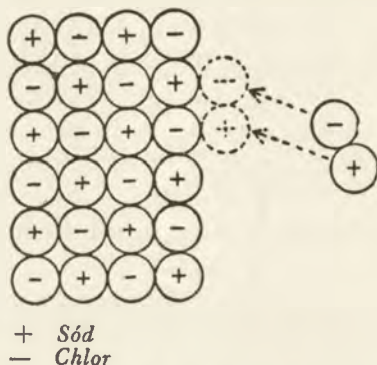


Fig. 40.

syconym soli, ponieważ dodatnio naelektryzowane atomy sodu i ujemnie naelektryzowane atomy chloru łączą się ze sobą. Jako bardziej złożony przykład weźmy cząsteczkę naftalenu. Przy krystalizacji substancji z roztworu lub wskutek ochłodzenia, cząsteczki układają się względem sąsiednich w ten sposób, że dodatnie dokładnie przystają do ujemnych, wobec czego kryształ narasta regularnie.

Podobnie cząsteczki barwnika, opuszczając rozpuszczalnik, osiadają na materiale, który je przyciąga. Na powierzchni materiału znajdują się punkty naelektryzowane dodatnio i ujemnie lub wreszcie większość może być jednego znaku, mieszanina natomiast składa się z cząsteczek o obydwóch znakach. Pod tym względem wełna, bawełna i różne gatunki jedwabi różnią się znacznie między sobą. W zależności od rodzaju farby i materiału siła przyczepności zmienia się w szerokich granicach. Cząsteczki barwnika rozłożone regularnie w zależności od rozmieszczenia punktów dodatnich i ujemnych na powierzchni mogą się znaleźć w takim położeniu, że wzajemnie się przyciągają, przez co wzmacnia się stałość układu. Ma to miejsce przy tworzeniu się kryształów. Wyobraźmy sobie, że podobnie jak w kryształach, druga warstwa cząsteczek barwnika układa się na pierwszej, trzecia na drugiej i t. d. Niewiadomo, czy zjawisko to w rzeczywistości zachodzi, jednakże badania powstawania kryształów nasuwają myśl, że jest to rzeczą możliwą.

Zastanowimy się teraz nad ostatnią fazą procesu farbowania zapomocą indygo. Po wyjęciu materiału z kąpieli wystawia się go na powietrze i światło. Na cząsteczki barwnika zaczyna natychmiast działać tlen z powietrza, który wypiera cząsteczki wodoru przyczepione najpóźniej. W tym stadium cząsteczki barwnika powracają do swej pierwotnej budowy i odzyskują barwę niebieską. Barwnik staje się nierozpuszczalny w wodzie i niewrażliwy na pranie. Działanie światła uodporniło go na wpływ słońca. Indygo jest znane jako farba bardzo trwała.

Należy zaznaczyć, że wyżej opisany sposób farbowania należy do najstarszych. Co przeto zyskał przemysł farbiarski dzięki zbadaniu budowy cząsteczkowej indygo i zmian, jakie w niej zachodzą?

Zdobyczą tą jest możliwość preparowania olbrzymiej ilości farb najróżnorodniejszych odcieni na podstawie pewnej barwy zasadniczej np. indygo, równie trwałych, jak ono. Z jednej podstawowej substancji mamy tysiąc.

Farbowanie zapomocą marzanny różni się znacznie od sposobu farbowania przy użyciu indygo. Roztwór marzanny nie wsiąka bowiem w materiał dopóty, dopóki nie nada mu się sztucznie przyczepności. Czyni się to przez t. zw. bejcowanie materiału, czyli nasycenie go pewnymi substancjami. Cząsteczki bejcy zawierają atomy metalu, mające skłonność do łączenia się z cząsteczkami barwnika. Jeżeli więc zanurzymy materiał w roztworze, to cząsteczka barwnika, zawierająca część zasadniczą, od której zależy barwa, uderza o cząsteczkę bejcy i wymienia jeden atom tlenu, związany z wodorem (p. str. 134) na atom metalu. Nowa cząsteczka jest dzięki temu trwale przyczepiona do materiału. Zjawisko to można porównać do łódki, która, wchodząc do portu, zasta-je drugą łódź na kotwicy; uderza w nią i odpycha, zabierając kotwicę. W naszym przypadku na rodzaj barwy wpłynął charakter i ciężar atomu metalu. Przez ułożenie na materiale różnych rodzajów bejcy otrzymamy wrażenie, że roztwór, w którym zanurzyliśmy materiał, rysuje na nim różnobarwne desenie.

Wyżej opisane metody farbowania zapomocą in-

dygo i alizaryny, wyjaśniają nam dostatecznie, w jaki sposób cząsteczka barwnika przyczepia się do materiału. Z tych rozważań możemy wyciągnąć wniosek, że cząsteczka farby winna odpowiadać dwóm warunkom: przedewszystkiem posiadać pewien mechanizm barwiący, a następnie własność trwałego przyszczepiania się do powierzchni, którą ma zabarwić.

Alizarynę otrzymano sztucznie po raz pierwszy w 1868 r., indygo zaś w 1880 r. Odkrycie budowy cząsteczkowej oraz reakcyj chemicznych doprowadziło do wynalezienia w 1856 r. przez W. H. Perkina pierwszego sztucznego barwnika, t. zw. moweiny. Perkin był wówczas asystentem prof. Hofmanna w Królewskiej Kolegium Chemicznem w Londynie. Hofmann, doceniając ogromną wartość chininy, podsunął Perkinowi myśl wykonania jej sztucznie. Próbował on otrzymać ją z aniliny, produktu smołowego węgla, który wytwarzał w dużych ilościach jeden z angielskich chemików, Mansfield. Perkin sądził, że uda mu się sztucznie wyprodukować anilinę, gdyż ta ostatnia ma wiele wspólnych cech z chininą. W poszukiwaniu chininy odkrył on nowy barwnik i odrazu ocenił ważność swego wynalazku.

Barwniki anilinowe pociągają swym połyskiem i różnorodnością, lecz nie są one trwałe i pod tym względem nie cieszą się dobrą marką, jako barwniki sztuczne, to też dawno przestano ich używać. Moweinę stosowano do stempli za czasów królowej Wiktorji. Miejsce ich zajęły barwniki nowsze, odkryte przez Perkina i innych wielkich chemików. Przeważające miejsce jednak zajmuje Perkin, gdyż on pierw-

szy stworzył barwniki sztuczne i zadziwił świat chemiczny wspaniałymi produktami, otrzymanymi ze smoły węglowej, dzięki skierowaniu poszukiwań na właściwą drogę. Romantyczność zawodu farbiarza wynika nietylko z długoletnich wysiłków do osiągnięcia barw i rysunków, lecz również z szybkiego rozwoju tej dziedziny wiedzy, która w ciągu ostatnich lat znacznie się pogłębiła i spoważniała. Nie jest ona zbiorem prawideł i niedokładnych metod produkcji, lecz systematyczną nauką, bogatą w owoce i rokującą dalszy jeszcze rozwój.

ROZDZIAŁ V

GARNCARSTWO — CERAMIKA

MIEDZY zawodem garncarskim a farbiarskim istnieje zasadnicza różnica. Chemja wykryła budowę i własności cząsteczek barwnika z taką dokładnością, że umożliwiło to farbiarzowi dojście do doskonałości w swej pracy. W przemyśle farbiarskim wszystko zależy od cząsteczki barwnika; jeżeli pracownik zna istotę i najważniejsze własności barwnika, który jest jakby jego narzędziem pracy, wówczas pracuje z większym zrozumieniem i dąży wprost do celu. Zdaje on sobie sprawę z tego, jakimi drogami osiągnąć może swe zamierzenia; o ile coś mu się nie udaje, to szybciej może wynaleźć błąd, a wyobraźnia jego jest skłonna do nowych poszukiwań.

Podobnie kowal w dawnych czasach szybko posuwał się naprzód w swem rzemiośle, ponieważ wgłębił się w budowę materiału i własności jego części składowych — kryształów. Tkacz rozwinął swe rzemiosło na wiadomościach o budowie włókna; przyjął on włókna takie, jakie mu dała przyroda i dostosował doń swą pracę. Lecz jeżeli zacznie wyrabiać włókna sztuczne, jak to ma miejsce w ostatnich czasach, czy zaniecha dawnych sposobów? Ciekawem jest czy ulepszy włókno naturalne. Być może, że pod

wieloma względami uda mu się tego dokonać, wówczas włókno sztuczne zajmie miejsce włókna naturalnego. Jest to może bardzo długa droga, tymczasem jednak tkacz musi uczyć się wszystkiego, co stanowi podstawę rzemiosła w minionych czasach.

O garncarzu daleko mniej wiemy, niż o innych rzemieślnikach. Jeżeli zapytamy: „co to jest glina“ — to nie otrzymamy ścisłej odpowiedzi. Encyklopedia podaje kilka określeń tego materiału. Wiemy jedynie zgrubsza, co to jest glina; garncarz jednak wie daleko więcej; jego wprawne ręce i oczy mogą określić własności i różnice między poszczególnymi gatunkami, których my nie rozpoznamy. Znamy jej plastyczność, wiemy, że można z niej modelować przedmioty o różnych kształtach, które zachowują ten kształt, nie pęczniejąc i nie kurcząc się. Wiemy również, że glina może być wypalana w ogniu, co zmienia jej własności; staje się ona trwała, twarda i nie podlega wpływom gorąca i zimna. Dzięki tym własnościom człowiek wybrał glinę z pośród innych materiałów do wyrobu naczyń różnego rodzaju, dachówki, płytek na posadzki, tabliczek do pisania, fajek, przewodów, jak również przedmiotów, które zaspakajały jego poczucie artystyczne (tabl. XXVIII i XXIX).

Jeżeli zapytamy, co to jest plastyczność, to znów nie otrzymamy dokładnej odpowiedzi. Wielu ludzi usiłowało dać ścisłe określenie tej własności, lecz ciągle istnieje pod tym względem rozbieżność zdań. Cała sztuka polega na wyczuciu palców garncarza, które, naciskając na glinę, nie moczą jej i nie bru-

dzą. Ale jak wpływa to wyczucie na zasadniczy charakter gliny?

Jesteśmy skłonni twierdzić, że skoro garncarz umie wykonywać tak piękne i pożyteczne przedmioty, to wgłębianie się w samo określanie własności gliny ma podrzędne znaczenie. Wystarcza znać własności gotowych wyrobów. Jeżeli przyjmiemy ten punkt widzenia, to popełnimy dwa błędy. Przede wszystkim pominiemy fakt, że dopóty dopóki zasadniczy materiał nie jest dokładnie znany, to przy produkcji można się spotkać z nieprzewidzianymi trudnościami. Jeżeli się coś nie udaje, wówczas próbuje się różnych metod i ostatecznie można znaleźć sposób na usunięcie trudności, która czasami sama nawet znika, aby zjawić się ponownie. Zazwyczaj sposoby te dotyczą prawideł modelowania i wyjaśnienie takie w większości wypadków jest bez znaczenia, ponieważ nikt nie może ściśle mówić o czymś, co nie jest dokładnie znane*. Takie ujęcie sprawy prowadziłyby nieraz do poważnych strat. Przytoczę tu przykład, podany przez jedną z wielkich fabryk ceramicznych w Stoke-on-Trent. Na powierzchni pięknie i kosztownie wykonanych wanień zjawiły się tu i ówdzie zielony wykwit, wskutek czego nie można było znaleźć nabywców. Gdyby cały proces wyrobu był dobrze znany, począwszy od cząsteczki i kryształu, wówczas przyczyna plam i sposób uniknięcia ich byłby wiadomy. W danym przypadku przeto było trudniej uniknąć straty, a wykonanie niezbędnych doświadczeń dla wykrycia błędów było bardzo kosztowne.

* Hind. *Trans. Ceramic Society*, XXIII, str. 234.

Drugi błąd naszego rozumowania polegałby na tem, że pominęlibyśmy możliwość zwiększenia piękna i użyteczności wyrobów glinianych, jaka niewątpliwie nasuwa się przy ulepszaniu podstawowego materiału. Sądzić o tem możemy z licznych podobnych przypadków. Doświadczenia pochłaniają co prawda wiele czasu, materiału i pracy, są one jednak bardziej kosztowne, o ile wykonywa się je na błędnej podstawie i bez tego najlepszego przewodnika, jakim jest zrozumienie zadania, które się ma przed sobą.

Przyczyna nieznamości podstawowych własności gliny wypływa z samego materiału. Nie jest to wynikiem braku zainteresowania, bowiem poświęcono wiele czasu na badania, ani też wynikiem braku zdolności, gdyż zagadnieniami temi interesowali się najlepsi fizycy i chemicy. Istnieje jednakże bardzo wielka trudność w znalezieniu istotnej przyczyny plastyczności. Dlaczego np. własność ta zmienia się w zależności od rodzaju gliny? Dlaczego tak wielki wpływ mają przyczyny, które na pierwszy rzut oka wydają się być bez znaczenia, np. domieszka kwasu, zasady lub substancji organicznej?

Te zmiany i rosnące wątpliwości wpłynęły na nieoczekiwany rozwój ceramiki, pełnej zagadek i tajemniczości, tradycji, przepisów zapomnianych i wznawianych. Z chwilą zjawienia się gdziekolwiek nowego gatunku gliny o cenionych własnościach, natychmiast powstaje przemysł, dzięki czemu podnosi się wytwórczość i sztuka ludowa tego kraju. Handel rozpowszechnia wyroby, a często i metody ich wytwarzania. Czasami sposób przyniesiony skądkol-

wiek odżywa, napotykając na nowy odpowiedni materiał lub umiejętność wytwórcy. Np. glazura solna wprowadzona w Staffordshire w 18. w., była stosowana do wszystkich wykonywanych tam wyrobów ceramicznych. Proces ten polega na tem, że gdy wypalanie dobiega końca, wrzuca się do pieca pewną ilość soli, która tworzy na przedmiocie szklistą powłokę; widzimy przykłady na wielu przedmiotach domowego użytku, jak filiżanki do herbaty, jak również ogólnego, np. rury odwadniające. Wynikiem tego pomysłu był rozwój ceramiki specjalnej, która stała się sławną nie tylko w Anglii, lecz w całej Europie. Rozwinał się na całym świecie nadzwyczaj ciekawy przemysł, w którym wypowieda się kultura krajów i narodów. Dzięki trwałości wyrobów historia ich rozwoju jest znana, bowiem na tych dokumentach, istniejących od wieków, wszystko jest widoczne; nie jest ona przekazywana ustnie, ani w formie notatek piśmieniowych, które mogą się zniszczyć.

Częściami składowymi gliny są: aluminium (glin) i tlen w połączeniu ze zmienną ilością wody. W składzie tych trzech elementów są pomocnicze związki, tlenki glinu i krzemu. Pierwszy z nich znany jest w formie krystalicznej pod nazwą korundu, którego odmianą barwną jest rubin i szafir. Tlenek krzemu jest to kryształ górski lub kwarc. Pojedyncza cząsteczka tlenku glinu zawiera dwa atomy glinu i trzy atomy tlenu; jej wzór chemiczny jest następujący H_2O_3 . W krystalicznej postaci korundu atomy są tak związane, że budowę tę można było zbadać za pomocą prześwietlenia promieniami X. Wszystkie

trzy wyżej wymienione odmiany korundu posiadają tę samą budowę. A więc: ilości atomów krzemu do tlenu i kwarcu wyrażają się stosunkiem 1 : 2. W danym przypadku promienie X umożliwiły nam odkrycie bardzo ciekawego układu ze względu na położenie spiralne atomów. Częsteczka gliny, jak możemy przypuszczać, składa się z cząsteczki glinu, dwóch cząsteczek tlenu krzemu i dwóch cząsteczek wody (H_2O). Nikt jednak nie wie, w jaki sposób są one rozłożone. Jedynym sposobem znalezienia budowy cząsteczkowej jest prześwietlenie promieniami X . Jeżeli cząsteczki materji są zgrupowane razem, wówczas dają one do wytworzenia kształtu regularnego, który można rozpoznać gołym okiem, jako kryształ, o ile jest dostatecznie duży. Jeżeli natomiast jest tak mały, że nie może być zbadany tym sposobem, to układ cząsteczek można wykryć zapomocą promieni X . Więcej jeszcze, w wielu przypadkach możemy znaleźć, w jaki sposób są związane atomy w cząsteczki.

Stosując promienie X do badania różnych gatunków gliny, spostrzegamy odrazu budowę krystaliczną nawet w glinie, składającej się z najdrobniejszych cząsteczek. Niestety wiadomości te, chociaż bardzo przekonywujące, nie dają się łatwo wytłumaczyć, albowiem nasza wiedza o metodzie rentgenologicznej jest jeszcze za mało rozwinięta i istnieje wiele zagadnień niezmiernie trudnych. Możemy tylko powiedzieć, że glina posiada budowę krystaliczną, która nie jest identyczna ani z budową tlenków glinu, ani kwarcu. Jednak nawet te szczupłe wiadomości są dla nas bardzo cenne.

Gliny, pochodzące nawet z różnych źródeł, wykazują zawsze tę samą budowę, chociaż mogą wydawać się inne. Niektóre z nich zawierają pojedyncze kryształy kwarcu. Nie jest to dziwne, ponieważ glina znajduje się w głębi ziemi pod działaniem gorącego kwasu na granit i inne skały, które zawierają kwarc. Gliny te przenosi woda z miejsca na miejsce, a kryształy kwarcu podczas tej drogi przybierają kształt ziarn piasku, zmieszanych z gliną.

Analiza chemiczna tych glin wykazuje, że może być w nich wiele różnorodnych składników. Niektóre, jak np. piasek, stanowią zanieczyszczenie gliny, jak również mika w dużych ilościach, muł, żwir oraz różne rodzaje skał w stanie sproszkowanym. Wiele z tych zanieczyszczeń można usunąć bardzo prostą drogą przez wypłókanie gliny obficie w wodzie; cząsteczki jej zostaną w formie zawiesiny, tworząc mętną mieszaninę, podobnie, jak to widzimy w potokach, przepływających przez gliniastą glebę. Większe cząsteczki osiadają szybciej od innych, wobec czego nie jest trudno usunąć większość zanieczyszczeń w osadniku, lub w szeregu następujących po sobie osadnikach. Wiemy, że w rzekach i jeziorach cięższy piasek gromadzi się w jednym miejscu, a lżejszy w innym, zależnie od szybkości przepływu wody i innych przyczyn fizycznych. Jednakże nie jest rzeczą możliwą usunięcie tą drogą wszystkich zanieczyszczeń; cząsteczki miki i innych substancji są często tak małe, jak cząsteczki gliny i posiadają tę samą gęstość, co utrudnia ich usunięcie. Im bardziej glina jest oczyszczona, tem więcej zbliża się do idealnego składu: jednej cząsteczki tlenku glinu, dwóch

cząsteczek dwutlenku krzemu i dwóch cząsteczek wody. Prawdopodobnie skład ten odpowiada budowie krystalicznej. W masie gliny są niewątpliwie kryształy różnych wymiarów, między którymi znajduje się niewielka stosunkowo liczba dostatecznie dużych, dostrzegalnych przez mikroskop, w formie znikających punkcików.

Glinę spotykamy na całej kuli ziemskiej. Przede wszystkim wiemy, że tlen zajmuje $\frac{1}{2}$ całej ziemi, krzem $\frac{1}{4}$, a glin około 7%. Tlenki glinu i kwarc oraz glina, która zawiera obydwie te składniki, są naturalnymi ugrupowaniami tych elementów. Z tego powodu glina jest zawsze gotowa do użytku i gdziekolwiek zauważono jej cenne właściwości — wykorzystywano ją natychmiast. Zalety gliny nie były znane od razu. W pierwotnych czasach wystarczało człowiekowi, że naczynia mogły być wykonywane z wysuszonej gliny i zdadne były do przechowywania zboża, a nawet wody. Przede wszystkim zauważono plastyczność wilgotnej gliny oraz twardość wysuszonej. Następnie, gdy zaczęto tych naczyń używać do ognia, to spostrzeżono, że materiał zmienia się i staje się mocniejszy. Wreszcie zaczęto budować piece, w których osiągnano wysoką temperaturę, dzięki czemu proces wypalania wszedł na dalszy stopień rozwoju. Chociaż glina jest materiałem spotykanym wszędzie, to jednak między własnościami różnych gatunków zachodzą ogromne różnice. Bywają źródła, z których glina jest daleko lepsza od gliny, pochodzącej z innych źródeł. Jednym z najsłynniejszych gatunków jest kaolin. Nazwa ta pochodzi od chińskiego słowa, które oznacza „wysoki szczyt“.

skąd prawdopodobnie Chińczycy czerpali glinę. Gliny o podobnych właściwościach, które spotyka się wszędzie na kuli ziemskiej, noszą tę samą nazwę, aczkolwiek nie są one identyczne. Kaolin używano w Chinach do wyrobu porcelany, która, jak wiemy, jest materiałem białym, twardym i przezroczystym i dzięki tym zaletom bardzo cenionym w przemyśle ceramicznym. Ceramika angielska zawdzięcza swą doskonałość i rozgłos glinie kaolinowej, której znaczne ilości znajdują się w Kornwalji. Duże pokłady spotyka się również w Niemczech i Francji. Innym znanym rodzajem gliny, jest glina z Devon i Dorset; skład jej jest podobny do gliny kaolinowej. Glina chińska i glina z Devon i Dorset zawierają małe ilości innych substancyj; ta ostatnia zawiera 2—3% sody i potasu — nie w postaci wolnych atomów metalu, lecz jako części cząsteczek; w glinie chińskiej natomiast znajdujemy tylko ślad tych metali. Są jeszcze i inne, ale już drobne różnice. Ciekawem jest, że glina z Devon i Dorset jest bardzo plastyczna w przeciwieństwie do gliny chińskiej. Widzimy więc, że ta najważniejsza własność gliny może się zmieniać w szerokich granicach, zależnie od składu gliny. Dalej wyjaśnimy to zjawisko. Kaolin jest substancją bardzo odporną, t. zn. nie topi się nawet w wysokiej temperaturze. Dodaje się przeto innych łatwiej topliwych materiałów, które pod działaniem ognia mięknią i ściekają, a ściślej zamieniają się w szkliwo, związujące całą masę. Bardzo odpowiedni materiał do tego celu znaleziono w Kornwalji, i znany jest on pod nazwą kamienia kornwalijskiego. Budowa jego jest skomplikowana i zmienna, zawsze jednak za-

wiera on kwarc i szpat polny, który topi się łatwiej od gliny chińskiej. Przy wyrobie chińskiej porcelany metodą angielską dodaje się popiół ze spalonych zwapniałych kości, co pomaga do związania masy. Popiół z kości posiada cenną zaletę, gdyż nadaje przezroczystości. Wykonana tym sposobem porcelana angielska jest tak powszechnie znana, że odmianę jej nazwano od miejscowości fabryk. Mamy więc porcelanę Chelsa, Bow, Derby, Worcester, Plymouth, Bristol, Staffordshire, która ostatnio obejmuje i Minton, Spode, Wedgwood, Davenport i inne.

Porcelana zajmuje pierwsze miejsce pośród wszystkich odmian towarów ceramicznych; jest ona trwałą i twarda, biała i przezroczysta. Historia jej rozwoju jest bardzo ciekawa. W w. 15, gdy w Europie przeważnie wyrabiano zwykłe garnki z podrzędnego gatunku gliny, z grubą polewą, a kraje Azji zachodniej i te części Europy, które były pod panowaniem mahometan, jak Hiszpanja, Sycylja, produkowały nieco lepsze wyroby gliniane, pięknie zresztą ozdobiane, chiński przemysł porcelanowy był już znacznie rozwinięty. Przyszedł czas, że chińskie wyroby zaczęły wędrować do Europy, a wszędzie starano się je naśladować. Możemy sobie wyobrazić, jak trudnym było to naśladownictwo w czasach, gdy nie było pomocy w postaci analizy chemicznej, a należy pamiętać, że glina podczas wypalania całkowicie zatracą swój pierwotny charakter. Pierwszy pomyślny wynik otrzymano we Florencji w końcu 16 w., lecz przemysł porcelanowy nie trwał tam długo. Następne próby naśladowania porcelany chińskiej miały miejsce we Francji. Właściwy materiał nie był jesz-

cze odkryty, a wyroby, przypominające prawdziwą porcelanę chińską, były wykonywane ze stopionej twardej gliny z substancjami, które, topiąc się, tworzą szkliwo. Pierwsza porcelana europejska, wykonana przez Böttgera w Meissen w Niemczech około 1710 r. nie ustępowała chińskiej. Możemy sobie wyobrazić gorliwość poszukiwań, o ile wspomnimy o ostrożnościach, jakie zachowywano, aby nie ujawnić tajemnicy produkcji. Za panowania Augusta II, elektora saskiego i króla Polski, wyroby porcelanowe wykonywano niemal w zamkniętej fortecy. Wreszcie robotnicy uciekli. Stałoby się to prędzej, czy później. Dzięki temu powstały fabryki w Wiedniu, a później w wielu innych miejscowościach niemieckich.

W 1755 r. W. Cookworthy z Kingsbridge w Devonshire odkrył, że w glinie angielskiej znajdują się składniki takie, jak w porcelanie chińskiej. Znalazł on nie tylko prawdziwą glinę chińską, lecz również właściwy dla stapiania jej kamień w miejscu, znanym pod nazwą Tregonning Hill. Później znaleziono je w innych częściach Kornwalji. Fabryka w Plymouth trwała krótko; mało z istniejącej porcelany nosi jej markę. Przeniesiono ją do Bristolu i tam bardzo się rozwinęła.

Ciekawem jest, że w Europie glina była rozpowszechniona jako pożywienie, podobnie jak to ma miejsce dotychczas wśród niektórych plemion w innych częściach świata. Przed kilkoma laty M. Solon słynny znawca historii przemysłu ceramicznego, pisał zajmujące artykuły z różnych epok dla T-wa Ceramicznego. Artykuły te drukowano prywatnie, przeto nie były dostępne dla szerszych mas; obecnie

zostały opublikowane pod ogólnym tytułem „Pottery Worship“. Jeden z nich traktuje o tem, jak ogromnie rozpowszechnione było spożywanie gliny. Początek używania gliny, jako pożywienia, datuje się od bardzo dawnych czasów, kiedy glina chińska z Lemnos i morza Egejskiego była eksploatowana w postaci ciastek z wybitym na nich wizerunkiem bogini Djany. Według Solona pochodzi stąd nazwa „terra sigillata“, czyli ziemia zaopatrzona w pieczęć. W 15 w. wyspa Kreta znajdowała się w rękach Turków, lecz eksport gliny nietylko nie zanikł, ale nawet wzrósł, a w różnych częściach Europy rozpoczęto wydobywać konkurencyjne gliny. Böttger wskutek tego nie potrzebował długo szukać gliny dla swych doświadczeń; mógł ją dostać w najbliższej aptece. W spisie fabryk, założonych przez Augusta Saskiego czytamy: „wazy, figury, zastawy stołowe i t. d. będą wykonywane w królewskich fabrykach z porcelany tak cienkiej, jakiej jeszcze nie przywieziono ani z Chin, ani z Japonji, z porcelany z „terra sigillata“, którą odkryto w Saksonji“. Spożywano w tych czasach gliny nietylko w ich naturalnej postaci, lecz również glinę paloną. W różnych krajach powstały nawet przesady co do własności naczyń, wykonanych z różnych gatunków gliny. Wyroby ceramiczne zmieniały się tak bardzo zależnie od pochodzenia i tak były trudne do naśladownictwa, że niektóre rodzaje były później nader poszukiwane; powstały o nich najrozmaitsze legendy. Sławnym wonnym naczyniom meksykańskim, które później naśladowano w Portugalji i które były znane pod nazwą „Szlachetnych Bucca-

ros“, przypisywano moc przemienienia murzyna w białego człowieka po napiciu się z tego naczynia! Wierzono w naczynia wykrywające truciznę. Po stłuczeniu kawałki oprawiano w złoto lub srebro; służyły one jako amulety i były nieraz używane jako lekarstwo. Według Solona znany był w 1735 r. pamflet napisany przez lekarza Dr Daniela Geyera z Drezna, w którym autor opisuje, jak był wezwany do pewnej damy, która, będąc chora, zjadła filiżankę i spodek. W Chinach również, zanim zaczęto kaolin używać do wyrobu porcelany, był on stosowany jako środek leczniczy.

Sława angielskiego przemysłu porcelanowego ogromnie wzrosła z chwilą znalezienia odpowiedniego materiału do wyrobu cienkiej porcelany. Jednak porcelana nie była jedynym lub nawet głównym produktem fabryk angielskich. W końcu 17 w. w Anglii zjawily się białe wyroby kamienne, które rozpowszechnily się na całym świecie. Początek dał wyrób naczyń z czerwonej palonej gliny, wykończonych zgrubsza i polerowanych. W pierwszej połowie 19 w. przemysł ten tak się rozszerzył, że wyroby angielskie eksportowano wszędzie. Ceniono je z powodu dobrego wyglądu, czystości, dobrego wykończenia, mocy i wszechstronnej użyteczności. Inne narody nabywały je jako wzory do naśladownictw, importując z konieczności wyroby angielskie. Obecnie naczynia z Staffordshire, z najbardziej uprzemysłowionej części Anglii, muszą konkurować z innymi. Pomimo to przemysł ceramiczny angielski jest jeszcze jednym z największych i niema dostatecznego powodu, aby nie zatrzymał przy sobie pierwszeń-

stwa. W ciągu przeszło dwóch wieków zdobyto dużo wiadomości teoretycznych i praktycznych. Przemysł, który gromadzi w jednym miejscu znaczną ilość ludzi, uprawiających jeden zawód, znajduje się w sytuacji uprzywilejowanej; ułatwia to poszukiwanie nowych kierunków, czynienie odkryć i opracowywanie nowych metod produkcji i stylów.

Rozpatrzmy pokrótce stopnie produkcji wyrobów glinianych. Przenosimy się do kopalni w południowo-zachodniej części Anglii, gdzie są wydobywane i oczyszczane rozmaite gatunki gliny i skał, np. glina chińska. Pokłady leżą tuż pod powierzchnią ziemi i są obrabiane na otwartym powietrzu, jak kamieniołomy. Na glinę puszcza się silny strumień wody (tabl. XXXI, *a*). Z powierzchni gliny spływa mętny strumień, unosząc bryły różnej wielkości, które, spadając, łamią się. Woda spływa do „osadnika piaskowego“, na którego dnie osiadają grubsze kamienie i piasek. Woda z częściowo oczyszczoną gliną przepływa przez osadniki, skąd jest pompowana do „osadników miki“ (tabl. XXXII, *a*), gdzie podczas wolnego przepływu wody przez układ krętych kanałów osiada piasek i mika. Woda przechodzi następnie jeszcze wolniej przez dalsze kanały, w których osiada część zanieczyszczeń. Następnie spływa do osadników, gdzie osiada już sama glina. Po upływie pewnego czasu woda zostaje spuszczone, a materiał osadowy odprowadza się do drugiego układu zbiorników, w których pozostaje dopóty, dopóki materiał nie osiągnie takiej gęstości, że może być ubity w bryły i umieszczony w t. zw. ogrzewniku. Po dostatecznym osuszeniu jest dostarczany do fabryk. Plastycz-

ność gliny rośnie z czasem. Glinę utrzymuje się w stanie wilgotnym i w miejscu chłodnym; dodatni wpływ bakterji powoduje, że nasycy się ją substancjami organicznymi, jak: sokami roślinnymi, odpadkami z garbarni, torfem, octem i t. p. Niekiedy wystarczy krótki okres tego rodzaju ulepszania gliny, a następnie może znów być pozostawiona w ciągu tygodni, miesięcy, a nawet lat. Mówią, że garncarze chińscy trzymają w składzie glinę do wyrobu najcenniejszych naczyń w ciągu 100 lat.

Różne gatunki gliny magazynuje się niejednakowo (tabl. XXXI, *b*). W fabrykach glina zostaje zmielona (tabl. XXXII, *b*) na proszek i skropiona wodą, a następnie zmieszana w zbiornikach podziemnych. Słynne wyroby kamienne są wykonywane z gliny dewońskiej, gliny chińskiej, krzemienia i kamienia w proporcji około 3 : 3 : 2 : 4. Do wyrobu twardej chińskiej porcelany używa się kość wapienną, glinę chińską i glinę kornwalijską w stosunku około 2 : 1 : 1. Dodanie dobrze utartego tlenku kobaltu wpływa na osiągnięcie białości masy; podobnie w pralni bieli się bieliznę zapomocą niebieskiego proszku, t. zw. farbki. Mieszanina musi być przetarta przez sito. Kawałki żelaza, które zazwyczaj znajdują się w surowcu, lub dostały się tam w czasie obróbki, zostają usuwane zapomocą silnego magnesu. Nadmiar wody usuwa się pod działaniem prasy filtrującej i ostatecznie materiał przechodzi przez maszynę podobną do tej, jaka służy do wyrobu kiełbas, skąd wydostaje się w postaci beleczek. (tabl. XXXIII, *a*). Celem tej ostatniej czynności jest równomierne na-

sycenie mieszaniny wodą i usunięcie pęcherzyków powietrza.

Usunięcie powietrza jest rzeczą nader ważną, ponieważ obecność jego podczas wypalania porcelany może spowodować zniszczenie przedmiotu. W tym celu glina jest zawsze ugniatana lub według określenia technicznego „klinowana“. Ta stara metoda przetrwała do dnia dzisiejszego i stosuje się zawsze tam, gdzie specjalnie zależy na tem, aby nie było pęknięć w masie. (tabl. XXX, *a* i *b*), np. przy wyrobie naczyń, do których zlewa się stopioną stal. Po wyższy sposób jest dotychczas stosowany w Sheffield a opis tej metody jest następujący:

„Materiał do wyrobu naczyń jest mieszaniną gliny chińskiej i gliny pochodzącej ze Stourbridge z małą domieszką pyłu koksowego, wahającą się od 1 do 3% ciężaru mieszaniny. Do tego dodaje się taką ilość wody, aby otrzymać gęstą masę, którą rozpościera się na płytce brytwannie o powierzchni około 1 m². Robotnik z pomocnikiem deptają glinę nogami w jednym kierunku, a następnie w drugim pod kątem prostym do poprzedniego. Ubijanie trwa od 4 do 5 godz. zanim glina stanie się odpowiednią do wyrobu naczyń. W tym czasie przygotowują oni około jednej tonny gliny, z której można wykonać 60—70 naczyń o średnim ciężarze ok. 15 kg. Po udeptaniu bierze się odpowiednią co do ciężaru porcję gliny i formuje się kulę. Czynność tę robotnik wykonywuje w ten sposób, że unosi kulę gliny do wysokości wyciągniętych ramion i rzuca ją na płytę żelazną, położoną na wysokości około 60 cm — 70 cm nad powierzchnią podłogi; bryła jest pokryta wilgotną szmatą.

„Celem klinowania jest pozbycie się powietrza, które mogło dostać się do gliny“.

Ciekawem jest, że maszyna nie mogła zastąpić tej starej metody. Te stadja produkcji, które wymagają inteligencji i skupienia uwagi, gdzie należy wykonać coś, czego nie można uczynić jedynie zapomocą kolejnych powtórzeń, co możnaby powierzyć specjalnie do tego zbudowanej maszynie, przyciągają zawsze naszą uwagę. Możemy być pewni, że znajdziemy tam nietylko rzeczy ciekawe ale i ważne.

Powróćmy teraz do naszych mieszanin, przygotowanych do formowania i wypalania. Nie możemy dać wyczerpującej odpowiedzi na pytanie, dlaczego mieszaniny mają taki skład a nie inny. Jest on wynikiem długich i kosztownych doświadczeń; nieliczne przepisy stwierdzają dostatecznie, że setki i tysiące innych proporcji składników zawiodły. Kaolin jest bardzo trudnym do obróbki materiałem. Po wypaleniu jest biały, topi się trudno. Przez dodanie jakiego „topliwego materiału“, utworzy się szklana masa, która cementuje mieszaninę. Taką rolę odgrywa kamień kornwalijski z domieszką proszku kości. Mieszanina wówczas daje się łatwo formować. Wyroby z gliny są naogół podatne do kształtowania. W celu zmniejszenia kurczenia się przedmiotu, co silnie występuje przy wypalaniu, dodaje się krzemienia. Kamień kornwalijski służy do scementowania składników masy, dzięki czemu otrzymuje się budowę wewnętrzną materiału bardzo ścisłą. Sprawdzianem tej własności jest dźwięk, jaki przedmiot wydaje przy uderzeniu.

Do nadania przedmiotom żądanego kształtu uży-

wa się dotychczas starożytnego koła garncarskiego (fig. 41,a), jak np. wskazuje tabl. XXXIII,b, na



Fig. 41 a. — Koło garncarskie (Malowidło egipskie, „Encyklopedia Britannica“, „Ceramics“).

której widzimy garncarza z Staffordshire, wyrabiającego zwykły chiński spodek. Większe ma zastosowanie nowa, ciekawa metoda, bardzo rozwinięta

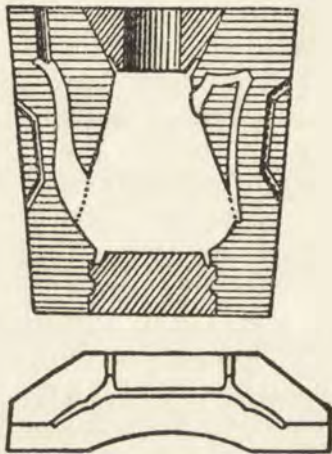


Fig. 41 b. — Przekrój formy odlewniczej: (A) imbryk, (b) spodek.

w tym kraju. Glinę przygotowuje się jako „plastyczną“, t. zn. z taką domieszką wody, aby masa była

ciągnąca. Następnie wkłada się ją do t. zw. formy paryskiej (fig. 41,*b* i tabl. XXXIV,*c*). Woda przenika do masy od strony ścian. W ten sposób glina układa się na bokach i po $1/2$ — 1 godz. w zależności od rodzaju odlewu, otrzymuje się odpowiednią grubość osadu. Następnie formę przewraca się na kilka minut; glina, która jest jeszcze płynna, wycieka na zewnątrz. Po całkowitem osuszeniu formę obraca się znów do właściwego położenia, i pozostawia na jedną godzinę, aby odlew jeszcze nieco wysechł. Wówczas formę rozcina się na kawałki i wyjmuje odlew. Metoda ta jest odpowiednia do wyrobu przedmiotów o kształcie nieregularnym oraz posiadających powierzchnie rzeźbione. Po następnym suszeniu przez pewien czas w ogrzonym pokoju przedmiot jest gotowy do wypalania.

Osuszanie winno być wykonywane bardzo starannie, ponieważ jedną z własności gliny jest duży skurcz przy ulatnianiu się wody. Objętość wilgotnej gliny zmniejsza się przez osuszenie od $1/8$ do $1/3$ całkowitej objętości. Jasnym jest, że przedmiot wyjęty z formy, kurczy się w tym samym stosunku, może więc pęknąć. Pęknięcie niszczy przedmiot, ponieważ traci on wytrzymałość proporcjonalnie do wymiarów. Szczególną uwagę należy zwrócić na przedmioty o kształcie nieregularnym, gdyż części cieńsze mogą schnąć i kurczyć się szybciej od pozostałych.

Czasami koniecznym jest dodanie obcej substancji dla nadania glinie porowatości podczas osuszania, gdyż schnie ona wówczas równiej. Należy umożliwić wodzie wydostawanie się na zewnątrz. Jednym z używanych w tym celu materiałów są tro-

ciny. Przy wyrobie cegieł z gliny londyńskiej obawa pęknięcia jest tak wielka, że dodaje się duże ilości popiołu i klinkieru. Należy wspomnieć, że dla tej samej przyczyny żydzi przy wyrobie cegły dodawali słomę.

Podczas wypalania zjawiają się dalsze pęknięcia o charakterze bardzo złożonym, wobec czego naczynia muszą być zawsze przygotowane tak, aby mogły



Fig. 42. — Stary grecki piec do suszenia. („*Encyclopaedia Britannica*“).

unieszkodliwić to zjawisko. Naczynie o kształcie nieprzystosowanym pęknie, o odpowiednim kształcie — nie.

Następujące rysunki pomogą nam do wyobrażenia sobie procesu wypalania. Na pierwszym (tabl. XXXIII, c) widzimy robotników, wkładających przedmioty do pieca. Przedmioty mogłyby być uszkodzone, gdyby ogień działał na nie bezpośrednio, lub gdyby ogrzewanie nie było równomierne. Dla uniknięcia tego są one umieszczone w otwartych naczyniach glinianych, które, jak wskazuje rysunek, są

ułożone w stos jeden na drugim od podłogi do sufitu. Przekroje pieca starego i nowego typu przedstawia-

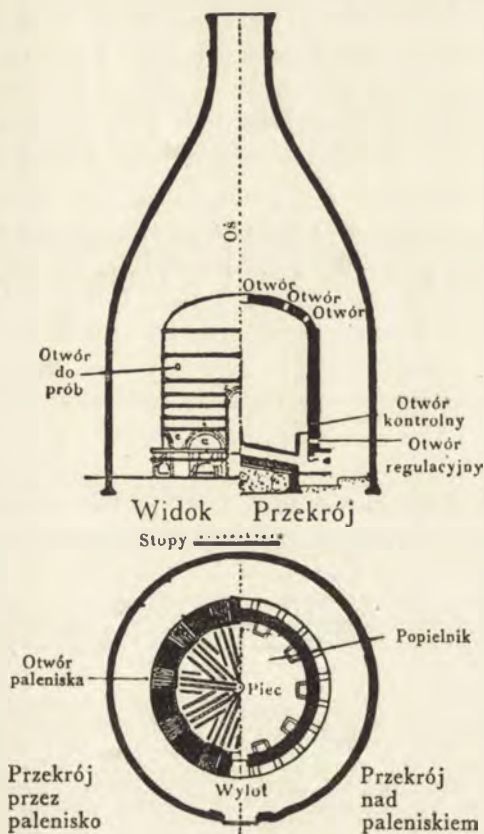


Fig. 43. — Piec do ciast.

ją fig. 42 i 43, które wyjaśniają nam rozproszanie ciepła. Stan wypalania jest wskazany zapomo-

małych ostrosłupów, umieszczanych w piecu przed rozpoczęciem wypalania (tabl. XXXIV, *a*). Gdy wypalanie osiągnie odpowiedni stopień, wówczas ostrosłupy zaczynają „kucac” według określenia technicznego. Są one tak uszeregowane według składu, że „kucanie” ostrosłupów oznacza osiągnięcie pewnego stopnia wypalania. Na rysunku jeden z ostrosłupów „kucnął” całkowicie, drugi zgiął się silnie, trzeci zaczął się pochylać. Ze stanu tych trzech ostrosłupów można zorientować się co do wielkości wypalania przedmiotów, umieszczonych w piecu. Ciekawem jest, że sposób ten jest lepszy od mierzenia temperatury zapomocą termometru lub pyrometru, ponieważ te przyrządy mierzą tylko temperaturę w określonej chwili, podczas gdy należy wiedzieć, do jakiego stopnia przedmioty zostały wypalone.

Czasami wypala się jeden raz; ma to zazwyczaj miejsce przy wyrobie zwykłych przedmiotów, jak: cegły, wazony do kwiatów, dachówki i t. p. Wiele przedmiotów wypala się dwa razy. Po pierwszym wypaleniu przedmiot zanurza się lub pokrywa warstwą gliny plastycznej, lub wreszcie ozdabia się innymi rodzajami gliny, które przy drugim wypaleniu tworzą polewę i desenie. Na tabl. XXXIV, *b* widzimy zanurzanie przedmiotów w glinie plastycznej. Przedmioty, posiadające skomplikowane ozdoby, wypala się więcej niż dwa razy.

Powróćmy do odlewania, procesu, przy którym stykamy się z jednym z najbardziej interesujących zagadnień o glinie. Do gliny plastycznej dodaje się niewielka ilość związku zasadowego np. krzemianu

sodu. Gлина plastyczna, która była zbyt gęsta i dla doprowadzenia jej do stanu płynnej masy wymagałaby dodania dużej ilości wody, staje się nagle płynna. Gлина nieobrobiona wymaga dla formowania 40% zawartości wody, podczas gdy obrobiona tylko 30%. Podczas pierwszego osuszenia usuwa się część wody, a użycie związku zasadowego znacznie zmniejsza tę ilość tak, że niebezpieczeństwo pęknięć przy osuszaniu jest mniejsze. Ten wynalazek ma ogromne znaczenie dla przemysłu.

Starając się wyjaśnić to zjawisko, spotykamy się z zagadnieniem, dotyczącym własności gliny, a które dotychczas jest pełne tajemnic. Zachowanie się gliny przypomina pod pewnymi względami zachowanie się drobno sproszkowanej substancji zmieszanej z jakąś inną substancją. Dawniej uważano za konieczne rozważanie bardzo dużej ilości przypadków tego rodzaju, a nawet sklasyfikowano je. Mamy więc substancje koloidalne, substancje, które zachowują się jak klej i t. p. Obecnie nic nam to nie mówi: dla zrozumienia zjawiska daleko prościej jest rozpatrzyć przykłady.

Wyobraźmy sobie chmurę; składa się ona z małych kropeł wody o jednakowych wymiarach. Ponieważ pojedyncza kropla jest bardzo mała, przeto i jej szybkość spadania jest bardzo mała, a chmura, jako zbiór kropeł o niewielkiej szybkości ruchu, utrzymuje się w powietrzu. Krople chmury utrzymują się razem nie wskutek istnienia między nimi siły przyciągania, lecz poprostu z tej przyczyny, że powstają one prawie jednocześnie i w pewnym skupieniu. Chmura powstaje prawdopodobnie dzięki ruchowi powietrza

pod wpływem wiatru. Dolne warstwy powietrza, a więc i cząsteczki pary wodnej, oziębiają się, zwalniają ruch, mają skłonność do łączenia się w małe grupy, zwłaszcza wtedy, gdy w powietrzu znajdują się cząsteczki kurzu, które służą jako jądra kropeł. O ile tych jąder będzie dużo, to krople będą małe; o ile liczba cząsteczek kurzu będzie mała, to krople będą duże. Po utworzeniu się kropeł chmura może trwać przez długi czas bez zmiany. Lecz skoro temperatura spadnie lub przepłynie prąd elektryczny, wówczas kilka małych kropeł utworzy większą i wówczas woda opada na ziemię w postaci ciężkiego, rzęsiatego deszczu. Podobnie chmura dymu składa się z cząsteczek węgla, zawieszonych w powietrzu, których szybkość spadania jest tak mała, że nie możemy jej zauważyć. Jednocześnie ilość tych pyłków nadaje dymowi wygląd związanej masy, chociaż cząsteczki są od siebie niezależne i przypadkowo znajdują się obok siebie. Cząsteczki gliny i inne substancje, składające się z osobnych pyłków, mogą być zawieszane w wodzie i pozostawać tak w ciągu długiego czasu nawet bez istnienia podobnego czynnika, jaki występuje w ławicy ryb, który w tym przypadku nazywa się instynktem stadnym. Im cząsteczki są mniejsze tem mniejszą jest szybkość ich spadania w cieczy; większe cząsteczki opadają na dno naczynia i tworzą pokład osadu. Stąd wniosek, że skupienie drobnych cząsteczek, rozproszonych w pewnym ośrodku, jak np. powietrze lub woda, może pozostawać bez zmiany w ciągu dłuższego okresu czasu.

Tego rodzaju przykładów możemy przytoczyć dość dużo, np. tusz indyjski, który składa się z drobnych

cząsteczek węgla, rozproszonych w wodzie. Wiele metali w stanie sproszkowanym tworzy w wodzie podobną zawiesinę. Faraday wykonał liczne doświadczenia ze złotem i srebrem.

Następną własnością zawiesiny jest tworzenie dużej powierzchni w cieczy. Powierzchnia sześcianu złota, ważącego 1 gram, zajmuje powierzchnię około $\frac{1}{6}$ cm². Jeżeli teraz gram złota rozdzielimy na milion części, wówczas całkowita powierzchnia wszystkich części, w założeniu, że każda z nich jest sześcianem, wzrasta stokrotnie; po dokonaniu następnego podziału, powierzchnia całkowita wzrośnie 10 000 razy; po następnym podziale jest ona 1 000 000 razy większa od powierzchni początkowej. Wynosi ona tyle, co powierzchnia podłogi olbrzymiego pokoju. Jeżeli ciało stałe zostanie poddane działaniu płynu, to wpływ ten zachodzi na powierzchni ciała; a więc im ta powierzchnia jest większa, tem działanie jest szybsze. Własność tę wykorzystujemy np. tłukąc cukier w herbacie, aby szybciej się rozpuścił.

Wysuwa się tu nowe zagadnienie. Wpływ cieczy na zawiesinę składa się z szeregu oddziaływań między cząsteczkami ciała stałego i cieczy. Obserwując np. kryształ cukru, rozpuszczający się w wodzie, zauważymy, że jego cząsteczki, które po odpadnięciu rozpuszczonej warstwy stały się zewnętrzną powłoką kryształu, są rozłożone mniej więcej tak, jaki układ tworzyły, znajdując się wewnątrz kryształu. Są one prawdopodobnie nieco przesunięte z dawnych miejsc, ponieważ ruchomy prąd wody uderzał w nie. Cząsteczki wody, które mają tendencję do połączenia się z cząsteczkami cukru, ostatecz-

nie rozbijają je i unoszą ze sobą. Gdy ilość cząstek cukru jest bardzo duża i jeżeli roztwór oziębia się, wówczas zachodzi zjawisko odwrotne. Siły, które spajają cząsteczki cukru, wpływają raczej na powiększanie objętości kryształu, aniżeli na jego rozpuszczanie. Zależy to od wahań i kierunku sił oporu.

Zjawisko, o którym była mowa, można zahamować przez nałożenie na powierzchnię ciała stałego warstwy innej substancji. W samym roztworze może znajdować się substancja silnie przyciągana przez cząsteczki ciała stałego, która zabezpiecza go od działania płynu. Należy zaznaczyć, że do tego celu potrzebne są niewielkie ilości substancji. Weźmy 1 gram złota tak miało sproszkowany, że powierzchnia, jaką zajmuje w cieczy, równa jest powierzchni podłogi pokoju i nałożmy warstwę jakiejś substancji o grubości jednej cząsteczki zawiesiny. Wymagana ilość substancji nie przekracza $0,01 \text{ cm}^3$ przy cząsteczkach średniej wielkości. Możemy więc sobie wyobrazić, jak mała ilość jest potrzebna do przyspieszenia lub przeszkodzenia oddziaływaniu między płynem a zawieszonym w nim, dobrze sproszkowanym ciałem stałym. Przytoczymy tu ciekawy przykład wpływu cienkiej powłoki tego rodzaju z doświadczeń na spalanie wykonanych przez Bone. Dwa gazy w stanie suchym dwutlenek węgla i tlen, zmieszane razem, łączą się ze sobą. Zjawisko to może nastąpić tak szybko, że spowoduje wybuch. O ile natomiast przepuścimy je przez rurę, zaopatrzoną w metalową siatkę, to reakcja zachodzi bardzo wolno. Jeżeli powierzchnia

siatki jest „sucha“ w potocznym znaczeniu tego słowa, to wpływ jej jest mały. Gdy jest ona jednak osuszona dokładnie, co ma zazwyczaj miejsce w laboratorium, to działanie jej jest znacznie większe. Przy osuszeniu ze szczególną starannością proces może trwać dni i tygodnie zanim wpływ ustanie zupełnie. Jasnym jest więc, że połączenie się tych dwóch gazów spowodowane jest obecnością cienkiej warstwy wody na powierzchni metalu; musi być ona nadzwyczaj cienka, skoro, jak zaznaczono, powierzchnia została dokładnie osuszona. Na świeżo oczyszczony kawałek stali działa ochraniająco azotan miedzi; jeżeli roztworem tego ostatniego pokropimy oczyszczoną powierzchnię stali, to wskutek reakcji chemicznej zjawia się plama z miedzi. Jeżeli natomiast stal pozostawimy na otwartym powietrzu przez cały dzień, wówczas nie zauważymy działania roztworu na stal. Przyczyną jest fakt, że na stali utworzyła się cienka warstwa cząsteczek wody z powietrza, która ochrania powierzchnię stali. Plam na stali nie zauważymy.

Skoro wiemy już, że obecność małych domieszek pewnych substancji w glinie może zmienić jej własności, skoro, wzięwszy przykład szczególny, glina chińska i kornwalijska, mimo podobieństwa składu, różnią się tak znacznie pod względem plastyczności, to wspomnimy tylko o innych przypadkach, w których małe ilości substancji ochronnej, zastosowane dla pewnej powierzchni, całkowicie zmieniają jej zachowanie. Dokładnie nie wiemy jednak, jakie zjawiska zachodzą w glinie. Czasami są one prostsze, niż to sobie wyobrażamy; zapytajmy np. co dzieje się

po dodaniu soli do gliny „plastycznej“ (t. j. w stanie ciastowatym). Wiemy, że cząsteczki soli rozpadną się w wodzie na dwie części: sól naelektryzowany dodatnio i chlor — ujemnie. Cząsteczki gliny są z tego powodu lekko naelektryzowane ujemnie. Dodatnie elektrony sodu zbierają naokoło siebie ujemne cząsteczki gliny, te zaś następne dodatnie i t. d., w ten sposób powiększa się objętość cząsteczek gliny i ostatecznie opadają one na dno naczynia. Wobec tego i glina, którą niesie prąd wody w rzekach, przy zetknięciu się ze słoną wodą morską opada na dno. Działanie kwasu solnego jest podobne, lecz jeszcze silniejsze. W tym przypadku dodatnimi są atomy wodoru. O ile nalejemy trochę kwasu do gliny „plastycznej“, to po jakimś czasie glina stwardnieje. Jeżeli jednak dodamy związku zasadowego np. sody kaustycznej, która również rozpada się na dwa składniki: dodatni sody i grupę OH (wodorotlenową), ujemną, wówczas grupa ta łączy się z atomem wodoru, aby utworzyć cząsteczkę wody i materiał znów staje się płynny. Są tu dodatnie atomy sody, ale ich działanie jest prawdopodobnie zbyt wolne.

Istnieje jeszcze inny rodzaj własności gliny, które przypominają podobne własności innych materiałów. Gлина podczas osuszania kurczy się. Przy dodaniu pewnej ilości wody glina wchłonie ją i napęcznieje. Podobne zjawisko zachodzi w żelatynie. Piasek, zmieszany z wodą, daje się formować, jak glina i staje się do pewnego stopnia plastyczny. Jeżeli natomiast piasek wysuszymy, to rozsypie się on na proszek. Gлина zachowuje się więc, jak żelatyna. Żelatyna i podobne substancje posiadają własność „ści-

kania“, o ile nawet ilość jej jest stosunkowo mała w porównaniu z ilością płynu, w którym jest rozpuszczona. Wystarczy 2% roztwór, aby woda zamieniła się w ciało stałe. Mydło z oleju rycynowego jest sztywną galaretą w zgęszczeniu 1%, o ile znajduje się tam pewna ilość związku zasadowego. Własności galarety są bardzo osobliwe. Charakterystyczną jest łatwość zmiany kształtu oraz słaba budowa wewnętrzna. Przypuszczalnie galareta składa się z długich włókien lub może z długich cząsteczek, połączonych ze sobą w sposób nieregularny. Są tam oczywiście pewne puste miejsca, w których poruszają się atomy lub cząsteczki, co, jak stwierdzono, zachodzi w rzeczywistości. Przytoczymy tu znane doświadczenie. Rurka jest do połowy wypełniona galaretą, na którą wlewa się płyn, składający się z drobnych cząsteczek, O ile te cząsteczki nie są zbyt wielkie, to przenikną one do galarety, w przeciwnym razie galareta zostanie czysta (tabl. XXXV, *b*). Np. cząsteczki siarczanu miedzi przenikają do galarety z nalanego na nią roztworu, natomiast cząsteczki żelaza, zawieszony w wodzie, nie przenikają. Jeżeli teraz osuszymy galaretę, t. j. usuniemy wodę z porów i wyobrazimy sobie, że długie cząsteczki lub włókna ułożą się w kształcie maty, to są one gotowe znów otworzyć pory skoro nalejemy wody. Gлина zachowuje się w podobny sposób. Czy jednak glina składa się z włókien lub czegoś podobnego? Dotychczas na to pytanie nie można dać dokładnej odpowiedzi. I znów musimy stwierdzić, jak mało wiemy o cząsteczce gliny i o oddziaływaniu na nią wody. Jest rzeczą możliwą, że grudka gliny jest kryształem lub zbiorem kryształów otoczonych

powłoką, podobną do galarety. Powłoka ta, być może, składa się z atomów, spotykanych w glinie oraz atomów, znajdujących się w wodzie; a może głównie w wodzie istnieje rozłożenie cząsteczek takie, że są one utrzymywane przez siły, przynależne do cząsteczek gliny.

Glina ogrzana do temperatury 400° — 600° traci własność pochłaniania wody i plastyczność; przy 600° cząsteczka gliny rozpada się i powstaje nowa substancja. Cząsteczka najpierw prawdopodobnie rozpada się na tlenki glinu (Al_2O_3) i krzemu (SiO_2). Reakcja ta może być zbadana zapomocą promieni X. Dodanie wody nie uczyni z tych substancyj ponownie gliny. Powstała nowa budowa krystaliczna, prawdopodobnie polegająca na kombinacji 1 cząsteczki tlenku glinu i 2 cząsteczek dwutlenku krzemu; cząsteczki wody w glinie znikły. W wysokiej temperaturze zachodzi dalsza reakcja: tworzy się kryształ, składający się z trzech cząsteczek tlenku glinu i dwóch cząsteczek dwutlenku krzemu (tabl. XXXV, a).

Zmiany, zachodzące w budowie krystalicznej cząsteczek i ich układzie, mają ogromny wpływ na własności danej substancji. Można słusznie powiedzieć, że zmiana taka powoduje przekształcenie jednej substancji w inną. Jest rzeczą nader ciekawą zbadanie własności wyrobów z gliny chińskiej w zależności od jej budowy, do czego bardzo dopomagają prześwietlenia promieniami Röntgena.

Jeżeli zastanowimy się nad tem, że te ważne zmiany w budowie krystalicznej zachodzą stopniowo podczas wypalania w piecu, że zależą one od układu

cząstek i składu materiałów, z których są wykonane przedmioty, ponieważ różne substancje będą się topiły, płynęły lub zmieniały w różnych temperaturach i w różnym stopniu, że kształt naczyń i sposób umieszczenia go w piecu oraz rozdział ciepła w piecu wpłynie na wynik, to możemy sobie wyrobić pojęcie, jak skomplikowanym jest przemysł ceramiczny. Gdybyśmy tylko mogli dowiedzieć się więcej o istotnym kształcie, budowie i własnościach cząsteczki gliny, od której zależy cała sztuka ceramiczna — wówczas moglibyśmy zrozumieć lepiej tajemnice, które niejednokrotnie niweczą lub utrudniają pracę.

Możemy jednak spodziewać się rozwoju tej wiedzy, jak to miało miejsce i w innych podobnych przypadkach, ponieważ wielu ludzi poświęca się badaniom w tym kierunku.

Niniejszy opis stanowi jedynie krótki szkic zagadnień z dziedziny ceramiki. Podamy tu jeszcze wyjaśnienie zjawiska połysku, tak bardzo ważnego ze względu na piękno wyrobów. Zbadanie tego zjawiska, podobnie jak i obmyślenie sposobu produkcji, było przedmiotem żmudnych poszukiwań. Ma ono swoją własną historję i jest wiedzą bardzo interesującą.

Ponieważ rozważania na ten temat byłyby zbyt obszerne, przeto należy zwrócić uwagę tylko na rzeczy najważniejsze. Wszyscy zachwycamy się wspaniałymi barwami polewy. Otrzymuje się je przez rozpuszczenie metali w glazurze, co daje wiele ciekawych efektów, z których jednym jest intensywne zabarwienie przedmiotu. Drobnosproszkowane

złoto, jako zawieszina w wodzie, daje piękny kolor czerwony, i dotychczas w Instytucie Królewskim w Londynie jest kilka preparatów Faraday'a, które zachowały tę barwę; złoto tworzy w tym przypadku zawieszinę.

Zabarwienie zmienia się, zależnie od wymiarów cząsteczek, a przez znaczne zgęszczenie można otrzymać kolor niebieski, podobnie jak to ma miejsce w intensywnej barwie perły lub błękitie nieba. Na zabarwienie wpływa również rezonans cząsteczkowy, o czym mówiliśmy w farbiarstwie.

Zupełnie przypadkowo odkryto, że w ten sposób można barwić szkło i emalje. W średniowieczu utrzymywano zazdrośnie w tajemnicy przepisy wykonania. Pierwszy Cassius w swej książce o złocie w 1685 r. opisał metodę przygotowania substancji, która, zmieszana ze szkliwem i wypalona, daje barwę rubinową. Substancja ta, zwana przez Cassiusa purpurą, jest mieszaniną złota i tlenku cyny. Prawdopodobnie składa się ona z bardzo drobnych cząsteczek, może nawet atomów złota, otoczonych ochronną powłoką tlenku cyny. Podczas wypalania złoto zbiera się w małe kulki, dzięki którym otrzymuje się zabarwienie. W ten sam sposób wyrabia się kolor czerwony, znany pod nazwą Rose du Barry, oraz inne odcienie brązowe i rdzawe. Zamiast złota używamy chromu i otrzymujemy kolor rdzawy, miedź natomiast daje słynny kolor czerwony, znany pod nazwą krwawego; jest to najbardziej ceniony kolor czerwony na chińskich wazach. Rubiny zawdzięczają swój kolor obecności bardzo drobnych pyłków chromu.



(a) Płyty gliniane z miasta Ur. Na dużej tablicy, pochodzącej z warsztatu przw świątyni, znajduje się spis tkaczek, pracujących w ciągu miesiąca, oraz ilość wykonanej tkaniny. Płyta u góry po prawej stronie przedstawia ilość wełny, otrzymanej z jednej owcy.
(Z Muzeum Brytyjskiego, oraz Muzeum Uniwersyteckiego w Pensylwanji).



(b) (Na lewo). Talerz z ozdobami kwiatowymi w kolorach czerwonym, niebieskim i zielonym. Glazura krzemionkowa. (c) (Na prawo). Czerwony talerz kamienny, ozdobiony rysunkiem „pelikan z młodem”; na brzegach maski i medaljony brązowe na podkładzie złotym. Anglja (Staffordshire). Wykonał Ralph Simpson około 1670—1680. (Muzcum Wiktorji i Alberta).



(a) Sześciokątny biały imbryk kamienny glazurowany z napisem: „Porto Bello taken by Ad Vernon, Fort Charge”, uwieczniający zwyciężenie Porto Bello przez Admirała Vernon „with six ships only” (tylko sześcioma okrętami) 22 listopada 1739 r. Anglja (Staffordshire). około 1739 r.



(b) Dzban. Ateny, połowa V wieku przed Chr. Rysunki czerwone na czarnym tle.



(c) Waza z pokrywką, wykonana z porcelany z barwnymi malowidłami i złoceńiami. Z kształtu widzimy wpływy wschodu. Anglja. (Worcester). Około 1770 r.



(a) Waza z gliny Tz'u-Chou z ozdobami wyciętymi w cienno brązowej glazurze. Z czasów chińskiej dynastji Sung (960—1279).



(b) Afrykańczycy podczas udeptywania gliny dla nadania jej jednolitego składu i uwolnienia od pęcherzyków powietrza.



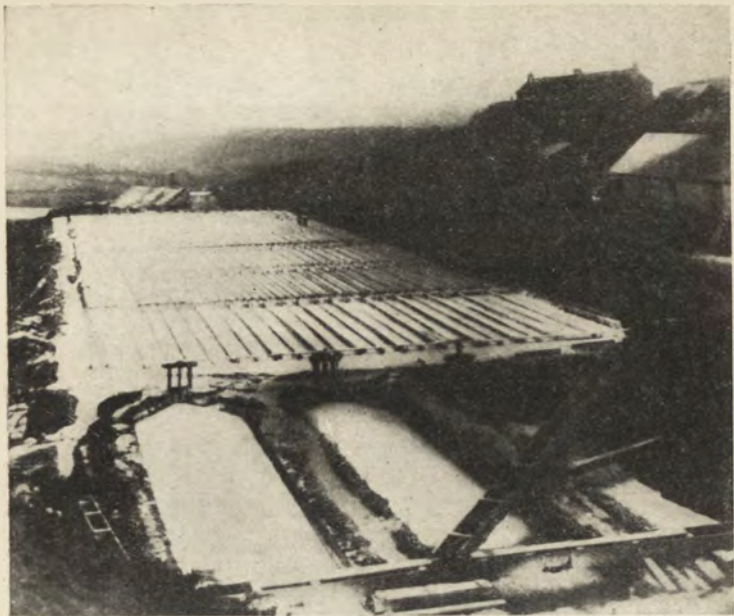
(c) Proces analogiczny w fabryce wyrobów ceramicznych, zwany „klinowaniem”.



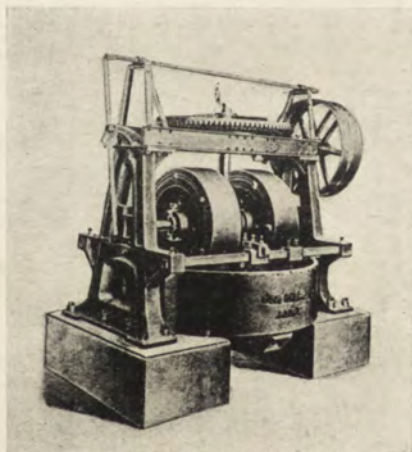
(a) Zmywanie gliny w kopalni.



(b) Zbieranie krzemienia na brzegu morza kolo Boulogne



(a) Osadniki.



(b) Młynek do mielenia gliny.

<http://rcin.org.pl/ifis>



(a) (Na lewo). „Geś”. Glina jest dobrze zmieszana, budowa jest jednostajna i wolna od pęcherzyków powietrza. Tylko pod temi warunkami może być ona zabezpieczona od pęknięć podczas wypalania, ponieważ, jak wiemy, glina kurczy się przy tym procesie. Gdyby w budowie cząsteczkowej gliny były nierówności, wówczas kurczenie się jej w różnych miejscach byłoby niejednakowe i natychmiast wystąpiłyby pęknięcia.
 (b) (Na prawo). Formowanie talerza stołowego na t. zw. „kole garncarskim”.



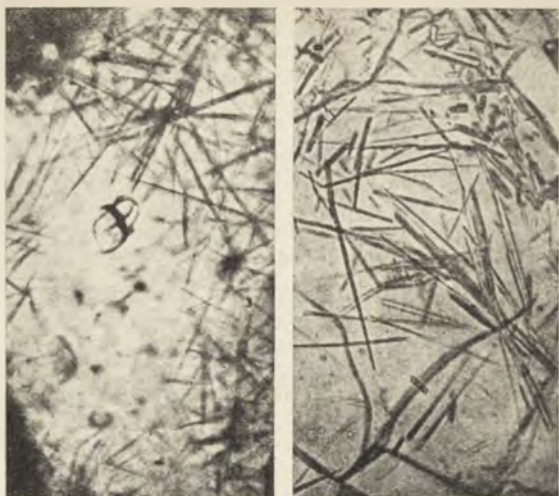
(c) Przez otwór widzimy wnętrze pieca do wypalania. Robotnicy wkładają garnki i talerze do naczyń (kamiennych i czerwonych). Robotnicy wewnątrz pieca ustawiają w stopy naczynia na odpowiednie miejsca.



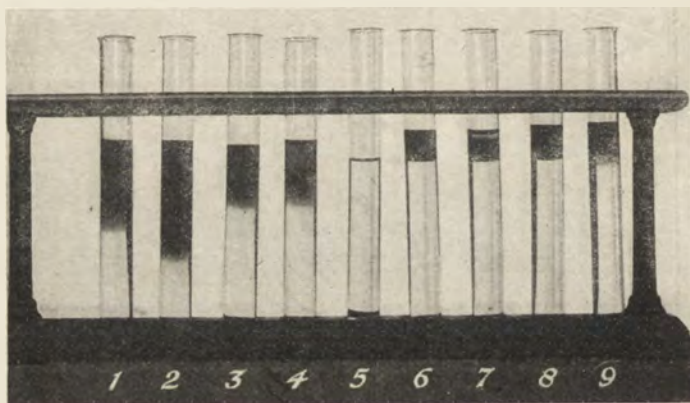
(a) Stozki Segera. Są one wykonane z gliny o różnym składzie i uszeregowane tak, że zaczynają topnieć przy różnych stopniach nagrzania. Trzy środkowe stozki były już w piecu: stozek na lewo zaczął mięknąć, środkowy zgiął się, prawy upadł. Ze stanu tych trzech stozków wynioskowano, że wypalenie naczyń, znajdujących się w piecu było dostateczne. Dwa stozki znajdujące się po bokach nie były w piecu.



(b) (Na lewo). Zanurzanie. Talerz po wypaleniu pokrywa się cieniutką warstwą gliny plastycznej, która po powtórnej wypaleniu tworzy rodzaj emalii. Robotnik używa dwóch kadzi; w jednej z nich glina polewy jest bardziej gęsta niż w drugiej. Talerze niejednakowo wchłaniają materiał, przeto robotnik winien mieć dużą wprawę, aby mógł ocenić z wyglądu przedmiotu stopień nasycenia polewą.
(c) (Na prawo). Nalewanie gliny plastycznej do formy.



(a) Mikrofotografie wypalonego przedmiotu z gliny chińskiej. Widzimy twarde kryształy, podobne do igielek.



(b) Probówki wypełnione żelatyną. Do pierwszych czterech nalano substancji „kryształoidalnej”, a mianowicie

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. Kwasu pikrynowego. | 3. Chlorku żelaza. |
| 2. Dwuchromianu potasu. | 4. Siarczynu miedzi. |

Cząsteczki tych substancji poruszają się samodzielnie i mogą przenikać przez przestrzenie międzycząsteczkowe żelatyny, dzięki czemu substancja przesuwa się ku dołowi. W piątej probówce znajduje się tylko żelatyna. Dalsze probówki po prawej stronie zawierają:

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 6. Roztwór błękitu pruskiego. | 8. Srebro kolloidalne. |
| 7. Wodorotlenek żelaza. | 9. Czerwień kongo. |

Cząsteczki tych substancji skupiły się u góry i, chociaż są one bardzo małe, nie mogą

Ilość metalu, potrzebna dla otrzymania barwy, jest bardzo mała, np. 1 część złota na 100 000 części szkła daje piękny kolor czerwonej róży.

Na zakończenie dodam, że w tym krótkim opisie starałem się dać obraz zawiłości sztuki ceramicznej, która w ostatnich czasach wszystkich zaciekawia. Nowa wiedza i nowe oświetlenie zagadnień będzie niewątpliwie wynikiem opisanych wyżej prac badawczych.

ROZDZIAŁ VI

GÓRNICTWO

ZPOMIĘDZY rozpatrzonych dotychczas rzemiosł historia górnictwa przypomina nam najbardziej historję żeglarstwa. Górnik nie jest bowiem rzemieślnikiem, wykonywującym miecze, naczynia, tkaniny. Praca jego polega na wydobywaniu z ziemi surowców, z których jedne są odrazu gotowe do użycia, inne dopiero po odpowiedniej obróbce. Gdy wchodzi on do dźwigu, który ma go zwieźć do szybu, jest podobny do żeglarza, wsiadającego na okręt, gotowy do podróży; liczy on na zapłatę po powrocie za trud i niebezpieczeństwa, jakie mu zagrażają. Z chwilą wejścia do szybu jest on ustawicznie narażony na wypadek; nie bez słuszności mówi się przeto o „szczęśliwych“ szybach, gdzie jest najmniej katastrof. W słynnej książce *De Re Metallica* („O metalurgji“), napisanej w połowie 16 w. Agricola mówi o wypadkach i niebezpieczeństwach życia górnika: — o bardzo zimnej wodzie, szkodliwej dla nerwów, o kurzu, wywołującym w organizmie ludzkim astmę i suchoty, o rudach, zawierających kobalt arsenikowy, który powoduje rany i wrzody, wżerające się do kości, o gazach trujących i osypiskach, oraz opisuje nieszczęśliwe wydarzenia w kopalniach; wspomina

o zjawach o dzikim wyglądzie, które mogą być odegnane tylko zapomocą modlitw i postów. Z tych ostatnich wierzeń powstała nazwa „kobalt“, która prawdopodobnie związana była ze słowem „kobbold“ oznaczającym podziemnego karła, spotykanego w wielu opowieściach i obrazach niemieckich.

Istnieje jeszcze drugie podobieństwo między zawodem żeglarza i górnika. I jeden i drugi stale posiłkują się zdobyczami nauki, która pomaga im przewyćczać trudności i dzięki temu wzbogacają wzajemnie wiedzę, kładąc fundament pod wielki rozwój nauki. To drugie podobieństwo wynika z pierwszego. Astronomja i przyrządy astronomiczne, zegary, teleskopy i t. p., teoria magnetyczna, prawa ruchu cieczy, linje okrętowe — i wiele innych zagadnień badano z powodu wymagań żeglarstwa i konieczności przewyćzania trudności na morzach. Przyczyny rozwoju górnictwa były te same, a nawet może ono bardziej od żeglarstwa liczyć na korzyści, płynące z nauki i przemysłu światowego. Maszyna parowa została wynaleziona dla pokonania zatapania kopalń; badano prawa gazów, aby pomóc górnikom w walce z trującymi wyziewami; wynaleziono lampy ochronne, aby oświetlić mu miejsca niebezpieczne; kolejki i dźwigi zaczęły przedewszystkiem służyć górnictwu.

Rzeczywiście, jeżeli pomyślimy o badaczu, poszukującym pod ziemią minerałów, a zazwyczaj jakiegoś szczególnego minerału, to musimy najpierw zgłębić stopniowo historję nauki, dotyczącej charakterystyki miejsc, w których poszukiwania jego zostały uwieńczone pomyślnym skutkiem. Kruszcze nie są

rozsiane dowolnie, lecz zgromadzone w postaci pokładów w ziemi. Węgiel np. znajduje się głównie pod pewnemi pokładami skał o wyraźnie zaznaczonym układzie i posiadającemi skamieniałości. Pokłady innych kruszców nie łączą się z węglem. Geologia jest bardzo pomocną w poszukiwaniach kruszców, czemu sama zresztą zawdzięcza swój rozwój. Opisy wykopów, wycięć skał i wierceń szybów stanowią rozległą gałąź literatury geologicznej. Flora na powierzchni ziemi, zależna, jak wiemy, od rodzaju gleby, ułatwia również wykrycie minerałów. Kasztany, janowiec i wrzos rosną na glebie, zawierającej krzemionkę; bukszpan i gorczyca — tam gdzie jest kreda; niektóre rośliny lubią piasek, inne glinę. Istnieje pewien gatunek fiołków, które rosną najlepiej na glebie, zawierającej cynk; w Queensland istnieje pewna roślina, która obficie zjawia się w miejscach, gdzie można znaleźć miedź. W okolicach kopalń zdarza się często, że obecność pewnych kruszców pod powierzchnią wskazuje roślinność, związana z największą odpowiednią dla niej ilością kruszcu w glebie, lub też wydzielaniem się ciepła albo wilgoci. Agricola radzi górnikom zwracać uwagę na szron, który „wybiela całą roślinność z wyjątkiem tej grupy roślin, które rosną nad żyłą kruszcu“. Pisał on szczególnie o kopalniach metali, nie wspominając o węglu, który wówczas nie był cenionym na kontynencie. Książka Agricoli wydana w 1556 r. jest bardzo zajmująca, ponieważ traktuje o współczesnym autorowi górnictwie w Europie. Łatwiej jest wyrobić sobie pojęcie o zasadniczych czynnościach kopalnianych z opisów i rysunków, zamieszczonych

w dziele Agricoli, aniżeli z obrazów nowoczesnych maszyn.

Liczne ryciny są nadzwyczaj jasne i przejrzyste; autor ma interesujący sposób otaczania ich rysunkami maszyn lub poszczególnych czynności oraz waż-



Fig. 44. — Przedwstępne prace górnika. Dwaj ludzie poszukują kruszcu zapomocą różdżek czarodziejskich. Inni kopią ziemię. Dwaj ludzie po lewej stronie omawiają plan działania.

niejszych narzędzi, które są rozrzucone na ziemi. Nie zwraca on uwagi na perspektywę, o ile zachowanie

jej przeszkadzałoby przejrzystości rysunku. Na fig. 44 widzimy przedwstępne czynności górnika, a więc wykopany dół i ludzi z różdkami czarodziejskimi, skrzętnie poszukujących żył metalowych. Agricola sam nie wierzy w różdkę czarodziejską; opisuje on tylko to, co widział. W bardzo jasnym rozważaniu, które mogłoby być równie dobrze napisane dzisiaj, mówi on o teorii stosowania różdżki i przychodzi do wniosku, że byłoby lepiej, gdyby górnik odrzucił ten sposób.

We wszystkich poszukiwaniach górnik może oprzeć się jedynie na powyższych wskazaniach. Może się zdarzyć, że uda mu się zrobić odkrycie dzięki znalezionym odłamkom kruszcu z głównej żyły, lecz w pracach, przeprowadzanych na wielką skalę, wymagane są bardziej przekonujące zasady poszukiwań, opracowane przez wytrawnych geologów i mineralogów. I to właśnie było przyczyną, że geologia rozwinęła się dzięki studjowaniu zagadnień z dziedziny górnictwa.

Dopóty, dopóki kopalnia stanowi otwarty kamieniołom — czynności są proste; lecz jeżeli górnik zagłębia się pod ziemię, wówczas powstają szczególne trudności. Korytarze znajdują się pod powierzchnią ziemi, wskutek czego zbiera się w nich woda. Może się zdarzyć, że woda wsiąka przez pokłady, położone nad korytarzem, lub wlewa się przez podziemne strumienie poprzeczne, przecięte podczas wykopywania szybu lub korytarza. Odwadnianie kopalń jest rzeczą bardzo poważną. Znów odwołamy się do rysunków z książki Agricoli, i zbadamy, jak podówczas rozwiązano to zagadnienie. Rycina przedstawia

ogólny sposób postępowania w bardziej rozwiniętych okręgach górniczych w Europie. Anglja w owym czasie nie była w górnictwie krajem



Fig. 45. — Wydobywanie wody zapomocą kublów, zawieszonych na łańcuchu, poruszającym przez kołowrót. Na pierwszym planie widzimy jednego człowieka, niosącego świeży kubel i drugiego, który wbija skobel (*F* lub *G*) w beczkę (*B*).

przodującym. Kopalnie angielskie stanowiły zaledwie niewielkie otwarte rowy. Anglja objęła kierownictwo w rozwoju przemysłu górniczego znacznie

później. Na fig. 45 widzimy sposób odwodniania kopalń zapomocą kubła i łańcucha, obsługiwanych przez dwóch ludzi, poruszających kołowrót. U góry widzimy kubły, opróżniające się z wody oraz rozłożone przyrządy. Zdaje się, że na rysunku jest błąd, a mianowicie ludzie kręcą koło w złą stronę, jednak zasada jest zrozumiała. Jeżeli można było wykorzystać siłę wody, wówczas koło wodne zastępowało kołowrót.

Jasnym jest, że wydostawanie w ten sposób wody z głębokiej kopalni było pracą bardzo ciężką. W angielskich kopalniach węgla nie było tej trudności, lub można było ją łatwo pokonać, ponieważ węgiel leżał tuż pod powierzchnią ziemi. Najpierw wydostawano węgiel z wybrzeży Northumberland, gdy odkrywka pod morzem została zmyta przez fale; dlatego też nazywano go węglem morskim, prawdopodobnie dla odróżnienia od węgla drzewnego. Potem dopiero zaczęto węgiel wykopywać z ziemi z otwartych żył lub miejsc, gdzie praca nie była zresztą zbyt trudna. Ułatwiał to niejednokrotnie naturalny odpływ wody. Na fig. 46 widzimy w p. A, jak prosto w danym przypadku da się skutecznie wydobywać węgiel. Jeżeli natomiast odkrywka znajduje się w miejscu wyższym, np. w B, wówczas niezbędnym będzie zastosowanie innego urządzenia. Można przeprowadzić długi kanał lub sztolnię na niższym poziomie, poczynając od sąsiedniej doliny, a następnie opuścić szyb z góry aż do spotkania z żyłą węglową. Sztolni nadaje się niewielki spadek, dzięki czemu woda z szybu roboczego zostaje usunięta pod wpływem własnego ciężaru. Sztolnie są waz-

kie, czasami tylko pół metrowe, długość ich może dochodzić do 3 km, wobec czego koszty budowy są dość duże. Oczywiście metoda ta może być stosowana tam, gdzie głębokie doliny przecinają żyły węglowe, jak np. w Forest of Dene Pennant w południowej

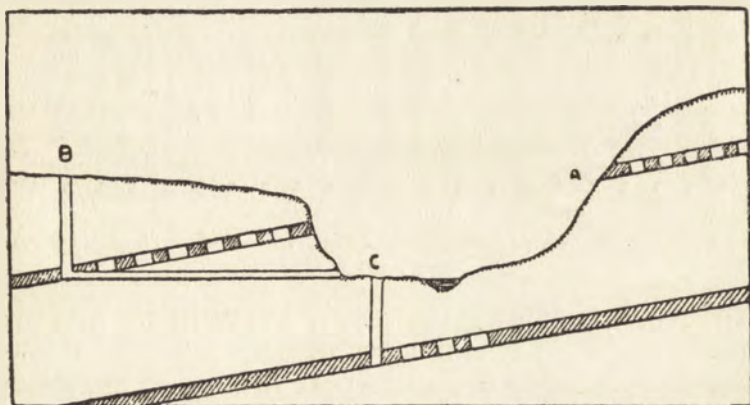


Fig. 46. — (Z „Galloway’a „Annals of Coal Mining“ [Rocznika Górniczego], str. 74).

Walji. W tych miejscach szyby i sztolnie były obecnie wiercone tak głęboko, że trzeba było porzucić tę metodę jako zbyt uciążliwą i kosztowną. We wszystkich okręgach węglowych woda winna być podnoszona sposobem mechanicznym. Rysunek z książki Agricoli wskazuje, że w jego kraju i w jego czasach sposoby takie były właściwie stosowane, a nawet były one używane i potem. Kierat, przedstawiony na fig. 47, jest wynalazkiem późniejszym; był on szeroko rozpowszechniony w końcu 17 w. Jednakże w tym czasie wzrosły trudności odwadniania i żaden

ze znanych sposobów nie był w stanie ich zwalczyć, ponieważ nawet konie nie mogły dostarczyć potrzebnej siły. Z powodu trudności odwadniania kopalnie

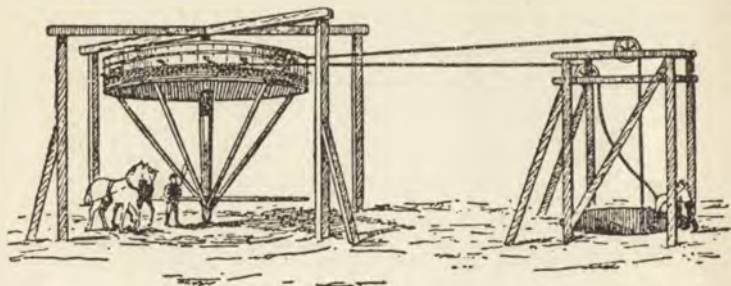


Fig. 47. — Kierat. (Przerysowane z Galloway'a „Annals of Coal Mining“, str. 178).

porzucono, chociaż pracowały korzystnie. Zagadnienie stało się wielkim problemem przemysłu ówczesnego, a wielu uczonych pracowało nad znalezieniem rozwiązania.

Właśnie w tym okresie, t. j. w drugiej połowie 17 w., zaczęto badać atmosferę i ciśnienie atmosferyczne. Torricelli na początku 17 w. wykazał za pomocą barometru, że ciśnienie powietrza może utrzymać słup rtęci wysokości około 76 cm. W połowie 17 w. Pascal wykonał swoje słynne doświadczenie, stwierdzające różnicę między ciśnieniem na wierzchołku góry Puy de Dome w Auvergne i u jej podnóża. Różnica ta wynosiła 76 cm wysokości słupa rtęci, co wywołało zachwyt i zdziwienie. Znikło dawne mniemanie, że „przyroda nie znosi próżni“, i zostało zastąpione przez poznanie faktu, że powietrze wywiera ciśnienie, co, jak wiemy, jest przyczy-

ną najrozmaitszych zjawisk, które przysparzały wiele kłopotów filozofom. Jednocześnie powstało zagadnienie, które oczarowało ówczesnych uczonych. Prawie wszystkie doświadczenia w Europie były wykonane dla jego wyjaśnienia. Guericke z Magdeburga zbudował kulę z miedzi, którą połączył z pompą; kulę wypełnił wodą i zamknął szczelnie z wyjątkiem miejsca, do którego była przymocowana pompa. Z początku tłok poruszał się łatwo, po jakimś czasie dwaj ludzie poruszali go z trudnością, gdy wtem z głośnym hukiem ku przerażeniu wszystkich kula rozpadła się. Uczynił on również większą parę półkul, których nawet zaprzęg koni nie mógł rozdzielić po usunięciu z nich powietrza.

W Anglii to nowe zagadnienie również spotkało się z żywym zainteresowaniem. Pepys opowiada w swym Dzienniku (7 luty 1663), że w Whitehall spotkał króla, który „śmiał się z Gresham College“ (nazwa ta oznacza T-wo Królewskie) „że spędza czas na ważeniu powietrza“. Hooke, jeden z założycieli Royal Society (T-wa Królewskiego) zajmował się tą sprawą, jak również Robert Boyle, który pierwszy wykazał ścisłą zależność między ciśnieniem i objętością gazu. Prawu, ustalającemu tę zależność, nadano nazwę prawa Boyle'a.

Można było przewidzieć, że prędzej czy później nowe odkrycia znajdą zastosowanie do podnoszenia wody. Jednym z pierwszych był Savery, który obmyślił bardzo prosty sposób. Zasadę działania jego przyrządu wyjaśnia fig. 48. Przypuśćmy, że zbiornik A został wypełniony parą bezpośrednio lub za pomocą gotowania w nim wody. Założmy dalej, że

rurka P łączy go z naczyniem, napełnionem wodą, znajdującem się na niższym poziomie i przypuśćmy, że para w A zostaje skroplona przez oziębienie naczynia. W zbiorniku A utworzy się próżnia, a ciśnienie powietrza na powierzchni wody podniesie wodę w rurce. Przez zamknięcie kurka T woda zostaje zatrzymana w zbiorniku A. Doświadczenie to można powtórzyć, opróżniając uprzednio naczynie. Savery 25 lipca 1698 r. opatentował swój wynalazek, który nazwał „sposobem podnoszenia wody zapomocą siły ognia“.

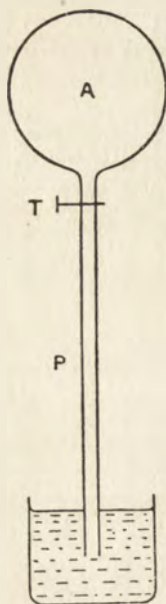


Fig. 48. — Zasada działania przyrządu do podnoszenia wody, zbudowanego przez Savery'ego.

Przy najsprawniejszem działaniu przyrządu woda w rurce nie może podnieść się wyżej, niż na to pozwala ciśnienie atmosferyczne, t. j. na wysokość około 10 metrów. Przyrząd Savery, jako zbudowany na powyższej zasadzie, był podobnie ograniczony w swem działaniu. Savery usiłował podnieść wodę nieco wyżej, wyzyskując ciśnienie pary, nie mógł jednakże osiągnąć dodatnich wyników, ponieważ nie rozporządzał dostatecznie silnym kotłem parowym. Użyteczne wzniesienie wody zapomocą

pompy Savery wynosiło tylko 5 m.

Użycie pomp Savery'ego do wyciągania wody z kopalń, o głębokości nieraz kilkudziesięciu metrów, wymagało umieszczenia kilku pomp na różnych po-

ziomach, przyczem woda była podnoszona za pośrednictwem pompy, znajdującej się na niższym poziomie, na poziom wyższy do następnej pompy i t. d. Z tego powodu maszyny te nigdy nie były używane do celów, dla jakich je wynaleziono. Nietylko były one kosztowne i uciążliwe w zastosowaniu, lecz były również niebezpieczne, ponieważ ogień, używany do podgrzewania wody w kotle parowym, mógł zapalić palne gazy w kopalni.

W tym samym czasie, gdy Savery usiłował rozwiązać zagadnienie odwodnienia kopalń w sposób wyżej opisany, niezależnie od niego pracowali nad tym samym problemem Thomas Newcomen z Dartmouth przy pomocy John'a Cowley. Budowa jego przyrządu opiera się na tej samej zasadzie, jednak zastosowanej w nieco odmienny sposób. Widok robotnika, pompującego ręcznie wodę, podsunął wynalazcy myśl zastąpienia człowieka przez maszynę, która wprawiałaby rączkę pompy w ruch do góry i na dół. Newcomen postanowił wykorzystać zasadę skroplenia pary dla osiągnięcia próżni, którą dzięki ciśnieniu powietrze będzie usiłowało wypełnić; pod tym względem był on na tej samej drodze, co Savery. Nie wiemy dokładnie, skąd ta myśl dotarła do Newcomena, ale niewątpliwie śledził on toczącą się wówczas dyskusję o atmosferze. Wiadomem jest, że korespondował on z Hooke'iem i rzeczywiście w sprawozdaniach T-wa Królewskiego znajduje się zbiór artykułów o ciśnieniu powietrza i gazów, które Hooke napisał na prośbę Newcomen'a.

Nikt nie może stwierdzić, że artykuły te były pi-

sane wcześniej, niż przed stuleciem. Opisał je Robinson w *Encyklopaedia Britannica* (Encyklopedia Brytyjska) z 1797 r. a ponownie w *Mechanical Philosophy* (Filozofja Mechaniki), tom 11, str. 57. Hooke mógł donieść Newcomenowi o doświadczeniach francuskiego uczonego Papina, który był członkiem T-wa Królewskiego w Londynie i pisał sprawozdania o metodach przenoszenia energii na odległość za pomocą rury, w której wytworzono częściowo próżnię. Na obydwóch końcach rury znajdował się

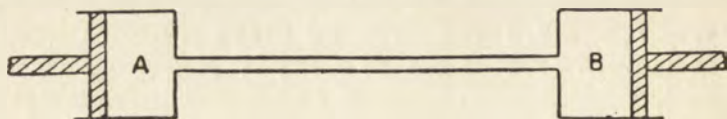


Fig. 49.

cylinder z tłokiem. Po wyciągnięciu tłoka A z cylindra ciśnienie powietrza malało, co powodowało wciągnięcie tłoka B. Hooke dowodził, że byłby to praktycznie bezskuteczny sposób przesyłania energii. Robinson przytacza z prac Hooke'a następujący ustęp: „Gdyby Papin mógł wytworzyć pomyślnie próżnię pod drugim tłokiem, zadanie byłoby rozwiązane“. Ponieważ cytata jest w cudzysłowie, jest przeto prawdopodobnym, że Robinson znał ten artykuł lub zaczerpnął od kogoś, kto go czytał. W podanym wyjątku jest wyrażona wątpliwość, że za pomocą metody Papina w cylindrze B nie wytworzy się zupełnej próżni lub wytworzy się ją niedostatecznie szybko. Robinson wiedział, co było już zresztą powszechnie znanem, jak wielką siłę wywiera ciśnienie atmosferyczne na tłok, o ile w cylindrze B by-

łaby próżnia i że osiągnąć to można przez wypełnienie cylindra parą i skroplenie jej. Wielkość tej siły możemy zobrazować zapomocą prostego doświadczenia; (tabl. XXXVI, *b*).

Fig. 50 przedstawia zasadę działania przyrządu Newcomena, a fig. 51 jeden z najwcześniejszych przyrządów przez niego zbudowanych. Człowiek i rączka pompy zostały zastąpione cylindrem, którego tłok porusza się w górę i na dół, a koniec pręta tłokowego jest połączony z rączką, stanowiącą dość silną belkę. Do cylindra pod tłok doprowadza się parę, której ciśnienie wystarcza do pokonania ciśnienia atmosferycznego; jednocześnie pręt tłoka opuszcza się. Para w cylindrze zostaje skroplona przez doprowadzenie strumienia zimnej wody; ciśnienie powietrza wpycha tłok wdół, dzięki czemu pręt pompy podnosi się.

Widzimy, że zastosowanie opisanej metody wprowadziło dużą zmianę w użyciu pompy. Maszyna jest umieszczona na powierzchni, a wobec tego, że drąg pompy może być dowolnie długi, nie potrzeba używać kotła i ognia wewnątrz kopalni. Głębokość szybu może przekraczać 90 metrów przy odpowiednim doborze powierzchni cylindra parowego i powierzchni cylindra pompy. Jeżeli np. średnica cylindra wynosi 50 cm jak np. na najwcześniejszym znanym rysunku pompy Newcomena, jednej z pierwszych przez niego zbudowanych, i o ile średnica pompy samej powierzchni ma 20 cm (niema danych na rysunku), to powierzchnia cylindra wypełnionego parą jest 9 razy większa od powierzchni pompy, a wobec tego ciśnienie na tłok, wynoszą-

ce ok. 10 m wysokości słupa wody (ciśnienie atmosferyczne) może utrzymać słup wody w pompie o wysokości $9 \times 10 = 90$ m. Można więc wykonać szyb o dowolnej głębokości, lecz oczywiście im wyż-

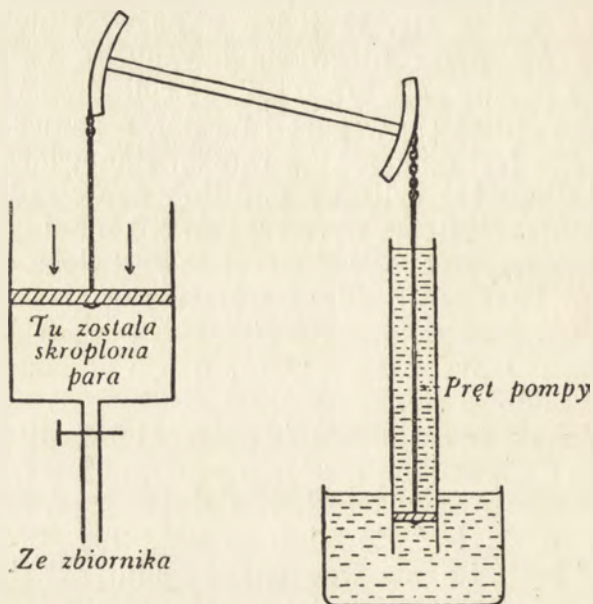


Fig. 50. — Zasada działania maszyny do podnoszenia wody, zbudowanej przez Newcomena.

sza jest wysokość podnoszenia, tem mniejsza ilość podniesionej wody. Często całkowitą głębokość szybu dzieli się na kilka części, stosując oddzielne serje pomp. Maszyna, przedstawiona na fig. 51 została zbudowana koło szybu węglowego w Warwickshire w 1712 r. i wykonywała 10 ruchów na minutę, podnosząc za każdym razem około 400 litrów wody na

wysokość 45 m. Maszyny Newcomena zyskały odrazu powodzenie i więcej niż przez pół wieku stanowi-

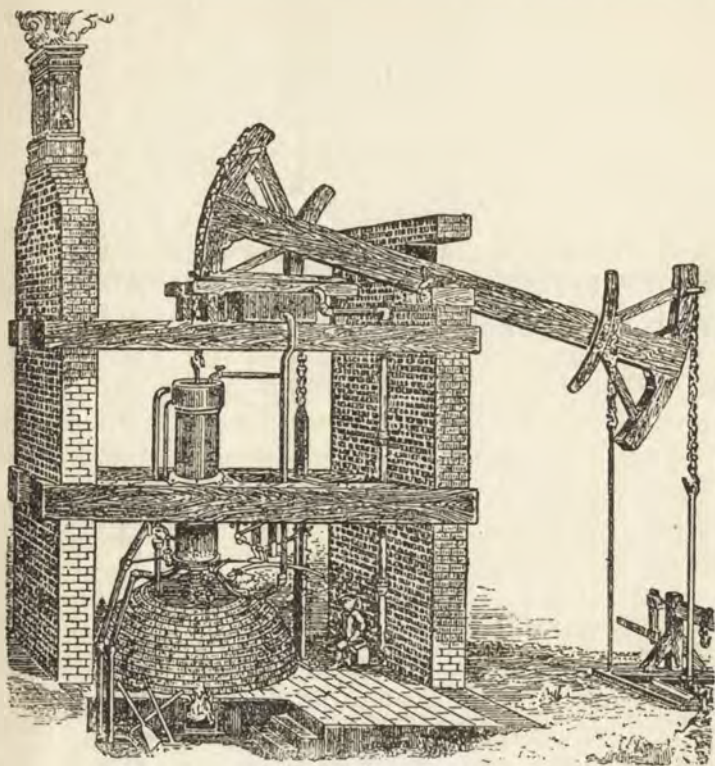


Fig. 51. — Maszyna Newcomena (prawdopodobnie druga z kolei przez niego zbudowana), ustawiona w kopalni Griff w Wawickshire. (Z *Galloway'a „Annals of Coal Mining“*, str. 241).

ły jedyne maszyny parowe, ogólnie używane do najrozmaitszych celów.

Najważniejszą zasługą Newcomena było bezpo-

średnie zastosowanie wiedzy o własnościach powietrza i gazów do naglącego zadania praktycznego. Ani Torricelli, ani Pascal, ani Papin, ani Hooke i Boyle nie stosowali tej wiedzy praktycznie, gdyż większość uczonych nie stykała się z przemysłem. Savery, Newcomen i inni zdawali sobie sprawę, że zagadnienie odwodnienia kopalni musi być rozwiązane. Skoro jednak Newcomen odwołał się do Hooke'a, ten ostatni pośpieszył z pomocą.

Maszyna parowa Newcomena była przystosowana tylko do popychania i wyciągania drąga pompy. Zaczęto się zastanawiać, czy nie możnaby było używać jej do innych celów oprócz podnoszenia wody, np. do podnoszenia i opuszczania klatki dźwigu dla ludzi i węgla. Dużo jednak upłynęło czasu zanim tego dokonano. Niekiedy maszynę Newcomena stosowano nieprawidłowo; podnoszono np. wodę na pewną wysokość, a następnie przekazywano pracę na koło wodne. Podwójne koło wodne, poruszane naturalnym prądem wody, widzimy na fig. 52, zaczerpniętej z książki Agricoli. Podobne koła były używane później w Anglii, jako urządzenie pośrednie między maszyną Newcomena i kołem napędem. Podwójne koło posiada dwa kubły, zmierzające w odwrotne strony tak, że mechanik może podnosić lub opuszczać klatkę dźwigu, skierowując wodę raz na jedno, a raz na drugie koło.

Zastosowanie maszyny parowej w kopalni było nader pożądane i do innego celu, mianowicie do ciągnięcia wózków wzdłuż korytarzy lub zewnątrz kopalni do miejsca wysyłania węgla. Zadanie to było jednak znacznie trudniejsze do rozwiązania.

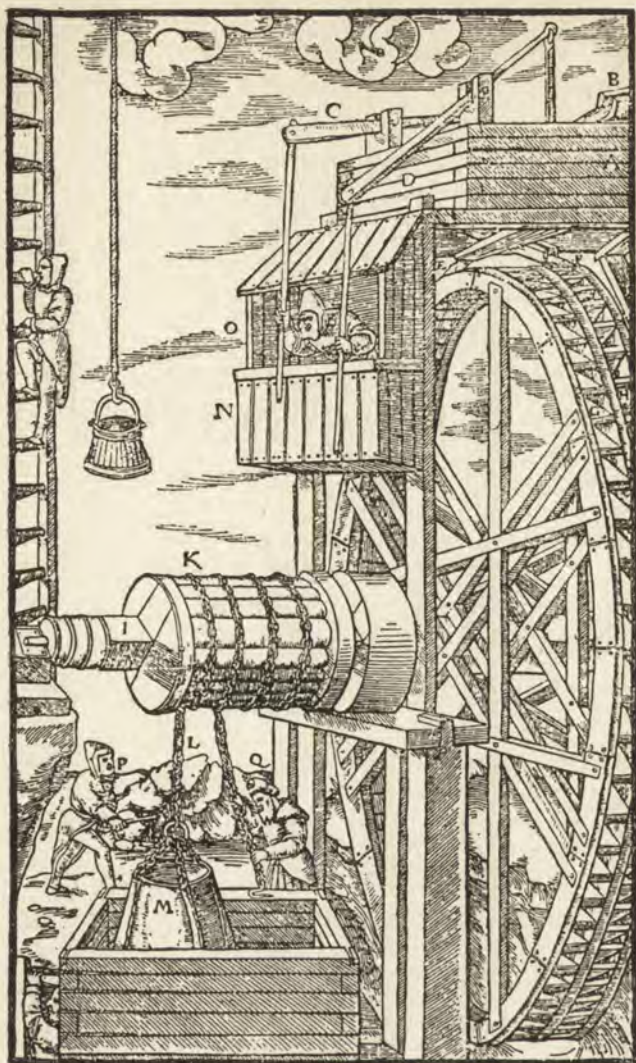


Fig. 52. — Rysunek podwójnego koła wodnego, zaczerpnięty z książki *Agricoli*. Ponieważ rysunek jest bardzo wyraźny, przeto pominięto opis z oryginału łacińskiego.

Pierwszy krok w kierunku wynalazku, który umożliwił osiągnięcie tego celu, uczynił James Watt. Jeden z nich polegał na usunięciu pary z cylindra przed jej skropleniem. W maszynie Newcomena wtryskiwano strumień zimnej wody do cylindra; Watt zauważył, że w cylindrze traci się dużo ciepła, wobec czego część pary skrapla się. Cylinder winien być przeto utrzymywany w możliwie gorącym stanie. Dodał on więc oddzielne naczynie, zwane skraplaczem. Zamknął on również szczelnie górną część cylindra i wpuszczał parę na zmianę: od góry i od dołu tłoka, co dało skutek w postaci wykonywania przez maszynę dwukrotnie większej pracy w tym samym czasie, albowiem przy każdym skoku tłoka * wprowadzało się dwukrotną ilość pary. Należy przypomnieć, że w obydwóch rodzajach opisanych maszyn całkowitą pracę wykonywała para wodna, lub, określając inaczej, energia pochodziła ze spalania węgla. Nawet w maszynie Newcomena powietrze nie brało w tem udziału, pozostając w tych samych warunkach przed i po skoku tłoka.

Oprócz tego Watt używał korby, służącej do przemiany ruchu linjowego na ruch obrotowy, a gdy ktoś inny opatentował ten wynalazek, Watt wymyślił mechanizm zastępczy i nazwał go napędem „słońca i planet“.

Później Trevithick wykazał, że maszyna pracuje wydajniej, jeżeli zamiast pary niskiego ciśnienia użyć pary o wysokim ciśnieniu. Newcomen stoso-

* Skok tłoka jest to droga, jaką przebywa tłok tam i z powrotem. (Przyb. tłum.)

wał w swej maszynie parę o ciśnieniu nieco większym od atmosferycznego. Po dokonaniu tych wszystkich ulepszeń maszyna parowa nadawała się dla celów przemysłu górniczego oraz znalazła zastosowanie w różnych innych dziedzinach przemysłowych. Następnym etapem rozwoju maszyny parowej nie jest już związany z poruszonymi tu zagadnieniami.

Nietylko maszyna parowa, ale i droga żelazna wzięła swój początek w kopalni. Do niedawna w niektórych kopalniach przewożono węgiel siłą ludzką, a nawet kobiety i dzieci przenosiły go na plecach.

Lepszym oczywiście sposobem było używanie w tym celu sań, a jeszcze lepszym — popychanie po szynach „pudeł“, zaopatrzonych w koła. Stąd pochodzi nazwa „droga szynowa“. Najpierw szyny były wykonywane z drzewa. Pierwsze użycie żelaza polegało na przymocowywaniu płytek żelaznych do drzewa. Na ilustracji, zaczerpniętej z książki Agri coli (fig. 53), widzimy, w jaki sposób przewożono w owych czasach rudę. Wózek jest umieszczony na czterech kółkach. W F znajduje się tępy żelazny kołek, wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami, który posuwał się wzdłuż rowka lub deski, uniemożliwiając w ten sposób zsuniecie się wózka z szyn. W późniejszych czasach, gdy wprowadzono w Anglii „drogę szynową“, koła wagoników zaopatrzono w obrzeża i dokładnie ustalono rozstaw kół, dzięki czemu obrzeże chroniło koła od zsunienia się z szyn. Widzimy więc, że i w rozwoju drogi żelaznej górnik był pionierem.

Sprawa wentylacji kopalń była od samych zaczątków

ków górnictwa zagadnieniem nader ważnem, a doniosłość jej wzrastała w miarę zwiększania się głębokości kopalń i długości korytarzy podziemnych. Dopóty, dopóki kopalnie były płytkie, wystarczało

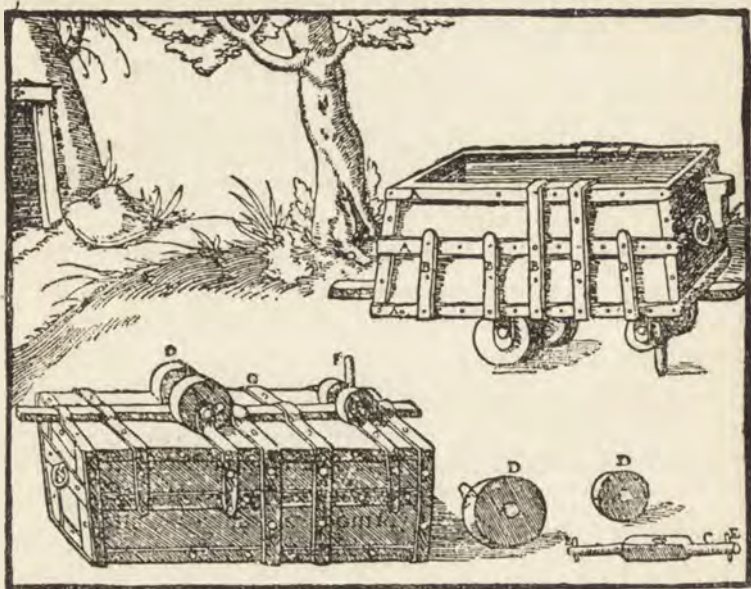


Fig. 53. — Rysunek wózka, zaczerpnięty z książki Agricoli. Trzcień F porusza się wzdłuż rowka wyciętego w środku belki, po której przesuwa się wózek.

pochwycenie prądu powietrza i skierowanie go do wewnątrz. Agricola (fig. 54) podaje tego rodzaju współczesne mu urządzenie. Widzimy z boku prąd powietrza, wchodzący do otworu w beczce, skąd zostaje skierowany wdół do szybu przez rurę, która jest jednocześnie osią beczki. Drewniana chorągiewka ustawia beczkę w kierunku wiatru. Na drugiej

ilustracji, zaczerpniętej z książki tego samego autora, widzimy trzy różne rodzaje miechów, z których dwa są poruszane siłą koni, trzeci — siłą ludzką. Zauważmy, jak na drugim rysunku (fig. 55) jest



Fig. 54. — Wentylator, według Agricoli. Należy zwrócić uwagę na wiatr po lewej stronie rysunku.

podprowadzony koń do kołowrotu w kierunku wieśsadła z sianem. Zwróćmy również uwagę na olbrzymie miechy i rury, odprowadzające powietrze do wyjścia z kopalni.



Fig. 55. — Różne sposoby doprowadzania powietrza do kopalni.
(Agricola).

Świeże powietrze wprowadza się do kopalni z kilku powodów. Nietylko jest ono potrzebne do oddychania, lecz bardziej jeszcze do wypchnięcia szkodliwych gazów, które się tam zbierają. Dawniej, gdy kopalnie były płytkie, jedynym gazem, który sprawiał wiele kłopotu, był gaz duszący. Była to zagrożająca życiu ludzkiemu mieszanina dwutlenku węgla i azotu. Należy bowiem pamiętać, że w kopalni następuje ustawiczne spalanie. Węgiel jako pierwiastek stara się połączyć się z tlenem powietrza; o ile temperatura wzrośnie do pewnej granicy, wówczas zjawisko to zachodzi nagle, co możemy sprawdzić, kładąc kawałek węgla do ognia. Proces spalania odbywa się nawet w niskiej temperaturze, lecz zachodzi wolno. Wskutek tego dwutlenek węgla, jako rezultat połączenia węgla z tlenem powietrza, gromadzi się i jako cięższy od niego zbiera się w jeziorkach w głębszych częściach kopalni. O ile znajdują się tam ludzie, to zostają zatruci i umierają. Po rozbiciu węgla gazy, zawierające dwutlenek węgla, zostają uwolnione. Ilość dwutlenku węgla w kopalni zwiększa się wskutek oddychania ludzi i koni, gdyż oddychanie jest również spalaniem, które odbywa się nieco inną drogą. Podczas prac górniczych palą się również lampy oraz zachodzą reakcje chemiczne, w szczególności wskutek działania kwaśnej wody w dołach (utworzonej przez utlenianie pirytów) na minerały, zawierające węglany (*Historical Review of Coal mining, Wembley Exhibitions**, str. 109).

* Przegląd historyczny górnictwa węglowego. Wystawa w Wembley.

Pewna ilość azotu zawsze znajduje się w powietrzu, a dalsze wytwarzanie się go następuje wskutek gnicia drzewa i innych procesów chemicznych. Gaz duszący bardzo często zbiera się w studniach i innych głębokich miejscach. Z tego powodu dla sprawdzenia przed wejściem do szybu opuszcza się zapaloną świecę do takiej głębokości, na której gaz duszący ją zgasi.

W drugiej połowie 17 w. członkowie T-wa Królewskiego interesowali się również gazami i zebrali o nich bardzo wiele danych. W sprawozdaniach Towarzystwa z 1675 r. opublikowano opis listu d-ra Jessopa z Yorkshire, następującej treści: „Istnieją tu cztery rodzaje gazów. Pierwszy z nich jest to zwykły gaz, o którym, jako o znanym wszystkim, nie potrzebuję mówić. Zewnętrzną oznaką obecności gazu jest fakt, że przy zbliżeniu doń świeca dają płomień kulisty, który zmniejsza się stopniowo i gaśnie; wewnętrzne działanie na organizm ludzki polega na wywołaniu krótkiego oddechu. Nie słyszałem, aby ktokolwiek, kto uniknął zemdlenia — cierpiał z tego powodu. Ci, którzy mdleją, lecz nie są zaduszeni, po pierwszym ocuceniu podlegają konwulsjom; po odzyskaniu przytomności ludzie krzyczą z dotkliwego bólu. Zwykłą i skuteczną pomocą jest wówczas wykopanie dołu w ziemi i położenie chorego na brzuchu z ustami wdół; jeżeli to nie da pomyślnego rezultatu, to wkłada się go do beczki, napełnionej mocnym piwem. O ile i to zawiedzie, to człowieka już nie można uratować. Pamiętam człowieka, uratowanego w ten sposób (podczas gdy jeden z jego kolegów zmarł), który opowiadał mi, że

w krótkim czasie po oprzytomnieniu czuł się zupełnie dobrze i później nigdy nie odczuwał żadnych dolegliwości.

„Drugi rodzaj nosi nazwę *gazu grochowego kwiatu*, ponieważ ma zapach, podobny do kwiatu grochu. Mówią, że zazwyczaj wydziela się ten gaz w lecie, zwłaszcza w zagajnikach. Nie słyszałem, aby działanie jego było śmiertelne. Z powodu istnienia tego gazu wiele zagajników leży odłogiem w ciągu najlepszej i najkorzystniejszej pory roku, gdy woda podskórna znajduje się najniżej. Sądzę, że gaz ten pochodzi z ogromnej ilości czerwonej trójlistnej koniczyny, zwanej przez ludność wieżokrzewem, i w którą obfitują łąki gliniaste.

„Trzeci rodzaj gazu jest najdziwniejszy i najmniej bezpieczniejszy ze wszystkich, o ile jest prawdą to, co o nim mówią. Ci, którzy zapewniają, że go widzieli (ponieważ jest widzialny), opisują go w sposób następujący: „W najwyższej części przejść, które odgałęziają się od głównego lasu, widziano często wiązający kulisty przedmiot, wielkości około największej piłki futbolowej, pokryty powłoką o grubości i barwy pajęczyny. O ile powłoka przypadkowo pęknie lub częściowo odpadnie, wówczas wydostaje się gaz i dusi tych, co znajdują się w pobliżu. Dla uniknięcia nieszczęśliwych wypadków, jak tylko gaz zostanie wysledzony, należy w pewnej odległości rozrzuścić połamany chróst a następnie oczyścić powietrze przez rozpalenie ogniska.

„Czwarty, zwany gazem, jest właściwie parą, która przy zetknięciu ze świecą natychmiast zapala się, wydając odgłos, podobny do strzału lub grzmo-

tu. W owych czasach zdarzył się nieszczęśliwy wypadek wybuchu na wzgórzach Hasleberg, podczas którego siła gazu połamała chłopcu ręce i nogi i wykrzywiła dziwnie ciało“.

Pierwszy z tych czterech rodzajów gazów jest to gaz duszący; jakim jest drugi i trzeci można się tylko domyślać; ostatni jest znany, jako gaz palny, który właśnie w tym czasie, gdy pisano powyższy list, zaczął się zjawiać, jako jeden z wrogów górnika. W ostatnich latach stał się strasznym przekleństwem.

Górnicy dostawali się coraz niżej w głąb ziemi i przebiwszy się przez warstwy wilgotne, które przyniosły im trudność w postaci wody, osiągnęli warstwy suchsze pod nimi, gdzie czyhał na nich gaz duszący. Najwcześniej wspomina o tem list nadesłany do T-wa Królewskiego w 1667 r., w którym Dr Thomas Shirley opisuje tajemnicze palenie się wody w źródle koło Wigan i opowiada, że wykryto przyczynę tej tajemnicy, a mianowicie wydostawanie się pęcherzyków gazu palnego na powierzchnię wody, które zapalały się przy zetknięciu ze światłem. Gaz ten, znany jest w chemji pod nazwą metanu. Skład jego wyraża się wzorem CH_4 , czyli jego cząsteczka zawiera 1 atom węgla i 4 atomy wodoru; posiada on wybitną skłonność do łączenia się z tlenem, wobec czego nie jest on tylko palny, lecz i wybuchowy. Powstaje on podczas gnicia związków organicznych i stanowi o zjawianiu się błędnych ogników, które pływają po błotach, dając słabe światło podczas powolnego spalania. Zmieszany w stosunku 1:9 z powietrzem staje się bardziej wybuchowym; o ile

powietrza będzie mniej lub więcej od 9 na 1 cząsteczkę gazu, to nie wybuchą.

Dla usunięcia tych gazów z kopalni o pewnej wielkości niezbędna jest bardzo dobra wentylacja.



Fig. 56. — Rozbijanie skał zapomocą kolejnego działania ognia i wody. Robotnik u góry nakłada wióry na każdą wiązkę chróstu. U dołu robotnik po zapaleniu ognia ucieka przed dymem. .
(Rysunek z książki Agricoli).

Dużo czasu upłynęło zanim to urzeczywistniono. Właściwy sposób wentylacji zjawił się dopiero wówczas, gdy kopalnie były dostatecznie duże, aby można było stosować dwa szyby. Zauważono, że przy pewnym kierunku wiatr może dostać się do je-

dnego szybu, a wyjść przez drugi. Zaczęto obmyślać sposób wykorzystania tego zjawiska i udało się to osiągnąć przy pomocy zapalania ogniska na dnie lub w pewnym punkcie szybu, dzięki czemu wytwarzał się ciąg; szyb, w którym ciąg był na dół stanowił szyb roboczy, ponieważ wchodziło tam świeże powietrze, a węgiel był znoszony na dno korytarzami, które w ten sam sposób co szyb otrzymywały świeże powietrze. W jednym z listów do T-wa Królewskiego w 1655 r. znajdujemy opis sposobu, praktykowanego w Liège (ilustracja tabl. XXXVI,*a* jest zaczerpnięta z tego artykułu). Oczywiście było rzeczą konieczną, aby gaz palny był wciągnięty przez ogień i z tego powodu przeprowadzano go do szybu o ciągu do góry do punktu, położonego niżej od ogniska. Z tej walki ze zbierającymi się gazami powstała nauka o wentylacji. Istniała jednak trudność w pokryciu ogromnej powierzchni przepływającym powietrzem; całkowita długość drogi mogła dochodzić do 10—20 a nawet 30 km tak, że powietrze musiało być rozdzielane na serje, zasilające oddzielne części. Ogień nie był dostatecznie silny do oczyszczania wielkich kopalń, lecz ostatecznie przewycięzono tę trudność przez zastosowanie miechów parowych. Miechy te były używane i w czasach Agricoli; doprowadzenie ich do dzisiejszego stopnia doskonałości było poważnym zadaniem dla inżynierów.

Jednak żaden sposób wentylacji nie może całkowicie usunąć niebezpieczeństwa wybuchu. Metan wydostaje się stale z węgla, gdzie znajduje się w szczelinach pod wielkim ciśnieniem, niejedno-

krotnie daleko większem od ciśnienia powietrza. Niewątpliwie zgromadził się tam w ciągu zmian, zachodzących w pokładach węgla przez miliony lat, zmian, stanowiących powolny proces gnicia roślin. Czasami zdarza się ustawiczne wydostawanie się gazu w ciągu wielu lat.

O ile gaz zjawia się w stosunkowo małych ilościach, to może być usunięty przez zapalenie, nie powodując niebezpieczeństwa. Pierwsze notatki o stosowaniu sposobu umyślnego zapalania gazu pochodzą z końca 17 w. Praktykowano to w niektórych kopalniach, używając w tym celu robotnika, który spuszczał świecę z dachu do ujścia szybu, zapomocą długiego pręta i kładł się na ziemi tak, że wybuch mógł przejść nad jego głową. Słusznie, człowieka, który trzymał świecę, nazywano „pokutnikiem“. Niekiedy do dachu przymocowywano krążek, a do pręta ze świecą sprężynę, przechodzącą przez nią. Ludzie wówczas odsuwali się daleko. Robotnicy zabarykadowali się w odpowiednim miejscu pomieszczenia i ciągnęli za sprężynę; zapalona świeca podnosiła się do dachu i tam powodowała wybuch gazu.

Na początku 19 w. zdarzył się cały szereg niszczących wybuchów, które były bodźcem do wielu niezależnych od siebie wysiłków, zmierzających do pokonania wzrastającego niebezpieczeństwa. Niezbędem było wynalezienie takiego rodzaju oświetlenia, które mogłoby być używane bezpiecznie w kopalniach z gazem palnym. Niektóre kopalnie były wolne od gazu, wobec czego można było używać światła nieokrytego; w innych natomiast gaz znajdował się

stale, a nawet wypróbowane sposoby wentylacji nie były w stanie go usunąć. Zwrócono się wówczas do Humphry Davy, który w tym czasie był dyrektorem Królewskiego Instytutu. Davy przedsięwziął natychmiast cykl doświadczeń nad własnościami wybuchowymi metanu i w krótkim czasie uczynił dwa ważne odkrycia. Po pierwsze stwierdził on, że mieszaniny

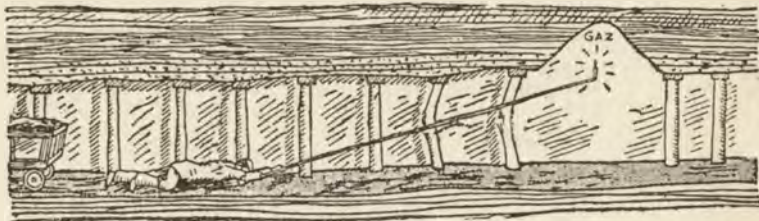


Fig. 57. — „Pokutnik“.

metanu z powietrzem wybuchają tylko w wysokiej temperaturze, po drugie, że przy paleniu wydzielają stosunkowo małą ilość ciepła. Dowodził on, że możliwe jest usunięcie ciepła lampy zanim temperatura wzrośnie tak, aby gaz mógł wybuchnąć i że trudność zaopatrzenia kopalń w oświetlenie można w ten sposób usunąć. W tym celu zamknął świecę w naczyniu, do którego powietrze wprowadzało się zapomocą układu cienkich rurek metalowych. W założeniu, że płomień nie przedostanie się przez te rurki, ponieważ ich przewodnictwo ciepłe będzie przeszkadzało mieszaninie osiągnięcie potrzebnej do wybuchu temperatury, Davy stwierdził, że zrealizowanie jego przewidywań osiągnąć można przez nadanie rurkom odpowiedniej długości i małego przekroju, przy-

czem ich długość winna być w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do przekroju. Wreszcie stwierdził on, że siatka metalowa wystarcza do zasłonięcia płomienia od zapalania mieszanki wybuchowej z drugiej strony siatki, jeżeli tylko jest ona odpowiednio cienka i nie rozżarza się. Oczka siatki można uważać za układ krótkich i wązkich rurek.

Oryginalne modele Davy'ego są przechowywane w Królewskim Instytucie (tabl. XXXVIII). 9 listopada 1815 r. opisał Davy swe doświadczenia dla T-wa Królewskiego oraz podał wnioski i pokazał lampę, jako zrealizowanie swej zasady.

Davy nie był jedynym poszukiwaczem na tem polu. Dr Clanny obmyślił lampę, w której powietrze w drodze ku płomieniowi przechodziło w postaci pęcherzyków przez poduszkę wodną; jednocześnie usuwane były produkty spalania przy przejściu przez wodę. Było to jednak zbyt uciążliwe. George Stephenson również zbudował lampę, do której powietrze było doprowadzane przez przedziurawioną płytę; lampa ta znana pod nazwą „Geordie“, rozpowszechniła się bardzo. Trudno jest powiedzieć, kto wniósł największy dorobek do rozwiązania tego wielkiego zagadnienia: Clanny, Stephenson czy Davy. Zdaje się, że wszyscy trzej zasługują na wdzięczność pod tym względem. Lampa Davy'ego stała się bardzo szybko popularną. „Nie mogę wyrazić uczucia zdziwienia i radości, jakie odczułem, zawieszając pierwszy raz lampę w kopalni i ujrzałem ją żarzącą się; nie poczułbym większej radości, gdybym pokonał jakiegoś potwora. Powiedziałem do tych, co stali koło mnie „Nareszcie ujarzmiliśmy po-

twora". Był to entuzjastyczny okrzyk, skierowany do Buddle'a, który z oddaniem poświęcił się sprawie bezpieczeństwa w kopalniach. W niewielkiej książce, w której Davy opisał swą pracę, wspomina on o listach dziękczynnych, jakie otrzymywał od kierowników kopalń i robotników. Niewątpliwie był on z tego powodu bardzo szczęśliwy. Podobno później często mówił o swych lampach, jako o dziele, które dało mu najwięcej zadowolenia. Najbardziej godnym uwagi jest to, że przystępując do pracy, nie znał wcale samego zagadnienia i znalazł rozwiązanie zaledwie w ciągu kilku miesięcy. Ani Davy, ani Stephenson, ani Clanny, nie czekali na nagrodę. Buddle opowiada, że gdy mówił na ten temat z Davy, ten ostatni odpowiedział: „Nie, przyjacielu, nigdy o czymś podobnym nie myślałem; zadaniem mojem jest słuzenie ludzkości, a o ile to mi się udało, jestem już sownie nagrodzony“.

Przedstawmy doświadczalnie działanie siatki przy zatrzymywaniu ognia. Mamy układ rurek szklanych (fig. 58). Do części A wprowadzamy mieszanę wybuchową metanu z powietrzem; wypełnia ona szeroką rurę i wychodzi w punkcie C. O ile przyłożymy ogień do wydobywającego się gazu, to pali się on niebieskim płomieniem. Płomień nie powraca do rurki, ponieważ szybkość wypływu gazu jest zbyt duża. Jeżeli jednak usuniemy zatyczkę w A i wpuścimy powietrze zamiast mieszanki, wówczas gaz w C będzie wychodził coraz wolniej i płomień będzie stopniowo malał. Jediną przyczyną, powodującą nieprzerwany wypływ gazu, jest ciąg w rurach. Mieszanina wewnątrz rur jest

lżejsza od powietrza i tem więcej, o ile rurki są podgrzane płomieniem. Ponieważ powietrze wchodzi do A, ciąg maleje. O ile teraz przyjrzymy się płomieniowi w C, to zauważymy, że gdy stanie się mały, to natychmiast wchodzi do rurki i dąży ku B, co osiąga się po 1—2 sekundach. Gaz pali się, lecz nie wybuchają; tam gdzie się on pali, wydziela się ciepło, co wpływa

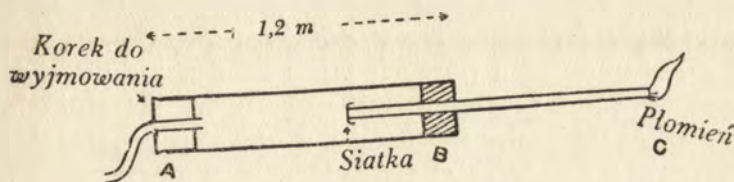


Fig. 58.

na podniesienie temperatury mieszanki i zapalenia jej; w ten sposób płomień przechodzi w dół rurki. Płomień wędruje wolniej, o ile rurka jest wąska, lub o ile mieszanka jest mniej wybuchowa. Jeżeli rura jest za szeroka i przepływ jest nierównomierny, to ruch płomienia może doprowadzić do wybuchu. Przyczyną tego jest fakt, że gdy gaz zacznie się palić za szybko w pewnym miejscu, to wytworzone ciepło zbiera się zbyt gwałtownie; od chwili, gdy to dodatkowe ciepło podsyca palenie, niebezpieczeństwo wzrasta. Wreszcie fala płomienia szybko przechodzi wzdłuż rury, pali się od razu duża ilość gazu i rozwija się niebezpieczne ciśnienie, powodujące wybuch.

Przyjrzyjmy się płomieniowi przechodzącemu wzdłuż CB; przesuwa się on spokojnie, ponieważ spalanie nie jest za szybkie. Na końcu wąskiej rurki

umieszczono małą czapeczkę z siatki Davy; płomień zatrzymuje się w tem miejscu, a następnie wydostaje nazewnątrz. Nie wchodzi on do szerokiej rury AB.

Powtórzmy teraz doświadczenie, przedziurawivszy uprzednio siatkę szydłem. Z chwilą, gdy płomień dojdzie do siatki i nie zostanie zatrzymany, przedostaje się do szerszej rury i u wyjścia natrafia na przeszkodę, wskutek czego wytwarza się za szybkie miejscowe wydzielanie ciepła. Natychmiast następuje wybuch.

Po zbudowaniu nowych lamp można było rozpocząć pracę, w wielu porzuconych kopalniach. Jednakże wybuchy nie ustały, a nawet nieco później zdarzały się wybuchy bardzo groźne w następstwach, co wywołało poczucie zawodu, gdyż zdawało się, że nowe lampy są błędnie zbudowane. Przyczyną było niewątpliwie używanie prochu strzelniczego do wytwarzania ciągu. Przypuszczano, że próżnym wysiłkiem było zamykanie starannie świec i jednoczesne stwarzanie możności zapalenia się mieszanki od płomienia przy strzale. W rzeczywistości istniała inna przyczyna wybuchów, która wówczas nie została odkryta. Niebezpieczeństwo, pochodzące od gazu palnego, zostało w znacznej mierze usunięte, pozostało jednak niebezpieczeństwo zapalenia się pyłu węglowego. W 1845 r. w Haswell Colliery nastąpił groźny wybuch. Zwrócono się z prośbą o wyjaśnienie przyczyny wybuchu do geologa Lyella i Faradaya, który był następcą Davy'ego w Królewskim Instytucie. Obaj ci uczeni stwierdzili zgodnie, że przyczyną klęski był pył węglowy.

Na pierwszy rzut oka wydaje się jasnym, że pył powinien być materiałem wybuchowym chociaż węgiel jest tylko materiałem palnym. Można to łatwo zauważyć, wrzuciwszy trochę pyłu do ognia; wybuch wskazuje, co przy większej ilości pyłu mogłoby się zdarzyć na większą skalę. Zjawisko to jest drugim przykładem wyniku rozproszenia drobnego pyłu, o którym mówiliśmy w poprzednim rozdziale o farbiarstwie. Rozproszony pył zajmuje bardzo dużą powierzchnię w porównaniu z objętością; połączenie węgla z tlenem następuje na całej tej powierzchni, o ile temperatura jest dostatecznie wysoka. Jeżeli część pyłu się pali, lub o ile następuje wybuch gazu palnego względnie strzał jest nieodpowiednio skierowany podczas przeciągu, wówczas palenie przenosi się z miejsca na miejsce w powietrzu, zawierającym pył dopóty, dopóki nie nastąpi wybuch. Zawieszony w powietrzu pył mąki lub magnezu może również wybuchnąć, wskutek czego należy zachować szczególną ostrożność przy wykonywaniu wytworów z magnezu. Ponieważ pali się każda mieszanka bez względu na proporcję, przeto wytwarza się dostateczna ilość ciepła do zapalenia części sąsiednich tak, że płomień rozszerza się wzdłuż rury (fig. 58), w której znajduje się mieszanina powietrza z metanem. Podobnie płomień rozszerza się w powietrzu z pyłem węglowym i może spowodować wybuch.

Zjawisko to zobrazuje następujące doświadczenie. Pudełko w kształcie sześcianu (fig. 59) o wymiarach boków 30 cm wypełnione jest mieszaniną zwykłego pyłu węglowego z powietrzem. Z pudełkiem jest po-

łączona rura o długości 1,80 m i przekroju 60 cm²; rozpylamy w niej pewną ilość pyłu lycopodium; pył ten, który jest nasieniem paproci, sam przez się jest niepalny, lecz w stanie silnie sproszkowanym jest wybuchowy. Całe to urządzenie przedstawia kopalnię, w której wybuch gazu palnego powoduje wybuch pyłu w długim korytarzu. O ile gaz przepływa w ciągu dość długiego czasu, 8—9 sek. wówczas na-

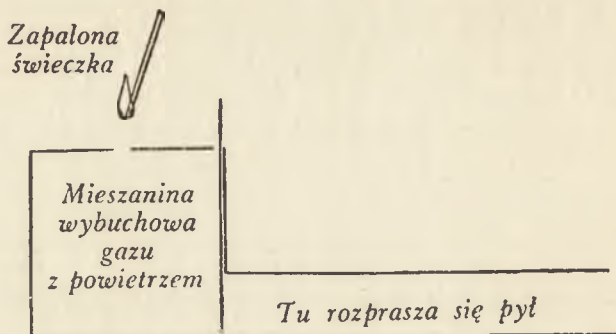


Fig. 59.

leży usunąć rurkę z gazem, zamknąć otwór u góry pudełka i połączyć je z galerią przez podniesienie ślizgającej się przegrody, która je rozdzielała. Mieszanekę gazu w pudełku zapala się płonąca świeczka woskowa; w ten sposób przedstawiamy wybuch gazu palnego, groźniejszy od wybuchu pyłu, oraz płomień, wychodzący z końca galerji.

Ciekawem jest, że tyle czasu upłynęło zanim wykryto rolę, jaką odgrywa pył węglowy. Sprawozdania Faradaya i Lyella były pisane po 3 latach od wprowadzenia lamp bezpieczeństwa. Upłynęło więc

cej niż 30 lat zanim stwierdzono zdolność wybuchową pyłu węglowego, a w 50 lat później Instytut Doświadczalny uznał za konieczne zorganizowanie pokazów dla przekonania górników o przerażającym niebezpieczeństwie. Pokazów tych dokonano w Eskmeals w Cumberland, gdzie w tym celu zbudowano korytarz na błotach, aby nie narazić mieszkańców na szkody (tabl. XXXIX,c). Galerja posiadała długość kilkudziesięciu metrów i była tak obszerna, że ludzie mogli po niej chodzić. Przedstawiała ona istotnie dokładnie sztolnię w prawdziwej kopalni. Zewnątrz po obydwóch stronach wzdłuż całej długości wykonano ławy z piasku, które przed rozpoczęciem doświadczenia pokryto drobnym pyłem węglowym. W pewnym punkcie korytarza dano wystrzał z małej armatki, przyczem mógł nastąpić wybuch lub nie, zależnie od warunków, w jakich dokonywano doświadczenia. Czasami wybuch był tak gwałtowny, że koniec galerji został połamany i odrzucony na bok (tabl. XL). Czasami pył nie wybuchał tylko kłęby gazu z armatki wypychały powietrze z pyłem w postaci czarnych chmur. Do rozpatrzenia sposobów zwiększenia bezpieczeństwa w kopalniach został przed wielu laty utworzony przez Rząd Angielski specjalny Instytut Doświadczalny. W ciągu 11 lat od chwili pojawienia się lampy bezpieczeństwa uniknęłoby się wielu wypadków, gdyby istniał on wówczas.

Pył węglowy leży głównie wzdłuż dróg, któremi przewozi się węgiel od miejsca roboczego, ponieważ temi drogami przepływa powietrze, unosząc ze sobą pył wskutek wentylacji. Na tych drogach przeważ-

nie następują wybuchy. Sam wybuch gazu palnego jest zlokalizowany, ale rozproszony pył może przenosić go na duże odległości.

Wybuch sam przez się jest zjawiskiem przerażającym, niszczącym maszyny i kopalnie; zwalające się z sufitu bryły węgla tarasują przejścia. Gorzej jeszcze, gdyż pył węglowy łączy się z tlenem i pochłania go, wymieniając gaz, który podtrzymuje życie ludzkie, na gazy, śmiertelnie trujące.

Najniebezpieczniejszym z pośród tych gazów jest tlenek węgla, którego cząsteczka składa się z 1 atomu węgla i 1 atomu tlenu; zasadniczą jego cechą jest skłonność do pochłaniania więcej niż jednego atomu tlenu dla utworzenia dwutlenku węgla. Przenika on do krwi człowieka i niweczy jej zdolność do przenoszenia tlenu do różnych części ciała, która stanowi jedną z najważniejszych czynności krwi. Mała ilość dwutlenku węgla w powietrzu, nie więcej niż 2%, wystarcza do utworzenia niebezpiecznej mieszaniny. Jest ona niewyczuwalna, tak że nawet śmierć przychodzi bez cierpienia. Dlatego też walka z tym gazem należy do najtrudniejszych. Gaz palny w kopalni można spostrzec, gdyż płomień lampy pokrywa się blado niebieską otoczką. Zjawisko to nie zachodzi przy obecności tlenku węgla. Najbardziej znamieną oznaką jest strach, jaki ten gaz wywołuje wśród małych gorącokrwistych zwierząt, jak myszy i kanarki. Oddychają one znacznie szybciej od człowieka i z tego powodu gaz działa na nie gwałtowniej. Obecnie przyjęto zasadę, aby w kopalniach węgla trzymać myszy i kanarki. Górnicy są bardzo przywiązani do swych ulubieńców. Zdarzały się przy-

padki, gdy nie chcieli znieść ich do kopalni, gdzie podejrzewano obecność gazu trującego. Pierwsi woleli narazić się na niebezpieczeństwo.

Niebezpieczeństwo wybuchu pyłu węglowego może być zmniejszone przez zmieszanie go z pyłem kamiennym, który nie jest palny. Do tego celu nie można użyć każdego rodzaju kamieni, gdyż istnieją niektóre gatunki, jak kwarc, szkodliwe dla płuc; są jednak liczne kamienie nieszkodliwe. A nawet różne gatunki węgla różnią się między sobą — jedne palą się wielkim płomieniem — inne mniejszym i dla unieszkodliwienia wymagają różnych ilości pyłu kamiennego.

Widzimy więc, że istnieje wiele zagadnień do rozwiązania zanim górnik będzie mógł wydostawać węgiel na powierzchnię ziemi bez narażenia swego zdrowia, i w takich ilościach, które zapewnią mu należytą zapłatę za jego pracę, zwłaszcza wówczas, gdy kopalnie są głębokie.

Wołał on ustawicznie o pomoc wiedzy, która potrafiła je usunąć i dzięki temu przewycięzał trudności jedną po drugiej. Zadziwiającem jest, że pomimo tych wszystkich niebezpieczeństw i przeszkód obecnie warunki zdrowotne życia górnika są takie same, jak przeciętnie każdego innego pracownika. Przed 50 laty było zupełnie inaczej. Stało się to dzięki naukowym badaniom przyczyn niebezpieczeństwa oraz dzięki prawodawstwu, które powstało w następstwie. Poszukiwania idą naprzód, mamy prywatne i państwowe laboratorja, zajmujące się badaniami z dziedziny górnictwa. Miejmy nadzieję, że wyniki naukowych badań laboratoryjnych przy-

czynią się do urzeczywistnienia dążeń przemysłu górniczego, jak również tych zawodów, o których mówiliśmy w poprzednich rozdziałach. Jeżeli który z moich czytelników będzie pracował w laboratorium, to bez względu na to, czy przyniesie mu to większą czy mniejszą korzyść materialną, o ile ukończy swój zawód, znajdzie w nim wiele ciekawych przeżyć i szczęścia.

Errata. Na str. 2 w 4 wierszu od dołu zamiast oliwy powinno być ropy naftowej; na str. 133 w 13 wierszu od góry zamiast łuski rybiej i w 16 wierszu od góry zamiast ryb winno być skorupiaków; na str. 176 w paginie zamiast GÓRNICtwo winno być GARNCARSTwo — CERAMIKA.



Z DZIEDZINY NAUKI I TECHNIKI

Biblioteka popularno-naukowa

- Tom 1. NIEBO. Astronomja dla laików. Napisał Sir James Jeans. Przetłumaczył *Dr Wł. Kapuściński*. Str. XII, 196. 47 tablic i 2 mapy nieba. W opr. pł. zł 9,60.
- Tom 2. NOWE DROGI NAUKI. Kwanty i materja. Napisał Dr Paul Dirac, pold Infeld, doc. Uniw. J. K. Str. X, 283, 27 fig. w tekście i na tabl. oraz 3 portr. W opr. pł. zł 11,60.
- Tom 3. CZŁOWIEK USTOKROTNIONY. Dzieje cywilizacji na wesoło. Napisał Hendrik van Loon. Przetłumaczył *P. Hulka-Laskowski*. Str. VIII, 250. Ze 181 rys. autora. W opr. pł. zł 11,60.
- Tom 4. ZAGADNIENIA WSPÓŁCZESNEJ NAUKI. Indeterminizm. Zależność przyrodoznawstwa od środowiska. Trzy odczyty prof. M. Plancka i prof. E. Schrödingera, laureatów Nobla. Przetłumaczył *Edw. Poznański*. Str. VIII, 93. W opr. pł. zł 6,20.
- Tom 5. ŻYWE MASZYNERJE. Napisał Prof. A. V. Hill, laureat Nobla. Przetłumaczył *Dr J. Dembowski*. Str. XVI, 222 z 105 fig. w tekście oraz na 24 tabl. W opr. pł. zł 11,60.
- Tom 6. W POSZUKIWANIU ISTOTY ŻYCIA. Napisał Dr Jan Dembowski, prof. W. W. P., doc. U. W. Str. XII, 356 z 98 fig. i 8 tabl. W opr. pł. zł 14.
- Tom 7. STARE RZEMIOSŁA A NOWA NAUKA. Napisał prof. W. H. Bragg, laureat Nobla. Przetłumaczyła inż. *M. Kubaszewska*. Str. XII, 218 z 59 fig. i 41 tabl.
- Tom 8. ŚWIAT DRGAŃ ŚWIETLNYCH. Napisał W. H. Bragg. Przetłumaczył *Dr Wł. Kapuściński*. Z 103 fig.
- Tom 9. ŚWIAT DŹWIĘKÓW. Napisał W. H. Bragg. Przetłumaczył i uzupełnił inż. *dr J. Roliński*. Z 110 fig. i 26 tabl.
- Tom 10. NA POGRANICZU MATERJI I PSYCHIKI. Mózg i jego czynności. Napisał Dr Jerzy Konorski i Dr Stefan Miller. Z licznymi figurami.
- Tom 11. ZIEMIA. Atmosfera - Ocean - Wnętrze Ziemi. Napisał Dr Edward Stenz. Z licznymi figurami.
- Tom 12. BIOLOGJA. Napisał prof. J. B. S. Haldane i prof. J. Huxley. Przetłumaczyła *Dr L. Lubińska* pod red. prof. *J. Dembowskiego*. Z 122 fig.
- Tom 13. MÓZG I JEGO MECHANIZM. Napisał prof. E. D. Adrian, Sir Charles Sherrington i prof. I. P. Pawłow, laureaci Nobla. Przetłumaczyli, wstępem oraz objaśnieniami zaopatrzyli *dr J. Konorski* i *dr S. Miller*. Z 3 portretami.
- Tom 14. ŚWIAT KRYSZTAŁÓW. Napisał dr Z. Weyberg, prof. Uniw. J. K. Str. ca 300 z 250 fig. i 6 tabl.
- Tom 15. KLASYCZNE OBLCZE NATURY. Napisał dr L. Wertenstein, prof. W. W. P.
- Tom 16. PODRÓŻ W PRZESTRZENI I W CZASIE. Napisał Sir James Jeans, F. R. S. Ze 106 fig. i 43 tabl.

BIBLIOTEKA „MATHESIS POLSKIEJ“

- Tom 1 i 2. DZIEJE ROZWOJU FIZYKI w zarysach. Napisali Dr. M. Grotowski, M. Sadzewiczowa, Dr W. Werner i Dr S. Ziemecki. Wydanie nowe, całkowicie przerobione. Tom I. Str. VIII, 430. Z 78 fig. i 10 portretami. 1931. Zł. 30, w opr. pł. zł 35. Tom II. Str. IV, 706. Z 214 fig., 10 tabl. i 14 portretami. 1931. Zł 48, w opr. pł. zł 53. Tania edycja: 2 tomy brosz. (bez portretów) — zł 50.
- Tom 3. FIZYKA WSPÓŁCZESNA. Wykład przystępny nowych pojęć fizyki współczesnej. Napisał Prof. O. D. Chwolson. Z 3-go znacznie uzupełnionego wydania oryginału przełożył St. Warhaftman. Str. VIII, 390. Z 41 fig. 1931. W opr. pł. zł 25.
- Tom 4. WSZECHŚWIAT. Gwiazdy — Mgławice — Atomy, Napisał Sir James Jeans. Z 2-go uzupełnionego wydania oryginału przeł. Dr Wł. Kapuściński, Str. VIII, 306. Z 24 fig. i 24 tablicami. 1932. W opr. pł. zł 21,60.
- Tom 5. NOWE OBLCICHE NATURY. Światopogląd fizyki współczesnej. Napisał Sir Arthur Eddington. Przełożył Dr A. Wundheiler. Str. XX, 336. 1934. W opr. pł. zł 14,60.
- Tom 6. TŁO NOWEJ NAUKI. Napisał Sir James Jeans. Przełożył Prof. Dr. Sz. Szczeniowski.

WIELCY LUDZIE — WIELKIE DZIEŁA

- Tom 1. EPOKOWE WYNAŁAZKI W AMERYCE I W EUROPIE. Historia ich powstania i ich twórców. Napisał Waldemar Kaempffert, inż. rzecznik patent. U.S.A. Przełożył i uzupełnił Dr A. Kojrański. Str. VIII, 552. 350 ilustr. 1933. Cz. I (str. 1-306 zł 16, cz. 2 (str. 307-552) zł 14. Całość w opr. pł. zł 33,80.
- Tom 2. TOMASZ EDISON. Życie i dzieła. Napisał W. H. Meadowcroft. Przełożył i uzupełnił Dr E. Stenz. Str. XII, 282 z 15 tabl. 1933. W opr. pł. zł 13,40.