

## 2. MAZUR I REN.

⊗ *A. Historia.* Oba te pierwiastki, należące do manganowców, zostały odkryte stosunkowo niedawno, mianowicie w r. 1925 przez Waltera Noddacka i Idę Tacke-Noddackową. Z układu okresowego było wiadome, że w podgrupie »manganowców« istnieć muszą oprócz manganu jeszcze dwa nieznanne pierwiastki, posiadające liczby porządkowe 43 i 75. W poszukiwaniu tych »ekamanganów« pp. Noddack i Tacke opierali się na analogii poszukiwanych pierwiastków z ich sąsiadami z 8-ej grupy układu okresowego, t. j. z platynowcami. Jako metodę analityczną stosowali badanie widm roentgenowskich, opierając się na znanym prawie Moseleya, pozwalającym obliczyć długość fali promieni roentgenowskich, wysyłanych przez dany pierwiastek, na podstawie zajmowanego przezeń miejsca porządkowego (por. str. 320). ⊗

⊗ Z układu okresowego wynika, że mazur znajduje się pomiędzy molibdenem i rutenem, a ren pomiędzy wolframem i osmem. W poszukiwaniu minerałów naturalnych, zawierających 4 wymienione pierwiastki, zatrzymano się na rudach platynowych oraz na kolumbicie i gadolinicie. Przez systematyczne strącanie różnych pierwiastków, zawartych w tych minerałach, udało się nagromadzić w osadach siarczku wanadu i siarczku wolframu taką ilość poszukiwanych nowych pierwiastków, że można było je zidentyfikować zapomocą ich widm roentgenowskich. ⊗

⊗ Dotąd udało się jednak otrzymać w większych ilościach i zbadać dokładnie tylko ren i jego związki. ⊗

⊗ *B. Ren.* Metaliczny ren otrzymuje się przez odtlenienie dwutlenku renu w wysokiej temperaturze w strumieniu wodoru. Podczas ogrzewania w tlenie ren spala się na żółty proszek, zawierający wyższe tlenki renu. Tlenki te rozpuszczają się w rozcieńczonym kwasie solnym, tworząc bezbarwne roztwory. ⊗

⊗ Ciężar atomowy renu wynosi podług oznaczeń Hönigschmidta: 186,31. ⊗

⊗ Związki renu są naogół podobne do związków manganu. W przeciwieństwie jednak do tych ostatnich najtrwalsze są siedmiowartościowe związki renu. ⊗

*C. Siedmiotlenek renu,  $\text{Re}_2\text{O}_7$ ,* znacznie trwalszy od siedmiotlenku manganu, jest substancją stałą, sublimującą podczas ogrzewania bez rozkładu i posiadającą temperaturę topnienia:

220°. Rozpuszcza się on w alkoholu i wodzie. Z wodą tworzy kwas nadrenowy  $\text{HReO}_4$ , znany tylko w roztworze, i podobny ze składu do kwasu nadmanganowego. Różnica pomiędzy kwasem nadrenowym i nadmanganowym oraz między solami obu kwasów polega na tem, że kwas nadrenowy i jego sole są w roztworach wodnych bezbarwne. ☒

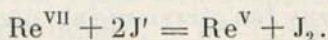
☒ *D. Nadreniany.* Sole kwasu nadrenowego, czyli »nadreniany« są trwalsze od nadmanganianów i odtleniają się daleko trudniej w wodnym roztworze. Podczas stapiania z wodorotlenkami potasowców zamieniają się one na »reniany« o składzie  $\text{Me}_2(\text{ReO}_4)$ . Reniany rozkładają się jednak w wodnym roztworze (podobnie do manganianów) i przechodzą w nadreniany. ☒

☒ *E. Nadtlenek renu,*  $\text{Re}_2\text{O}_8$ , powstaje przez prażenie renu i jego związków w strumieniu tlenu. Jest to substancja biała o charakterze nadtlenku, w wodnym roztworze wykazuje ona bowiem charakterystyczne reakcje wody utlenionej. ☒

☒ *F.* Oprócz tych dwóch najwyższych tlenków renu znane są tlenki niższe, a mianowicie *dwutlenek renu*,  $\text{ReO}_2$  i *trójtlenek renu*,  $\text{ReO}_3$ . Ten ostatni posiada błękitną barwę, podobnie jak tlenki molibdenu i wolframu. ☒

#### PIĘCIOWARTOŚCIOWE ZWIĄZKI RENU.

☒ Jakób i Jeżowska dowiedli, że zarówno przez elektrochemiczne odtlenianie, jak i przez działanie kwasu jodowodorowego na kwas nadrenowy i jego sole otrzymuje się pięciowartościowe związki renu podług reakcji

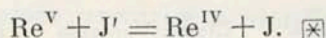


Zapomocą redukcji jodowodorem Jakób i Jeżowska wydzielili następujące sole:  $\text{K}_2\text{ReOCl}_5$  (w postaci drobnych kryształów zabarwionych na kolor żółto-zielony i ulegających w wodzie hydrolizie), wodzian poprzedniej soli,  $\text{K}_2\text{ReOCl}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , (wydzielający się w postaci żółto-zielonych krystalicznych skorupki), oraz sól amonową o wzorze  $(\text{NH}_4)_2\text{ReOCl}_5$ , wydzielającą się w kryształach, podobnych do kryształów soli potasowej, różniącą się jednak od niej bardziej żółtem zabarwieniem. Sole te rozpuszczają się dość trudno w stężonym kwasie solnym i dają żółte roztwory. Podczas rozcieńczania roztwory te zielenieją i wydzielają wreszcie czarny wodorotlenek



renu. W stężonym kwasie siarkowym otrzymuje się brunatno-czerwone roztwory, zabarwiające się podczas ogrzewania na kolor fioletowy; po dłuższym ogrzewaniu roztwory te odbarwiają się całkowicie. ☒

☒ Pięciowartościowe związki renu, opisane powyżej, ulegają łatwo odtlenianiu w obecności jodowodoru i tworzą czterowartościowe związki, w których ren istnieje w postaci czterowartościowego katjonu:



## XV. ŻELAZOWCE

### 1. OGÓLNY CHARAKTER.

A. *Własności fizyczne.* Grupa żelazowców obejmuje trzy bardzo do siebie podobne pierwiastki: *żelazo* Fe, *kobalt* Co i *nikiel* Ni, tworząc pierwszą triadę ósmej grupy układu periodycznego pierwiastków. Własności fizyczne tych pierwiastków, oraz ich ciężary atomowe, są bardzo do siebie zbliżone, jak wynika z tablicy 100.

Są to jedyne pierwiastki ferromagnetyczne, t. j. skupiające linie pola magnetycznego. Zdolność tę tracą one jednak rap-

TABLICA 100.

☒

Własności fizyczne żelazowców.

	Fe	Co	Ni
Ciężar atomowy . . . . .	55,84	58,94	58,69
Gęstość . . . . .	7,86	8,8	8,8
Objętość atomowa . . . . .	7,10	6,70	6,67
Temp. topnienia . . . . .	1530°	1490°	1452°
Temp. wrzenia (ok. 30 mm Hg)	2450°	2370°	2340°
Ciepło właściwe kal/gr. (0-100°) .	0,1107	0,109	0,108
Ciepło topn. kal/gr. . . . .	65,5	67,0	70,4
Przewodnictwo elektr. ohm <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> 10 <sup>-4</sup> .	10,0	8,5	8,5 ☒

townie w wysokich temperaturach: żelazo w 760°, kobalt w 1100°, a nikiel w 350°.

*B. Własności chemiczne.* Pod względem własności oraz zachowania chemicznego żelazowce wykazują duże podobieństwo wzajemne. W szczególności ich powinowactwo do tlenowców jest niemal jednakowe, jak wynika z następujących danych termochemicznych, dotyczących ciepła tworzenia odpowiednich związków w stanie stałym:

	Ciepła tworzenia tlenków: MeO	Ciepła tworzenia siarczków: MeS	Ciepła tworzenia selenków: MeSe
Fe	65,7 Kal	24,0 Kal	16,0 Kal
Co	64,1 „	21,9 „	9,9 „
Ni	61,5 „	19,5 „	9,9 „

To samo da się powiedzieć o powinowactwie do chlorowców na podstawie danych, dotyczących ciepła tworzenia odpowiednich związków w stanie rozpuszczonym:

TABLICA 101.

	Ciepła tworzenia:			
	fluorków MeF <sub>2</sub>	chlorków MeCl <sub>2</sub>	bromków MeBr <sub>2</sub>	jodków MeJ <sub>2</sub>
Fe	127,0	100,1	85,9	61,3
Co	122,2	95,0	80,8	54,3
Ni	120,8	93,9	79,7	55,1

a także i o cieple tworzenia innych soli, jak np. o ciepłach tworzenia azotanów i siarczanów:

TABLICA 102.

	Ciepła tworzenia:	
	Me(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MeSO <sub>4</sub>
Fe	119,0	234,9
Co	113,8	207,0
Ni	112,6	228,7



## 2. ŻELAZO, Fe.

A. *Występowanie.* Żelazo, podobnie jak glin, należy do tych metali półszlachetnych, których związki są najbardziej rozpowszechnione na powierzchni skorupy ziemskiej. Jest ono równocześnie najważniejszym niewątpliwie oraz najpożyteczniejszym ze wszystkich metali, praktyczne bowiem zastosowania żelaza społy się najgłębiej ze wszystkimi gałęziami przemysłu oraz potrzebami naszego życia codziennego. To szerokie zastosowanie żelazo zawdzięcza nietylko temu, że występuje w przyrodzie w olbrzymich ilościach, ale i temu, że zmienia zasadniczo swe własności fizyczne, zależnie od zawartości domieszek obcych pierwiastków, a także od sposobu cieplnej lub mechanicznej obróbki.

W stanie rodzimym żelazo występuje w przyrodzie bardzo rzadko, i tylko w małych ilościach. Niektóre skały wybuchowe, w szczególności bazalty i granity kanadyjskie i grenlandzkie zawierają metaliczne bryły żelazne, których waga dochodzi niekiedy do kilkudziesięciu kilogramów. Większe masy żelaza rodzimego występują w meteorytach pochodzenia kosmicznego, których poszczególne odłamki dochodzą niekiedy do wagi kilku, a nawet kilkudziesięciu tonn.

Żelazo, znajdujące się w wierzchnich warstwach skorupy ziemskiej, występuje najczęściej pod postacią związków z tlenem i siarką oraz węglem i tlenem. Najważniejszymi rudami, służącymi do wytopienia żelaza metalicznego, są jego tlenki, wodorotlenki oraz węglan, a mianowicie:

Żelaziak magnetyczny, zwany *magnetytem*,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . W postaci krystalicznej występuje w ośmiościanach układu regularnego, zawierających 72,4% Fe. Rudą podstawową jest magnetyt ziarnisty, zawierający od 40 do 60% Fe, występujący obficie w krajach północnych, zwłaszcza w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych, Skandynawji oraz Rosji. Niezwykle potężne masy tej rudy występują w stanach New-York, New-Jersey oraz w Pensylwanji. Imponujące są również góry magnetyczne na Uralu (Koczkonow, Błagodot, Wysokaja i Magnitnaja).

Żelaziak czerwony, zwany *hematytem*,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , tworzy kryształy romboedryczne o blasku metalicznym i barwie żelazisto-czarnej, lub stalowo-szarej. Występuje w wielkiej ilości odmian. Najważniejsze z nich są: hematyt krystaliczny, blaszkowaty i ziarnisty, którego najobfitsze złoża znajdują się na



wyspie Elbie, w Hiszpanji oraz w Szwecji; hematyt włóknisty, zbity, występujący obficie w Westfalji, Czechach oraz na Niżu Dnieprowym (Krzywy Róg), wreszcie żelaziak czerwony gliniasty, zawierający wapienie, zwany minetą i eksploatowany na szeroką skalę w Lotaryngji.

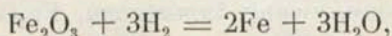
Żelaziak brunatny, zwany *limonitem*, jest wodzianem tlenku żelazowego o składzie chemicznym, odpowiadającym wzorowi  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Jest to substancja żółtawo-brunatna, produkt wietrzenia minerałów żelazistych, w szczególności węglanu żelazawego ( $\text{FeCO}_3$ ). Występuje w licznych odmianach o wyglądzie włóknistym, zbitym, żyłowym i t. p., tworząc rozległe pokłady w krajach Nadreńskich, Lotaryngji i Francji północnej. Ziemista odmiana limonitu, zwana rudą darniową lub łąkową, występuje obficie w całych Niemczech, Polsce i innych krajach północnych.

Żelaziak szpatowy, czyli *syderyt*,  $\text{FeCO}_3$  barwy żółtawo-szarej lub żółtawo-brunatnej, obficie występuje w paśmie Alp austriackich, zwłaszcza w Styrii i Karyntji.

*Piryty* żelazny  $\text{FeS}_2$  również bardzo pospolity, często krystaliczny, występuje przeważnie w żyłach kruszcowych. Najobfitsze jego złoża znajdują się w Rio Tinto w Hiszpanji. Używany jest na szeroką skalę do wyrobu kwasu siarkowego.

*B. Polskie rudy żelazne.* Ziemie polskie posiadają liczne, choć niezbyt bogate złoża rud żelaznych, składające się przeważnie z limonitów oraz syderytów. Rudy limonitowe, zawierające od 30 do 40% żelaza, występują w Zagłębiu Śląskopolskiem oraz na północy gór Świętokrzyskich. Rudy sferosyderytowe, zawierające przeciętnie 36% Fe, ciągną się długim pasem od Zawiercia przez Częstochowę, Opatów aż za Wieluń. Zasoby tych rud nie są zbyt wielkie, wynoszą bowiem zaledwie 300 milionów tonn, co odpowiada 90 milionom tonn czystego żelaza.

*C. Odmiany alotropowe.* Chemicznie czyste żelazo otrzymuje się laboratoryjnie przez redukcję tlenku żelazowego  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  zapomocą wodoru:



lub elektrolizę wodnych roztworów soli żelazawych: siarczanu lub chlorku żelazawego. Ma ono wygląd białej masy metalicznej o budowie krystalicznej, topi się w temperaturze 1530°.



Zarówno żelazo, otrzymane przez redukcję tlenku żelazowego zapomocą wodoru, jak żelazo elektrolityczne zawiera zawsze rozpuszczony wodór. Można je uwolnić od wodoru przez ogrzewanie w próżni do wysokiej temperatury. Chemicznie czyste żelazo otrzymuje się również przez rozkład pięciokarbonylku żelaza,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  w wysokich temperaturach. Czyste żelazo występuje w trzech różnych odmianach alotropowych, zwanych ferrytami. W temperaturach poniżej  $780^\circ$  trwały jest tylko  $\alpha$ -ferryt, różniący się od pozostałych odmian własnościami magnetycznymi. Druga odmiana,  $\beta$ -ferryt występuje w granicach temperatur od  $780^\circ$  do  $880^\circ$ ,  $\gamma$ -ferryt zaś w granicach temperatur od  $880^\circ$  do  $1500^\circ$ .  $\beta$ -ferryt jest odmianą alotropową żelaza o najmniejszej gęstości.

*D. Żelazo techniczne* nie jest żelazem czystym, zawiera bowiem stopy żelaza z węglem; w skład jego wchodzi często krzem oraz metale półszlachetne, zwłaszcza mangan, nikiel, chrom, wolfram, molibden i t. p. Rozróżniamy zazwyczaj trzy główne rodzaje żelaza technicznego, zwane surowcem (żeliwem), żelazem kowalnym oraz stalą.

*Surowiec*, zwany również żelazem lanem lub żeliwem, otrzymuje się bezpośrednio z rud żelaznych, przez wytapianie ich w wielkich piecach hutniczych. Zawiera on przeciętnie od 3 do 5% węgla i występuje w dwóch odmianach, jako surowiec szary oraz biały. Surowiec szary o budowie ziarnistej posiada barwę ciemno-szara, przypominającą grafit, powstającą wskutek wydzielania się rozpuszczonego w żelazie węgla w postaci delikatnych blaszek grafitowych. Surowiec biały, koloru srebrzysto-białego, posiada budowę włóknistą, a zawarty w nim węgiel występuje w postaci związku chemicznego  $\text{Fe}_3\text{C}$ , zwanego cementytem. Obie odmiany surowca topią się w temperaturach stosunkowo niezbyt wysokich, w granicach temperatur od  $1100^\circ$  do  $1300^\circ$ , i dlatego znajdują szerokie zastosowanie w odlewnictwie (żelazo lane). Surowiec jest bardzo twardy, kruchy, nie daje się ani kuć, ani spawać, pęka bowiem pod uderzeniami młota i kruszy się.

*Żelazo kute*, kowalne lub profilowe zawiera najmniejsze ilości węgla, nie dochodzące do 0,5%. Jest ono miękkie i kowalne. W wysokiej temperaturze daje się spawać. Żelazo kute nie daje się hartować, topi się stosunkowo bardzo trudno, powyżej  $1450^\circ$ .

*Stal* zawiera od 0,5 do 2,5% węgla. Łączy ona w sobie własności żelaza lanego i kutego. Z pierwszem ma wspólną twardość i łatwotopliwość, dzięki czemu nadaje się do odlewów. Z żelazem kutej ma wspólną ciągliwość, kowalność i spawalność. Cechuje ją nadto sprężystość i hartowność, t.j. własność osiągania wielkiej twardości wskutek raptownego ochłodzenia. Stal hartowana ulega przez ostrożne ogrzewanie do temperatur poniżej 700° t. zw. odpuszczeniu, czyli częściowemu odhartowaniu, poczem staje się mniej twarda, lecz bardziej ciągliwa.

### 3. METALURGJA ŻELAZA.

Wspomnieliśmy już, że żelazo jest niewątpliwie najważniejszym oraz najcenniejszym metalem użytkowym, którego zastosowania wiązały się nierozdzielnie z rozwojem naszej cywilizacji. Za miarę rozwoju kultury przemysłowej danego kraju śmiało można przyjąć przeciętne zużycie węgla i żelaza na głowę jego ludności. Ilustrują to następujące dane statystyczne, dotyczące zużycia węgla i żelaza w r. 1906 na głowę ludności w czołowych krajach kulturalnych.

TABLICA 103.

K r a j	ludność w miljonach	Zużycie na głowę ludności		długość linii kolejowych w metr. na głowę
		węgla w kg	żelaza w kg	
Stany Zjednoczone	90,7	4050	320	3,79
Anglja. . . . .	44,2	4680	220	0,82
Belgja . . . . .	7,3	2980	160	0,93
Niemcy . . . . .	61,5	3140	145	0,88
Francja . . . . .	39,3	1190	65	1,15
Austrja . . . . .	47,3	1370	39	0,81
Rosja . . . . .	120,0	—	25	0,44

Z tych względów ważne i pouczające będzie dokładniejsze zapoznanie się z historją rozwoju hutnictwa żelaza, tembardziej, że do ostatnich niemal czasów rozwój metod technicznego otrzymywania żelaza i stali przebiegał na drodze empirycznej.

*A. Okres przedhistoryczny.* Człowiek pierwotny karmił się



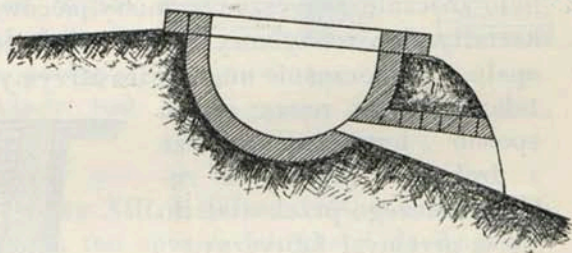
przeważnie gotowemi ziemiopłodami, t. j. owocami i korzeniami oraz upolowaną zwierzyną. Oręż swój oraz narzędzia wyrabiał z krzemienia, z kości zwierząt oraz z ości ryb. Był to »okres kamienny« pierwotnej kultury ludzkiej, po którym nastąpił »okres brązu«, a wreszcie po nim »żelaza«. Użycie żelaza było jednak mało rozpowszechnione nawet w początkach czasów historycznych, jeszcze bowiem starożytni egipcjanie, grecy oraz rzymianie wyrabiali większość narzędzi, służących do użytku codziennego (domowego), zarówno jak i oręż — z brązu oraz miedzi.

W starożytnym Egipcie żelazo zwano »bean-pe«, czyli »metalem nieba«, co wskazywałoby na używanie żelaza, pochodzącego z meteorytów. Istotnie też w piramidach egipskich znaleziono większe bryły żelaza tego pochodzenia. W Indjach wyrób żelaza kutego oraz stali znany był już na kilka tysięcy lat przed Narodzeniem Chrystusa, a stal indyjska stanowiła w starożytności ważny artykuł handlu wywozowego. O wysokim stanie hutnictwa żelaznego w Indjach starożytnych świadczą chociażby olbrzymie słupy z żelaza kutego, wagi około 17 tonn, zachowane w świątyni w Delhi.

Do Europy środkowej znajomość żelaza i sposobów jego wyrobu dostała się niewątpliwie ze Wschodu, najprawdopodobniej z Kaukazu i rozwinęła się szybko w Krainie, Hiszpanji, Galji, Anglji, prowincjach Nadreńskich, a w szczególności w Karyntji.

*B. Okres Starożytny.* Starożytni wy-

rabiali żelazo kute bezpośrednio z rud. Posiłowali się oni w tym celu zwykłemi ogniskami kowalskimi, składającemi się z niewielkich obmurowanych zagłębień, służących do mieszania rudy z węglem drzewnym. Wysoką temperaturę, konieczną do redukcji tlenków żelaza, osiągnęli oni zapomocą miechów skórzanых. W ten sposób można było przerabiać tylko niewielkie ilości rudy z małym wydatkiem żelaza, wobec wielkiego nakładu pracy oraz zużycia dużych ilości węgla drzewnego. Otrzymany tym sposobem produkt był bardzo niejednolity i po-



Rys. 162.

Starożytny piec do wytapiania żelaza.

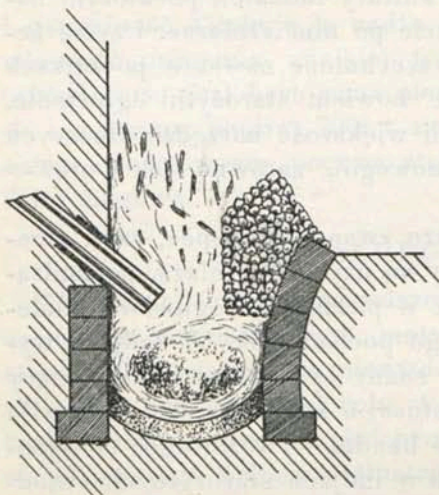


siadał własności żelaza kutego lub stali. Były to bryły gąbczaste, zwane »dulem« lub »lupą«; zawierały one duże ilości żużla, od którego uwalniano je zapomocą wielokrotnego przekuwania.

### C. Okres średniowieczny.

Pierwotny sposób otrzymywania żelaza kutego rozwinął się szczególnie w początkach wieków średnich w Alpach austriackich i został udoskonalony przez znaczne pogłębienie dołu ogniskowego. W ten sposób powstała t. zw. »katalońska« metoda wytapiania żelaza, pozwalająca na otrzymywanie go w znacznie większych ilościach.

W wiekach średnich zaczęto stosować do poruszania miechów kowalskich, zamiast siły rąk ludzkich, energję spadów wodnych. Dzięki temu można



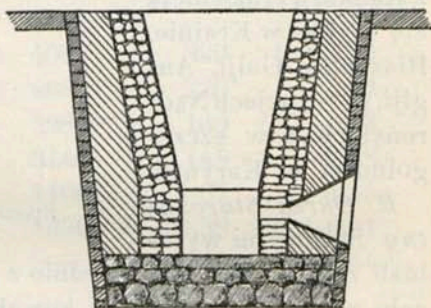
Rys. 163.

Katalońska metoda wytapiania żelaza.

było znacznie zwiększyć wymiary pieców, nadając im stopniowo kształty pieców szybowych. Wywołało to większą oszczędność opału, a jednocześnie umożliwiło otrzymywanie większych ilości żelaza kutego naraz; w ten sposób hutnictwo żelaza z drobnego przemysłu rękodzielniczego przekształciło się w przemysł fabryczny.

Proces redukcji przebiegał w większych piecach energiczniej i zupełnie, żelazo pobierało więcej węgla, a tem samem stawało się łatwiej topliwe. Przez zwiększenie wymiarów pieców otrzymano poraz pierwszy

żelazo płynne, — co było wielkiem krokiem naprzód, proces wytapiania stał się bowiem z przerywanego ciągłym. Przez górny otwór pieca wprowadzano doń bez przerwy rudę oraz



Rys. 164.

Piec średniowieczny w przecięciu poprzecznym.



węgiel drzewny, powstające zaś żelazo ciekłe oraz stopiony żużel wypuszczano przez otwór dolny.

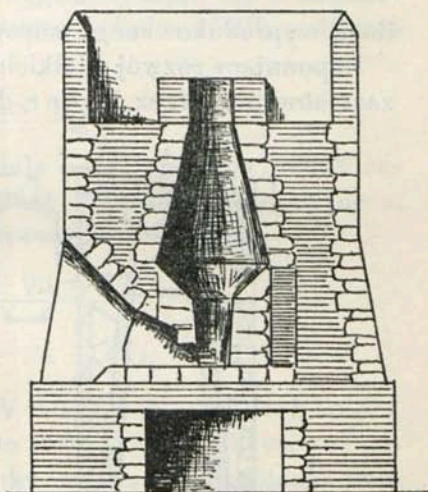
Otrzymywano w ten sposób zamiast żelaza zgrzewnego — surowiec, zatem produkt niekwalny. Surowiec ten poddawano procesowi »świeżenia«, t. j. ponownemu przetopieniu w piecach pudlarskich i otrzymywano żelazo kowalne o własnościach bardziej stałych i jednolitych od żelaza, uzyskiwanego bezpośrednio z rudy. Nadto surowiec ten, po ponownem stopieniu dawał się odlewać w formy. Pod koniec XV stulecia sztuka lania żelaza była już w Niemczech w stadjum pełnego rozwoju.

Zastosowanie miechów z pędem wodnym, które doprowadziło do przekształcenia dawnych pieców ogniskowych w piece szybowe (zwane piecami wielkimi), oraz do otrzymywania żelaza lanego, zostało zapoczątkowane w Alpach austriackich, stamtąd zaś rozprzeczniło się wzdłuż dolnego Renu aż do Westfalji, posiadającej olbrzymie pokłady rud żelaznych.

Pierwsze wielkie piece powstały w Westfalji w wieku XIII, a koło r. 1500 robotnicy niemieccy przynieśli ze sobą ten sposób fabrykacji do Anglii.

*D. Okres nowożytny.* Do XVIII w. stosowano w hutnictwie żelaza wyłącznie węgiel drzewny, jako środek redukcyjny i opały. Wobec tego pierwotne wielkie piece miały niezbyt wielkie wymiary, wysokość ich dosięgała najwyżej 7 metrów. Dopiero w r. 1734 Abraham Darby opracował w Anglii sposób wytapiania surowca przy pomocy koksu, otrzymywanego z węgla kamiennego. Od tej chwili hutnictwo żelaza zaczęło się gwałtownie rozwijać w Anglii, kraju obfitującym zarówno w rudę żelazną, jak i węgiel kamienny.

Pierwsze wielkie piece dostarczały zaledwie kilkaset kilogramów surowca dziennie, podczas gdy współczesne produkują dziennie od 80 do 400 tonn.



Rys. 165.

Średniowieczny piec do »świeżenia« żelaza.