

Jasno-żółty występuje w	+	220°
złocisty	„	245°
brunatny	„	255°
purpurowy	„	265°
błękitnawy	„	290°
indygowy	„	300°

Kolory te ochraniają stal od rdzewienia, służą także za ozdobę.

Stal hartowana jest lżejszą; jęj ciężkość gatunkowa z 7,738 schodzi na 7,704; traci dźwiękliwość i w uderzeniu wydaje głos tępy, głuchy.

331. Według sposobu wyrabiania, odróżniamy: 1° *stal kuzniczą* czyli naturalną, otrzymywaną w ogniskach zwykle do przemiany surowca na żelazo używanych; 2° *stal cementową*, która się tworzy działaniem węgla na żelazo w temperaturze czerwoności. Nakoniec *stal łana* pochodzi ze stopienia stali cementowej. Odmiana jęj *damasceńską* nazwana, odznacza się wzorami, które na nięj występują po nagryzieniu kwasami.

Żelazo sztabowe zawiera $\frac{1}{1}$ — $\frac{1}{2}$ % węgla; zasób ten nie szkodzi, owszem jego własności podwyższa.

332. Wszystkie odmiany żelaza wyżej przytoczone, są jego związkami z węglem czyli *węglkami*; dotąd jednak niezupełnie rozstrzygnięto, na czém tak wielkie różnice ich własności zależą. Dawniejsi chemicy sądzili, że one pochodzą od stosunku węgla, którego krańcowe ilości oznaczono: $\frac{1}{15}$ w surowcu szarym ciemnym i $\frac{1}{200}$ w miękkiej stali. Te podania *Musheta* przyjęto we wszystkich dziełach metalurgów i ponieważ widziano pewne stopniowanie w ilości węgla, uznano je za prawdziwą

przyczynę zmiany własności. Lecz *Karsten* zwrócił uwagę, że to objaśnienie jest błędnem; ponieważ surowiec np. szary nagle po stopieniu ostudzony, wydaje surowiec biały, chociaż węgla nie traci; że stal nie hartowana zamienia się na hartowaną i odwrotnie; dlatego sądził, że sposób połączenia się węgla z żelazem, głównie wpływa na charakterystykę ich związków. To przypuszczenie opiera się na zachowaniu się węglików żelaza względem kwasów.

Rozpuszczając surowiec biały w kw. solnym, gaz wodorowy wywiązany ma zapach przykry; ponieważ w chwili występowania z wody łączy się z węglem, który ze związku z żelazem wychodzi, i nowe produkty ciekłe tudzież lotne tworzy. Kw. saletrzący ukwasoradnia obadwa pierwiastki; węgiel oddziela w stanie proszku czerwono-brunatnego, który się łatwo zapala, zawiera kwasoród i wodor; w składzie jest podobny do materii organicznej (kw. prochnowy); rozpuszcza się w ługu alkalicznym. Nazwano go *węgłem ukwasorodnionym, zmienionym*.

Z żelaza szlabowego kwasy oddzielają materię czarną, przez magnes przyciąganą, w potażu nierozpuszczalną. Skład jej niedobrze oznaczono; ma zawierać 82—94% żelaza. *Karsten* sądzi, że w niej atom żelaza łączy się z kilkoma atomami węgla, i tworzy *wielowęglík* (polycarburet), w reszcie masy żelaza rozpuszczalny. Surowiec szary w kwasie rozpuszczony, zostawia łuszczyki czarne, krystaliczne, przez *Karstena* za czysty węgiel albo *grafit* uważane. Obok niego może się znajdować *polykarburet* i *węgiel zmieniony*.

333. Gdyby węgliki żelaza różniły się ilością węgla, widocznie kwasy oddzielałyby go w jednakowym stanie; wypadki różniłyby się tylko ilością. Lecz odmienny jego stan fizyczny i chemiczny okazuje, że jest w niejednakowym rodzaju związku, kiedy ma niejednakowy udział w zmianach przez kwasy wywołanych. Trudno jednak w tém przypuszczeniu wytłumaczyć: dlaczego niektóre cząstki żelaza przyswajają sobie po kilka atomów węgla, tworzą z nim związek wyższy (Polycarburet) w śród nadmiaru cząstek żelaza, którym niemożna odmówić powinowactwa do węgla. Z doświadczeń *Bromeisa* wynika, że polycarburet *Karstena* jest produktem niedokładnego działania; gdy zabrakło kwasu ażeby zupełnie rozpuścił żelazo, albo przestał działać z powodu węgla który je osłonił, albo nakoniec metal jest połączony z krzemem, siarką lub fosforem, albo zostawia wiele nierozpuszczonego związku krzemna z manganem. Najpodobniej więc do prawdy, węgiel znajduje się w żelazie w dwójakim stanie, *mechanicznie domieszany* jako grafit i *chemicznie z żelazem połączony*.

334. Żelazo przy pomocy wyższej temperatury więcej węgla rozpuszcza, gdy z nim dłużej w zetknięciu zostaje. Taki roztwór zachowuje się podobnie jak inne, to jest w wysokich stopniach ciepła nasycony, część materii rozpuszczonych w powolném stygnięciu opuszcza. Lecz oddzielenie się węgla z żelaza niemoże być tak zupełne, jakby nastąpić powinno; ponieważ żelazo przed stężeniem gęstnieje i więcej węgla zatrzymuje niżby mogło, stósownie do temperatury i swój nasycalności.

Bromels okazał, że w surowcu szarym:

wydziela się 2,340—2,360 grafitu
zostaje 0,930 węgla chemicznie po-
łączonego.

W surowcu białym:

wydziela się 1,040 grafitu
zostaje 1,015 węgla związkowego.

W surowcu zwierciadlistym:

wydziela się 0,720 grafitu
zostaje 3,100 węgla związkowego.

W żelazie sztabowym z surowca białego wyrobio-
nem:

zostaje: 0,238 . . . 0,354 . . . 0,660 węgla
związkowego.

wydziela się 0,080 grafitu.

W stali cementowej, topionej reńs, topionej angielskiej:

wydziela się . . . 0,080 . . . 0,110 . . . 0,220 grafitu
zostaje 0,416 . . . 1,137 . . . 0,950 węgla
związkowego.

We wszystkich przeto gatunkach żelaza znajduje się węgiel mechanicznie domieszany; w surowcu najobficiej, w żelazie sztabowym i w stali najmniej. Wszystkie gatunki żelaza, którym sztucznie węgla nie zabrano, powinny mieć prawie jednakową ilość węgla związkowego, ponieważ nadmiar oddziela się z roztworu. Wistocie, najnowsze analizy okazują: w surowcu szarym 0,93; w stali topionej 0,93—0,95 węgla związkowego. Można więc surowiec szary uważać, za mieszaninę stali lanej nieczystej z ziarnami grafitu; dlatego on posiada niejaką ciągłość, po stopieniu nagle

oziebniony twardnieje. Surowiec biały jest żelazem bardzo nieczystym, które na swój punkt tężenia zawiera to wiele węgla zawiera.

Stal topiona byłaby najczystszym związkiem węgla i żelaza, ponieważ na stopień ciepła w którym krzepnie, jest najwięcej przez węgiel nasycona. Nasycalność ta wynosi około 1% węgla związkowego. Żelazo sztabowe byłoby żelazem w węgiel najuboższem. Za stal należałoby uważać każde czyste połączenie węgla z żelazem, kładąc za granicę 0,5 węgla związkowego, ponieważ stal cementowa miękka tę ilość zawiera.

Na ilość węgla w surowcu białym wpływa obecność materii obcych, które mogą zmienić punkt topliwości i tężenia, a tym samym oddzielenie się węgla w stanie grafitu utrudniają, na koniec w części go zastępują. W surowcu np. zwierciadlistym znaleziono najwyższy zapas węgla = 5, 2%; niekiedy zniża się do 4,2% nawet 3,8%, bez zmiany własności fizycznych. Można więc wnioskować, że inne ciała zdolają mu nadać postać krystaliczną, a przynajmniej węgiel nie jest do tego warunkiem koniecznym. Rzeczywiście, *Bromels* znalazł w nim około 7% manganu.

335. Żelazo ma liczne zastosowania, niemożna go niczem w nich zastąpić; dlatęj przyczyny, jego otrzymywanie hutnicze jest fabrykacją dla każdego kraju ważną. Jeżeli rudy są dobre, węglem drzewnym wytapiane: proces metalurgiczny staje się łatwym; dopiero wtenczas zachodzą w nim trudności, gdy ruda zawiera materię obcą żelazu szkodliwą, np. siarkę lub fosfor, albo gdy ją kokiem wytapiają. Rudy zwykle uży-

wane są: *ruda magnetyczna* (Magneteseisenstein); *żelazo błyszczące* (Eisenglanz albo oligiste); *ruda czerwona* (Rotheisenstein); *ruda czerwona gliniasta* (rother Thoneisenstein); *ruda brunatna* (Brauneseisenstein); *ruda brunatna gliniasta* (brauner Thoneisenstein); *ruda bobowa* (Bohnerz); *ruda darniowa, łączna, błotna* (Raseneisenstein, Wiesenerz, Sumpferz). We wszystkich żelazo jest ukwasorodnione. *Ruda żelazna szpatowa* (Spatheisenstein) i *sferosiderit*, są węglanem żelaza. *Sferosiderit gliniasty* ma domieszanie gliny. Innych gatunków rud nieużywają; są bowiem rzadkie i w małej ilości, albo zawierają pierwiastki szkodliwe np. piryty, fosforany żelaza i t. d.

336. Rudę przed użyciem prażą, ażeby się stała łatwiejszą do rozbicia, straciła wodę lub kwas węglany, które ulatując w czasie topienia, zniżałyby temperaturę pieca i przez to na jego bieg wpływały. Ruda prażona jest więcéj dziurkowata, do redukcji łatwiejsza; jeżeli zawiera piryty, potrzeba ją czas niejaki na działanie powietrza wystawić, ażeby się wyrobił siarcaa, którego część największą woda deszczowa wypłukuje.

337. Rudy powyższe przerabiają dwoma oddzielnymi drogami, to jest otrzymują z nich żelazo kowalne bezpośrednio; albo naprzód wytapiają surowiec, potem w oddzielnym *processie świeżenia* (Frischen, affinage) zabierają mu węgiel i materje obce z żelazem połączone. Pierwszego sposobu używają w niektórych okolicach, mianowicie w Pyreneach i na wyspie Kor-

syce; drugi wprowadzono prawie we wszystkich hutach Europy.

Wiadomo iż kwasoródki żelaza są łatwe do redukcji (k. 294); metal otrzymany wprawdzie nie topi się ogniem pieców hutniczych, lecz cząstki żelaza nabywają spajalności, przez kucie dają się urobić w massy lite i spójne, jeżeli materye obce w rudzie zawarte, nie stoją na przeszkodzie, to jest mogą być stopione w niższej temperaturze, w której żelazo z węglem się nie łączy. Na tém zachowaniu się polegają: *metoda katalońska, biskajska, nawarrska*, wydające żelazo bezpośrednio z rudy.

Ogniska katalońskie, (fig. 29 i 30) są niskie, zwykle 0^m,7 głębokie, czworokątne, płatami żelaznemi otoczone. Dno *a.* jest z piaskowca lub granitu. Z jednej strony ogniska leży forma *b.* czyli rura którą wpływa strumień powietrza, od 35°—40° nachylony. Ściana *c.* na której forma leży (*les porges*) jest prostopadła, jej przeciwna *d.* (*contrevent* albo *ore*) tyle się wychyla, że ognisko u dołu 0^m,7 szerokie, u góry ma 1^m szerokości. Od ściany przodkowej *m.* (fig. 30) *ehio* zwanój, do ściany tylnej *s* (*cave*) z muru urobionój, ognisko jest 0^m,6 długie.

Gdy się ma rozpocząć topienie, ognisko węglami rozżarzonemi aż do formy napełnione, robotnik przedziela płytą żelazną pionowo postawioną, na 2 części nierówne tak, iż bliższa formy jest dwa razy większą. W tej części ubija węgle; w drugiej mniejszej kładzie rudę, na kawałki wielkości orzecha potłuczoną. W miarę wypełnienia ogniska, robotnik podnosi

przegrodę, i tym sposobem układa dwie warstwy pionowe węgla (A.) i rudy (B.), około 0,^m2 nad ognisko wystające. Warstwę rudy pokrywa polepą z węgla dobrze ubitą.

Po naładowaniu ogniska, w początku daje wiatr słaby, następnie coraz mocniejszy. (*) W miarę ubywania węgla dodają świeżych, sypiąc na nie drobne i przesiane okrucchy (greillade), przy tłuczeniu rudy otrzymane. Powietrze przez formę wcisniętą, blisko niej tworzy kwas węglany; ten zaś przechodząc grubą warstwę materiału opałowego, zamienia się na niedokwas węgla, który warstwę rudy dostatecznie ogrzaną przenika i metal redukuje. Ta jednak redukcja nie jest zupełną; część kwasorodku żelaza, z materjami gangu tworzy krzemian w FeO bogaty, który upuszczają z ogniska otworem o (fig. 30), w dolnej części ściany przodkowej urobionym.

Po dwóch godzinach działania, okrucchy razem z węglem w ognisko zstępujące, wydają pewną ilość żelaza na dnie zebranego; teraz więc robotnik zajmuje się urobieniem luppy. Naprzód wzmacnia strumień powietrza; z warstwy rudy podsuwa ku formie kawałki najlepiej przygotowane, i w ciągu tego peryodu częściej dodaje węgla i okrucchów. Po upływie 5 godzin od początku operacji, cała ilość rudy do ogniska schodzi; każdy kawałek zamienia się na bryłki gąbkowate żelaza metalicznego, które robotnik stara się w jedną

(*) Ogniska katalońskie używają właściwego urządzenia, zwanego trąbą (trömpe), które zastępuje miechy.

bryłę czyli *luppe* (*massé*) połączyć. Późem wyjmują ją z ogniska i pod młot przenosi, dla wyciśnięcia żużli i nadania jej właściwego stopnia gęstości; nakoniec rozeina na kawałki, wygrzewa je w początku następnej operacji, i dalej mechanicznie przerabia. Metoda katalońska wiele węgla zużywa; wymaga rud bogatych łatwotopliwych; ponieważ nie można w niej używać wysokiej temperatury; część przeto kwasorodku żelaza zostaje niezredukowana i przechodzi do żużli, które otaczając metal od połączenia z węglem chronią. W jednym topieniu 6 godzin trwającym, wyrabiają 150 K° żelaza, zużywając 470 K° rudy i 500 K° węgla.

338. Nierównie więcej jest upowszechnione wytapianie surowca; każda bowiem ruda jeżeli nie zawiera materji szkodliwych, może być użyta i zupełniej zostaje zredukowaną; wreszcie surowiec chętnie wytapiają, ma bowiem obszerne i ważne zastosowania. Główną część pieców wysokich (*Hohofen*, *Hauts fourneaux*), w których się proces wykonywa, stanowi przestrzeń wewnętrzną *A. B.* szachtem zwana (fig. 30), otoczona ścianami *bb.* z cegieł ogniotrwałych albo piaskowca, mogącego znieść wysoką temperaturę bez stopienia. Część szachtu dolna, przyrmatyczna, zwężona *B. D.* nazywa się przystawą (*Gestell*, *ouvrage*) ponieważ ją po zbudowaniu pieca doprawiają. Szacht ma postać dwóch stożków ściętych, podstawami złączonych; największa szerokość *cc* nazywa się przestronem (*Kohlensack*, *ventre*). Część *B. C.* ku *gestel* pochylona, jest *rastem* (*étalages*). Ściany boczne przystawy u dołu przedłużone, z przodu są zamknięte *tamą t.* (*Damstein v. Wallstein*)

przez co tworzy się *zbiornik*, *ss.* (Eisenkasten) do którego spływają materye stopione. Ściana przodkowa przystawy, opiera się na kamieniu poprzecznym *k.* czyli *krzyżaku* (Timpelstein, tympe); między nim i tamą zostaje otwór, służący do wypływu materyi szklistych i do mechanicznego czyszczenia przystawy; dlatego piece téj budowy nazwano piecami z *piersią otwartą* (mit offner Brust.). Między tamą i bokami przystawy przedłużonemi, znajduje się kanał, w czasie topienia *polepą* (Gestübbe) zamknięty, który się przebija gdy surowiec ma być upuszczony. W wysokości kilku cali nad dno pieca, znajduje się w boku przystawy otwór na formę (Form. tuyère), którą miechy powietrze wciskają. Piece mogą mieć 2 lub trzy formy, szczególnie gdy się rudę kokiem topi.

Ściany szachtu w pewnym odstępie (Füllung) otacza mur *MM.* czyli *plaszcz* (Mantel, Massiv), z zwykłych materyałów wzniesiony, dla nadania trwałości budowie. Zostawione w nim sklepienia *oo.* ze strony form i upustu, pozwalają robotnikom przystępu do wnętrza przystawy.

339. Piec świeżo przystawiony wymaga stopniowego wygrzania, ażeby nagłem roznieceniem ognia nie uszkodzić kamieni na przystawę użytych. Po wypełnieniu węglami, zaczyna się nadawać słabe ładunki rudy, wzmacniając je stopniowo, dopóki piec nie dojdzie właściwej temperatury, w której ładunki węgla mogą znieść najwyższe ładunki rudy. Powietrze przez formę wciskane, utrzymuje węgle w najżywszej kombustyi; ładunki najbliższe formy topią się w przystawie,

leżące nad niemi zstępują ku dołowi, i przy ujściu *a a.* (guelard. Gicht) zostawiają miejsce dla nowych. Powietrze u dołu wciskane, przez ujście wypływa. Tym sposobem, powietrze i ruda ciągle się poruszają w dwóch przeciwnych kierunkach; topienie trwać może bez przerwy, dopóki stan pieca dozwala; nowe bowiem ładunki węgla i rudy, przez otwór ujścia ciągle nadają. Czas przez który piec zostaje w biegu, nazwano *kampaną* (campagne).

340. Ruda ładowana nie jest czystym kwasorodkiem żelaza; zawsze ma domieszanę materję obcą, zwykle kwarc lub glinę. Topiąc takie rudy w piecach wysokich, kwasorodki żelaza redukują się na metal, który w surowiec przechodzi; materję zaś obcą muszą tworzyć związki łatwo topliwe, od którychby metal w zbiorniko *s. s.* łatwo się oddzielał, posiadając nierównie wyższą ciężkość gatunkową.

Rzadkie jednak są przypadki, w których ruda może być tym sposobem stopiona, bez dodania materjy jej topliwość ułatwiających. Jeżeli ruda zawiera gang kwarcowy, jej ładunki nie będą stopione; sama bowiem krzemionka w ogniu pieców wysokich jest nietopliwa; w braku więc zasad wydających z nią krzemiany w tym stopniu ciepła topliwe, krzemionka zabierze część kwasorodku żelaza, utworzy z nim krzemian łatwotopliwy, którego zasada uniknie redukcji, a tem samem znaczna część żelaza zostanie straconą. Toż samo nastąpi z gangiem gliniastym; sam bowiem krzemian glinki jest nietopliwy, lecz z krzemianem żelaza wydaje krzemian podwójny, łatwo się topiący.

ogniem pieców wysokich. Niedogodnościom ztąd wynikającym zapobiega dodanie węglanu wapna; on bowiem w szachcie zamienia się na wapno kaustyczne, i z krzemianem glinki tworzy krzemian podwójny glinki i wapna, łatwo topliwy, zawierający dostateczną ilość zasady, która niedozwoli kwasoródnikowi żelaza wejść do krzemianu, a tém samém usunąć się od redukcji. Do rudy z gangiem krzemiennym, należałoby dodać gliny razem z wapnem. Zwykle rudy żelaza mają gang gliniasty; dlatego prawie zawsze dodają węglanu wapna jako roztop, który w tém użyciu nazywa się *kastiną*. Przy wytapianiu rud wapnistych potrzeba dodać roztopu gliniastego (*erbue*) albo pomieszać je z rudą gliniastą, która dostateczną ilość krzemianu glinki do *namiaru* (*Beschickung*) wprowadza.

341. Topliwość krzemianu glinki i wapna, zależy od stosunku części składowych. Doświadczenie okazało, że najłatwiej topią się krzemiany złożone, w których krzemionka, glinka i wapno są w takiej ilości, że kwasoród kwasu krzemiennego jest dwarazy większy od kwasorodu zasad razem wziętych. Nie jest także obojętnem, w jakim stosunku są obiedwie zasady. Najkorzystniiej dobrać je w takiej ilości, że kwasoród wapna jest równy kwasorodowi glinki. Wzór takiego krzemianu będzie $3 (\text{SiO}_2, \text{CaO}) + \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{CAS}^4$. W hutach otrzymują krzemiany łatwo topliwe, gdy do gliny naturalnej, której skład nie wiele się zmienia, dodają $\frac{2}{3}$ węglanu wapna.

342. Uważmy teraz bieg działań w piecu wysokim zachodzących. W przystawie około formy, gdzie po-

wietrze wciśnięte spotyka węgiel rozżarzony, panuje najwyższa temperatura; węgiel bowiem z powodu nadmiaru kwasorodu pali się z największą żywością i wywiązuje całą ilość ciepła, jaką wydać może gdy się z kwasorodem łączy. Często jeszcze w dolnej części rastu węgiel pali się kosztem powietrza; lecz ta kombustya jest słabszą, największa bowiem część jego kwasorodu zostaje w przystawie zużyta. Gaz ku środkowi rastu przybywający, jest złożony z azotu i kwasu węglanego; będąc do wysokiego stopnia ogrzany, udziela swego ciepła ładunkom wyżej w szachcie leżącym; kwas węglany spotykając w rascie węgiel rozżarzony, łączy się z taką jego ilością jaką już zawiera ($\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$), przechodzi w niedokwas węgla i objętość swoją podwaja (Metalloidy K. 401). W tej cząstkowej kombustyi węgla, z powiększeniem objętości połączonej, temperatura w dolnej części szachtu górnego zamiast wzrastania opada, poniżej stopnia na jakimby pozostała, gdyby strumień gazu w przystawie ogrzany, tylko się swoim ciepłem dzielił z materyałami które spotyka. W przystawie utrzymuje się temperatura *białości* (Weissglühhitze); w rascie i nieco niżej, do czerwoności (Rothglühhitze) schodzi. W tym stopniu ciepła, ruda łatwo się redukuje działaniem niedokwasu węgla ($\text{CO} + \text{FeO} = \text{CO}_2 + \text{Fe}$); wydaje żelazo ale się nietopi, lecz cząstki metalu w pośród *gan-gu* zatrzymuje. Z redukcji kwasorodku żelaza i z rozkładu węglanu wapna dodanego, wywiązuje się kwas węglany; strumień gazu przechodząc wyższe warstwy, coraz mocniej się oziębia, ponieważ część ciepła zo-

staje zużyta na ich ogrzanie i ulotnienie wody, w materyle opałowym i w rudzie zawartej. Nakoniec, przez ujście wypływają gazy, w których niedokwas węgla jest główną częścią składową (metalloidy k. 401).

343. Ruda zstępując od *ujścia* do *dna* pieca, ważnych zmian doznaje. Żelazo jest w niej ukwasorodnione, z pieca wypływa połączone z węglem; w przejściu więc przez szacht, żelazo się redukuje potem z węglem łączy, nakoniec w stan ciekły przechodzi. Od sposobu i czasu wykonania tych trzech peryodów przemiany, zależy natura otrzymanego produktu. Przy ujściu ciepło jest słabe; w miarę zstępowania ładunków ku dołowi szachtu, uchodzi woda; w dolnej stronie górnego stożka i w wyższej części rastu, żelazo ukwasorodnione zamienia się na metal. Gdy ładunki zejda ku dołowi rastu, gdzie najwyższa panuje temperatura, wapno łączy się z materiami gangu, z popiołami węgla i tworzy krzemiany złożone, które poniżej topią się na materią sklistą, tak nazwaną **stroskę** (Hohofenschlacke; laitier). Żelazo metaliczne z węglem zetknięte, część jego połyka i w surowiec przechodzi; mała ilość kwasu krzemienego także zostaje zredukowaną, i jeżeli temperatura jest wysoka, krzemno łączy się z żelazem. Materye w tym stanie i węgle pozostałe, przychodzą do przystawy, gdzie kombustya jest w całej działalności; węglík żelaza tudzież krzemiany topią się i do Eisenkasten kroplami spadają. Lecz ponieważ powietrze w przystawie jest w wysokim stopniu ukwasorodniające, materye stopione powinny prędko opadać, ponieważ w przeciwnym razie, część żelaza