

O OBECNYM STANIE FABRYKACJI ŻELAZA I STALI

ZA POMOCĄ

METODY BESSEMER'A

WRAZ Z JĘJ TEORIĄ

PRZEZ

STEFANA BARANOWSKIEGO

Inżyniera, byłego ucznia szkoły górniczej w Paryżu.

Przedstawione na posiedzeniu Towarzystwa, dnia 26 grudnia 1873 roku.

Wstęp. — W roku 1856 przedstawił p. Bessemer stowarzyszeniu metalurgicznemu angielskiemu nowy sposób fryszowania surowca na stal i żelazo miękkie. Wynalazek ten oddany pod uwagę świata uczonego nie otrzymał początkowo dostatecznego uznania, albowiem sprzeciwiał się on teoryom przyjętym. Pomimo tego jednak wynalazca nie szczędził usilnych starań, by dojść do zamierzonego celu. Próby tego wynalazku, robione tak w arsenale królewskim w Woolwich, jako też i w fabryce urządzonéj w tym celu w Sheffield, pozwoliły poznać bliżej teorię metody i przyniosły wynalazcy pomyślny skutek. W dzisiejszym czasie ta metoda uświęcona doświadczeniami i znacznie ulepszona zajmuje niepospolite miejsce w metalurgii żelaza i w téj chwili niepodobna dalej wątpić o jęj wartości. Zamierzam sobie opisać tę metodę : stan w jakim ona nam się w obecnym czasie przedstawia, podać jęj teorię, dać poznać jęj wady i zarazem wspomnieć o główniejszych próbach dotychczas robionych w celu jęj ulepszenia.

Zasady metody. — Metoda Bessemer'a polega na wtłaczaniu powietrza atmosferycznego w masę surowca w stanie stopionym aż do zupełnego zamienienia go na stal lub żelazo kowalne. Przez cały ciąg operacji surowiec utrzymuje się w stanie płynnym tak, ażeby można było lać go w stosowne formy.

ART. V.

1

Ilość powietrza włączanego powinna być dostateczną dla utrzymania palenia węgla zawartego w żelazie. *Operacya* powinna być wstrzymana w chwili, gdy metal został pozbawiony węgla czyli odwęglony w pożądanym stopniu. Ztąd wynika, że dla otrzymania żelaza kowalnego działanie prądu powietrza musi trwać trochę dłużej jak dla stali.

Ten sposób fabrykacyi stali, używany w Anglii, nie pozwolił uchwycić dokładnie chwili, w której odwęglenie surowca przyszło dożądanego punktu i w której to właśnie chwili należy wstrzymać prąd powietrza, dlatego też postanowiono najprzód doprowadzić metal do zupełnego lub prawie zupełnego odwęglenia, a następnie dodać doń pewnej ilości węgla w stanie, w jakim on się znajduje w surowcu szklniącym (*Spiegeleisen, fonte miroitante*) stopionym, którego skład winien być znanym poprzednio. Użycie surowca szklniącego w metodzie Bessemer'a nadało jęj dopiero wartości, której z pewnością przedtęm nie posiadała.

Liczne doświadczenia pokazały, że dla otrzymania dobrych wyrobów za pomocą metody Bessemer'a, należy używać do fabrykacyi surowców czystych. Takie surowce nie powinny zawierać siarki, arsenu lub fosforu, w ogóle pierwiastków obcych takich, które nie dają się otlaniać w jednej chwili. Wiadomo jest, że siarek żelaza nie bywa rozkładany a przynajmniej nie całkowicie, i że można się pozbyć częściowo fosforu tylko w szczególnych warunkach. Trzeba więc przy wyborze surowców, mających służyć do otrzymania metalu Bessemer'a, unikać rud pirytowych i fosforowych. Lecz sama czystość surowców, która jest warunkiem *sine qua non*, nie jest wystarczającą. Surowce przeznaczone do fabrykacyi stali Bessemer'a powinny posiadać jeszcze inne własności, a mianowicie: powinny one być szare, zawierać pewne stosunki krzemu i manganu, bez nich bowiem operacye nie mają powodzenia; wreszcie w dalszym ciągu niniejszej pracy wyłożymy to obszerniej.

Wypada nam tu jeszcze wspomnieć, że p. Bessemer zamierzał sobie fabrykować wprost stal laną lub żelazo kowalne. To zadanie jest tylko kwestyą czasu i ilości powietrza dostarczonego; jednakże doświadczenie okazało iż fabrykacya ciągła żelaza miękkiego jest trudniejszą z tego powodu, że to żelazo nie utrzymywałoby się ciągle w stanie płynnym i tworzyłoby wilki. Zresztą ponieważ fryszowanie na żelazo kowalne jest koniecznie kosztowniejsze z powodu dłuższej operacyi, większej ilości powietrza zużytego i znaczniejszej straty metalu; wzięwszy jeszcze pod uwagę, że wytrzymałość stali jest prawie dwa razy większą od wytrzymałości żelaza kowalnego, to łatwo pojąć, dlaczego metoda Bessemer'a bywa zastosowaną prawie wyłącznie do fabrykacyi stali lanęj.

Przyrząd. — Naczynie, w którym się odbywa operacya Bessemer'a może być zbudowane w kształcie niskiego pieca, lub też być rodzajem retorty ruchomej około osi poziomej. Pierwsza odmiana tego przyrządu wzięła początek w Szwecyi, druga zaś nowsza w Anglii. Ograniczę się tu tylko na opisanie przyrządu angielskiego, ponieważ ten ostatni, będąc o wiele dogodniejszym od pierwszego, został prawie powszechnie przyjętym.

Retorta angielska przedstawiona na figurach 1 i 2 z oznaczonymi wymiarami, mieści w sobie około 5000 kilogrammów surowca. Jest ona zrobiona z blachy żelaznej, grubości około 15 milimetrów, wyłożonej wewnątrz piaskiem gliniastym ogniotrwałym. W środku swęj powierzchni zewnętrznej jest ona opasana obręczą żelazną lub stalową *KK'*, która jest opatrzona dwoma osiami *OO'*, spoczywającymi na dwóch panwiach *AA* z żelaza lanego. Oś *O'* jest pełna i nosi koło zębate *B*, poruszane za pomocą sztaby zębatej *C'*, umocowanej na końcu tłoka walea parowego lub hydraulicznego. Ruch tłoka w walcu nadaje retortce obrót około osi *OO'*, co pozwala zniżyć lub podnieść otwór tęjże. Przez drugą oś *O*, która jest wydrążona, przybywa powietrze do retorty, przeznaczone do otlania pier-

wiastków obcych połączonych z żelazem. Retorta powinna być wydęta w ten sposób, ażeby oś pionowa XX' spotykała się z osią otworu L pod kątem dość rozwartym, natenczas bowiem zostanie utworzona przestrzeń I, którą metal będzie zajmował, gdy retorta będzie w położeniu pionowym. W dolnej części retorty znajduje się obręcz D z lanego żelaza, opatrzona dwoma kołnierzami; jeden

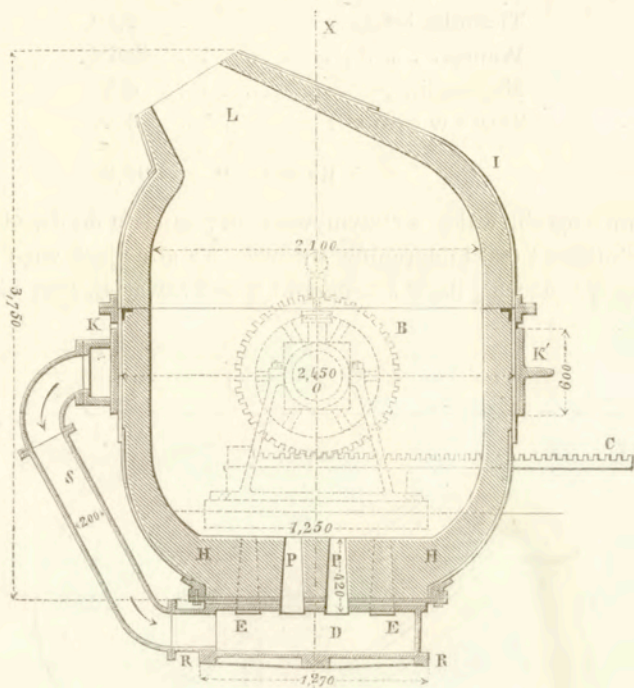


Fig. 1.

z tych kołnierzy służy do umocowania jej do blachy retorty a drugi jest przeznaczony do przyśrubowania dna z blachy żelaznej RR, które zamyka cały system. Ta obręcz D ma 0^m,25 całej wysokości, 1^m,27 średnicy i 30 do 35 mili. grubości. Wewnątrz obręczy znajduje się krąg EE umocowany za pomocą śrub lub klinów. Tenże krąg ma w sobie siedm do dziewięciu otworów, w które wchodzi dysze, (buse, Düse), zrobione z gliny ogniotrwałej. Każda z tych dysz zawiera zarówno siedm do dziewięciu otworów, przeznaczonych do przepuszczania powietrza, które ma utrzymać palenie węgla i innych obcych ciał zawartych w surowcu. Dno RR grubości 30 do 40 milim. zamyka szczelnie podstawę retorty; opatrzone jest ono tylko otworami zatkanymi podczas biegu operacyi za pomocą czopów z lanego żelaza i zasuwek, przeznaczonymi do sprawdzania stanu dysz po każdój operacyi. Powietrze wchodzi w oś wydrążoną przez rurę Z, z kąd dostaje się między krąg z dyszami i dno za pomocą rury S, która jest całkowicie umocowana w ścianie retorty. Oś wydrążona, łącząc się z tą rurą, ułatwia przepływ powietrza, za pomocą przyrządu podobnego do tego, który napotykamy w maszynach parowych wahających.

Dno retorty HH, w które, jak wiadomo, wkładają się dysze, robi się zwykle z gliny ogniotrwałej, powinno ono być wykonane ze szczególną starannością, albowiem jest wystawione nie tylko na wysoką temperaturę, lecz i na tarcie utworzone skutkiem ciągłego ruchu surowca. Przedewszystkiem trzeba używać do tego gliny odpowiedniej, co niezawodnie jest pierwszym warunkiem dopięcia celu. Ażeby dać poznać, jakie pierwiastki i w jakich mniej więcej stosunkach powinny się znajdować w glinie ogniotrwałej, stósownej do tego użytku, przytaczam tu skład gliny ogniotrwałej, używanój w Terre-

Noire, jedną z znaczniejszych hut Francji. Rozbiór téj gliny, wysuszonej przy 100 stopniach, dał następujący wypadek (*):

Krzemionki	84,20
Glinki	12,45
Tlenniku żelaza	2,10
Wapna	ślady
Magnezyi	0,75
Straty w ogniu.	0,35
Razem	99,85

Dna robione z téj gliny ogniotrwałej wytrzymały od piętnastu do dwudziestu operacji, w których zamieniano na stal około 4,000 kilogramów surowca. Ta glina jest więc dobrego gatunku, a jej dobroć trzeba zawdzięczyć znacznej ilości krzemionki w niej zawartej. Przy użyciu téj gliny trzeba ją

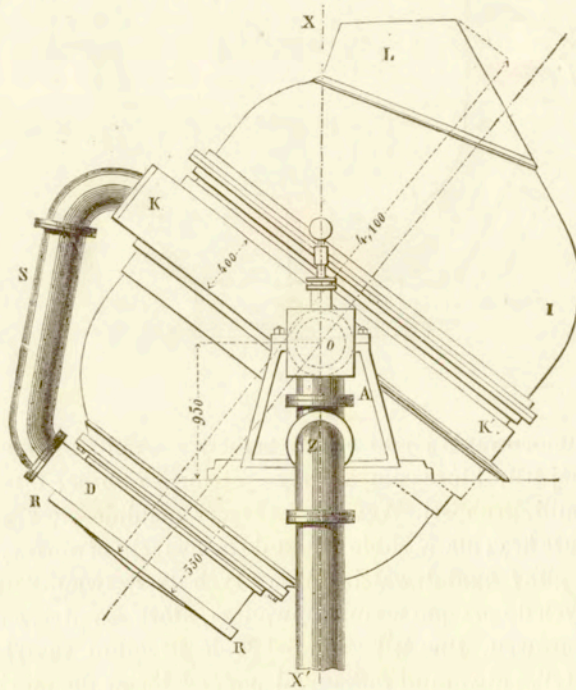


Fig. 2.

zmieszać z $1/2$ do $3/4$ częściami wody; zmoczona bowiem w takim stosunku ubija się z łatwością, schnie prędko, przyczém kurczenie się jej jest nieznaczne.

Nim robotnik przystąpi do sporządzenia dna ogniotrwałego, musi przedtém umieścić dysze PP w otworach kręgu, które mają zwykle około 0^m,42 długości. Następnie ubija on warstwami glinę ogniotrwałą około dysz aż do zupełnego wykończenia dna; trzeba jednak starać się, przed położeniem każdej następnej warstwy gliny, skopać powierzchnię poprzednią, ażeby nie było przedziałów między pokładami. Dno w ten sposób ubite powinno być prawie tak twarde jak kamień.

(*) Rozbiór téj gliny był wykonany w laboratorium szkoły górniczej w Paryżu.

Wypalanie. — Gdy dno jest wykończono, natenczas trzeba wypalić retortę i zarazem rozgrzać ją do stosownej temperatury. W tym celu przyprowadza się ją do położenia poziomego i rozpala się wewnątrz niej ogień z węgla i koksu, który utrzymuje się mniej więcej przez dwanaście godzin; powietrze dochodzące przez otwory dysz, wystarcza do palenia. Zostawiając retortę przez cały czas w tém położeniu, nie doszlibyśmy widocznie do pożądanego rezultatu, ponieważ, ciąg powietrza odbywając się z dołu do góry, płomień i gazy ciepłe ogrzewałyby tylko górną część retorty, zresztą popiół nagromadzony utworzyłby dość grubą warstwę, wskutek czego dno nie otrzymałoby prawie żadnego ciepła. Dlatego też trzeba, po dwunasto godzinnym ogniu w położeniu pionowym, wyczyścić retortę, t. j. uprzątnąć z niej popiół, rozpalić ogień z węgla i koksu po raz drugi i nadać retorce położenie o ile możności pochyłe, ażeby płomień i gazy ciepłe unosząc się w kierunku dna, przechodziły przez otwory dysz. W tém położeniu ogień utrzymuje się także przez dziesięć do dwunastu godzin, poczem retorta wyczyszczona staje się gotową do przyjęcia surowca.

Dysze. — Dysze mają kształt przedstawiony na fig. 3. Powinny być zrobione z wielką starannością z gliny ogniotrwałej i dobrze sproszkowanej, ażeby nie tylko znosiły wysoką temperaturę, lecz nadto wytrzymały oddziaływania masy wzburzonej surowca. Każda dysza ma, jakśmy już wyżej

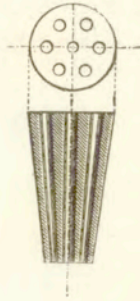


Fig. 3.

powiedzieli, siedm do dziewięciu otworów, średnicy około 9 milimetrów. Wytrzymałość dyszy zależy od materiału użytego i od ciśnienia powietrza wciśkanego; im mniejsze jest ciśnienie od ciśnienia powietrza, tém więcej masa surowca ciąży na dnie retorty i tém więcej ją zużywa. Jest więc rzeczą korzystną używać silnych maszyn dmących.

Maszyna dmąca. — Powietrze potrzebne do operacji Bessemer'a jest dostarczane za pomocą maszyny dmącej parowej lub hydraulicznej. Ażeby oznaczyć siłę, jaką powinna posiadać maszyna dmąca, trzeba przedewszystkiem odpowiedzieć na pytania: pod jakim ciśnieniem powinno być włączane powietrze i w jakiej ilości na minutę?

☞ Ciśnienie powietrza powinno widocznie nie tylko równoważyć ciężar surowca spoczywającego na dyszach, lecz także podnosić masę ustawicznie i utrzymywać ją w ciągłym ruchu. Opierając się na licznych doświadczeniach wiadomo, że jeżeli wysokość surowca w retorcie jest około 0^m,50, trzeba nadać prądowi powietrza ciśnienie mniej więcej podwójne, wyrażone w centymetrach słupka rtęci, t. j. ciśnienie 1 metr do 1^m,14 wysokości słupka rtęci, co odpowiada 1 1/3 do 1 1/2 atmosfery. Takie ciśnienie jest najstósowniejsze dla zapewnienia dobrych warunków, tak pod względem fryszowania surowca, jako też i pod względem utrzymania przyrządu w dobrym stanie; w każdym jednak razie do osiągnięcia dobrych wypadków, nie powinno się używać mniejszego ciśnienia od 1 1/3 atmosfery.

Znając ciśnienie powietrza jakiego należy używać, wypada nam teraz odpowiedzieć na drugie pytanie : Jaką ilość powietrza trzeba dostarczać na minutę pod témże ciśnieniem? Ponieważ powietrze włączane do retorty ma za cel utrzymywać palenie ciał obcych zawartych w surowcu, należy więc z góry oznaczyć ilość surowca i czas potrzebny do jednej operacji. Nabój jednorazowy wynosi zwykle 3000 do 4000 kilogramów surowca. Do zamienienia tój ilości surowca na stal, potrzeba odpowiedniego czasu, ażeby spalić węgiel i inne pierwiastki obce w nim zawarte. Palanie węgla powinno się odbywać z taką szybkością ażeby można było pozbyć się pierwiastków obcych przed zupełnem odwęgleniem surowca i osiągnąć temperaturę dostateczną do utrzymania surowca w stanie doskonałej płynności. Doświadczenia codzienne okazują nam, że oznaczając na czas trwania jednej operacji 20 do 30 minut, znajdziemy się w bardzo dobrych warunkach.

Teraz dopiero możemy obliczyć ilość powietrza, która ma być dostarczana do retorty w oznaczonym czasie. Przypuśćmy na przykład, że 4,000 kilogramów surowca mają być zamienione na stal w przeciągu trzydziestu minut, a powietrze użyte do tój operacji powinno mieć ciśnienie jednej i pół atmosfery. Zachodzi pytanie, jakiej ilości powietrza potrzeba dostarczyć pod powyższém ciśnieniem do całej operacji, by spalić całkowicie ciała obce zawarte w 4000 kilogramów surowca? Pierwiastki obce zawarte w surowcach są jak nam wiadomo, węgiel, krzem i mangan, pomijając inne metaloidy, które się znajdują w ilościach tak małych, że w tym przypadku nie mogą mieć prawie żadnego wpływu. Surowce szare, używane do tój fabrykacyi zawierają zwykle :

Węgla	około	4	na	100,
Krzemu	»	2	»	»,
Manganu	»	3	»	».

A zatem w 4000 kilogramów surowca znajduje się :

Węgla.....	160	kilogramów,
Krzemu.....	80	»,
Manganu.....	120	».

Wiedząc, że 1 klgr. tlenu znajduje się w 3^{ms},320 powietrza przy temperaturze 0°, i przy zwykłym ciśnieniu, to

160 klgr. węgla	potrzebują	427 klgr. tlenu,	czyli	1418 metr. sześcienn. powietrza,
80 » krzemu	»	89,5 » » »	297 » » »	»,
120 » manganu	»	35 » » »	116 » » »	».

Razem 1831 metrów, sześciennych powietrza przy zwykłym ciśnieniu i temperaturze 0°, które mają przejść przez masę surowca w przeciągu 30 minut; w jednej minucie więc potrzeba około 61 metrów sześciennych powietrza. Z powodu jednak utraty powietrza w różnych częściach rur, trzeba dodać jeszcze do tój liczby 25 na 100, co wykonawszy, otrzymamy około 75 metrów sześciennych na minutę dla 4000 kilogramów surowca; zatem dla 1000 kilogr. trzeba będzie 19 metrów sześciennych na minutę.

Możemy jeszcze oznaczyć tę ilość sposobem analitycznym. Wiadomo jest nam bowiem, że ilość powietrza, pod ciśnieniem oznaczonym, dostarczonego w jednej sekundzie przez dyszę, jest wyrażona

wzorem :

$$I = 289 \cdot s^3 \sqrt{\frac{\alpha}{A + \alpha} (1 + 0,004 \times t)},$$

w którym

- s przedstawia średnicę jednego otworu dyszy,
 α » ciśnienie powietrza włączanego,
 A » ciśnienie atmosfery,
 t » temperaturę.

Przypuśćmy, że retorta jest opatrzona siedmiu dyszami, z których każda posiada siedm otworów, średnicy 9 milimetrów. Jeżeli w tym wzorze podstawimy za s , α , A i t ich wartości liczebne, t. j.

$$s = 0^m,009,$$

$$\alpha = 1^m,14,$$

$$A = 0^m,74,$$

$$t = 15^\circ,$$

otrzymamy :

$$I = 289 \times 0,009^3 \sqrt{\frac{1,14}{0,74 + 1,14} (1 + 0,004 \times 15)}.$$

Wykonawszy rachunek, otrzymalibyśmy wprawdzie ilość powietrza dostarczonego w jednej sekundzie przez jeden otwór dyszy, lecz w tym tylko razie, gdyby powietrze nie miało do zwalczenia żadnego innego oporu, prócz ciśnienia atmosfery; ponieważ zaś w naszym przypadku powietrze ma być włączane w środek masy surowca, która ciąży na otworach dysz, trzeba więc dodać do oporu, jaki stawia ciśnienie atmosfery, jeszcze opór jaki napotyka powietrze przy wejściu do retorty z powodu ciśnienia surowca. Przypuszczając, że wysokość surowca w retorcie jest $0^m,50$, opór do przezwyciężenia w retorcie, wyrażony przez ciśnienie odpowiedniego słupka rtęci, będzie około $0^m,23$. Złąd opór całkowity będzie :

$$A = 0,74 + 0,23 = 0^m,97.$$

Podstawiając tę wartość w powyższym wzorze, otrzymamy :

$$I = 289 \times 0,009^3 \sqrt{\frac{1,14}{0,97 + 1,14} (1 + 0,004 \times 15)}$$

$$I = 0,023409 \times \frac{41}{14} = 0^{ms},018393.$$

Taka jest więc ilość powietrza w metrach sześciennych, której dostarczać trzeba przez jeden otwór dyszy w jednej sekundzie. Ponieważ dno zawiera czterdzieści dziewięć otworów, zatem ilość całkowita powietrza włożonego do retorty w jednej sekundzie będzie :

$$0^{ms},018393 \times 49 = 0^{ms},901257;$$

a zatem w jednej minucie będzie :

$$54^{ms},075420.$$

Dodając jeszcze do téj liczby 25 na 100 z powodu utraty powietrza, otrzymamy około 68 metrów sześciennych na minutę dla 4000 kilogramów surowca, czyli 17 metrów sześciennych dla 1000 kilogramów.

W pierwszym razie znaleźliśmy 49 metr. sześcienn. na minutę dla 1000 kłgr. surowca; czyli dla całej operacyi :

	2250	metrów sześciennych	
W drugim razie	2040	»	»
	<hr style="width: 50px; margin: 0 auto;"/>		
Różnica	210	»	»

Wiedząc jaką ilość i pod jakim ciśnieniem mamy dostarczyć do retorty w danym czasie, wypada nam teraz oznaczyć siłę maszyny dmącej. Maszyna dmąca ma dostarczać $1^{ms},250$ powietrza w jednej sekundzie pod ciśnieniem około jednej i pół atmosfery, czyli pod ciśnieniem odpowiadającym $1^m,14$ słupka rtęci. Praca rzeczywista powietrza będzie więc w kilogramach :

$$1^{ms},250 \times 1^m,14 \times 13,599 (*).$$

Dzieląc ten wieloczyn przez 75, otrzymamy pracę teoretyczną wyrażoną w koniach parowych :

$$\frac{1,250 \times 1,14 \times 13,599}{75} = \text{około } 258 \text{ koni.}$$

Ażeby otrzymać siłę maszyny, która ma wykonać tę pracę, trzeba podzielić wypadek przez 0,50, która to liczba przedstawia stosunek pracy rzeczywistej powietrza do pracy maszyny parowej; otrzymamy więc siłę :

$$\frac{258}{0,50} = 516 \text{ koni.}$$

Siła poruszająca. — Do poruszenia niektórych części przyrządu Bessemer'a, jak retorty, żorawi, kociołka, do którego się wlewa wyrób z retorty, etc., używa się zwykle siły wodnej. Woda jest dostarczana pod ciśnieniem dwóch do trzech atmosfer za pomocą kilku pomp tłoczących, poruszanych maszyną parową. Dla zapewnienia jednostajności ruchu, trzeba, ażeby pompy wтягиwały wodę do zbiornika, z kąd jéj wydatek odbywałby się w sposób regularny. Tenże zbiornik składa się głównie z walca objętości dość znacznej, w którym porusza się tłok mający ciężar równoważny ciśnieniu niezbędnemu do poruszania całego przyrządu. Podczas gdy wszystkie części przyrządu Bessemer'a są w spoczynku, pompy są w ruchu, wciągając wodę do zbiornika. Chcąc użyć téj siły wodnej, otwieramy kurki zbiornika, którego woda pod ciśnieniem odpowiedniém, działając na tłoki, nadaje żądany ruch przyrządowi.

Opisawszy dotychczas część mechaniczną metody Bessemer'a, przystąpmy teraz do wyłożenia części chemicznej.

Surowce. — Widzieliśmy już wyżej, jakich surowców używać należy przy fabrykacyi stali Bessemer'a i że dobroć wyrobu zależy szczególniej od czystości produktów surowych. Oprócz tego

(*) 13,599 jest waga metra sześciennego rtęci.

surowce używane do téj operacji mogą być brane wprost z wysokiego pieca, albo téż mogą być powtórnie przetopione w piecu półwysokim (cubilot), lub w piecu płomiennym (four à reverbère). W każdym razie operacja w retorcie odbywa się w ten sam sposób.

Jeżeli chcemy używać do fabrykacji stali Bessamer'a surowców pochodzących z drugiego topienia, to do tego trzeba wybierać surowce szare, lub co najmniej, surowce białe łuszczkowate (fonte blanche lamelleuse), zawierające dość znaczny stosunek węgla, przetapianie bowiem powtórne jest rodzajem fryszowania, które pozbawia surowiec pewnej części węgla, krzemu i manganu; surowce zaś, któreby nie miały należytej ilości tych obcych pierwiastków, nie byłyby w stanie dostarczyć dostatecznego ciepła. Do przetapiania surowców w piecu pół wysokim trzeba używać koksu pierwszego gatunku, otrzymanego z węgla dobrze wymytego, ażeby mieć jak najmniej popiołu a tém samym jak najmniej materij zawierających siarkę, któraby zanieczyszczała surowiec. Jeżeli zaś przetapianie ma się odbywać w piecu płomiennym, to trzeba go uskutecznić dość spiesźnie, ażeby o ile możliwości uniknąć otlwienia. Piec płomienny jednak przedstawia jeszcze tę niedogodność, że w skutek raptownego ciągu w kominie, popiół zostaje uniesiony; pewna część tegoż popiołu, który jak wiadomo, zawiera w sobie znaczny stosunek siarku żelaza, spada na surowiec stopiony i zanieczyszcza go. Z tego więc powodu byłoby rzeczą korzystną używać do przetapiania surowców pieców płomiennych, ogrzewanych gazami za pomocą przyrządów Siemens'a lub Ponsard'a. Zresztą jakiegokolwiek byśmy ostrożności przedsięwzięli, to zawsze przetapianie w piecu półwysokim jak w piecu płomiennym jest początkiem fryszowania, któreby mogło wywierać złe skutki na bieg operacji z powodu utraty pewnej części pierwiastków obcych potrzebnych do fabrykacji stali Bessemer'a. Z tego więc względu i mając na uwadze znaczne spotrzebowanie koksu do przetapiania w piecu półwysokim a węgla w piecu płomiennym, drugie topienie surowców, przedstawiając wiele niedogodności a prawie żadnej korzyści, zaczyna powoli być usuwane z zakładów metalurgicznych.

Operacja. — Przed zaczęciem operacji retorta powinna być rozgrzana do białości. Po wyrzuceniu z niej popiołu i staranném wyczyszczeniu, wlewa się surowiec utrzymując ją w położeniu poziomém, następnie puszcza się w ruch maszynę dmącą w chwili kiedy retorta przybiera położenie pionowe, ciśnienie powietrza w rurach jest już dość silne i nie pozwala surowcowi wchodzić w otwory dysz. Od téj chwili zaczyna się fryszowanie. W ciągu całej operacji możemy rozróżnić dwa okresy: w pierwszym odbywa się palenie ciał obcych, co możemy nazwać *zuzleniem* (scorification), drugi okres obejmuje palenie się węgla, czyli *odwęglanie*.

OKRES PIERWSZY. — Z początku operacji massa surowca przeszywana przez kilkadziesiąt strumieni powietrza, jest gwałtownie wstrząsaną. Otlwienie żelaza i pierwiastków obcych wzmaga temperaturę a pewna część zuzli utworzonych jest wyrzucaną w górę razem z kroplami żelaza tak, że ta nie-skończona ilość iskier pryskających przedstawia nam widok deszczu ognistego. Płomień z początku żółty przechodzi w fioletowy i następnie zmienia się na czerwony. Podczas tego pierwszego okresu spala się bardzo mała część węgla zawartego w surowcu, a ta ilość węgla spalonego, według poszukiwań pana Snelus (*), uchodzi tylko w postaci kwasu węglanego. Ten okres trwa zwykle pięć do piętnastu minut, przy końcu operacji metal jest biały, twardy i kruchy.

OKRES DRUGI. — W dalszym ciągu operacji czyli w okresie odwęglania, płomień czerwony blednieje i zwolna zmienia się na biały, tém jaśniejszy, im więcej odwęglanie zbliża się ku końcowi,

(*) Skład gazów wydobywających się z retorty przy fabrykacji stali Bessemer'a przez p. Snelus; przetłomaczone z angielskiego na francuzkie przez p. Amiot, *Annales des Mines*, 48:2.

ilość iskier zmniejsza się, zmieniając się w końcu na pewien rodzaj strumienia świecącego, złożonego z nieskończenie wielkiej liczby punktów świecących.

Gdy płomień dojdzie do zupełnej białości, wtenczas metal staje się żelazem miękkim, przedtém zaś, gdy płomień ma jeszcze kolor pomarańczowo-biały, otrzymujemy stal; stósownie więc do wyrobu, jaki chcemy otrzymać, zatrzymuje się operację w pierwszym lub drugim okresie, nachyla się retortę i leje się wyrób w formy. Według jednak zmiany, jaką wynalazca później wprowadził, przy fabrykacji stali, trzeba najprzód doprowadzić metal do zupełnego odwęglenia, następnie nachylić retortę, zatrzymać prąd powietrza i dorzucić do retorty pewną ilość surowca czystego, zawierającego znaczną ilość węgla, zwykle surowca szklniącego lub białego łuszczkowatego, wydobytego z rudy spатыcznej na węglu drzewnym. Ilość surowca czystego, dodawana przy końcu operacji, zależy widocznie od natury surowca używanego do fabrykacji; w ogóle p. Bessemer dodaje 40 %. Po dodaniu pewnej ilości powyżej określonego surowca pozostaje tylko lać stal w stósowne formy. Do tego używa się zwykle małego kotła, umocowanego na końcu sztaby żelaznej i poruszanego za pomocą żórawia hydraulicznego. Kociołek w dnie ma otwór zatykany czopem z gliny ogniotrwałej, który to czop jest umocowany na końcu pręta zakrzywionego na kształt szyi łabędziej i oblepionego gliną ogniotrwałą. Z retorty wlewa się stal wprost w ten kociołek i za pomocą żórawia przenosi się go kolejno nad każdą z form z żelaza lanego, które mamy napełnić stalą. Za pomocą drążka podnosimy czop i tym sposobem wlewamy stal w formę, następnie zatykając otwór czopem i posuwając kociołek, przechodzimy do następnej formy i t. d.

Spektroskop. — Widzieliśmy powyżej, w jaki sposób rozpoznać można koniec operacji w retorcie Bessemer'a; lecz czasami, zwłaszcza wtenczas, gdy mamy do czynienia z surowcami bardzo obfitymi w mangan i węgiel, wydobywa się z retorty tak znaczna ilość dymu, że z trudnością przychodzi rozpoznać jej koniec. W tym przypadku trzeba używać spektroskopu, instrumentu nie dającego wprawdzie rezultatów z dokładnością matematyczną, lecz pozwalającego ocenić mniej więcej stan operacji. Patrząc przez ten instrument na płomień wydobywający się z retorty, spostrzegamy w widmie grupę pasków zielonych, które według pana Snelus, oznajmniają palenie się węgla. Przy końcu operacji ta grupa pasków zielonych znika zupełnie i pozostaje tylko pasek żółty, który, według zdania chemików, należy przypisać paleniu się sodu. Jeżeli więc, śledząc postępek operacji za pomocą spektroskopu, spostrzeżemy w widmie tylko pasek żółty, natenczas powinniśmy uważać operację za ukończoną i wstrzymać prąd powietrza, etc.

Gatunek wyrobu. — Za pomocą metody Bessemer'a możemy otrzymać różne gatunki stali, których przymioty zależą nadewszystko od czystości surowców użytych do fabrykacji. Używając surowców czystych, t. j. niezawierających w sobie siarki ani fosforu, otrzymamy stal czystą; jeżeli zaś surowiec posiada znaczną ilość krzemu, natenczas stal będzie go także zawierać i taka stal, jak nam wiadomo, będzie złego gatunku. Przy laniu stali w formy przedstawiają się nam niektóre oznaki, pozwalające człowiekowi praktycznemu sądzić o jakości wyrobu. Jeżeli stal zawiera mały stosunek węgla i bardzo mało lub wcale krzemu, co właśnie jest oznaką dobrego gatunku stali, to po wlaniu jej w formę krzepnie ona prędko a na jej powierzchni odbywa się rodzaj wrzenia, które jest tém znaczniejsze, im stal posiada mniejszą ilość węgla. Jeżeli zaś po napełnieniu formy wrzenie nie ma miejsca na powierzchni stali lecz utworzy się rodzaj skorupy wydętej, to możemy być przekonani, że taka stal zawiera w sobie znaczny stosunek obcych pierwiastków, a mianowicie krzemu, i jest zatem złego gatunku. Oprócz tego taka stal jest bardzo płynna i krzepnie z trudnością.

Możemy jeszcze sądzić o przymiotach stali według oznak, jakie nam przedstawiają zuzle wypływające z retorty równocześnie ze stalą. Wiemy że jeżeli zuzle wypływające z wysokiego pieca są

gęste i klejowate, to surowiec odpowiedni jest obfity w krzem, jeżeli zaś zuzle są płynne jak woda, natenczas surowiec otrzymany zawiera w sobie znaczną ilość manganu. To samo więc możemy także powiedzieć o stali.

Przy fabrykacyi stali powinniśmy starać się najwięcej o to, ażeby otrzymywać stal zawierającą jak najmniej krzemu, ponieważ krzem jest jednym z pierwiastków, którego obecność w stali zniża jej wartość. Stal Bessemer'a pierwszej próby nie powinna zawierać więcej nad 0,0002 do 0,00025 krzemu. Dlatego też przy wyborze surowców do fabrykacyi stali Bessemer'a trzeba zwracać uwagę na to, ażeby one były przedewszystkiem czyste i nie zawierały w sobie za nadto krzemu. Nie możemy tu ściśle oznaczyć tego stosunku, albowiem zawisł on od natury innych pierwiastków obcych, w każdym razie jednak powinien on być około 2 na 100.

Obrabianie sztab. — Metal Bessemer'a w stanie sztab posiada już wprawdzie wytrzymałość dość znaczną, jednak ta wytrzymałość może być jeszcze bardziej zwiększoną przez kucie na gorąco lub walcowanie, które zmieniają gęstość metalu, pozbawiają go wydcę i niszczą jego budowę kryształiczną. Trzeba więc poddawać metal Bessemer'a kuciu lub walcowaniu o tyle o ile tego wyrób wymaga.

Obrabianie sztab lanych odbywa się zupełnie w ten sam sposób, jak po zwykłym fryszowaniu surowca, z tą jednak różnicą, że tu nie potrzeba nigdy rozgrzewać sztab do białości, albowiem wyroby wszelkich wymiarów otrzymują się wprost przez lanie tak, że lutowanie czyli szwejsowanie sztab w pękach (paquetage) wcale nie ma miejsca, a praca mechaniczna ogranicza się tylko na zwiększeniu wytrzymałości metalu i nadaniu mu kształtów żądanych. Że zaś wytrzymałość metalu zwiększa się przez kucie lub walcowanie, okazuje się to z doświadczeń robionych w arsenale królewskim w Woolwich, pod przewodnictwem pułkownika E. Wilmot. Przy tych doświadczeniach poddawano sztaby sile działającej w kierunku osi. Przerwanie miało miejsce przy ciężarach następujących (*):

GATUNEK METALU.	CIĘŻAR PRZERWANIA w kilogramach na milimetr kwadratowy
Zelazo lane w sztabach	28,99
» » kute lub walcowane w grubych sztabach	51,04
» » walcowane wprost na blachy do kotłów	48,04
	32,22
Stal lana w sztabach.....	47,98
	48,50
	108,83
Stal lana, kuta lub walcowana w sztabach (**)	110,98
	104,26

Z tych rezultatów okazuje się, że kucie lub walcowanie sztab zwiększa ich wytrzymałość, że to zwiększenie jest daleko znaczniejsze dla stali, jak dla żelaza miękkiego i że nareszcie stal kuta ma prze-

(*) Wypadki tu podane są wzięte przecięciowo. *Metallurgia Percy'ego.*

(**) Liczne doświadczenia sprowadzone do trzech wypadków średnich.

szło dwa razy większą wytrzymałość, jak żelazo kute. Jeżeli teraz porównamy wytrzymałość żelaza i stali Bessemer'a z wytrzymałością podobnych wyrobów otrzymanych za pomocą zwykłego fryszowania, to przyjdziemy do przekonania, że pierwsze stoją w ogóle wyżej pod tym względem. I tak wytrzymałość przeciw ciągnięciu żelaz zwyczajnych dochodzi rzadko do 40 klgr., z wyjątkiem żelaz otrzymanych na węglu drzewnym, które wytrzymują do 60 klgr. Blachy żelazne Bessemer'a są lepsze od blach zwyczajnych, albowiem najwięcej cenione z tych ostatnich pochodzące z Lowmoor, wytrzymują zaledwie do 40 klgr. Co się zaś tyczy stali Bessemer'a, to te są o wiele wytrzymalsze od stali zwyczajnych, które nie znoszą nawet 100 klgr., podczas gdy pierwsze wytrzymują śmiało 108 do 110 klgr. Wnioskując z tego, widzimy, że wyłączne użycie metody Bessemer'a do fabrykacji stali jest najkorzystniejsze.

Straty i koszta fabrykacyi. — Strata metalu przy fabrykacji stali Bessemer'a wynosi 12 do 15 części na 100, przy fabrykacji zaś żelaza 20 do 23 na 100. Co się tyczy kosztów przy fabrykacji żelaz i stali za pomocą tej metody, powiedzieć możemy co następuje: materiał opałowy zużyty przy fabrykacji jest prawie żaden, każda operacya odbywa się stosunkowo w bardzo krótkim czasie, i nareszcie wyroby otrzymane są daleko wyżej cenione. Widzimy więc że koszta te w porównaniu z kosztami zwykłych metod są bardzo małe, albowiem ograniczają się prawie wyłącznie, oprócz straty w metalu, na kosztach roboty ręcznej i na kosztach dostarczania powietrza; reszta wydatków jest mało znacząca, zwłaszcza gdy czerpiemy surowiec wprost z wysokiego pieca.

TEORYA METODY.

Wiadomo nam, że dawne metody fryszowania polegają na własności: płynnych zuzli będących w ścisłym zetknięciu ze stopionym surowcem; otlania węgla i krzemu zawartych w surowcu, podczas której to operacyi wydobywa się kwas węglany, który się ulatnia, i kwas krzemny, który przechodzi w zuzle. Ażeby zuzle i surowiec mogły być w ścisłym zetknięciu z sobą, muszą one koniecznie znajdować się w stanie płynnym, do czego potrzeba jest pewnej ilości materiału opałowego; następnie ilość zuzli musi być dostateczną. Zuzle potrzebne do fryszowania tworzą się głównie przez częściowe spalenie surowca przeznaczonego do fryszowania, czasem jednak dorzuca się jeszcze materyi obfitych w tlenek żelaza; jak np. zendry (Battitures, Schmiedesinter). W miarę tego, jak podczas fryszowania ubywa ilość węgla połączonego z żelazem, zmniejsza się także topliwość metalu; ponieważ zaś przy tych metodach temperatura nie może być podwyższoną w odpowiednim stopniu, ażeby metal i zuzle mogły być utrzymywane w stanie doskonałej płynności, jako też oddzielić i ułożyć się według swych ciężarów gatunkowych, wyrób więc otrzymany zawiera w sobie zuzle, z których następnie zostaje oczyszczany w sposób należyty. Jeżeli fryszowanie odbywa się w dymarce (Bassfoyer), to metal bywa oczyszczony za pomocą przetapiania. Przy metodzie Pudlinga, gdzie takie przetapianie miejsca mieć nie może, wyciska się płynne zuzle z metalu za pomocą młotów lub walcowni.

> Metoda wynaleziona przez Bessemer'a i od niego nazwana, różni się wiele od dawnych metod szczególnież tym, że nie potrzebuje żadnego materiału opałowego, ażeby utrzymać metal w stanie płynnym podczas całej operacyi; że strata metalu jest daleko mniejszą i że nareszcie wyrób fryszowany, stal lub żelazo, posiada jeszcze dostateczną płynność, ażeby się oddzielić od zuzli. Dwa zja-

wiska, jakie nas uderzają przedewszystkiem podczas biegu operacyi są : wysoka temperatura, do której dochodzi massa metaliczna bez pomocy jakiegokolwiek materyału palnego zwyczajnego i potwóre szybkość, z jaką się uskutecznia cała operacya.

Jakaż więc jest przyczyna tak wysokiej temperatury? Ciepło wywiązujące się w ciągu operacyi pochodzi z palenia się żelaza i pierwiastków obcych zawartych w surowcu. Z początku operacyi surowiec jest wprowadzony do retorty w stanie płynnym, posiada zatem temperaturę około 1600 stopni, ciepło więc wywiązane w skutek palenia się żelaza, jak również grafitu i krzemu powinno być dostateczne do utrzymania stali a nawet żelaza w stanie doskonałej płynności, czyli temperatura powinna być kolejno 1800 do 2000 stopni. Jeżeli mamy np. 4000 klgr. surowca zamienić na stal w przeciągu 30 minut, to według tego, cośmy wyżej powiedzieli, strata metalu będzie około 12^o do 15 na %, w której około 10 części na % czyli 400 klgr. żelaza czystego. Z powodu bardzo małej ilości grafitu i krzemu, stosunkowo do massy żelaza możemy śmiało te dwa pierwiastki obce opuścić w naszym przybliżonym rachunku i przypuścić, że ciepło dostarczane pochodzi wyłącznie z palenia się żelaza. Ilość więc żelaza spalonego w przeciągu 30 minut będzie 400 klgr., czyli w jednej minucie około 13 klgr. Wykazać nam teraz wypada, że ta ilość ciepła wywiązanego będzie zupełnie dostateczną do doprowadzenia metalu kolejno do temperatur 1800 i 2000 stopni.

Żelazo paląc się w retorcie Bessemer'a, zamienia się na tlenek, a zatem 13 klgr. żelaza, zamieniając się na tlenek, potrzebują

$$\frac{100}{350} \times 13 \text{ klgr.} = 3\text{klgr.} \text{ 71 tleniu.}$$

Według Desprez'a 1 gram tleniu, łącząc się z żelazem, wywiązuje 5325 jednostek ciepła, według zaś Dulong'a tylko 4327 jednostek (*). Przyjmijmy tu tę ostatnią liczbę (**).

Więc 3^{klgr.} 71 tleniu dostarczą w jednej minucie,

$$3,71 \times 4327 = 16033 \text{ ciepłostek.}$$

W 30 minutach zatem wywiąże się 481590 ciepłostek.

Ta ilość ciepła ma służyć głównie do przyprowadzenia metalu, zuzli i azotu, wydzielonego z powietrza zużytego, do temperatury 1800 stopni. Trzeba zatem wykazać, jaką ilość ciepła ma pochłonąć każde z tych ciał, ażeby posiadać temperaturę 1800 stopni. Nie możemy tu wprawdzie oznaczyć tej ilości ze ścisłą dokładnością, ponieważ nie znamy ciepła gatunkowego tych ciał, w naszym jednak przypadku możemy przypuścić bez popełnienia znacznego błędu, że ta ilość ciepła będzie równą tej, której potrzeba do przyprowadzenia 4000 klgr. żelaza metalicznego do temperatury 1800 stopni (w całej bowiem massie metalu jest około 9/10 żelaza czystego), zwiększonej ilością ciepła, która jest w stanie ogrzać do 1800 stopni nie tylko sam azot, lecz wszystko powietrze włączone do retorty. Wiadomo nam jest tylko że ciepło gatunkowe żelaza między 0° a 300° jest prze-

(*) *Annales de physique et de Chimie*, 8^e série, t. VIII.

(**) W doświadczeniach kalorymetrycznych, które nam dostarczyły tych liczb, żelazo paląc się zamienia się na tlenek magnetyczny lub nawet na tlenik tak, że nie możemy wiedzieć, w jakim stosunku są ilości ciepła, wywiązane kolejno przez tworzenie się stopniowe rozmaitych tlenków. Jeżeli więc przyjmujemy liczbę Dulong'a, która jest mniejszą, to możemy otrzymać wypadek jeszcze za wielki, lecz ponieważ zaniedbujemy w rachunku ciepło dostarczone przez palenie się grafitu i krzemu, więc, popelniając drugi błąd w przeciwnym kierunku, otrzymamy ostatecznie liczbę, jeżeli nie zupełnie dokładną, to z pewnością za małą.

cięciowo 0,13, jesteśmy więc pewni dojść do wypadku trochę za małego; ciepło gatunkowe powietrza jest zaś 0,26; otrzymamy więc dla 4000 klgr. żelaza, które posiada już temperaturę 1600 stopni,

$$4000 \times 0,13 \times 200 = 104000 \text{ ciepłostek.}$$

Dla powietrza zużytego w przeciągu całej operacji, które przy wejściu do retorty ma, jak przypuszczamy, 0 stopni, będzie potrzeba,

$$3,71 \times 30 \times \left(\frac{100}{23}\right) \times 0,26 \times 1800 = 226471 \text{ ciepłostek.}$$

Razem więc $104000 + 226471 = 330471$ ciepłostek.

Znaleźliśmy poprzednio, że w ciągu całej operacji wywiąże się ciepła 481590 ciepłostek

Ilość zaś ciepła pochłoniętego 330471 »

Różnica 151119 ciepłostek.

Ta różnica będzie aż nadto dostateczną, ażeby wyrównać stracie ciepła w skutek promieniowania bezpośredniego i na wylot ścian retorty, zwłaszcza gdy ciepło wywiązuje się w środku masy metalu. W każdym razie moglibyśmy zwiększyć ilość ciepła, zwiększając ilość powietrza włączanego do retorty; lecz i przytém należy zachować pewną granicę, albowiem używając nadmiaru powietrza, otrzymalibyśmy wprawdzie wielką ilość ciepła, lecz w skutek tego narażalibyśmy się stosunkowo na ogromne straty tak żelaza jako też i ciepła; oprócz tego napotkalibyśmy podczas operacji wiele innych trudności. Użycie do operacji za małej ilości surowca nie prowadzi także do pożądaných wypadków, albowiem w tym przypadku utrata żelaza dochodzi do 40 %, a utrata ciepła jest tak znaczną, że żelazo stygnie natychmiast i tworzy wilki. Tworzenie się wilków ma jeszcze miejsce wtenczas, gdy strumień powietrza nie jest dostatecznie podzielony, albo też gdy powietrze włączane nie ma dostatecznego ciśnienia. Dla uniknięcia więc tych niedostatków p. Bessemer w swoim pamiętniku zaleca używać do operacji dostatecznych nabojęw i przypisuje niepowodzenie swych pierwszych prób tak niedostateczności nabojęw, jako też obecności siarki i fosforu w surowcach użytych do fabrykacji.

Z tego cośmy powyżej powiedzieli, wnioskujemy, że, dla otrzymania korzystnych warunków pod względem użycia ciepła wywiązanego przy operacji Bessemer'a, trzeba używać: 1° dostatecznych nabojęw surowca, 2° powietrza o silném ciśnieniu i nareszcie dostarczać tego ostatniego dość wielką liczbą strumieni. Oto są warunki, od których zawisło powodzenie operacji.

Poprzednio już okazaliśmy w jaki sposób można obliczyć ilość powietrza spotrzebowanego w oznaczonym czasie i ciśnieniu, pod jakim ono ma być włączane do retorty; zostaje nam więc jeszcze odpowiedź na pytanie, czyby nie było rzeczą korzystną używać powietrza grzanego? Postępując w ten sposób powiększylibyśmy temperaturę metalu, lecz w skutek rozrzedzenia powietrza, ilość tlenu włożonego stałaby się mniejszą; ztąd palenie stałoby się mniej żywe i ubytek pewnej ilości ciepła miejscowego zmniejszyłby się.

Zobaczmy teraz, jakim działaniom podlega surowiec podczas fryszowania i o ile odwęglanie jego dokonywane jest przez powietrze a o ile przez zuzle, tak że stosunkowo w bardzo krótkim czasie zamienia on się na stal lub żelazo miękkie. Przypuśćmy, że surowiec przeznaczony do fryszowania nie zawiera ani siarki ani fosforu, i wytłomaczmy zjawiska które mają miejsce w dwóch okresach operacji.

PIERWSZY OKRES. — Podczas pierwszego okresu nie spostrzegamy żadnego dymu, gazy się jeszcze wcale nie wywiązują, massa surowca przesywana przez kilkadziesiąt prądów powietrza okazuje tylko lekkie wrzenie, a temperatura surowca jeszcze nie jest dostateczną, ażeby wydać płomień jaskrawy. Żelazo, jako pierwiastek przeważający, łączy się pierwsze z tlenem powietrza i dostarcza ciepłika potrzebnego. Równocześnie grzany krzem bywa otloniany, pośrednio lub bezpośrednio, a kwas krzemowy powstały, łączy się z tlenkiem żelaza tworząc zuzle, których pewna część w skutek gwałtowności prądu powietrza zostaje wyrzucaną wraz z kroplami żelaza na zewnątrz retorty. Węgiel nie ulega jeszcze otlonieniu, krzem ma pierwszeństwo przed nim z powodu silnego pokrewieństwa kwasu krzemowego do tlenku żelaza. Ten okres trwa zwykle bardzo krótko, jeżeli surowiec jest czysty i nie zawiera w sobie znacznej ilości krzemu; przeciwnie zaś, ta pierwsza część operacji znacznie się przedłuża, gdy mamy do czynienia z surowcami zawierającymi wiele krzemu i innych pierwiastków obcych, jak np. z surowcami otrzymanymi na koksie.

DRUGI OKRES. — W drugim okresie operacji ukazuje się obfity dym, płomień staje się białym i jaskrawym a cała massa surowca jest w stanie wrzącym. Podczas gdy poprzednie oddziaływania jeszcze istnieją, zaczyna się już odwęglanie, które jest charakterem tego okresu. Tlenek żelaza, będąc już w znacznej ilości, oddziałuje na węgiel i tworzy kwas węglany (*), lub raczej tlenek węgla, w skutek czego następuje wzburzenie masy czyli rodzaj wrzenia. To wrzenie jest daleko silniejsze w surowcach otrzymanych na węglu drzewnym, albowiem one zawierają w sobie większy stosunek węgla, jak surowce otrzymane na koksie. Cząsteczki zuzli i tlenku żelaza wyrzucane z retorty razem z dymem, są w skutek wysokiej temperatury tak rozżarzone, że nadają płomieniowi jaskrawość charakteryzującą ten okres.

W miarę tego jak ilość węgla się zmniejsza, płomień bieleje, a wrzenie staje się coraz łagodniejsze. Jeżeli więc chcemy, nie przechodząc granicy, otrzymać wprost stal, to trzeba zatrzymać operację, gdy płomień jest jeszcze blade-pomarańczowy, metal bowiem w tym stanie zawiera jeszcze pewien stosunek węgla, który zostaje prawie zupełnie spalony, gdy płomień staje się barwy jaskrawo-białej, wówczas wyrób jest żelazem miękkim. Ta zmiana jasności płomienia zależy od tego że metal zawiera węgiel, tlenek węgla utworzony pochłania pewną ilość ciepłika wywiązanego w skutek palenia się żelaza; natychmiast po całkowitem spaleniu węgla ciepłik wywiązany służy tylko do podniesienia temperatury metalu, a krople metalu wyrzucane z retorty, będąc rozżarzone w wysokim stopniu, nadają płomieniowi większą jaskrawość.

Czas, przez jaki trwa ten drugi okres, zależy od długości pierwszego; jeżeli pierwszy potrzebuje krótkiego czasu, to drugi trwa bardzo długo, i przeciwnie. Zwykle jest tenże okres stosunkowo długi i więcej charakterystyczny z surowcami otrzymanymi na węglu drzewnym, krótki i mniej wydajny przy fryszowaniu surowców otrzymanych na koksie.

Po przejrzaniu w krótkości zjawisk, które mają miejsce w ciągu całej operacji; poszukajmy przyczyny, która wywołuje tę pracę chemiczną skuteczną w tak krótkim stosunkowo czasie. Najprzód usunięcie węgla używanego jako materiału opałowy, w dawnych metodach fryszowania, który równoważy niejako działanie otleniające powietrza i zuzli, usuwa wszelkie przeszkody które napotkać możnaby było przy otlonieniu. Następnie przy temperaturze tak wysokiej cała massa znajduje się w stanie doskonałej płynności, w skutek czego powietrze jest w ustawicznym zetknięciu z różnemi

(*) Tak węgiel jak i krzem są otloniane wyłącznie za pośrednictwem tlenku żelaza tak, że działanie powietrza bezpośrednio na te dwa ciała jest prawie żadne, jak to zresztą utrzymuje p. Tanner w swoim artykule, dotyczącym się fabrykacji stali Bessemer'a *Berg-und-Hüttenmännisches Jahrbuch*, t. IX.

cząstkami surowca tak, że tenże musi się otlaniać daleko prędzej i jednostajniej, jak podczas mieszania ręcznego, używanego w dawnych metodach. Powietrze wtłaczane wewnątrz surowca kilkudziesięciu strumieniami wywołuje w nim takie wzburzenie, że zuzle i metal, pomimo ich doskonałej płynności i rozmaitej gęstości, tworzą mieszaninę zupełnie jednostajną, a w ten sposób oddziaływania są daleko żywsze i energiczniejsze. Łatwo jest więc pojąć przy takich okolicznościach, dlaczego fryszowanie surowców za pomocą metody Bessemer'a wymaga tak krótkiego czasu.

Powiedzieliśmy, że chcąc otrzymać stal, trzeba zatrzymać operację w stosownej chwili, ażeby metal zawierał w sobie należyty stosunek węgla, lub też jak sam wynalazca tę zmianę dopiero później w Anglii wprowadził, doprowadzić go do zupełnego odwęglenia, a po skończonej operacji zwrócić mu potrzebną część węgla przez dorzucenie pewnej ilości surowca szklniącego. Przez tę zmianę w fabrykacji zamierzano sobie osiągnąć podwójny cel: najprzód usunąć trudność jaką napotykaemy w uchwyceniu chwili, w której trzeba zatrzymać operację ażeby otrzymać stal zawierającą węgiel w pożądanym stopniu i następnie ulepszyć wyroby pochodzące z surowców zwyczajnych. Przedłużenie operacji oczyszcza surowiec w doskonalszy sposób; przywrócenie wyrobowi części węgla spalonego nie wprowadzając innych obcych pierwiastków, otrzymuje się dorzucając doń surowca dobrego gatunku. Oprócz tego jednak, ten sposób postępowania ma na celu jeszcze inne zadanie. W ciągu całej operacji tworzy się znaczna ilość tlenków tak, że otrzymujemy ostatecznie żelazo zawierające mniej lub więcej tlenu i ciał otlonionych, trzeba więc wprowadzić do retorty jakieś ciało, mające silne powinowactwo do tlenu, któreby, redukując tlenki, pochłonęło tlen wolny. Tém ciałem jest mangan metaliczny, który wprowadzony do retorty przy końcu operacji, sprawia mniej lub więcej silne oddziaływanie, objawiające się płomieniem i nadające massie pewien rodzaj wzburzenia. Używa się więc do tego surowca zawierającego mangan. Wlewając do retorty pewną ilość tegoż surowca szklniącego, pozbywamy się przez to tlenu i zarazem przywracamy metalowi pewien stosunek węgla, ażeby go ostalić czyli nadać mu własności stali.

Ilość surowca szklniącego, którą należy dorzucić do retorty przy końcu operacji, zależy widocznie od ilości węgla, jaką ma posiadać stal, dlatego też trzeba znać skład chemiczny tegoż surowca. Najstosowniej jest używać surowca szklniącego dobrze skryształizowanego, ażeby przez to mógł dokładnie ocenić, jaka ilość węgla znajduje się w oznaczonej ilości tegoż surowca, ponieważ każde ciało krystaliczne jest złożone z oznaczonej ilości tych samych pierwiastków. Od ilości węgla znajdującego się w dorzuconym surowcu szklniącym, zależy mniejszy lub większy stopień twardości i wytrzymałości stali; zmniejszając więc znacznie tę ilość nie otrzymamy stali dobrego gatunku, albowiem ilość węgla w niej zawartego będzie niedostateczną, zmniejszymy nadto oddziaływanie manganu na metal otloniony. Wyrób otrzymany z powodu tlenków w nim zawartych nie będzie posiadał dostatecznej wytrzymałości. Dla uniknięcia powyższych niedostatków trzeba używać surowca szklniącego w odpowiednim stosunku, do oznaczenia którego dochodzi się zwykle przez poprzednie próby. W ogóle dorzuca się surowca szklniącego w następujących ilościach:

Do fabrykacji szyn twardych 10 na 100 części surowca użytego do fryszowania;

Do fabrykacji szyn miękkich 7 na 100 części surowca użytego do fryszowania;

Do fabrykacji stali bardzo miękkiej 4 do 5 części surowca użytego do fryszowania.

Nareszcie do fabrykacji luf i dział, dla których stal powinna posiadać dostateczną wytrzymałość i zarazem twardość, ilość najstosowniejsza jest 6 na 100; taka stal zawiera w sobie węgla około 0,35 na 100.

Muszę tu jednak zwrócić jeszcze uwagę na to, co zresztą łatwo pojąć, że ta odmiana metody pole-

gająca na dorzucaniu pewnej ilości surowca szklniącego do metalu odwęglonego, stosuje się przeważnie wtenczas, gdy surowce przeznaczone do fryszowania zawierają znaczny stosunek krzemu; jeżeli zaś mamy do czynienia z surowcami czystymi, pochodzącymi z rud magnetycznych, natenczas metoda pierwsza zdaje się być o wiele korzystniejszą.

WPLYW NATURY SUROWCÓW NA BIEG OPERACYI.

Wiadomo nam w ogóle, o ile natura surowców używanych do fabrykacyi stali Bessemer'a może wpływać na bieg operacyi i ostatecznie na przymioty wyrobów otrzymanych. Wspomnieliśmy już poprzednio, jaka zachodzi różnica pod tym względem pomiędzy surowcami otrzymanymi na koksie i tymi otrzymanymi na węglu drzewnym, i że te ostatnie są czystsze a zatem więcej odpowiednie do téjże fabrykacyi. Oprócz tego wiadomo nam jest, że z jakiegokolwiek rudy możemy otrzymać w wysokim piecu surowce szare lub téż surowce białe, i że według rozbiórów chemicznych (*), te ostatnie zawierają w sobie większy stosunek węgla, mniej krzemu, manganu i innych ciał obcych, jak pierwsze. Fryszując w retorcie Bessemer'a surowce białe, z powodu małej ilości krzemu i manganu w nich zawartego otrzymujemy zuzle gęste i obfite w żelazo; pierwsza część operacyi jest bardzo krótka, w ciągu zaś drugiej części, wywiązywanie tlenu węgla jest bardzo obfite, wreszcie jest ono energiczne, a nakoniec w skutek nagłego odwęglenia wyrób nie jest dostatecznie oczyszczony. Dla tych więc przyczyn mniej jest korzystnie używać do téj fabrykacyi surowców białych i zwykle używa się surowców szarych.

Wiele surowców zawiera w sobie mangan pytanie więc zachodzi jaką on gra rolę przy fryszowaniu? W ogóle mangan ułatwia operacyę, lecz jego obecność nie jest konieczną, jak się to okazuje z rezultatów otrzymanych przy fryszowaniu surowców pochodzących z Cumberland'u wydobytych z hematytów czerwonych, które zawierają zwykle bardzo mały stosunek manganu i pomimo to dają dobre wyroby. Mangan zawarty w surowcu otlenia się podczas operacyi w większej części za pomocą tlenu żelaza. Tlenek manganu, będąc silną zasadą, łączy się chciwie z kwasem krzemnym i przez to przyspiesza oddzielanie się krzemu od żelaza, dlatego téż surowce o znacznej ilości krzemu są łatwiejsze do fryszowania, jeżeli równocześnie zawierają w sobie mangan. Tlenek manganu jednak, pomimo że jest silną zasadą, nie jest w stanie, jak się o tém przekonano przez liczne próby, uprowadzić z sobą siarkę i fosfor, gdy te ciała znajdują się w surowcach w obecności nawet dość znacznej ilości manganu.

Co się tyczy fosforu, to ten mógłby być oddzielony od żelaza tylko w stanie fosforanu tlenu żelaza lub tlenu manganu, lecz fosforan tlenu żelaza zamienia się w obecności żelaza metalicznego na fosforek żelaza, co się dzieje prawdopodobnie także z fosforanem tlenu manganu. W metodach zwyczajnych fryszowania większa część fosforu zawartego w surowcu przechodzi w zuzle, albowiem, metal będąc mniej ściśle zmieszany z zuzłami, fosforan tlenu żelaza jest mniej wystawiony na działanie żelaza metalicznego. Zdaje się nawet, że wysoka temperatura osłabia powinowactwo kwasu fosforanowego do tlenu żelaza. Z tych więc powodów surowce zawierające fosfor nie mogą służyć korzystnie do fabrykacyi metalu Bessemer'a.

(*) *Annales des Mines*, 3^e série, t. IX.

Podobnie jak fosfor, tak i siarka zawarta w surowcach jest trudną do oddzielenia w retorcie Bessemer'a. Albowiem siarek żelaza nie rozkłada się w obecności tlenku żelaza, i tém mniej jeszcze przez krzemian tlenku. Nie ulega wątpliwości jednak, że podczas operacji pewna część siarki zamienia się na kwas siarkowy, lecz tenże jest rozkładany przez żelazo metaliczne tak, że ostatecznie większa część siarki pozostaje w metalu, a oddzielenie siarki w retorcie Bessemer'a jest daleko trudniejsze jak w dawnych metodach. Znajdujemy siarkę w zuzłach, pochodzących z fryszowania surowców w piecach płomiennych i dymarkach, która tam może istnieć tylko w stanie tlenosiarków (oxysulfures) lub siarkokrzemianów (sulfosilicates). Lecz te tlenosiarki są związkami bardzo niestabilnymi i jak p. Gruener utrzymuje (*), przy wysokości temperaturze jedna ich część przechodzi do krzemianów, inna zaś do metalu; co się zaś tyczy siarkokrzemianów czyli siarków podwójnych żelaza i krzemu, to te, utrzymuje on, ulegając jednoczesnemu działaniu żelaza i powietrza, tworzą krzemiany zwyczajne a siarka łączy się napowrót z żelazem. Takim sposobem więc prawie wszystka siarka pozostaje w metalu, z wyjątkiem bardzo małej ilości, która ulatnia się w stanie kwasu siarkowego i nawet w stanie siarku krzemu (**). W każdym razie jednak siarka nie jest o tyle szkodliwą jak fosfor, ponieważ z surowców otrzymanych na koksie wydobywamy dobre żalaza i dobre stale, i rudy spateczne, które dają bardzo dobre stale, są zwykle zmieszane z pirytami. Przypuścićby więc należało, że w tych przypadkach manganu, z powodu swego silnego powinowactwa do siarki, staje się niezbędnym do oczyszczenia metalu.

Ażeby surowiec był zdalny do fryszowania Bessemer'a, to nie jest jeszcze wystarczającym, żeby tenże był szary i nie zawierał w sobie fosforu ani siarki, wiele bowiem mamy takich surowców, które odpowiadają tym warunkom, a przecież nie są one zdalne do tej fabrykacji, muszą więc zawierać w sobie pewien pierwiastek szkodliwy, który jeszcze dotychczas nie został w nich odkryty przez rozbiory chemiczne. Przy rozbiorach bowiem surowców ograniczamy się zwykle na oznaczeniu węgla, krzemu, manganu, fosforu, siarki i arsenu, a resztę uważamy jako żelazo czyste. Działając w ten sposób, popełniamy widocznie błąd, ponieważ żelazo uważane za czyste zawiera w sobie jeszcze inne pierwiastki, o których nie można powiedzieć *à priori*, że nie mają żadnego wpływu na przymioty metalu, zwłaszcza gdy ich stosunek w surowcu jest znaczniejszy. Surowce szwedzkie zawierają w sobie oprócz zwyczajnych pierwiastków, jeszcze wapń, magnezyn i glin (***), chociaż są otrzymywane z bogatych rud i na namiarze topnym bardzo obfitym w krzem. Wiadomo zaś powszechnie że surowce szwedzkie dają bardzo dobrą stal, a szczególnie surowiec pochodzący z Dannemora. Ten ostatni, jak p. Tunner wspomina w swoim pamiętniku o metodzie Bessemer'a (****), jest najlepszy ze wszystkich surowców szwedzkich do fabrykacji stali Bessemer'a, i przypisuje tę zaletę jego wielkiej topliwości. Otóż ten surowiec jest nie tylko czysty i dość obfity w mangan, lecz zawiera w sobie najmniejszy stosunek glinu, t. j. 0,33 na 100 ze wszystkich innych surowców szwedzkich. Pan Gruener utrzymuje więc w swoim pamiętniku już wyżej wspomnianym, że jego zaletę trzeba przypisać nie tylko topliwości, lecz także tej małej ilości glinu. Widzimy więc, że przy wyborze surowców do fabrykacji metalu Bessemer'a trzeba zwracać uwagę także na obecność i stosunek glinu, Zresztą jest wiele surowców, które oprócz pierwiastków zwyczajnych zawierają w sobie wiele innych jak magnezyn, wapń, glin, molybden, wanad, chrom, ołów, etc.; łatwo jest więc pojąć, że, chociaż

(*) *Etat présent de la metallurgie du fer en Angleterre*, par Grunner et Lan.

(**) Wiadomo jest, że przy laniu niektórych surowców ulatnia się związek siarku krzemu.

(***) *Annales des Mines*, 5^e série, t. IX.

(****) *Berg-und-Huettenmännisches Jahrbuch*, t. X. Wien.

surowiec nie zawiera w sobie fosforu ani siarki, może się w nim znajdować dość innych ciał obcych, które wpływają szkodliwie na przymioty wyrobów.

WADY METODY BESSEMER'A I SPOSOBY ICH POZBYCIA SIĘ.

Kończąc ten artykuł, wspomnę jeszcze w krótkości, jakie niedogodności przedstawia metoda Bessemer'a i podam sposoby, za pomocą których możnaby im zaradzić. Wiadomo jest nam już, że metoda Bessemer'a nie może być zastosowaną do surowców zawierających siarkę i fosfor, z powodu bowiem silnego prądu powietrza i wysokiej temperatury operacja odbywa się za bardzo prędko i zuzle są za nadto obfite w krzem, ażeby te dwa pierwiastki obce mogły być wyrugowane. Sposoby, jakimi możnaby temu zaradzić są dopiero w stanie badań i doświadczeń, dotąd nie posiadamy jeszcze prawie żadnego z nich, który w praktyce dał się korzystnie zastosować. Wspomnę tu jednak o kilku środkach zaradczych, z pomocą których możnaby przedsięwziąć fryszowanie surowców zawierających siarkę lub fosfor.

Jeden z tych sposobów podaje professor Wedding w swoim artykule (*). Zaleca on wyrzucenie zuzli z retorty za pomocą prądu powietrza przed końcem okresu odwęglania, ażeby tym sposobem pozbyć się kwasu krzemnego i ułatwić połączenie się kwasu fosforanego z tlenkiem żelaza. Trudnoby jednak było wyrzucać zuzle z retorty, a zresztą nie byłoby możebnym pozbyć się ich w zupełności. Według zdania p. Gruener'a (**) byłoby daleko praktyczniej wyrugować fosfor za pomocą poprzedniego oczyszczenia surowca, w piecu płomiennym lub dymarce. Lecz ponieważ przez to zostałyby otleniony w części także krzem, pierwszy okres fryszowania stałby się daleko krótszym a temperatura metalu znacznie niżką, w skutek czego metal stygnąłby w retorcie i sprowadzałby wybuchy. Możnaby temu zapobiedz, czyszcząc poprzednio metal przy wysokiej temperaturze w piecu ogrzewanym za pomocą gazów i dorzucając od czasu do czasu wapna i tlenku manganu, a nareszcie wprowadzić metal tak oczyszczony wprost do retorty Bessemer'a. W każdym razie jednak nie będzie można otrzymać tym sposobem pożądanego rezultatu, metal otrzymany bowiem będzie mniej lub więcej nieczysty i będzie się zbliżał przez swe własności więcej do żelaza miękkiego jak do stali, lecz z powodu swój jednostajności będzie wytrzymalszy, jak żelazo, otrzymane z téj samój rudy za pomocą metody zwyczajnej.

Jako najpraktyczniejszy i do dziś dnia najwięcej rozpowszechniony sposób czyszczenia surowców zawierających siarkę i fosfor przed użyciem ich do fabrykacji Bessemer'a, jest sposób pana Parry (***). Ten sposób polega na tém, co zresztą jest już rzeczą niezaprzeczoną, że fryszując surowiec w piecu Puddling'a w pośród zuzli zasadowych, oddzielamy od surowca tym sposobem większą część siarki i fosforu w nim zawartych. Pan Parry sam zapewnia, na zasadzie doświadczeń robionych w Ebbwvale, że w skutek takiego działania pozostaje w surowcu tylko $\frac{1}{3}$ część siarki i $\frac{1}{4}$ lub $\frac{1}{5}$ część fosforu. Ażeby metalowi oczyszczonemu w ten sposób przywrócić węgiel spalony, przetapia go się następnie w piecu niskim, którego wysokość jest 3 do 4 metrów, a średnica 0^m,50 do 0^m,60. Używając do tego czystego koksu i topnika w znacznej ilości, otrzymamy surowiec biały zawierający 2 do 3 na 100 wę-

(*) *Berg-und-Hüttenmännisches Jahrbuch*, t. XV. Wien.

(**) *De l'acier et de sa fabrication*, par Grüner.

(***) Patent angielski, n° 2900 z roku 1861.

gla, który nakoniec możemy poddać fryszowaniu w retorcie Bessemer'a. Stal którą otrzymamy, nie będzie wprawdzie pierwszego gatunku, lecz będzie zupełnie odpowiadać swemu użyciu w rozmaitych budowach, do których zwykle używa się sztab walcowanych zwyczajnych, otrzymanych przez szwejsowanie. Korzyść zaś metody Parry'go jest w tém, że jesteśmy w możności zużytkowania surowców nieczystych i zatém tanich do otrzymania wyrobów stosunkowo dobrych tak, że pomimo przetapiania i podwójnego fryszowania, cena wyrobu nie będzie przewyższać ceny stali Bessemer'a, otrzymanej z czystych surowców.

Oprócz tego robiono jeszcze liczne doświadczenia, mające na celu oczyszczenie surowców z siarki i fosforu, za pomocą gazów a szczególnie za pomocą wodoru. Wiadomo nam, że para wodna, działając na piryt żelazny przy wysokiej temperaturze, tworzy siarkowodór, oddziaływanie to ma miejsce nawet wtenczas, gdy żelazo zawiera bardzo małą ilość siarki. Otóż na téj zasadzie p. Caly-Cazalat, chcąc zastosować parę wodną do czyszczenia surowców, puszczał ją w środek masy surowca stopionego w piecu płomiennym. Przez to jednak nie osiągnął on zamierzonego celu, ponieważ działanie pary oziębiało surowiec tak, że tenże nie mógł długo pozostawać w stanie płynnym.

Przed wynalezieniem swéj metody, p. Bessemer sam robił doświadczenia nad czyszczeniem surowców za pomocą rozmaitych gazów. Z początku chciał on próbować jednoczesnego działania powietrza i pary wodnej, lecz przekonawszy się, że para wodna oziębia surowiec, postanowił używać powietrza grzanego i wpuszczać parę wodną tylko przy początku operacji. Później w innym swoim patencie zaleca on użycie tlenku żelaza do otlania ciał obcych zawartych w surowcu, a przy końcu operacji wstrzykiwanie wodorodku węgla, któryby uprowadził z sobą resztę tlenu pozostającego w żelazie. Po licznych próbach jednak przekonał on się o trudnościach praktycznych i nieskuteczności środków użytych, dlatego téż później przy zastosowaniu powietrza do fryszowania surowców sam przyznaje nie możebność użycia tego sposobu do surowców zawierających siarkę lub fosfor.

Widzimy więc, że przy użyciu pary wodnej lub nawet gazów wodnych cała trudność polega na utrzymaniu metalu w stanie płynnym, albowiem podczas gdy powietrze rozgrzewa żelazo, gazy a szczególnie para wodna wywierają przeciwny skutek. Pan Bérard starał się usunąć tę trudność przez użycie podwójnego pieca płomiennego, ogrzewanego za pomocą gazów. Surowiec stopiony ulega tamże jednoczesnemu działaniu powietrza i gazów węglowodornych; powietrze otlania i rozgrzewa metal, gazy zaś mają za cel uprowadzenie z sobą siarki i fosforu. Robiono pierwsze próby téj metody w Decareville, lecz z powodu niedostateczności maszyn dmących były one niedokładne tak, że teraz jeszcze nie wiadomo, jaką przyszłość będzie miała ta nowa metoda.