

Kuj żelazo póki gorące

7 czerwca 2019

Dawno temu człowiek nauczył się pozyskiwać żelazo. Dziś mówimy – prymitywni ludzie, prymitywne metody. Mamy szeroką wiedzę historyczną i techniczną – ale nie potrafimy tych „prymitywnych” metod odtworzyć, uzyskać takiego żelaza jakie mieli oni.



Na naszych ziemiach w okresie wpływów rzymskich (I-III w.) istniał największy w Europie Środkowo-Wschodniej okręg hutnictwa żelaza. W Górach Świętokrzyskich powstawały tysiące dymarek, w których uzyskiwano żelazo niezwyklej czystości. Do dziś, mimo dziesięcioleci badań i prób, nie wiemy, jak to robiono. Spójrzmy razem w odległą przeszłość i na pole dzisiejszych badań archeologicznych. Może rozbudzę Waszą ciekawość i wybierzecie się na coroczny festyn w Nowej Słupi, który w tym roku odbędzie się w dniach 17-18 sierpnia, albo na festyn do Biskupina, odbywający się w połowie września, gdzie na wydzielonym terenie zebrano stanowiska poświęcone metalurgii?

Zaczniemy od... uzyskania właściwego paliwa

Od najdawniejszych czasów, jak tylko człowiek nauczył się posługiwać ogniem, podstawowym stosowanym przez niego paliwem było drewno. Zapewniało ciepło, bezpieczeństwo, możliwość ugotowania strawy, lecz temperatura, jaką uzyskiwano w wyniku spalania drewna, nie pozwalała na wytop metali. Pewnego dnia człowiek zauważył jednak, że przysypane ziemią tłące się szczapy z ogniska zamieniają się w substancję, która przy spalaniu pozwala uzyskać znacznie wyższe temperatury. I tak ze sposobu ułatwiającego rozniecanie ognia

narodziło się wytwarzanie węgla drzewnego. Ta umiejętność otworzyła człowiekowi drogę do lepszych materiałów, najpierw brązu, a później żelaza. Trudno nie przecenić wpływu tych materiałów na kulturę człowieka, jeżeli właśnie od nich przyjęto nazwy kolejnych epok historycznych, nazywając je epoką brązu i epoką żelaza.

Aby uzyskać węgiel drzewny, cięto drewno na kawałki długości około 1 metra i grubości nie większej niż 9 centymetrów, sezonowano je, a potem układano w stosy zwane mielerzami. Mielerz liczył czasem do 5 metrów wysokości. Pryzmę drewna obkładano darnią, ziemią czy gliną, a następnie podpalano. Kurzenie (tak zwano ten proces w staropolszczyźnie) trwało nawet do 2 tygodni, a przez cały czas trzeba było poprzez regulowanie dostępu tlenu przez otwory w obudowie u podstawy stosu dbać o to, by mielerz nie zajął się płomieniem, ale również, by nie wygasł, zanim całe wygrzewane drewno nie przemieni się w węgiel. Tak uzyskano paliwo, które dziś stosujemy w grillach, a kiedyś stanowiło niezbędny surowiec energetyczny do produkcji metalurgicznej.

Umieszczenie w zagłębieniu pod stosem naczynia pozwalało na uzyskanie jeszcze jednego, jakże cennego surowca – smoły drzewnej, która znajdowała szerokie zastosowania jako materiał uszczelniający, choćby buty. Po dziś dzień istnieje

powiedzenie „smolić cholewki”.

Epoka brązu

Podstawowym surowcem epoki brązu była miedź. Wydobytą rudę miedzi najpierw sortowano, następnie oczyszczano w dymarkach[1] do postaci czystego metalu. Z niego, w palenisku brązowniczym, można było już uzyskiwać stop miedzi z cyną. Ponieważ w starożytności w jego produkcji wyspecjalizowało się Brundisium, nazywano ten stop kruszczem brindyzyjskim, skąd bezpośrednio wywodzi się współczesna nazwa brąz.

Skład stopu zależny był od przeznaczenia wyrobu. Na broń stosowano stopy o większej zawartości miedzi (90%), na ozdoby zawartość miedzi była mniejsza (86%). Wyroby wykonywano metodą odlewania płynnego metalu do wykutej formy albo też do formy piaskowej, w której model wykonany z wosku obsypywano drobnym stopniowo zagęszczanym piaskiem. Woskowy model pod wpływem temperatury wlewanego metalu wyparowywał a jego miejsce zastępował metal – stąd metodę tę nazwano techniką traconego wosku. Stosowano również metody kucia i ciągnięcia.

Epoka żelaza

Rudy żelaza towarzyszyły rolnikowi od zawsze. Była to gąbczasta substancja rozrzucona po polach, na której nic nie chciało rosnąć, a utrudniała ona orkę. Tak więc rolnicy zbierali tę rudę i układali w stosach na miedzach pól.

Nie wiadomo, jak dokonano wynalazku pozwalającego uzyskać z tej substancji żelaza pozwalającego uzyskać narzędzia, albo broń, czy też pancerze. Nie wiemy, jak wyglądały najstarsze piece. Temperatura ogniska jest za niska, by przetopić rudę, więc hipoteza o przypadkowym wytopie w ognisku obłożonym rudą jest mało prawdopodobna. Znacznie lepszym wydaje się pomysł o przypadkowym wytopie w palenisku brązowniczym. W 1998 roku na biskupińskim festynie archeologicznym, kowale odtwarzający

dawne techniki wytwarzania broni białej, Aleksander Strzyżewski i Wojciech Sławiński przeprowadzili eksperyment, w wyniku którego w takim palenisku przetopiono częściowo rudę i doprowadzono do spłynięcia żużla. Nie udało się wprawdzie uzyskać grudek żelaza, ale być może takie właśnie zdarzenie dawno temu zaintrygowało jakiegoś brązownika.

Ruda żelaza

Powstały z czasem do uzyskiwania żelaza dymarskie piece, gdzie wsad stanowiła ruda żelaza i węgiel drzewny, możliwym jest, że dodawano też kamień wapienny w roli topnika. Zaletą takich pieców jest stosunkowo niska uzyskiwana temperatura, w której żelazo nie ulega topnieniu, lecz podlega długotrwałemu procesowi wyżarzania w temperaturach bliskich topnieniu. W trakcie tego procesu zachodzą reakcje chemiczne prowadzące do uzyskania gąbczastej substancji składającej się z najwyższej czystości żelaza. Tej czystości do dziś innymi metodami uzyskać nie potrafimy.

Popularną rudą żelaza są rudy darniowe, występujące powszechnie i blisko powierzchni. Zawartość żelaza w nich wynosi 30-50%. Jak wspomniałem, rolnicy zbierali wyorane grudy z pól. Jednak przypuszczalnie najczęściej rudę pozyskiwano ze złóż metodą odkrywkową, ponieważ w starożytności nie było aż tylu pól uprawnych, by powstały zapasy rudy. Na terenie Polski znaleziono również miejsca świadczące o wydobywaniu szybowym, a w części szybów odkryto chodniki prowadzące w głąb złóż. Po wydobywaniu oczyszczano i wzbogacano rudę oddzielając ją od współwystępującej skały płonnej, poprzez suszenie i prażenie w ogniu w tzw. prażakach. Uzyskany surowiec rozbijano na mniejsze kawałki, łatwiejsze do dalszej obróbki.

Dymarskie piece szybowe (kominowe)

Nie wiemy, jak naprawdę wyglądały. Na terenie Polski produkowano żelazo od III w. p.n.e., a szczyt starożytnego

hutnictwa przypadał na II-III w. n.e. Głównymi ośrodkami były Góry Świętokrzyskie oraz Mazowsze, na nieco mniejszą skalę Śląsk. Nie znaleziono żadnych przekazów informujących o technologii ani budowie pieców. Do dziś zachowały się tylko gliniane resztki szybów oraz kłoce żużla – pozostałość po procesie hutniczym. Dochodzą do 160 kg, przy średnicy ok. 25-60 cm (wielkość podaję oceniając kłoce żużla znajdujące się w Muzeum Starożytnego Hutnictwa Świętokrzyskiego w Nowej Słupi, a nawet 300 kg – takie znajdowano w Tarchalicach na Dolnym Śląsku.

Przez wiele lat starachowicka huta skupowała te właśnie kłoce żużla, wydobywane przez rolników w czasie orki. Zawierały one pokaźną ilość żelaza (nawet do 50% masy), nie do odzyskania dla starożytnych hutników, ale doskonale nadawały się jako wsad do współczesnych pieców. Trzeba było jednak kogoś, kto spojrzałby na te przedmioty inaczej, kogo zaciekałoby, skąd właściwie się wzięły?

Takimi ludźmi okazało się dwóch zapaleńców, dzięki którym poznaliśmy starożytne hutnictwo na terenach Polski – był to Mieczysław Radwan, metalurg i historyk oraz Kazimierz Bielenin, archeolog. Oni w latach 50. XX w. zapoczątkowali rozwój badań w tej dziedzinie, a dziś kontynuują ich dzieło naukowcy z wielu dziedzin.

Lata badań pozwoliły na sformułowanie hipotezy o budowie pieca, ale prace rekonstrukcyjne prowadzone ze współudziałem metalurgów do dziś nie przyniosły jednoznacznych wyników świadczących o tym, że udało nam się poznać tajemnice starożytnych hutników.

Jak więc mogły wyglądać te piece? Wg archeologów piece dymarkowe wykonywano dwoma metodami, inaczej na Mazowszu, a inaczej w Górach Świętokrzyskich.

Dymarski piec szybowy typu kotlinkowego

Budowę rozpoczynano od wykopania kotlinki, czyli zagłębienia w ziemi o średnicy 25-60 cm, w którym potem zbierał się płynny żużel. Ścianki kotlinki uszczelniano polepą glinianą lub lessową, a nad nią budowano szyb o wysokości 50-150 cm (nie ustalono). Na Mazowszu budowano go jako gliniany komin, a w Górach Świętokrzyskich z glinianych lub lessowych cegieł, wcześniej wysuszonych na słońcu, które sklecano i uszczelniano mokrą gliną. Ta druga metoda pozwalała na wielokrotne wykorzystanie tych cegieł, jak również skracała czas budowy pieca. W dolnej części robiono otwory dmuchowe, być może stosowano do nadmuchu miechy, ale rozważa się też możliwość dmuchu naturalnego dzięki odpowiedniemu usytuowaniu pieca i wykorzystywaniu naturalnych układów wiatrów i ciśnienia.

Kotlinkę wypełniano węglem drzewnym lub drewnianymi wysuszonymi szczapami, ustawionymi pionowo, na taki ruszt wsypywano żarzący się węgiel, a następnie warstwami węgiel drzewny i rudę żelaza. Temperaturę w piecu oceniano na podstawie koloru znajdującej się we wnętrzu mieszaniny – była to barwa biało-niebieskawego żaru, czyli ok. 1400 stopni C. Czas wygrzewania zależny był od ilości produkowanego żelaza i wynosił około jednego dnia. W piecu następował proces redukcji rudy żelaza za pomocą tlenku węgla do postaci metalicznego żelaza, należy jednak zdawać sobie sprawę, że żelazo nie ulegało topnieniu, tylko przybierało postać drobin, które osuwając się w rejony najwyższych temperatur spiekały się. Powstawała gąbczasta struktura wypełniona resztkami węgla i płynnego żużla. Kiedy wsad dopalił się, a żużel wytopił i spłynął na dno kotlinki, piec rozbijano albo rozbierano i wydobywano produkt końcowy, czyli łupkę żelaza, odróżniającą się od zastygniętego żużla tym, że pod uderzeniem młota nie kruszyła się.

Na podstawie wielkości odnajdywanych kłoców żużla szacuje się,

że z jednej dymarki uzyskiwano 10 – 15, niektóre źródła podają, że do 20 kg czystego żelaza w postaci tzw. kęsów, które mogło być użyte do produkcji poszukiwanych przedmiotów. Co do wielkości całej produkcji na obszarze świętokrzyskiego centrum hutniczego prof. Bielenin oszacował liczbę wszystkich zbudowanych pieców na 400 tys. a produkcję na 8000 ton. Jednak jego następca Szymon Orzechowski sądzi, że liczba ta była nawet dwukrotnie większa.

A może było całkiem inaczej?

Nauka nieraz posuwała się do przodu dzięki zapaleńcom bez formalnego wykształcenia, dzięki pasjonatom, nierzadko zajmującym się na co dzień inną dziedziną nauki. Czy jest możliwe, że możemy dziś obserwować taki właśnie przypadek?

Marcin Marciniewski, inżynier i przewodnik świętokrzyski, po przeczytaniu pracy prof. Bielenina, po obejrzeniu w terenie stanowisk archeologicznych zaczął zadawać pytania, na które obowiązująca teoria archeologów nie znajdowała odpowiedzi. Dlaczego wciąż nie udało się w odtworzonym wg teorii archeologów piecu uzyskać takiego samego kłosa żużla, jakie znajduje się w wykopaliskach? Dlaczego na piecowiskach nie ma śladu po stosach wypalonych cegieł lub rumoszu po kominach, ani nie odnaleziono wyrobisk lessowych i jakichś śladów warsztatów produkujących cegły? Gdzie ten gliniany lub lessowy odpad z setek tysięcy pieców, gdzie te wszystkie cegły lub rumosze po nich? Czy w tamtych czasach cokolwiek budowane było z cegieł lub wolnostojących murowanych konstrukcji? Dlaczego tej umiejętności hutnicy nie przenieśli na budowę domostw? Cemu w totalnie drewnianym świecie starożytnych hutników ich warsztat pracy miałby mieć tak inny materiałowo wymiar?

Dlatego też korzystając ze swojej wiedzy technicznej oraz nieskrępowanej oficjalnymi teoriami wyobraźni, postawił śmiała i na pierwszy rzut oka paradoksalną hipotezę. Otóż według niego piece do produkcji żelaza wykonywano z drewna!

Pewnie wielu na myśl o drewnianym piecu, w którym rozpala się ogień, mało tego, utrzymuje się przez wiele godzin temperaturę ponad 1000 st. C pokiwa z politowaniem głową. I nie będzie miało racji. Marcin Marciniewski zbudował już niejedną drewniany piec i utrzymywał w nim długotrwale tak wysoką temperaturę. Wciąż go udoskonala (nie znaczy to, że to jest trwały piec – udoskonala kolejne egzemplarze, bo tak samo jak piece gliniane, jego drewniane też służą, czy raczej mają służyć, do jednorazowego wytopu). Uczciwie przyznaje się do porażek niektórych swoich pomysłów, ale nadal szuka rozwiązania, a przede wszystkim przymierza się do próbnego wytopu. Dopiero wynik takiego będzie być może rodzajem dowodu, nad którym zechcą debatować środowiska archeologiczne. Tymczasem kiwają z politowaniem głowami. Czy słusznie? Cóż, przyszłość pokaże.

Dlaczego żużlowe kłoce mają tak różne kształty i wielkości?

Nawet te znajdowane w jednym piecowisku z tego samego okresu. Czy nie wydaje się logiczne, że nawet prymitywny człowiek budując wiele takich samych obiektów mających służyć do dokładnie tego samego celu jeden koło drugiego, będzie wykonywał je w miarę jednakowe? Wszak proces powiódł się w danym piecu, po co budować inny? Tym bardziej wtedy, kiedy do budowy służyć miały jednakowe cegły. Dziś na festynach odtwarzane piece z cegieł mają zadziwiająco identyczne kształty – i brak w tym jakiegoś nawiązania do odkrywanych pozostałości archeologicznych. Czemu?

Nasz pasjonat i być może odkrywca sądzi, że ów człowiek dlatego wykopywał kotlinki o różnym kształcie i wielkości, gdyż dopasowywał je do kształtu i wielkości pnia drzewa, z którego budowano kolejny piec. Do jego teorii pasują również znajdowane cienkie fragmenty glinianej/lessowej polepy, którymi być może oklejano drewno dla uszczelnienia

przepalającego się pod koniec pnia.

Marciniwski próbuje odpowiedzieć na część swoich pytań. Dlaczego starożytni hutnicy budowali swoje piece w trudnym terenie? Czy nie lepiej byłoby te gliniane piece budować na płaskim terenie, w pobliżu osad, a nie na zboczach gór? Po co tarmosić cały niezbędny majdan gdzieś w góry? Cemu nie znaleziono żadnych fragmentów miechów, skoro na stanowiskach znajdowano fragmenty naczyń, monety, spinki – z czego więc były te miechy?

Marciniwski twierdzi, że robiono to właśnie po to, by wykorzystać szczególne warunki dla podtrzymania naturalnego dmuchu z ruchu powietrza, zaś miechów nie stosowano.

Jak Marcin Marciniewski wyobraża sobie proces uzyskania żelaza w drewnianym piecu?

Przystępując do pracy Marciniewski przyjął założenie, że nie będzie uzupełniał układanki żadnym elementem, co do którego nie ma pewności, że znał go ówczesny człowiek. I tak konstruując możliwy proces wynalezienia żelaza zwrócił uwagę na bartnictwo. Do budowy uli potrzeba było wypróchniałego pnia drzewa. Dla uzyskania nowego ula starożytny bartnik drążył pień narzędziami lub wypalał wewnątrz ogniem, ale ogień nie mógł przepalić ścian, więc przebiegiem procesu sterował poprzez przysypywanie płomienia ziemią. Jeśli w ziemi znajdowały się kawałki rudy żelaza, po wypaleniu pnia mógł znajdować dziwną kowalną materię. Ludzie mieli dużo czasu i materiału do eksperymentów, a ponieważ nie rozumowali w kategoriach procesów fizycznych i chemicznych, bo ich nie znali, bacznie obserwowali wyniki i szukali takich miejsc, gdzie wiatr mógł napędzać cały proces szukali miejsc podobnych do tego, gdzie raz coś się udało, drążyli otwory dla dopływu powietrza dlatego, że wtedy lepiej się paliło, a nie by

dostarczać tlen, upraszali bogów o przychylność, a wyniki pracy pokoleń i przekazywanie wiedzy z ojca na syna zapewniały im dobrobyt i uznanie w oczach społeczeństwa.

Z palnym gazem drzewnym nasi przodkowie spotkali się również podczas wypalania pni. Wystarczyło spróchniały pień zasypać drobnym drewnem, podpalić i przydusić rudą, pozwalając, aby wiatr mocno owiewał ujście górne pnia, a podciśnienie wynikające z przepływu powietrza wyciągnie palny gaz drzewny. Ten gaz często się zapalał powodując powstawanie intrygującego płomienia. Jeśli tylko gaz ten okiełzać, stanowiłby wspaniałe dodatkowe paliwo dla pieca hutniczego – mógł myśleć baczny obserwator, ówczesny wynalazca.

Jednym z istotnych elementów dla redukcji tlenku żelaza z rudy jest to, by podgrzewana ruda nie stykała się z powietrzem, co przy sztucznym nadmuchu stanowi nie lada problem, tak więc gaz drzewny wydaje się znacznie lepszym paliwem niż węgiel. Może więc zamiast węgla drzewnego wykorzystać drewno? Dodatkowo bliskie położenie pozostałości po wytopach mogłoby wskazywać na kaskadowe łączenie pieców, w których proces wypalania pnia na kolejny piec hutniczy zasila niejako przy okazji wcześniej rozpalony piec z wsadem. Tak przygotowany teoretycznie Marciniewski wraz z grupą podobnych mu zapaleńców w kwietniu roku 2010 w Jeleniowie zbudował pierwszy piec kaskadowy, w którym zaczął eksperymenty. Kolejne eksperymenty przebiegały z mniejszym lub większym efektem, odpowiednia kontrola ognia pozwoliła na uzyskanie 30 godzin pracy pieca wykonanego z pnia drzewa przy temperaturze wewnątrz dochodzącej 1200oC, co wystarcza na uzyskanie odpowiedniej jakości żelaza. Pamiętajmy, iż całą zaletą pieca dymarkowego było to, iż wypalał on wszelkie zanieczyszczenia a nie pozwalał na stopienie żelaza, które doprowadziłoby do mieszania czystego żelaza występującego w rudzie z wszelkimi zanieczyszczeniami w piecu występującymi. Po zakończeniu użytkowania taki piec stawał się materiałem opałowym dla kolejnego. Eksperymenty są kontynuowane, a efekty są obiecujące, ale z pewnością potrzeba

będzie jeszcze wielu doświadczeń, zanim znajdziemy odpowiedź, która z metod lepiej odzwierciedla to, co udało się uzyskać starożytnym hutnikom.

Na stronie Projektu HUTNIA znajdziecie znacznie więcej informacji zarówno o historii poszukiwań, jak i przyszłych projektach. Ja z uwagą będę śledził dokonania Marcina Marcinińskiego, twórcy hipotezy o całkiem innych piecach. I życzę mu powodzenia w poszukiwaniach.

A później długa praca kowali

Jednak gąbczastej bryle czystego żelaza uzyskanego w piecu dymarskim daleko jeszcze do gotowego wyrobu. Zanim stanie się ostrzem noża, grotem dzidy czy innym użytecznym przedmiotem, czeka ją długotrwała obróbka kowala. Najpierw wydobytą z pieca gorącą łupkę żelazną obstukiwało się prawdopodobnie drewnianymi młotami, by odłupać resztki żużla i pozostałości węgla. Wielokrotne rozkuwanie na płaską blachę, składanie i ponowne przekuwanie z częstym rozgrzewaniem w ogniu prowadziło do powstawania struktury wielu bardzo cienkich warstw oddzielonych od siebie cieniutką warstewką węgla. Ta struktura zapewnia wspaniałe właściwości wykonanego z tego materiału przedmiotu, jak elastyczność, trwałość, odporność na przecięcie i złamanie tak cenne w przypadku mieczy czy noży. Dodatkowym efektem było uzyskiwanie na powierzchni głowni niepowtarzalnego wzoru. Właśnie takiej strukturze swą sławę zawdzięcza japońska katana, lecz przecież broń europejska wykonywana tymi samymi metodami nie odbiegała właściwościami od mieczy japońskich, a nieraz spotyka się opinie, że miecze rzymskich legionistów z II wieku miały znacznie bardziej skomplikowaną budowę od katany. Zachowane miecze rzymskie wydobyte z bagien do dziś są doskonale sprężyste i twarde.

Podstawową różnicą między technikami starożytnych Europejczyków i Japończyków jest wstępny sposób obróbki uzyskanej łupki. W Europie łupkę obkuwało się natychmiast po

jej uzyskaniu, gorącą, świadczą o tym zachowane ślady narzędzi mogące powstać tylko w czasie, gdy wytopiony żużel był jeszcze półpłynny. W Japonii natomiast obróbce poddaje się łupkę całkiem zimną. Wydobywa się z niej drobiny metalu, układa na żelaznej płytce, rozgrzewa i przekuwa, powtarzając ten proces wielokrotnie z dodawaniem do płytki wciąż nowych drobin żelaza.

W grobowcu Tuthanhamona znaleziono sztylet z żelaznym ostrzem, choć w tym czasie obróbki żelaza nie znano. Zgodnie z uznawanymi teoriami ostrze to wykuto z żelaza zawartego w meteorycie, który spadł na ziemię.

Dymarska metoda produkcji żelaza oraz jego obróbka w starożytnym warsztacie tylko pozornie była prymitywna. Na pewno była niesamowicie pracochłonna, ale pozwalała na uzyskanie żelaza o doskonałych parametrach, a dawni kowale potrafili nawet modyfikować skład chemiczny swoich wyrobów, nawęgląć je lub naazotować dla uzyskania konkretnych właściwości produktu. Nie z niczego brał się szczególny szacunek dla rodów kowalskich.

Dziś żelazo dymarkowe wykorzystywane jest raczej do celów hobbystycznych. Wynika to z ogromnych nakładów energetycznych oraz czasochłonności obróbki, co przekłada się na zawrotne ceny. Dziś stosowane w hutnictwie paliwa zapewniają znacznie wyższe temperatury, w których żelazo ulega stopieniu, a stopione żelazo miesza się z zanieczyszczeniami, które później ciężko usunąć, lecz uzyskanie w czasie jednej zmiany 40 ton żelaza nie jest żadnym wyczynem. Wady surowca niweluje się dalszą obróbką, a oczekiwane właściwości uzyskuje się poprzez stosowanie różnych domieszek stopowych. Jednak biorąc do ręki „nowoczesny” nóż z hipermarketu, którego nie raz nawet naostrzyć się nie da, warto wiedzieć, że tak bardzo dawno człowiek potrafił uzyskać materiał o właściwościach i czystości, o których dziś możemy sobie tylko pomarzyć.

Autorstwo: Zawisza Niebieski

Przypis

[1] Dymarka to termin, który oznacza średniowieczny piec do wytopu żelaza. Potocznie jednak używa się tej nazwy dla każdego pieca służącego do wytopu metalu z rudy, przy czym najczęściej do starożytnego pieca kotlinkowego typu dymarskiego.