

УДК 93/94

В.М. Кропівний, проф., канд. техн. наук,

А.В. Кропівна, доц., канд. техн. наук, Є. Воронюк, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

ЗАРОДЖЕННЯ ЧАВУНОЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

У статті відслідковується шлях людства до створення технології лиття чавунних виробів. Матеріал статті розкриває зародження чавуноливарного виробництва на Україні під впливом російських та західноєвропейських металургів.

горн, чавун, домниця, доменна піч

Незаперечним для істориків є факт, що перше знайомство з залізом у людини сталося при знаходженні метеоритного заліза майже з кам'яного віку. Вироби з цього металу вирізняються специфічним хімічним складом – вміст нікелю в ньому складає до 10 %. За дослідженнями М.Беккерта на Близькому Сході, в Єгипті і Китаї такий метал був відомий щонайменше за 2400 років до н.е. [1]. В Європі на метеоритне залізо звернули увагу за 1000 років до н.е. В цей період залізо зустрічається нерегулярно і його ще неможна вважати "робочим", воно, у більшій мірі, є церемоніальним матеріалом [2].

Розвиток нових технологій отримання заліза почався лише тоді, як люди навчилися добувати цей метал з руди. Згідно із загальнопоширеною думкою, найбільш раннє виробництво кричного заліза у сиродутних горнах зафіксоване в північних районах Анатолії [3]. Вважається, що металургійне виробництво заліза було започатковане на початку III тис. до н. е. племенами, які населяли гори Арменії (хетти, урартійці), де гірські

масиви зберігали поклади залізної руди [4]. Хеттські царі ретельно охороняли монополію на нову технологію. Спочатку отримували тільки малі партії заліза, і впродовж декількох століть воно коштувало значно дорожче за срібло. З часом хеттське царство було зруйноване і його монополія на залізо була порушена. Технологія виплавки заліза швидко поширилася в Ассірію, яка межувала з "залізним царством" Урарту. Вже в XII ст. до н.е. воно було відоме в Сирії і Палестині, а до IX ст. до н.е. воно стало предметом широкої торгівлі. На північ експорт заліза йшов через понтійські колонії. Цей шлях називався залізним.

На території колишнього СРСР діяльність по виробленню кричного заліза найінтенсивніше протікала в Закавказзі і на півдні Східної Європи, внаслідок чого до нас дійшли такі ранні залізні вироби з руди, як ніж першої чверті II тис. до н.е. з поховання катакомбної культури в с. Герасимовка (Білгородська обл.), ніж і шило третьої чверті II тис. до н.е. з поселень зрубової культури с. Любовка (Харківська обл.) і с. Ташлик (Миколаївська обл.) [5]. З розвитком кіммерійської і скіфської культур пов'язаний початок епохи заліза в Східній Європі. Населення Східної Європи освоювало технологію добування і обробки заліза на рубежі IX–VIII ст. до н.е. під впливом інформації від кочових племен. Перші предмети досить прості: шила, долота, ножі, але в їх обробці застосовувалися технології зварювання і кування. Спочатку, до виникнення Каменського городища, основна маса металевих знарядь, зброї і уздечних елементів вироблялася для кіммерійців і скіфів осілими ремісниками Лісостепу і Північного Кавказу: саме там в VI – V ст. до н.е. були центри видобутку і обробки заліза і бронзи. З появою осідлості у скіфів в північнопричорноморському степу почався бурхливий розвиток металургії [6,7].

Через грецькі міста Малої Азії навички обробки заліза поширюються на Егейські острови і до європейської Греції, де епоха заліза настає

близько X ст. до н.е. Поза грецькою цивілізацією на решті території Європи залізний вік настає пізніше - близько VIII ст. до н. е. В III ст. до н. е. залізо витіснило бронзу в Галії, в II столітті н. е. з'явилося в Німеччині, а в VI ст. н. е. вже широко вживалося в Скандинавії і в племенах, що проживали на території майбутньої Русі.

В основі виробництва заліза лежав сиродутний процес, який впродовж II–I тис. до н.е. поширюються повсюдно і до XIV ст. н. е. залишався основним способом виробництва заліза. Сиродутний процес проводився в горнах, що завантажувалися поперемінно шарами заздалегідь подрібненого і обпаленого на відкритому вогні залізняку та деревного вугілля. Спочатку сиродутні горна влаштовували прямо на землі, переважно, на схилах пагорбів. Вони мали вигляд викладеної із каменю труби, заповненої деревним вугіллям і залізною рудою. Вугілля запалювали, і вітер, який дув у схил, підтримував горіння. Відкриття сиродутного процесу – найважливіший крок в освоєнні заліза, бо його руда, на відміну від мідної і олов'яної, зустрічається всюди, але отримати залізо з руд значно складніше, ніж мідь. Сиродутний процес багато в чому залежав від погоди – напрямку і сили вітру. Постійні сильні вітри були характерними для головних металургійних центрів – скандинавських фьордів і Альпійського регіону (Штирія). У цих регіонах були у достатку легкодоступні багаті залізні руди. Спочатку їх видобували безпосередньо на поверхні землі, а у міру виснаження відкритих родовищ залізну руду стали добувати з штолень.

Багаті матеріали по древній технології добутку і обробки металу дали археологічні розкопки Райковецького городища біля м. Бердичева, виконані в 1930–1932 рр. Райковецьке поселення було споруджене, у кінці XI ст. як один з багатьох оборонних укріплених пунктів. Біля середини XIII ст., під час татаро-монгольських набігів, це поселення було зруйноване. На місці городища археологами були знайдені залишки сиродутного горна,

конусовидне «сопло» для дуття, криця, залізна руда, шлаки. Залізо добували з місцевої болотяної руди, що знаходилася у великій кількості біля берегів річок Гнилопяти і Тетерева. У розкопаному городищі знайдені тисячі різноманітних залізних виробів місцевих ковалів: рала, чересла, коси, серпи, лопати, сокири, струги, долота, мечі, шаблі, наконечники стріл, булави, стремена, ножі, замки [8,9].

Прагнення позбутися залежності результатів виробництва заліза від сили вітру привело до використання міхів, якими роздмухували вогонь у сиродутному горні. В горн нагнітали сире, не підігріте повітря, що і дало назву процесу. У сиродутному горні максимальна температура піднімалася не вище 1200⁰С, що нижче температури плавлення заліза. В результаті відновлення заліза з руди на дні горна утворювався пластичний, забруднений шлаками пористий шматок сталі з вмістом вуглецю до 0,04 % (криця) вагою від 1 до 8 кг. Кричне залізо було сировиною для ковальського виготовлення зброї і знарядь праці. Сиродутний метод був надзвичайно трудомістким та непродуктивним, постійно удосконалювався: збільшувалися об'єми печей, інтенсифікувалося дуття. Але залізні речі ще довго поступалися бронзовим в твердості [10].

Поки на поверхні землі удосталь зустрічалися легкоплавкі руди, сиродутний спосіб цілком задовольняв потреби виробництва. Але в середні віки коли попит на залізо став зростати, металургам все частіше доводилося використовувати тугоплавкі руди. Для виробництва з них заліза у горні була потрібна більш висока температура. Це стало досягатися збільшенням висоти печі та посиленням дуття. Поступово до XIII ст. сиродутний горн трансформується у більш високу і вдосконалену плавильну піч, що дістала назву штюкофена (від німецьких слів «штюк» – криця і «офен» – піч). Уперше вони з'явилися у багатій залізом Штирії, потім - в Чехії і поступово в інших гірничопромислових районах [1]. На

території України розквіт міського залізообробного ремесла настає біля середини XII ст. і триває аж до самого татарського нашествия [11]. Висота штюкофенів досягала 5 метрів. Основою таких печей був дерев'яний зруб, або цегельна кладка. Шахта штюкофена мала форму подвійного усіченого конуса, що звужувався у напрямку до верхньої частини печі, через яку порціями завантажувалася руда і вугілля. У стінці був один отвір для фурми (труби, через яку в піч за допомогою міхів нагніталось повітря) і для витягування криці. Міхи штюкофена приводилися в дію кількома робітниками, а згодом водяним двигуном. Штюкофени стали першим кроком на шляху до створення доменної печі.

Збільшення розмірів горнів і сили дуття призвело до того, що в залізі почав підвищуватися вміст вуглецю - складового компонента, що визначає властивості одержуваного матеріалу. Крім звичної густої маси криці на дні горна стало з'являтися до 10 % рідкого чавуну, який після застигання ставав крихким, не піддавався куванню. Чавун, який спочатку приймали за важкий шлак, був небажаним продуктом, який не підлягав куванню і ламався при ударі. На перших порах цей продукт вважався браком і викидався як непотріб. В англійській мові чавун називається «pigiron» - свинне залізо. Ця назва чавуну збереглася в Англії до наших днів. У Росії в XVII ст. застиглу чавунну болванку називали «свинья железа литого» (суч. – «чушка») [1].

Невдовзі металурги помітили, що чавун добре заповнює ливарні форми і з нього можна отримувати якісні відливки, не гірше ніж з бронзи, але істотно дешевше. Так зародилося чавунне лиття, яке в наші дні є основним видом виробництва заготовок у машинобудуванні. Також було встановлено зв'язок між зростанням температури в печі і збільшенням виходу продукту з руди. В середині XV століття в Європі стали проводити форсування штюкофенів шляхом попереднього підігрівання повітря і

збільшення висоти труби. Широке застосування гідравлічних двигунів і міхів відноситься до кінця XIV століття, оскільки вже в XV столітті плавильні агрегати стали пересунулися з гір і горбів на береги річок. З'явилися печі нового типу - блауофени, в яких вже до 30 % продукту складав чавун. Чавун отримуваний з блауофенів виявлявся досить міцним, але залишався ще дуже забрудненим шлаками - з нього виходили тільки прості і грубі виливки - кувалди, наковальні.

Використання чавуну стимулював розвиток артилерії. В середині XV століття король Франції Людовік XI наказав впровадити масове виробництво литих чавунних ядер. Перші невеликі чавунні гармати масою по 250 кг були виготовлені в 1445 р. в німецькому місті Зігені. В Англії лиття чавунних гармат з'явилося в середині XVI ст. у період правління Генріха VIII. В цей же час західноєвропейські ливарники освоюють випуск першого тонкостінного посудного і художнього чавунного литва.

У Китаї виробництво заліза почалося приблизно в середині I тис. до н.е. Але на відміну від європейських сиродутних горнів, в Китаї раніше навчилися досягати високих температур і отримувати чавун. За даними М.М. Рубцова лиття фасонних виробів з чавуну найпершим знайшло розповсюдження у VI ст. до нашої ери в Китаї, а до II століття до н.е. воно дійшло до держав Середньої Азії. До цього часу збереглися китайські гармати, відлиті у VI–V ст. до н. е. На думку М.М. Рубцова, російський термін «чугун» прийшов до Московського царства з Китаю через Золоту Орду. В китайській мові ієрогліф «чжу» означає лити, а «гун» - виробництво [12-14].

Подальше вдосконалення металургійних агрегатів привело до появи доменної печі. Прадавні домни з'явилися в Зигерланді (Вестфалія) в другій половині XV століття. Конструкції їх відрізнялися від блауофенов трьома параметрами: більшою висотою шахти, сильнішим повітрорудним

апаратом і збільшеним об'ємом верхньої частини шахти. Російський термін «домна» утворено від старослов'янського «дменіє» - дуття. У цих печах досягалось значне підвищення температури і більш тривала рівномірна плавка руди. Окрім розмірів головною відмінністю доменної печі було те, що при будь-яких параметрах процесу на виході утворюється лише чавун. Виробництво стало безперервним - піч працювала цілодобово і не остуджувалася. Доменні печі далеко не відразу витіснили інші способи металургійного виробництва. Витрати на капітальне будівництво домни були значними, для їх роботи були потрібні потужні механічні повітродувки. Крім того, в разі застосування деревного вугілля низької якості домна швидко виходила з ладу і вимагала дорогого ремонту. Тому блауофени проіснували в Європі аж до XIX ст. На Близькому Сході і в Індії плавка в доменних печах з'явилася тільки в XIX ст. (ймовірно, тому, що там водяні колеса через дефіцит води не застосовувалися).

Споживання палива в середньовічній металургії було величезним – в доменну піч протягом години завантажувався віз вугілля. Деревне вугілля ставало стратегічним ресурсом. Достаток дерева дозволив шведам розгорнути виробництво великого масштабу, і з початку XVII ст. Швеція виробляла половину заліза в Європі. Англійці, що мали менше лісів, вимушені були купувати залізо в Швеції доти, поки не навчилися застосовувати кам'яне вугілля. У 1735 році А. Дербі провів успішні дослідження доменної плавки на коксі на заводі у місті Колбрукдейл (Англія) і отримав патент на коксування кам'яного вугілля. Після цього з'явилася можливість використовувати для виплавки заліза великі запаси кам'яного вугілля. Але за межами Англії ця технологія поширилася лише в XIX столітті.

Ливарники Московського царства отримали практичні знання про чавунне лиття у XIV столітті з володінь Золотої Орди через Волзький торговий шлях. Суттєво технологія лиття гармат і ядер з чавуну

вдосконалилася в XVI столітті в період правління Великого князя московського Васілія III за рахунок досвіду запрошених гарматних майстрів з Італії і Західної Європи [12].

Грамота царя Михайла Романова, яка у 1632 році була видана голландцю А. Вініусу й англійцю А. Вількенсону, надавала право будівництва Городищенського доменного заводу на річці Тулиці (13 км від Тули). Перший чавун на цьому заводі був отриманий в 1637 році. Голландський купець А. Вініус, разом з компаньйонами, побудував в районі Тули вісім залізобудівних заводів, які в основному виробляли холодну зброю. На цих заводах вперше в Росії з'явилися доменні печі. До цього в металургійному виробництві Росії переважно використовували домниці [12, 16-18].

Основним місцем розміщення чавуноливарного виробництва були райони Тули і Серпухова, де відбувалася кустарна розробка залізних руд. Поступово виробництво охоплює більш південні райони, і в XVII столітті будуються ливарні цехи з домницями, у якості плавильних печей, біля Брянська і Чернігова. В цих районах початок розробки покладів місцевої болотної залізної руди датуються ще 1 тисячоліттям до н.е. [19 - 21]. Побудовані на Десні заводи забезпечували сплавом по Дніпру литвом лівобережну Україну, яка на той час не мала власних ливарних заводів. Першим доменним заводом на Україні був Високопичанський металургійний (Житомирський повіт), побудований в 1773 р. тульськими майстрами. Завод переробляв гірську і болотяну руди. Повітродувні міхи проводилися в дію водяними колесами. З отриманого чавуну відливалися котли, колеса, деталі машин для суконних і прядильних фабрик, лісопилок, млинів. Побудований в цьому ж році Кропивнянський чавуноплавильний завод (біля м. Новоград-Волинський) виплавляв у рік до 6000 пудів чавуну. Вироби (колеса, котли) заливалися рідким чавуном безпосередньо від доменної печі у піщано-

глиняні форми. Чавун був низької якості, а кричне залізо, що отримували таким способом, крихким, тому фабриканти віддавали перевагу чавунним виливкам, які вироблялися на тульських заводах [19].

У кінці XVIII ст. почалася промислова розробка якісного донецького кам'яного вугілля і криворізької руди. Внаслідок цього металургійне та ливарне виробництво поступово переміщувалося далі на південь. Однією з причин цього було збіднення покладів болотних руд Полісся та знищення лісів на півночі України. У 1789 р. було побудовано Херсонський ливарний завод, а також Кременчуцький завод з ливарним, ковальським і слюсарним цехами. У 1797 р. почав працювати Луганський ливарний завод, де на базі уральського чавуну відливалися гармати та інші вироби для потреб чорноморського флоту і південних фортець [22, 23].

Таким чином, проведені дослідження дозволяють простежити процес і характерні риси впливу досвіду майстрів-ливарників країн Західної Європи та Російської імперії на зародження чавуноливарного виробництва на території України.

Джерела та література

1. Беккерт М. Железо. Факты и легенды. – М.:Металлургия, 1984. – 232 с.
2. Снодграсс А.М. История Греции в свете археологии// Вестник древней истории, 1992. – № 2. – С. 32 – 40.
3. Мезенин Н. А. Занимательно о железе. – М.: Металлургия, 1972. – 200 с.
4. Азимов А. Ближний Восток. История десяти тысячелетий – М.: ЗАО Центрполиграф, 2004. – 331 с.
5. История Украинской ССР. – К.: Наукова Думка, 1981. – Т.1.
6. Шрамко Б.А. Господарство лісостепових племен на території України VII-III ст. до н.е. // Укр. іст. журн. – 1971. – № 1. – С. 53 – 61.

7. Шрамко Б.А., Фомин Л.Д., Солнцев Л.А. Начальный этап обработки железа в Восточной Европе //Сов. Археология. – 1977. – № 1. – С. 57 – 74.
8. Шухардин С.В., Ламан Н.К., Федоров А.С. Техника в ее историческом развитии – М.: Наука, 1979. – С. 416.
9. Очерки истории техники докапиталистических формаций. Под редакцией В.Ф. Миткевича – М.-Л.: Издательство академии наук СССР, 1936. – 462 с.
10. Всемирная история. Т. III. – М.: Госполитиздат, 1957.
11. Розвиток металургії в Українській РСР.–К.: Наукова думка, 1980. – 960 с.
12. Рубцов Н.Н. История литейного производства в СССР. – М.: МАШГИЗ, 1962. – 287 с.
13. Петриченко А.М. Книга о литье. – К.: Техника, 1972. – 282 с.
14. Полубояринова М.Д. Русские люди в Золотой Орде. – М.: Наука, 1978. – 133 с.
15. Колчин Б. А. Чёрная металлургия и металлообработка в Древней Руси // Материалы и исследования по археологии СССР. – № 32.– 1953. – С. 39 – 46.
16. Данилевский В. В. Русская техника. – Л.: Газетно-журнальное и книжное издательство, 1947. – 544 с.
17. Археология СССР: Древняя Русь. Город, замок, село./ Под ред. А.Б. Рыбакова . – М.: Наука, 1985. – 429 с.
18. Б.А. Рыбаков. Ремесло Древней Руси. – М.: Издание Академии Наук СССР, 1958. – 784 с.
19. Гнип П.І. Розвиток металургії на Україні XIV-XVIII ст. // Нариси з історій техніки. – 1956. – Вип. 3. – С. 75 – 94.
20. Тоїчкін Д.В. Поклади в Україні залізної руди, придатної для виготовлення холодної зброї (XVII-XVIII ст.) // Історико-географічні

дослідження в Україні. Зб. наук. праць. – К: Інститут історії України НАНУ, 2004. – С. 118 – 135.

21. Трачук О. Сировина для давньої металургії України //Українознавство, №3. – С. 247 – 252.
22. Пермяков Е.В. Луганський завод та його роль у розвитку вугільної промисловості Донбасу // Нариси з історії природознавства. – 1972. – Вип. 17. – С. 55 – 59.
23. Кац Р.С., Златопольская О.М., Смирнов А.И. Черноморский судостроительный, 1898-1972. – Л.: Судостроение, 1973. – 355 с.

В. Кропивний, А. Кропивна, Е. Воронюк

Зарождение чугунолитейного производства

В статье отслеживается путь человечества к созданию технологии литья чугунных изделий. Материал статьи раскрывает зарождение чугунолитейного производства на Украине под воздействием русских и западноевропейских металлургов.

горн, чугун, домница, доменная печь

V. Kropivnyi, A. Kropivna, E. Voronyuk

Origin of chavunolivarnogo production

In the article the way of humanity is watched to creation of technology of casting of cast-iron wares. Material of the article exposes the origin of cast-iron production on Ukraine under act of the Russian and West-European metallurgists.

horn, iron, domnitsa, blast furnace