

УДК 62(477)(075.8); 669(09)

ОЛЕКСАНДР ЛЮТИЙ

м. Запоріжжя

lyuty@dss.com.ua

СПОСОБИ ЯКІСНОЇ МЕТАЛУРГІЇ ЗАЛІЗА З ГЛИБИНИ СТОЛІТЬ

Досліджується історія розвитку технологічних складових перших металургійних процесів. Застосовано історико-ретроспективний метод дослідження технологій – виявлення істотних технічних ознак і порівняння їх з можливостями інших технологій. Підготовка руди, нагрів деревним вугіллям, кування злитків із суміші металу та шлаку забезпечували високу якість металу. Основною метою дослідження є визначення елементів технології, які змінювалися на вимоги промисловості. Винайдення виробництва стали шляхом переплаву чавуну забезпечило високу продуктивність і разом з тим знизило якість виробів. Найбільш ефективні рішення проблем виготовлення металів високої якості для сучасної техніки були розроблені в Україні. Одним із сучасних шляхів поліпшення якості сталі є процеси прямого виробництва з окатишів. Фізико-хімічні і технологічні складові такої металургії подібні першій технології виготовлення заліза з криці. Кування та інші способи обробки тиском також застосовується для покращення механічних властивостей сталевих виробів.

Ключові слова: металургія, історія техніки, високоякісний метал, кричний процес, окатиші, бронзовий вік, залізний вік.

Для сучасної України актуальною проблемою є об'єктивне висвітлення історичних процесів, зокрема всебічне вивчення вітчизняного внеску у науково-технічний прогрес людства. Аналіз виникнення фундаментальних технічних ідей та винаходів становить один із ключових напрямів історичних досліджень. Металургія з давніших часів є провідною галуззю розвитку цивілізацій. Саме застосуванню металів надано назви епох історії людства. Протягом тисячоліть удосконалювалася технологія виробництва металів, перш за все, на вимогу виробів військового та іншого різного призначення. І важливим напрямком розвитку було підвищення якості металів і сплавів.

Проте, незважаючи на низку праць з історії розвитку металургійного ремесла, що згодом перетворилося у величезну галузь, і цієї галузі, на сьогодні не існує комплексних досліджень розвитку виробництва металів в напрямку підвищення їхньої якості. У вирішення такого важливого завдання науково-технічного прогресу майстри, фахівці, металурги, що працювали на території України знаходили оптимальні на ті часи технології. Згодом науковці і металургійна галузь України знайшли технології, впровадження яких є забезпечило відповідальні галузі промисло-

вості провідних країн високоякісними металами і сплавами.

Розвиток техніки від примітивної до самої складної новітньої є функцією розвитку емпіричного досвіду і наукових знань. Створюються і розвивається більшість виробничих технологій шляхом пізнання, освоєння і удосконалення взаємодії енергії і матеріалів. З давніших часів багато віків людина при виготовленні штучних предметів, які посилювали її можливості боротьби за виживання, обходилася натуральними природними матеріалами, біологічною енергією (своєю і тварин) і теплом від горіння деревини. Згодом до джерел енергії додалися течія води і сила вітру. Вже в епоху палеоліту людина могла зустрічатися з шматками самородної металу (золота, срібла, міді) або метеоритного заліза. Розроблену в той час технологію виготовлення знарядь праці і зброї шляхом розколювання каменів застосувати не вдавалося – метал м'яв і був набагато м'якше, ніж кремінь і ряд інших каменів. Втім, археологічні знахідки свідчать про те, що з металу вже в той час робили прикраси.

Із закінченням льодовикового періоду, більше десяти тисяч років тому, в епоху пізнього неоліту зароджується металургія – людина починає застосовувати горіння для отримання металу; в неоліті до технологій

обробки додалося шліфування і свердління. З того часу ці технології почали використовувати і для обробки металу [1, 2].

Удосконалення способів обробки металів стало найважливішим діянням в історії цивілізації. Мідний вік, що перейшов з енеоліту, почався з освоєння людьми техніки кування і лиття. Багато в чому цьому сприяв розвиток гончарного виробництва. Людина навчилася створювати печі і керамічні форми для відливання міді, що і лягло в основу зародження металургії. Залізні вироби могли виготовляти з метеоритів. Але це випадкові знахідки оброблялися куванням і не мали відношення до металургійного виробництва.

Наступним етапом розвитку металургії було створення сплаву з двох і більше компонентів – бронзи. Штучно створені – розплавлені на вогнищах в тиглях сплави міді з оловом і свинцем відрізнялися незрівнянно кращими експлуатаційними властивостями (більшою твердістю, міцністю і зносостійкістю), ніж вихідні матеріали. Вироби з бронзи, датовані VI–IV тисячоліттями до н. е., були знайдені в Сербії, Болгарії, Португалії, Іспанії, Великобританії. З цього часу прийнято відлічувати початок Бронзового віку.

У процесі розвитку металургії і (в цілому – цивілізації) виник чинник, який зумовив пошук нового металу і технологію його одержання. Компоненти – мідь і олово зустрічаються в природі в обмежених регіонах, були доступні не всім народам, видобуток їх з рудних пластів представляв значні труднощі, відомі поклади вичерпувалися. Залізна руда – мінерали з сполуками заліза була доступною сировиною, перебувала практично на поверхні як в концентрованих покладах, так і в болотній «землі», в деяких пісках, в гірських каменях... Однак ця доступність «компенсувалася» необхідністю шукати принципово нову технологію, яка виявився більш складною. Минуло більше двох тисяч років перш ніж відбувся новий технологічний прорив в металургії і людство вступило в Залізний вік (на відміну від металургії кольорових металів виробництво заліза і його сплавів називають «чорною металургією»).

Сліди розвитку чорної металургії можна відстежити в багатьох минулих культурах і

цивілізаціях. Офіційною датою вступу людства в Залізний вік вважається приблизно 1200 рік до н. е. – винахід хетами першої технології отримання заліза [3]. Першим пристроєм для отримання заліза з руди була одноразова сиродутна піч. Однак на рубежі першого тисячоліття до н.е. таку ж технологію розробили народи, що проживають на території Анатолії, Галлії, Скандинавії, майбутньої Київської Русі [4–6].

Вважається, що пристрої і технології металургії спочатку були придумані в Стародавньому Китаї. Останні дані, встановлені вченими в результаті досліджень археологічних знахідок, свідчать про те, що технології римлян хоч і набагато пізніше були більш просунутими, ніж передбачалося раніше, особливо в галузі гірничого видобутку і кування [3].

Історія заліза і його сплавів, виготовлення виробів різного призначення добре досліджена археологами і фахівцями – металургами. Досить детально визначені особливості технологій отримання заліза з криць, конструкції обладнання для плавлення шихти і отримання виливків. Тут виготовляли губчасте залізо (крицу) у вигляді грудок з частинок заліза, шлаку і залишків руди та вугілля. Криці проковували в гарячому стані і частки заліза (зерна). Кричний процес удосконалювався кілька тисячоліть. Завдяки підвищенню інтенсивності дуття відповідно підвищилася температура протікання металургійних реакцій. У горні одночасно з крицею утворювався і рідкий метал. Це був чавун, сплав заліза з вуглецем (більш ніж 2%), температура плавлення якого нижче температури плавлення чистого заліза. Але цей сплав крихкий і куванні не піддавався. Однак і в його складі, також як і в залізі, було мало шкідливих домішок, тому він був стійким до корозії.

Наступним етапом розвитку чорної металургії було «повернення» непридатного до куванні чавуну в залізо – фришування. Частилки чавуну розплавляли в горні разом з рудою, вуглець з металу з'єднувався з киснем руди і повітря. Спосіб отримання заліза з криці (в тому числі і фришування) застосовувався на Європейському, Азіатському і Африканському континентах тисячі років. А. Снодграсс історію створення і першого періоду удоско-

налення технології заліза ділить на стадії: 1. церемоніальну (не технічні застосування заліза), 2. початок виробничого застосування (початок конкуренції з бронзою), 3. основний технічний метал [8]. У цей період саме залізні знаряддя значно прискорили виробничі процеси, підвищили якість знарядь праці і зброї.

Б. І. Медовар зазначає: «Застосування метеоритного заліза – перший крок по шляху відмови від бронзи. З цього почався перехід від бронзового віку до залізного» [9, 7]. З цим не можна погодитися, бо метеориті зустрічалися набагато рідше, ніж складові бронзи – мідні та олов'яні руди. Але, основне те, що метеоритне залізо почали застосовувати разом із золотом і сріблом, які, обробку яких на той час не можна вважати металургійною.

Не можна погодитися і з думкою М. Беккерта та деяких інших істориків металургії, які вважають, що в Європі залізний вік почався за тисячу років до н.е., тобто на 1–1,5 тисячі років пізніше, ніж на Близькому Сході і Китаї, і на 2–2,5 тисячі років пізніше, ніж у Єгипті [10]. Підставою для таких висновків служать відсутність археологічних знахідок у цьому регіоні. Однак через такі обставини наврядчи можна вести час виникнення технологій. Відомо, що в зазначений період вже були різнобічні зв'язки між континентами і секрети виробництва можливо і з певними труднощами проникали в Європу. (Навіть у ті часи відстань від Єгипту до італійського побережжя рибалки могли подолати відносно легко). Труднощі полягали в тому, що ковальське – металургійне виробництво становило найскладнішу технологію, і, до того ж, секрети виробництва зберігалися в межах обмеженою каста фахівців.

Метою наших досліджень є визначити історію розвитку складових технологій виробів із заліза й його сплаву сталі, що саме впливали на якість металу і виробів з нього. Таке завдання в першу чергу необхідно тому, що особливу увагу сучасна металургія звертає на технологію отримання чистого заліза, без домішок, що погіршує технологічні службові якості сталевих виробів. Методичною основою є науково-технічний аналіз особливостей технології, що забезпечували достатньо високу якість. При тому розглядаються і процеси

кування, які мають відношення до покращення якості металів і сплавів.

Значним технологічним проривом можна вважати перші кроки з освоєння теплової енергії. Самородний метал розплавляють в плавильному горні, використовуючи деревне паливо і вдуваючи повітря через трубки (з легких) або хутом. Розплавлений метал виливали в форми і продовжували обробляти куванням, свердлінням, шліфуванням. (Цей процес зображують на фресках гробниць єгипетських фараонів). В процесі виконання операції кування холодної міді людина виявила, що виріб стає твердіше і міцніше. Так було відкрито важлива властивість металу – холодне зміцнення. Попутно було виявлено іншу властивість – пом'якшувальний відпал при повторному нагріванні.

Проте в історії техніки прийнято, що одним з обставин розвитку техніки є майже одночасне рішення (винахід) виробничих та інших проблем в різних регіонах світу [11, 12]. І не можна припускати, що при існуючих в той час способах спілкування (торгівлі, переселення народів, війни і захоплення територій) секрет виготовлення металевих виробів, особливо зброї, залишався невідомим протягом тисячі років. Тому за основу наших досліджень металургії заліза прийняті дані археологічних розкопок на території сучасної України [13–15]. Дослідженнями доведено високий рівень металургії отримання заліза з давніших часів, в тому числі на Поліссі і Прикарпатті. З деяких джерел відомо, що метал мав досить високу якість, що до вимог того часу. З історії розвитку техніки відомо, що пошук способів підвищення якості був одним з основних завдань металургів. Але у відомих дослідженнях ця проблема не відокремлена [16]. Про виробництво та застосуванні заліза згадується в багатьох стародавніх пам'ятках писемності. У XIII ст. в Київській Русі було освоєно виробництво високоякісної сталі, тут збільшували висоту горна печей і підсилили нагнітання повітря хутрами. Рідкий шлак міг самостійно стікати по каналах, розташованим по краях підстави печі. Після плавки горн розбирали, витягали з нього злитки металу і проковували їх. В результаті проковки метал ущільнювався, частки шлаку видавлювалися.

Подрібнення зерна надавало металу додаткову міцність [17, 18]. Необхідно підкреслити високу майстерність ковалів-металургів Полісся – вони виготовляли заліза і сталь високої якості з порівняно бідних залізом болотяних руд.

При вивченні металургійних особливостей виготовлення залізних виробів високої якості звернуто увагу на технологічні операції, що сприяли отриманню метала високої якості. Наприклад, вперше наприкінці XIX ст. Д. К. Черновим та іншими вченими встановлена залежність якості виробів від структури метала – саме високі механічні якості притаманні виробам з дрібною структурою [19, 20]. Однією з операцій технологій «зварочного заліза» є кування криці. Нагрівання і ковку криці, а потім вже і основного металу повторювали неодноразово, завдяки чому «зварочне залізо» ставало чистіше і щільніше. Одностадійний процес перетворення руди в суміш заліза зі шлаком забезпечував майже повністю чистий від сірки і фосфору метал. Кування подрібнювало кристали, що зміцнювало метал.

Сталь – сплав заліза з вуглецем (до 2%), отримували подвійним процесом – спочатку шматки заліза нагрівали в вугіллі, а потім проковували, або переплавляли в вогнетривких горщиках – тиглях. Оскільки виплавити сталь в печах того часу не представлялося можливим, залізо коксування шляхом тривалого витримання його в тліючих вугіллі. З використанням ковальського зварювання залізних і сталевих заготовок виготовляли досить складні по конструкції і відповідальні за призначенням предмети. Успішно застосовували ковальське зварювання для з'єднання заліза з вуглецевої (до 0,9% C) сталлю. Зварювання дозволяло отримувати з'єднання зі смужок заліза і сталі товщиною 0,8–2 мм, в тому числі при виготовленні замкових пружин, кольчуг, високоякісних ріжучих або рубаючих частин різних знарядь праці і холодної зброї. Знайдено багатощарові мечі, серпи і сокири різної конструкції. Додатково високу якість виробів створюється в процесі кування в результаті подрібнення структури. Унікальну сталь виготовляли халіби, що мешкали в Малій Азії по узбережжю Чорного моря. Це

була нержавіюча сталь з магнетитових пісків, в яких містяться зерна магнетиту, ільменіту або титаномагнетиту і уламки інших порід з легуючими елементами [8].

Залізно – сталевій реманент сприяв значному підвищенню продуктивності праці. Зрубати дерево і підготувати його для будівництва будинку або моста можна було в кілька разів швидше, ніж кам'яним або навіть бронзовим. Полегшилось проведення сільськогосподарських робіт. Значні зусилля металургів – ковалів були спрямовані на вдосконалення бойової зброї. Країни, в яких була розвинена металургія і удосконалювалися виробы із заліза, мали перевагу над сусідами, змушували платити данину, прибутково торгували. Відомо, що в XV–XIV ст. до н. е. технологія виготовлення заліза і його науглецювання застосовували на Кавказі в царстві Хетів («залізне царство» Урарту). Вже тоді правителі розуміли значення нової техніки і монополює володіння нею. Коли в результаті внутрішніх повстань хетти ослабли, секретом нової технології заволоділи сусідня Ассирія, і торгівля залізом забезпечила процвітання і завоювання сусідніх земель. У Стародавній Греції збройних бронзою ахейців підкорили дорійські племена. Філістимляне захопили узбережжя Середземного моря завдяки високій якості залізної зброї і близько двох століть до 1013 р. до н. е. успішно чинили опір натиску численних ізраїльських племен [8].

Кричний спосіб з метою отримання високоякісного заліза намагалися відновити через тисячу років на основі застосування електроенергії. В кінці XIX століття багато уваги застосуванню електрики для технологічних цілей приділив російський електротехнік О. М. Лодигін. У 1908 р. він запатентував коритоподібну піч для прямої виплавки металу з руд. Дроблену залізну руду перемішують з деревним вугіллям, шар суміші нагрівають електричною дугою непрямої дії, яку переміщують над шаром. Ця суміш спікається подібно криці в домницях [21].

Двостадійна технологія сучасного сталеплавильного виробництва руда-чавун-сталь в принципі є технічно недосконалою. Тому ідея отримання заліза безпосередньо з залізної руди, минаючи доменний процес, як і раніше

привертає увагу металургів. Позадоменні способи виробництва заліза (сталі) розглядаються як один з перспективних напрямків в металургії.

У роки Другої світової війни японці в Маньчжурії та Кореї з метою зменшити вміст шкідливих домішок застосовували технологію прямого отримання заліза з руд у вигляді криці. Однак, удосконалити давно пройдений етап металургії заліза не вдалося [22].

З середини минулого століття почалися пошуки процесів отримання заліза з руди, заснованих на відновленні оксидів заліза шляхом прямого контакту з твердим (вугіллям) або газоподібними (воднем, окисом вуглецю, природним газом) відновниками. Багато металургів протягом значного часу спробували розробити методи отримання заліза безпосередньо з руди. Щось на кшталт кричного заліза, прямим безпосереднім нагрівом, але без обробки тиском. В Україні значний внесок у вирішення цього завдання вніс М. М. Доброхотов. Академік М. М. Доброхотов відомий перш за все створенням наукових основ застосування природного газу в мартенах замість суміші коксового і доменного газів і мазуту. В Інституті газу АН УРСР під його керівництвом було розроблено технології відновлення металів, зокрема прямого одержання заліза. За його розробками перші в СРСР в 1960-х роках на «Запоріжсталі» були впроваджені напівпромислові установки – шахтна піч і реактор з киплячим шаром для прямого відновлення заліза продуктами конверсії природного газу [23].

На відміну від домніці, суміш заліза і шлаку отримують під обертається горизонтальною печі (довжиною до 100 м і діаметром 4,5 м), що обертається, в яку з одного боку подають подрібнені шматки руди і флюс, з іншого торця вдувають і підпалюють пилоподібне вугілля. При його горінні при нестачі кисню утворюється монооксид вуглецю і при температурі 700–900 °С залізо відновлюється. Утворюється тістоподібна суміш частинок заліза та шлаку, що спеклися. Після охолодження суміш подрібнюють, залізо магнітом відділяють від шлаку.

Ще один спосіб прямого відновлення заліза з руд або концентратів виконують в верти-

кальних печах шахтного типу заввишки 10–14 м, діаметром 3–3,5 м. Подрібнену руду або окислені окатиші завантажують зверху, знизу подається відновний газ (монооксид вуглецю і водень) При температурі близько 1000 °С в результаті реакції відновлення утворюється залізо у вигляді пористої губки. Позитивною якістю цього заліза вважається те, що воно не містить сірки – відновну суміш отримують при спалюванні природного газу в спеціальній реторти.

Розвитком елементів стародавньої технології можна вважати технологію залізородних окатишів, вперше запропоновану в 1912 р Андерсоном (Швеція) і в 1913 р Браккельсбергом (Німеччина). Металургія прямого відновлення залозою руди почала розвиватися з 1970-х. За короткий час металурги в різних країнах вирішили проблеми подрібнення залізородного матеріалу, його взаємодією з водою, укрупнення частинок, формування гранул із зволоженого залізородного концентрату. Внесок у вирішенні цих проблем зробили В. І. Коротич, В. І. Гранковський, Д. А. Ковалев та ін. [24–27]. Окатиші можна виготовляти з бідних залізом руд, з залізовмісних відходів. Руду збагачують різними способами, подрібнюють, змішують з флюсами і сполучними речовинами. Обертаючи суміш в барабанах або чашах отримують сферичні частинки діаметром до 30 мм, які висушують і обпалюють при температурі до 1300 °С. При цьому виділяються сірчисті з'єднання, окатиші набувають механічну міцність, достатню для зберігання, транспортування та плавки їх в печах [28]. Окатиші використовують для доменного процесу, для виплавки сталі, залізна губка – для виробництва порошку. У світовій науці не припиняються роботи з пошуку нових добавок і технологічних прийомів виготовлення окатишів. Виробництво останнім часом розвивалося в багатьох країнах світу високими темпами і в даний час перевищила 300 млн. т / рік.

Тобто, історія зробила коло і зараз розробляються і розвиваються технології одностадійного процесу виробництва сталі через збагачення руд – отримання окатишів, що містять 90–95% заліза і виробництва з них сталі із застосуванням електроенергії. Такий

напряв взяли країни Близького Сходу з багатими природними покладами. В СРСР вперше в світі в районі Курської магнітної аномалії побудований бездоменний завод-гігант, який працює на металізованій сировині – Оскольський електрометалургійний комбінат. Тут, в електросталеплавильному цеху встановлено потужні 150-ти тонні дугові печі, машини безперервного лиття. З 1982 р. комбінат випускає 2,4 млн тонн сталі щорічно. Це високоякісна підшипникова і конструкційна сталь. Так істотний технологічний елемент первісної технології отримання заліза використаний в ХХ столітті для виробництва високоякісної сталі.

Слід зазначити, що рудні на Поліссі продовжували випускати високоякісне залізо до середини ХІХ століття. Поліські доменні підприємства в першій половині 1870-х років витіснили рудні, проте і тут виплавлений на деревному паливі метал містив мінімальну кількість шкідливих домішок. Центром металургії Воліні став Денішевський чавуноливарний завод з домною, прокатною фабрикою, паровими машинами і молотом, пудлінговими і зварювальними печами. Достаток залізняку і безліч чавуноливарних заводів в Овручському, Новоград-Волинському, Житомирському повітах забезпечувало до середини 1880-х років промисловість Росії металом на рівні із старим Уральським регіоном. Причому, гірничо-металургійна промисловість Донецько-дніпровського регіону лише організовувалася і нарощувала потужності.

Отже, використання теплоти для технологічних цілей: виплавки з руд порівняно легкоплавких металів: міді, свинцю, олова и лиття різних виробів – це перший металургійний процес, що складався з однієї операції. Для формування виробу іноді застосовували прийом кування.

Перший спосіб отримання заліза назвали сиродутним по одному з технологічних ознак. Технологічні операції – попередня підготовка руди, перепалювання деревини на вугілля, завантаження в спеціальну піч – горн, горіння вугілля і дуття, кування криці для видалення шлаків. Процес кування отримав подальший розвиток, спрямований на поліпшення якості металу, зокрема, з метою подрібнення структури.

Перша технологія чорної металургії на території України, так само як і в інших регіонах планети, була розроблена в далекій давнині, за кілька тисячоліть до нашої ери. Археологами України досліджено широкий ареал виробництва заліза досить високої якості. Рудні на Поліссі продовжували випускати високоякісне залізо до середини ХІХ століття і забезпечували промисловість високоякісним металом.

Висока якість заліза і сталі пояснюється застосуванням деревного вугілля з мінімальним вмістом домішок – сірки і фосфору, і багаторазовим куванням криці.

У ХІХ–ХХ століттях були запропоновані технології прямого одержання заліза подібного кричному способу з використанням нових джерел енергії нагріву, в тому числі електричної енергії і газу. Провідна роль у вирішенні проблем якісної металургії визнана за Україною.

Список використаних джерел

1. Васильев М. Металлы и человек / М. Васильев. — М. : Советская Россия, 1962. — 416 с.
2. Гнип П. І. Зародження металургії на Україні / П. І. Гнип // Наука і життя. — 1956. — № 2. — С. 36—37.
3. Miller D. E. Early Metal Working in Sub Saharan Africa. / D. E. Miller, N. J. Van Der Merwe // Journal of African History. — 1994 — № 35. — P. 74—86.
4. Азимов А. Ближний Восток. История десяти тысячелетий / А. Азимов. — М. : ЗАО Центрполиграф, 2004. — 331 с.
5. Гурський Д. С. Металічні і неметалічні корисні копалини України / Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін та ін. — К.-Львів : Центр Європи, 2006 — В II т. — Т. I. — 740 с.
6. Гуменюк А. А. Начало развития металлообработки на Житомирщине / А. А. Гуменюк // Матеріали 8-ї Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання історії науки і техніки» (м. Очаків, 17—19 жовтня 2009). — С. 105—107.
7. Вознесенская Г. А. Техника обработки железа и стали. / Г. А. Вознесенская // В кн: Металл черняховской культуры. — М. : Наука, 1972. — С. 8—49.
8. Snodgrass A. M. Archaic Greece: The Age of Experiment. / A. M. Snodgrass // Berkley, 1981. — 570 p.
9. Медовар Б. И. Металлургия вчера, сегодня и завтра / Б. И. Медовар. — К. : Наукова думка. — 1986. — 130 с.
10. Беккерт М. Мир металла / М. Беккерт. — М. : МИР, 1980. — 149 с.
11. Техника в её историческом развитии / Отв. редакторы: С. В. Шухардин, Н. К. Ламан, А. С. Фёдоров. — М. : Наука, 1979. — 416 с.
12. Шухардин С. В. Основы истории техники. Опыт разработки теоретических и методологических проблем / С. В. Шухардин. — М. : Изд.-во АН СССР, 1961. — 413 с.
13. Бідзиля В. І. Залізоплавильні горни середини першого тисячоліття н. е. на Південному Бузі / В. І. Бідзиля // Археологія. — 1963. — № 15. — С. 50—54.

14. Ратич О. О. Древньоруські археологічні пам'ятники на території західних областей УРСР / О. О. Ратич. — К. : Вид-во АН УССР, 1957. — 96 с.
15. Шрамко Б. А. Дослідження староруських залізних виробів Донецького городища / Б. А. Шрамко, О. М. Петриченко, Л. О. Солнцев, Д. Д. Фомин // Нариси з історії техніки. — 1961. — Вип. № 7. — С. 74—87.
16. Нонік Л. Ю. Передумови розвитку поліських рудень в XI ст. / Л. Ю. Нонік, Л. Г. Полонський // Матеріали 8-ї Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання історії науки і техніки» (17—18 жовтня 2009 р. м. Очаків). — К., 2009. — С. 100—102.
17. Бідзиля В. І. Чорна металургія стародавніх східних слов'ян / В. І. Бідзиля // В кн. Слов'янсько-руські старожитності. — К. : Наукова думка, 1969. — С. 50—54.
18. Толочко П. П. Київська Русь / П. П. Толочко. — К. : Абрис, 1996. — 360 с.
19. Морозова С. Г. Обзор источников научного и культурного наследия Д. К. Чернова / С. Г. Морозова // Проблемы культурного наследия в области инженерной деятельности: сб. ст. — М., 2000. — С. 24—39.
20. Гумилевский Л. И. Чернов / Л. И. Гумилевский. — М. : Молодая гвардия, 1975. — 203 с.
21. История энергетической техники. Т. 2. Электротехника. — М.—Л. : Госэнергоиздат, 1957. — 728 с.
22. Барский Б. С. Развитие отечественной науки и техники в области электротермии / Б. С. Барский // Труды научно-технического совещания по электротермии и высокочастотному нагреву. — М. : Госэнергоиздат, 1952.
23. Кочо В. С. Николай Николаевич Доброхотов / В. С. Кочо, Б. Х. Хан. — К. : Издательство академии наук Украинской ССР, 1959. — 170 с.
24. Коротич В. И. Теоретические основы окомкования железорудных материалов / В. И. Коротич — М. : Металлургия, 1961. — 152 с.
25. Ковалев Д. А. Теоретические основы производства окисленного сырья. / Д. А. Ковалев. — Днепропетровськ : ИМА-пресс, 2011. — 476 с.
26. Гранковский В. И. Управление агломерационным процессом / В. И. Гранковский — К. : Техника, 1988. — 145 с.
27. Берштейн Р. С. Совершенствование технологии спекания агломерата / Р. С. Берштейн, Б. А. Станишевский, В. Н. Быткин, В. Г. Болгов. — Днепропетровськ : Промінь, 1975. — 120 с.
28. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов / В. А. Кудрин. — М. : Мир, 2003. — 528 с.

OLEKSANDR LYUTY
Zaporozhye

THE METHODS OF QUALITY IRON METALLURGY FROM TIME IMMEMORIAL

We study the history of the first metallurgical processes. Applying the method of historical – retrospective study of technologies – identifying the essential technical features and compare them with those of other technologies.. Preparation of ore, charcoal heating, forging ingots of metal and slag mixture provides high quality metal. This technology has existed several millennia in Asia, Europe and Africa. One of the modern ways of improving the quality of the steel operations are one-step production process of pellets.

Key words: metallurgy, high-quality metal bloomery process, Bronze Age, Iron Age, the history of technic, pellets.

АЛЕКСАНДР ЛЮТЫЙ
г. Запорожье

СПОСОБЫ КАЧЕСТВЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ЖЕЛЕЗА ИЗ ГЛУБИНЫ ВЕКОВ

Исследуется история возникновения первых металлургических процессов. Применен историко-ретроспективный метод исследования технологий – выявление существенных технических признаков и сравнение их с возможностями других технологий. Подготовка руды, нагрев древесным углем,ковка слитков из смеси металла и шлака обеспечивали высокое качество металла. Такая технология существовала несколько тысячелетий в странах Азии, Европы, Африки. Одним из современных путей улучшения качества стали являются операции одностадийного процесса производства окатышей.

Ключевые слова: металлургия, высококачественный металл, кричный процесс, бронзовый век, железный век, история техники, окатыши.

Стаття надійшла до редколегії 04.11.2016