

УДК 669.18.046.5:669

П. О. Юшкевич, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0002-2675-0737*Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України*

ЗАГАЛЬНИЙ КОНЦЕПТ ТИПІЗАЦІЇ БУДОВИ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СКЛЕПІНЬ ПЕЧЕЙ ВІДДЗЕРКАЛЬНОГО ТИПУ

Анотація. Печі віддзеркального типу: мартенівська піч та двованный сталеплавильний агрегат, досі займають важливе місце серед загальної кількості усіх промислових сталеплавильних агрегатів в Україні. Завдяки тому, що вони здатні коректно працювати в сировинній базі, що наразі доступна для вітчизняних металургійних підприємств. Здійснена обробка інформації, даних і літератури дозволила підтвердити, що загальний термін однієї компанії експлуатації печей віддзеркального типу, за інших нормальних умов, визначається стійкістю вогнетривкої футерівки, так як проведення на ній гарячих ремонтних робіт у ході експлуатації печей дуже ускладнене, капітальних майже неможливе. Відповідно до свідчень ряду наукових досліджень та промислового досвіду останніх років з усіх основних конструктивних елементів печі захищених футерувальними матеріалами, найчастіше, саме склепіння лімітує загальний експлуатаційний ресурс за однією компанією футерування.

У роботі досягнута мета і сформульовано загальний концепт типізації будови та конструктивних особливостей склепінь печей віддзеркального типу, що використовувались за останні роки в умовах роботи вітчизняних металургійних підприємств та охарактеризовано найпоширеніші футерувальні матеріали для них. Визначено фактори, котрі суттєво впливають на стійкість склепіння печей віддзеркального типу та обмежують експлуатаційний ресурс їх футерування. Встановлено, що через ряд недоліків, доцільним є: створення або використання більш досконалих сучасних футерувальних матеріалів для цегли склепінь; розробка нових конструкцій або модернізація існуючих склепінь печей віддзеркального типу, яка сприятиме покращенню їх експлуатаційних умов, підвищенню ресурсу використання футерування та покращенню показників екологічності процесу.

Ключові слова: віддзеркальна піч, склепіння, мартенівська піч, двованный сталеплавильний агрегат, вогнетривка цегла.

Посилання для цитування: Юшкевич П. О. Загальний концепт типізації будови та конструктивних особливостей склепінь печей віддзеркального типу. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2022. Вип. 36. С. 182-193. DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-182-193.

Актуальність роботи та стан питання. Металургія є однією з провідних галузей України [1], за 2021 рік було вироблено 21,366 млн. тонн сталі [1] з них 29% вироблено в печах віддзеркального типу.

В сьогоднішніх умовах існування економіки Україна важливу роль відіграють три великих металургійних комбінати з повним металургійним циклом: ПрАТ«КАМЕТ-СТАЛЬ» (виробництво сталі здійснюється у кисневих конвертерах з верхньою продувкою - 3,2 млн. т на рік), ПАТ «Запоріжсталь» (агрегати віддзеркального типу - 4 млн. т на рік), ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (виробництво сталі здійснюється у кисневих конвертерах з верхньою продувкою – 5,4 млн. т на рік, та агрегатах віддзеркального типу – 2 млн. т на рік), які спеціалізуються на виробництві сталі. Таким чином частка печей віддзеркального типу у загальному виробництві сталі в Україні є суттєвою. Особливу актуальність зазначений факт набуває в умовах значної ресурсної обмеженості, відносно наявності якісних флюсів, металобрухту та спеціалізованих вогнетривів для сталеплавильних агрегатів.

Сортамент марок сталі, що одержуються у печах віддзеркального типу має попит як у державі так і у світі [1, 2], однак нажаль технологічний процес отримання сталі на печах цього типу не є досконалими, що обумовлено як специфікою самого процесу конвертування так і конструктивною недосконалістю цих агрегатів [1-16].

Не дивлячись на це, використання печей саме такого типу для певного цільового сортаменту марок сталі найближчі роки є доцільним, так як заміна на інші типи агрегатів та технологічні процеси призведе до необхідності побудови альтернативних металургійних комплексів значної вартості, а це є великим ризиком у складних умовах, що наразі склалися в нашій державі. Тому на вітчизняних підприємствах з метою збереження загального рівня виробництва сталі на відповідному рівні необхідно вишукувати шляхи покращення технологічних, експлуатаційних та екологічних показників роботи печей віддзеркального типу.

У роботах [2-5] відзначається, що при виробництві сталі загальний термін однієї компанії з експлуатації печей віддзеркального типу, за інших нормальних умов, визначається стійкістю вогнетривкої футерівки, так як проведення на ній гарячих ремонтних робіт у ході експлуатації печей дуже ускладнене, а капітальних майже неможливе через високу температуру технологічного процесу, особливості будови, компоновання та просторового розташування агрегату. З усіх основних конструктивних елементів печі, що захищені вогнетривким футеруванням, відповідно до робіт [6-15] слідує, що особливістю експлуатації печей віддзеркального типу є підвищений знос склепіння, відповідно до стійкості якого визначають термін однієї кампанії футерування.

Для створення рішень, заходів та пропозицій, що будуть спрямовані на розробку нових конструкцій або модернізацію існуючих склепінь печей віддзеркального типу, сприятимуть покращенню їх експлуатаційних умов та ресурсу використання футерування, необхідно проведення додаткових аналітичних досліджень з цього питання, що дозволять узагальнити

існуючі свідчення стосовно особливостей будови склепінь печей віддзеркального типу, охарактеризують досвід останніх років та дозволять встановити основні фактори, що скорочують експлуатаційний ресурс склепінь та їх футерування.

Мета роботи. Сформувати загальний концепт типізації будови та конструктивних особливостей склепінь печей віддзеркального типу, що використовувались за останні роки в умовах роботи вітчизняних металургійних підприємств та охарактеризувати найпоширеніші футерувальні матеріали для них. Визначити фактори, котрі суттєво впливають на стійкість склепіння печей віддзеркального типу та обмежують експлуатаційний ресурс їх футерування.

Методика проведення дослідження. Дослідження проводились за рахунок пошуку літературних джерел, що можуть надати цілісну інформацію стосовно будови склепінь печей віддзеркального типу, футерувальних матеріалів для них, особливостей експлуатації відповідно до сучасних умов, що склалися на металургійних підприємствах України. За результатами пошуку літературних джерел проведено аналітичну обробку, за якою визначені данні та інформація які є актуальними до умов функціонування металургійних підприємств України та надають можливість скласти цілісне уявлення стосовно питань, що розглядаються у роботі.

Основні матеріали дослідження. Безпосередньо до типу віддзеркальних печей у роботі віднесено мартенівську піч та двованний сталеплавильний агрегат. Так як відомо, що двованний сталеплавильний агрегат уявляє із себе удосконалену комбінацію з двох ванн мартенівських печей, що мають спільне склепіння [2-4, 6-9]. У обох випадках склепіння максимально перекриває робочий простір печі зверху [2-4]. Відповідно до цього, конструкції склепінь мартенівської піч та двованного сталеплавильного агрегату можуть бути розглянуті загалом як представників одного типу віддзеркальних печей (рис. 1) [2,4, 6-9].

Такому підходу є підтвердження у роботі [6] де автори стверджують, що конструкція склепіння двованного сталеплавильного агрегату загалом не відрізняється від мартеновського, але його висота над рівнем порогів робочих вікон може досягати від 4200 до 4500 мм в залежності від садки агрегату. Велика висота склепіння і висока запиленість атмосфери робочого простору у двованного сталеплавильного агрегату знижують його роль в теплообміні але різко підвищують стійкість футерування, яка може доходити від 700 до 1200 плавок [6]. У випадку звичайних мартенівських печей стійкість склепінь за садки від 100 до 300 т може становити від 400 до 1000 плавок і понад 300 т від 200 до 500 плавок, за умов інтенсивного продування ванни киснем стійкість склепіння зазвичай становить від 150 до 300 плавок [2-4, 8]. Тобто різниця у стійкості склепіння між класичною мартенівською піччю та двованним

сталеплавильним агрегатом може становити приблизно від 1,2 до 2 разів.

Треба також відзначити, що у обох випадках склепіння печей віддзеркального типу: мартенівська піч та двованний сталеплавильний агрегат, практично не контактують зі шлаком, тому їх виготовлюють як з кислих так і з основних вогнетривких матеріалів [2-4, 6-9].

У джерелах [2-4, 6-9, 11-15] зазначено, що особливості конструкції склепінь розглянутих віддзеркальних печей, у значному пов'язані з типом матеріалу, що використовується для їх футерування. Кислі склепіння, викладають з футерувальної динасової цегли зі гладкою або зубчатою поверхнею. Футерування склепіння з цегли із гладкою поверхнею не має цікавих особливостей та просто дозволяє виконати його конструкцію самонесучою, зазвичай у вигляді арки, це гарантує його надійність навіть у разі, якщо в його структурі відбудеться поява відокремлюючих щільних тріщин [2-4, 6-9, 15]. Для створення такої самонесучої аркової конструкції склепіння набирають з прямих і клинових цеглин насухо. Температурні шви роблять з розрахунку від 10 до 12 мм на 1 м довжини склепіння [2-4, 6-9, 15].

Склепіння з цегли, що має зубчату поверхню складається з головних і ребрових кілець [2-4, 6-9]. Реброві кільця збільшують будівельну міцність склепіння і полегшують умови гарячого ремонту, що виконується накладанням цегляних латок на реброві арки, які встановлюють через кожні 3-4 кільця по довжині, а за наявності ящиків форми і по ширині склепіння [2-4, 6-9]. Центральний кут між п'ятами кислого склепіння звичайно дорівнює від 65 до 70° [2-4, 6-9].

Можливість виконання конструкції склепіння самонесучим, досягається за рахунок експлуатаційних особливостей та фізичних властивостей динасу у якості вогнетривкого матеріалу, а саме під час експлуатації склепіння вогнетривка цегла зварюється в моноліт [2-4, 6-9].

Динасова цегла в умовах високих температурах до 1700 °С зберігає достатню міцність і підвищений опір стискуванню. Однак при нагріванні понад 1700 °С вона швидко оплавляється; крім того, ця цегла сильно роз'їдається плавильним пилом, що складається з оксидів заліза, за рахунок чого відбувається активне утворення легкоплавких силікатів заліза [2-4, 5-11].

Через вищенаведені недоліки у сучасних віддзеркальних печах розглянутих типів віддають перевагу у використанні не кислим, а основним склепінням [2-4, 7, 8, 10, 11, 15] (див. рис. 1).

Склепіння з основною футерівкою, зазвичай виконані у вигляді розпірно-підвісної конструкції (див. рис. 1), що є за виконанням і обслуговуванням набагато складнішим порівняно зі звичайною арковою самонесучою конструкцією кислих склепінь, але це є виправданим [2-4, 8].

Розпірно-підвісна конструкція основних склепінь складається з наборів цеглин стандартизованих розмірів, що підбираються під кожен агрегат. У

якості вогнетривів футерування для реалізації розпірно-підвісної конструкції склепіння переважно використовують цегли з термостійкого магнетито-хроміту або периклазошпінеліду марок МХСП і ПШСП (щільного) і МХСПО, ПШСПО (звичайного) [2-4, 8, 10, 11, 15]. Загалом немає принципової різниці між вищенаведеними видами та марками основної вогнетривкої цегли з точки зору реалізації конструкції розпірно-підвісного склепіння, так як усі вони мають достатні механічні властивості та якості для цього [2-8]. Однак треба відзначити, що магнетитохромітова або периклазошпінелідна цегла характеризується високою вогнетривкістю. У випадку магнетитохромітової цегли допустима температура нагрівання може становити до 1800 °С, що сприяє підвищенню надійності футерування та продуктивності печі [2-8]. Стійкість склепіння з магнетитохромітової або периклазошпінелідної цеглини може бути в два або три рази вище, ніж з диасової цегли аналогічної якості [2-8, 12-16].

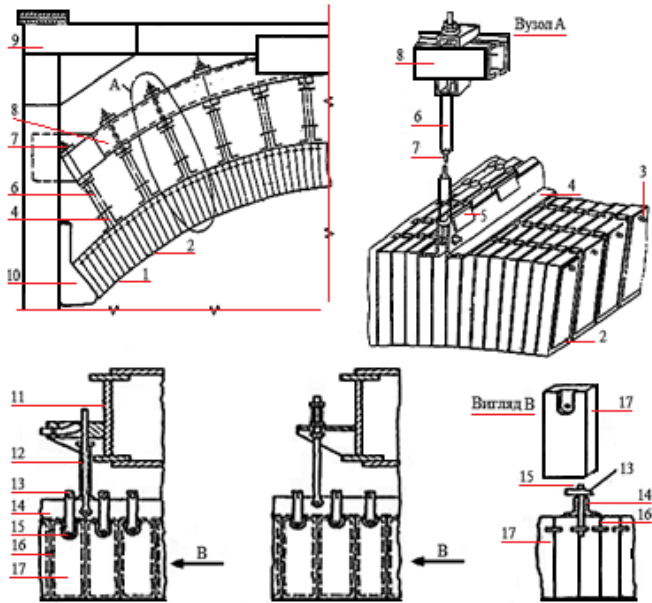


Рисунок 1 – Конструкція розпірно-підвісного склепіння в дзеркальних печей [3, 8]: 1 – склепіння цегли; 2 – пластина; 3 – штир; 4 – куточки; 5 – пластина підвіски цегли; 6 – обмежувач; 7 – тяга підвіски склепіння; 8 – розвантажувальна балка; 9 – ригель; 10 – підп'ятова балка; 11 – комбінований ригель з розвантажувальною балкою; 12 – потяг з обмежувачем зростання своду; 13 – клин; 14 – куточок; 15 – посилена підвіска; 16 – пластина; 17 – сводова цегла.

Більші межі допустимої температури нагрівання у основних склепінь, дають можливість за технологією режимів ведення плавки підвищувати температуру в печі при використанні магнетитохромітового чи периклазошпінелідного склепіння, а також за таких вогнетривких матеріалів спостерігається збільшення терміну експлуатації склепіння, навіть не дивлячись на те, що склепіння з основною футерівкою виконані у вигляді більш складної розпірно-підвісної конструкції, їх використання є більш рентабельним [2-8, 12-16]. Саме тому склепіння з основних вогнетривів знайшли на сьогодні широке застосування на металургійному виробництві у віддзеркальних печах: мартенівська піч та двованний сталеплавильний агрегат [2-8, 12-16].

Однією з важливих особливостей розпірно-підвісної конструкції склепінь віддзеркальних печей з основною футерівкою є суміщення в одному вузлі систем підвіски та розпору склепіння (див. рис. 1) [3, 7, 8]. Це досягається завдяки тому, що цеглини у будові розпірно-підвісної конструкції склепіння використовуються у сукупності з арками (кільцями) з'єднаними між собою металевими штирями, що забезпечують необхідні показники за критеріями теорії міцності [2-15]. У таких типах склепінь між цеглою в арці (кільці) прокладено металеві пластини товщиною від 0,5 до 1,0 мм [2-15].

Окрім цього існують впроваджені конструкції основних склепінь у яких додатково виконують прокладки з пластин між кільцями [2-4, 6-11]. Тобто через кожні 6-8 цеглин прокладають подовжені пластини товщиною від 60 до 80 мм, для яких в підвісних цеглинах поряд з отворами для штирів штампується спеціальний паз [2-4, 6-11]. Ці пластини підвішують на спарені куточки або швелери, прокладені вздовж усього склепіння [2-4, 6-11]. Кріплення до куточків або швелерів роблять металевими штирями або спеціальними пластинами з прорізами, в які протягується підвіска, а потім кріпиться зварюванням у поверхні швелера [2-4, 6-11]. У свою чергу, куточки чи швелери підвішують тягами до ригелів, які кріплять до металевих слябів передньої і задньої стінки [2-4, 6-11]. Для посилення жорсткості верхньої частини арматури розвантажувальну балку і ригель виконують як єдину конструкцію. Кріплення підвісної тяги до арматури печей встановлюється за рахунок кулачкової система або пружини, що не дозволяє зводу здійснювати різкі коливання (в зростанні) під дією перепаду температур [2-4, 6-11].

Завдяки таким особливостям конструкції підвісного склепіння з основною футерівкою, кожна цеглина має свою індивідуальну підвіску і між окремими цеглинами, крім сталевих пластин, прокладаються вигоряючі прокладки з толевого картону, що забезпечує вільне розширення цегли в арці без виникнення в ній великих напруг [2-15].

Загалом треба підкреслити, що футерування печі, а особливо склепіння, працює в дуже важких умовах. Механічні удари та стирання,

хімічна взаємодія плавильного пилю, шлаків і високі температури є причинами використання для вогнетривкої кладки склепінь віддзеркальних печей: мартенівська піч та двованний сталеплавильний агрегат, високоякісних матеріалів [2-16], але навіть це не гарантує високий експлуатаційний ресурс. Так як, окрім цього є важливими показники професійного рівня та якості будівельної структури склепіння, наприклад занадто щільне і нерівномірне укладання цегли може викликати концентрацію напруг стиснення в секції арки склепіння [2], що вже негативно позначиться на показниках експлуатаційного ресурсу.

Також треба зазначити, що у випадку цегли з основних вогнетривів (магнезитохромитових або хромомagneзитових) спостерігаються більші температурні розширення, тобто їх коефіцієнт розширення вищий, ніж у цегли з кислих (динасових) матеріалів [2-15]. За такої особливості у основних склепіннях, за сприятливих умов для розігріву арки зовнішні шви склепіння розкриваються, але у внутрішньому боці навпаки виникають високі напруги стиску, що призводять до сколу внутрішньої частини склепіння та інших подібних механічних дефектів [2-15]. Окрім цього за умови зниження температури до меж від 300 до 400 °С, вогнетриви склепіння печі починають постійно відчувати змінну напругу, виразність цього явища буде залежати від частоти таких коливань температури склепіння і тривалості плавки [2-16]. Так чи інакше у двованних сталеплавильних агрегатах (рис. 2) у будь якому разі спостерігається періодичне короткочасне коливання температури склепіння через регулярне реверсування потоку димових газів між камерами печі, що викликають змінні навантаження та напруги стиснення в арці склепіння [2]. Різкі та тривалі зміни таких навантажень на склепіння під час ремонту (рис. 2, а), завалки шихти або наварки в процесі гарячого ремонту печі призводять до сколів та розтріскування цегли (рис. 2, б) склепіння [5-16].



Рисунок 2 – Зображення склепіння двованного сталеплавильного агрегату в процесі демонтажу (а), руйнування цегли (б) через інфільтрацію шлаку та виникнення сколювання [2].

У наукових роботах [2-4, 6-8, 13-15] зазначається, що в умовах експлуатації склепіння з магнетитохромітових або хромомангнетитових вогнетривів може спостерігатися наступне:

1. Погано зварюються одна з одною вогнетривкі цеглини, через це не утворюється моноліт;

2. Дефекти та великі нещільності кладки (розкриті шви) зумовлюють вищі (майже удвічі) втрати тепла з 1 м² площі склепіння;

3. Підвищена теплопровідність та об'ємна маса цеглини в 1,5 рази, тобто більша, ніж у аналогічній за розмірами динасової.

Саме через вище наведені недоліки основних вогнетривів у футеруванні склепіння віддзеркальних печей виключається можливість застосування звичайної аркової самонесучої конструкції склепіння, і тому його доводиться виконувати розпірно-підвісним з кріпленням та прокладками між цеглою, що відповідно ускладнює та здорожує конструкцію, експлуатацію та обслуговування [2-4, 7-15].

З аналізу джерел [2-16] та вище наведеного у роботі можливо виділити наступні фактори, що суттєво впливають на стійкість вогнетривкої цегли та знос склепінь:

1. Висота розташування склепіння та особливості геометричної конфігурації арки, товщина склепіння. За умов впливу теплового розширення і напруг стиснення склепіння, цегли під час нагрівання викликають нерівномірний знос склепіння і втрату його статичної стійкості;

2. Тип та якість (механічні властивості, хімічний склад, відкрита пористість) матеріалів, що використовуються для вогнетривкої цегли, а також професійний рівень виконання та якість будівельної структури склепіння;

3. Стабільність температурних режимів протягом усього процесу перетворення розплаву для отримання необхідних продуктів плавки. Відсутність однорідності фізичних і хімічних властивостей вогнетривкої цегли по товщині склепіння через термічні перепади може призвести до змінних напруг стиснення через їхнє різне термічне розширення;

4. Падіння температури склепіння під час проведення гарячих ремонтів, аварійних відключень, обігріву паливом, у процесі завалки (особливо під час роботи з твердою шихтою), і, навіть, при реверсуванні напряму димових газів;

5. Тривалість процесів завалки, нагрівання та заливання рідкого чавуну, періодів плавлення та доведення, а також інтенсивність теплового навантаження в ці періоди, наявність продування ванни киснем та її інтенсивність.

Висновки

Сформовано загальний концепт типізації будови та конструктивних особливостей склепінь печей віддзеркального типу, що використовувались за останні роки в умовах роботи вітчизняних металургійних підприємств. Встановлено, що на сьогодні найбільшого поширення на віддзеркальних печах: мартенівська піч та двованний сталеплавильний агрегат, отримали склепіння з основних футерувальних вогнетривких матеріалів, а саме магнетитохроміту або периклазошпінеліду, розпірно-підвісної конструкції.

Визначено фактори, котрі суттєво впливають на стійкість склепіння печей віддзеркального типу та обмежують експлуатаційний ресурс їх футерування.

З проведеного аналізу слідує, що не дивлячись на те, що конструкція склепінь віддзеркальних печей: мартенівська піч та двованний сталеплавильний агрегат, є усталеною та перевіреною досвідом і часом, через ряд недоліків є доцільним: створення або використання більш досконалих сучасних футерувальних матеріалів для цегли склепінь; розробка нових конструкцій або модернізація існуючих склепінь печей віддзеркального типу, яка сприятиме покращенню їх експлуатаційних умов, підвищенню ресурсу використання футерування та покращенню показників екологічності процесу.

Перелік посилань

1. Steel Statistical Yearbook published 2021: веб-сайт. URL: https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/annual-production-steel-data/PI_crude_steel_total_pub/CHN/IND/UKR.
2. Повышение стойкости свода двухванных мартеновских печей металлургического комбината в Бхилаи / К. Сомнах и др. *Steel Times International*. май 2013. С. 28-32. URL: https://www.researchgate.net/publication/316959571_Povyshenie_stojkosti_svoda_dvuhvannyh_martenovskih_pec_ej_metallurgiceskogo_kombinata_v_Bhilai.
3. Склепіння мартенівських печей: веб-сайт. URL: https://vuzlit.com/746481/sklepinnya_marteniivskih_pechey.
4. Сталеплавильные агрегаты: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/9926908/page:33/>.
5. Стрелов К. К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. М. : Металлургия, 1985. 382 с.
6. Григорьев В. П., Нечкин Ю. М., Єгоров А. В., Нікольскій Л. Є. Конструкції і проектування агрегатів сталеплавильного виробництва. М. : МІСІС, 1995. 511 с.
7. Мартенівська піч: веб-сайт. URL: <https://metinvestsmc.com/ua/articles/marteniivska-pich/>.
8. Свод мартеновской печи: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7810953/page:6/>.
9. Кривандин В. А., Марков Б. Л. Металлургические печи. М. : Металлургия,

1977. 464 с.
10. Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Харлашин П. С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, рециркуляція матеріалів і екологія: підручник. Д. : РВА“Дніпро-ВАЛ”, 2006. 456 с.
 11. Сталеплавильне виробництво / В. І. Баптизмаський та ін. К. : ІЗМН, 1996. 400 с.
 12. Бігеев А. М. Металургія сталі: теорія і технологія плавки сталі. М. : Металлургія, 1988. 400 с.
 13. Исследования на модели износа свода мартеновской печи при использовании для продувки металла фурм с соплом перемещающимся в плоскости ванны / Ю. И. Шиш и др. *Сталеплавильное производство* : сборник научных трудов. М.: Металлургия. 1973. № 2. С. 231-236.
 14. Бигеев А. М. Металлургия стали. М. : Металлургия, 1977. 439 с.
 15. Анализ стойкости сводовых огнеупоров на двухванных сталеплавильных агрегатах ОАО «АМК» / А. С. Хобга и др. *Металургійна теплотехніка* : Збірник наукових праць Національної металургійної академії України. Д. : ПП Грек О.С., 2007. С. 287-297.
 16. Свинолобов Н. П., Бровкин В. Л. Теоретичні основи металургійної теплотехніки : учбовий посібник для вузів. Д. : Пороги, 2002. 226 с.

References

1. Worldsteel. Steel Statistical Yearbook published 2021. Retrieved from: https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/annual-production-steel-data/P1_crude_steel_total_pub/CHN/IND/UKR
2. Povyshenie stoikosti svoda dvukhvannykh martenovskikh pechei metallurgicheskogo kombinata v Bkhilai / K. Somnakh et al. *Steel Times International*. May 2013. P. 28-32. URL: https://www.researchgate.net/publication/316959571_Povyshenie_stojkosti_svoda_dvuhvannyh_martenovskih_pec_ej_metallurgicheskogo_kombinata_v_Bhilai
3. Vuzlit. Sklepinnia martenivskykh pechei: veb-sait. Retrieved from: https://vuzlit.com/746481/sklepinnya_martenivskih_pechey. [In Ukrainian].
4. Staleplavilnye agregaty. Retrieved from: <https://studfile.net/preview/9926908/page:33/>.
5. Strilov K. K. Teoretychni osnovy tekhnolohiyi vohnetryvkykh materialiv. Moskva: Metalurhiya, 1985. 382 p.
6. Hryhoriev V. P., Nechkin Yu. M., Yehorov A. V., Nikolskii L. Ye. Konstruktsii i proektuvannia ahrehativ staleplavylnoho vyrobnytstva. Moskva: MISIS, 1995. 511 p.
7. Martenivska pich. Retrieved from: <https://metinvest-smc.com/ru/articles/martenivska-pich/>.
8. Svod martenovskoi pechy. Retrieved from: <https://studfile.net/preview/7810953/page:6/>.
9. Krivandin V. A., Markov B. L. Metalevi pechi. Moskva : Metalurhiya, 1977. 464 с.
10. Boichenko B. M., Okhotskyi V. B., Kharlashyn P. S. Konverterne vyrobnytstvo stali: teoriia, tekhnolohiia, yakist stali, retsykuliatsiia materialiv i ekolohiia: pidruchnyk. Dnipropetrovsk : RVA“Dnipro-VAL”, 2006. 456 p.
11. Staleplavylne vyrobnytstvo / V. I. Baptyzmanskyi et al. Kyiv : IZMN, 1996. 400 p.
12. Biheiev A. M. Metalurhiia stali: teoriia i tekhnolohiia plavky stali. Moskva :

Metallurhiia, 1988. 400 p.

13. Issledovaniia na modeli iznosa svoda martenovskoi pechi pri ispolzovanii dlia produvki metalla furn s soplom peremeshchaisushchimsia v ploskosti vanny / Iu. I. Shish i dr. Staleplavilnoe proizvodstvo : sbornik nauchnykh trudov. Moskva : Metallurgiiia. 1973. No. 2. P. 231-236.
14. Bigeev A. M. Metalluriiia stali. Moskva : Metallurgiiia, 1977. 439 p.
15. Analiz stoikosti svodovykh ogneuporov na dvukhvannykh staleplavilnykh agregatakh OAO "AMK" / A. S. Khobta et al. *Metallurhiina teplotekhnika* : Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi metallurhiinoi akademii Ukrainy. Dnipropetrovsk : PP Hrek O.S., 2007. P. 287-297.
16. Svinolobov N. P., Brovkin V. L. Teoretychni osnovy metallurhiinoi teplotekhniki : uchbovyi posibnyk dlia vuziv. Dnipropetrovsk : Porohy, 2002. 226 p.

P. O. Yushkevych, Ph. D. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0002-2675-0737

Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov National Academy of Sciences of Ukraine

GENERIC CONCEPT OF TYPING OF THE SET AND CONSTRUCTIVE FEATURES OF THE VAULTS FOR REFLECTIVE TYPES FURNACES

Summary. Reflective types furnace: Martin furnace; Siemens–Martin furnace (double-bath unit for steel making), still have taking an important place among the total quantity of all industrial steel-smelting units in Ukraine. Due to the fact that they are cane to correctly work in the raw material base that is currently available for domestic metallurgical enterprises. The processing done of information, data and literature made it possible to confirm that in the production of steel, the generic term of one company for the operation on the reflective furnaces, under other normal conditions, is determined by the using term of the refractory lining. Due to the fact that, it is very difficult to carry out hot repair work at the during the operation of the furnaces and capital works are almost impossible. According to the evidence of a number of scientific works and industrial experience of recent years, of all the main structural elements of the furnace protected by refractory lining materials, most often, the vault itself limits the overall operational resource of one use refractory lining cycle.

At the work achieved the purposed and formed a general concept of typification the structure and structural features of the vaults on the reflective types furnaces, which were used in recent years in the working conditions of Ukrainian metallurgical enterprises, and to characterized of the main types materials, for their refractory lining. Defined the factors that significantly affect the stability of the vault of reflective types furnaces and limit the operational resource of their lining. It was established that due to a series of imperfections, it is advisable to: creation and use of more advanced modern refractory lining materials for vaults; the development of new structures or the modernization of the existing vaults for furnaces the reflective type, which will contribute to the improvement of their explantation conditions, increase the resource of refractory lining use, and improve the environmental indicators of the process.

Key words: reflective types furnaces, vault, Martin furnace, Siemens–Martin furnace, double-bath unit for steel making, refractory brick.

For citation: Yushkevych P. O. Zahalnyi kontsept typizatsii budovy ta konstruktyvnykh osoblyvostei sklepin pechei viddzerkalnoho typu [Generic concept of typing of the set and constructive features of the vaults for reflective types furnaces]. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*. 2022. Collection 36. P. 182-193. [In Ukrainian]. DOI: 10.52150/2522-9117-2022-36-182-193.

*Стаття надійшла до редакції збірника 21.10.2022 р.
Рекомендовано до друку редколегією збірника (Протокол № 5 від 20.12.2022 р.)*