

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра матеріалознавства та ливарного виробництва

«Допущено до захисту»
Зав. кафедри МЛВ
канд. техн. наук, доцент
_____ Олександр КУЗИК
« ____ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему:
"Проектування і розрахунок конвертера продуктивністю
2,5 т/год."

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-21-3ск
спеціальності 131
«Прикладна механіка»
_____ Олександр ЮВІЦА
« ____ » _____ 20__ р.

Керівник бакалаврської роботи
Старший викладач
_____ Микола БОСІЙ
« ____ » _____ 20__ р.

Рецензент
канд. техн. наук, старший викладач
_____ Любова ОЛІЙНИЧЕНКО
« ____ » _____ 20__ р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: механіко-технологічний

Кафедра: матеріалознавства та ливарного виробництва

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри МЛВ

канд. техн. наук, доцент

_____ Олександр КУЗИК

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
Ювіци Олександра Івановича**

1. Тема роботи: Проектування і розрахунок конвертера продуктивністю 2,5 т/год.
2. Керівник роботи: Старший викладач Босий Микола Вікторович
3. Строк подання роботи до захисту
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи вивчення конструкції роботи конвертера та розрахувати основні розміри проектного конвертера. Визначити матеріальний і тепловий баланси конвертера.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури		
2	Проведення розрахунку основних розмірів, та характеристик, матеріальний та тепловий баланси проектного обладнання		

3	Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівнику		
4	Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту		
5	Перевірка роботи на плагіат		
6	Зовнішнє рецензування роботи		
7	Захист випускної кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії		

Дата видачі завдання

«___»_____20__р.

Підпис керівника

_____ Микола БОСІЙ

Завдання прийнято до виконання

«___»_____20__р.

Підпис здобувача

_____ Олександр ЮВІЦА

АНОТАЦІЯ

Ювіца О. І. "Проектування і розрахунок конвертера продуктивністю 2,5 т/год." спеціальність 131 «Прикладна механіка», ОПП – «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк», Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024. 30с. Матеріали ілюстрації 2 іл.

Метою дослідження є вивчення конструкції роботи конвертера продуктивністю 2,5 т та розрахувати основні розміри проєктованого конвертера. Визначити матеріальний і тепловий баланси конвертера.

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розрахований кисневий конвертер ємністю 2,5 т/год.

В розрахунок конвертера входять: розрахунок самого конвертера та його основних розмірів, а також матеріальний і тепловий баланси проєктованого обладнання.

Графічна частина включає загальний вид конвертера ємністю 2.5 т. та профіль конвертера.

конвертер, матеріальний баланс, тепловий баланс.

ABSTRACT

Yuvitsya O. I. " Design and calculation of a converter with a capacity of 2.5 t/h." specialty 131 "Applied mechanics", OPP – "Computer engineering of technologies, robotics and 3D printing", Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024. 30p. Illustration materials 2 images.

The purpose of the study is to study the design of the converter with a capacity of 2.5 tons and to calculate the main dimensions of the designed converter. Determine the material and heat balances of the converter.

In this bachelor's qualification work, an oxygen converter with a capacity of 2.5 t/h is calculated.

The calculation of the converter includes: the calculation of the converter itself and its main dimensions, as well as the material and heat balances of my equipment.

The graphic part includes the general view of the converter with a capacity of 2.5 tons and the profile of the converter.

converter of small besemerization, material balance, heat balance.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Будова та робота конвертера.....	7
1.1. Розрахунок розмірів профілю реторти.....	9
1.2. Механізм повороту	14
РОЗДІЛ 2. Матеріальний баланс плавки.....	17
РОЗДІЛ 3. Тепловий баланс плавки.....	20
ВИСНОВКИ.....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	23
ДОДАТКИ.....	24
Додаток 1. Конвертер малого бесемерування.....	25
Додаток 2. Профіль конвертера	26
Додаток 3. Загальний вид конвертера.....	27

ВСТУП

В цехах машинобудівних заводів дуже широко використовується пічне плавильне обладнання. У плавильних відділеннях на виробництві використовують індукційні, дугові електричні і високочастотні печі, печі опору та бесемерівські конвертери та ін.

Конструкції плавильних печей дуже різноманітні. А фізико-хімічні процеси, які протікають в них при плавленні металу також дуже складні [1-3].

При розгляданні процесів нагрівання металу в плавильних печах необхідно враховувати фізичні закони передачі теплоти, це теплопровідність, конвекція і теплове випромінювання при руху газів в пічному просторі, а також взаємодію пічних газів з металом та інше [2,3].

Процесам теплообміну підпорядковується: перше, горіння палива – хімічна енергії перетворюється в теплову: друге, також електрична енергії перетворюється в теплову та розгляд руху нагрітих газів в робочому просторі плавильної печі [2,3].

При проектуванні плавильного обладнання дуже важливу роль відіграють виконання основних розмірів печей та розрахунків теплових і матеріальних балансів, за допомогою яких одержуємо дані для кількісного аналізу процесів, що протікають в плавильному обладнанні та для подальших розрахунків плавильного обладнання і виявлення необхідних шляхів для покращення якості його роботи [2,3].

РОЗДІЛ 1. БУДОВА ТА РОБОТА КОНВЕРТЕРА

В ливарних цехах, які випускають дрібні та середні виливки необхідної якості, переважно використовують конвертери малого бесемерування відповідно з боковим дуттям. Конвертерну сталь застосовують переважно для виробництва складних тонкостінних виливків.

В конвертері малого бесемерування сталь відповідно видається в невеликих кількостях та через невеликі проміжки часу. Капітальні затрати на встановлення конвертерів в цехах по виробництву сталі не такі вже й великі, а устаткування просте – більшу частину його можна виготовляти на місці.

До основних частин конвертера відноситься: фундамент з опорними стояками, конвертер, або реторта, опорне кільце з цапфами та пристрій для подачі дуття в конвертер, а також механізм повороту (рис 1.1) [1-4].

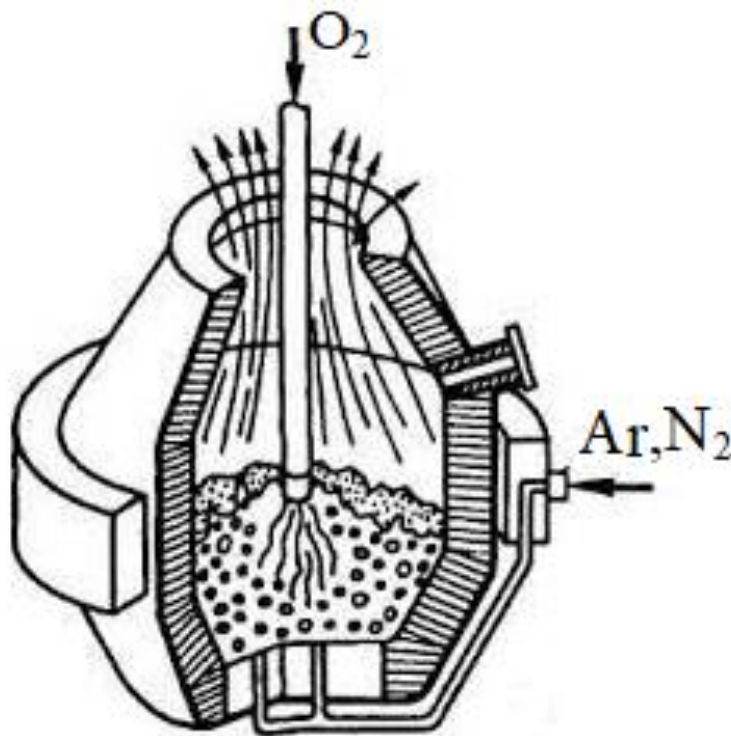


Рис. 1.1 - Загальний вид конвертера в розрізі при комбінованій продувці металу киснем з верху конвертера та різними газами збоку через дно

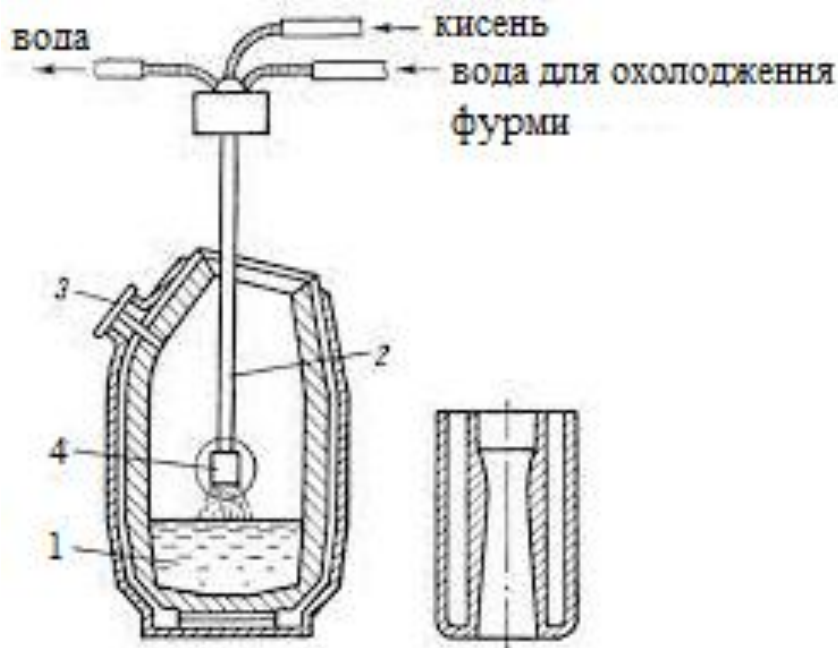


Рис. 1.2 - Загальний вид конвертера в розрізі

1 – рідкий розплав; 2 – фурма; 3 – отвір для зливу металу; 4 – продувка
киснем металу з верху конвертера

Фундамент. При проектуванні конвертера його фундамент виконується з будівельних матеріалів. Під конвертером між стояками робиться прямокутний. А сталеві або чавунні стояки, які відливають, кріпляться до фундаменту за допомогою болтів.

Реторта. Реторта являє собою відповідно зварний циліндричний кожух з металевих листів розміром 10-14 мм в залежності від самого розміру конвертера. До кожуха конвертера приварюється відповідне кільце із кутового заліза з отворами, за допомогою яких здійснюється кріплення реторти до самого опорного кільця. Просвердлюємо отвори в стінках реторти для виведення водяних парів при сушці футеровки. Кожух, а також шолом, зварюються з сталевих листів однакової товщини. Горловину шолома ще посилюють плоскою листовою сталлю шириною до 300-350 мм. До циліндричного кожуха, а також до шолома необхідно приварювати кільця для підйому їх краном. Процес футеровки реторти та шолома виконують окремо, а вже збирають їх на болтах. Потім на основі дослідних даних

вибираємо розміри реторти. Приймаємо наступні умови: щоб ванна рідкого металу могла піддаватись впливу повітря, яке поступає до поверхні можливо навіть під поверхнею рідкого металу наближено на глибині до 6 см. Також не повинно залишатись таких зон до яких повітря не досягає. Ці вимоги до конвертера даної ємності обмежуються відповідно максимальним діаметром робочого простору плавильного агрегату. Під час продувки для зменшення викидів металу, а також шлаку об'єм самого робочого простору конвертера повинен бути великим, а от горловина відповідно не має бути також великого діаметру. Ексцентриситет горловини повинен вибиратися таким чином, щоб в реторту, яка поставлена в горизонтальне положення мав поміститися увесь рідкий метал. Практично встановлено, що об'єм реторти повинен бути більше об'єму металу в 4-5 разів [1-5].

1.1. Розрахунок розмірів профілю реторти

Методика розрахунку розмірів профілю реторти наступна за наведеними нижче формулами (1.1)-(1.13). Профіль реторти наведений на (рис. 1.3) [2,3]:

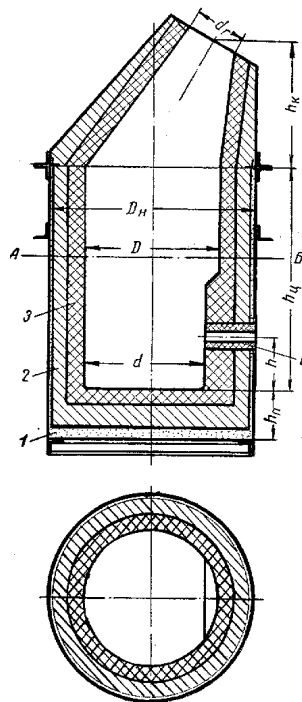


Рис. 1.3 – Профіль конвертера

1 – засипка; 2 – шамотна кладка; 3 – динасова цегла; 4 – фурменна цегла

Об'єм ванни конвертера:

$$V = 0,14Q = 0,69d^2h, \quad (1.1)$$

де 0,14 – питомий об'єм рідкого металу, м³/т;

Q – маса чавуну, т;

h – глибина ванни, м;

d – діаметр ванни, м.

$$d = 0,45\sqrt{Q/h} \quad (1.2)$$

Величину h приймаємо розміром 0,4 м для реторт відповідно ємністю 0,5 і 1,5 т та 0,5 м – для реторт ємністю, яка вище 1,5 т.

$$d = 0,45\sqrt{2,5/0,5} = 1 \text{ м}$$

$$V = 0,69 \cdot 0,5 \cdot 1^2 = 0,35 \text{ м}^3$$

Діаметр робочого простору реторти конвертера

$$D = 1,1d \approx 0,5\sqrt{Q/h}, \text{ м} \quad (1.3)$$

$$D = 0,5\sqrt{2,5/0,5} = 1,1 \text{ м}$$

Зовнішній діаметр металевого кожуха конвертера

$$D_{\kappa} = D + 2(a + b + c), \text{ м} \quad (1.4)$$

де a – товщина футеровки стін робочого простору конвертера становить 0,24-0,36 м;

b – 0,024-0,04 м, товщина шару ізоляції;

c – 0,01-0,015 м, товщина залізного листа;

$$D_{\kappa} = 1,1 + 2(0,36 + 0,04 + 0,015) = 1,93 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр горловини конвертера

$$d_z = 0,4D, \text{ м} \quad (1.5)$$

$$d_z = 0,4 \cdot 1,1 = 0,44 \text{ м}$$

Висота циліндричної частини реторти конвертера

$$h_y = 2,2D, \text{ м} \quad (1.6)$$

$$h_u = 2,2 \cdot 1,1 = 2,42 \text{ м}$$

Висота шолома до центра горловини конвертера

$$h_k = 0,95D, \text{ м} \quad (1.7)$$

$$h_k = 0,95 \cdot 1,1 = 1,05 \text{ м}$$

При цьому виконується наступне співвідношення

$$h_u + h_k = 3,15D, \text{ м} \quad (1.8)$$

$$2,42 + 1,05 = 3,15 \cdot 1,1$$

$$3,47 = 3,47$$

Товщина поду ванни конвертера

$$h_n = 0,43D, \text{ м} \quad (1.9)$$

$$h_n = 0,43 \cdot 1,1 = 0,473 \text{ м}$$

Величина h_n береться не менше ніж 400 мм.

Об'єм реторти конвертера

$$V_p = 2,67d^3, \text{ м}^3 \quad (1.10)$$

$$V_p = 2,67 \cdot 1,1^3 = 3,55 \text{ м}^3$$

Розміри повітророзподільної коробки

- ширина

$$l_1 = 0,35d, \text{ м} \quad (1.11)$$

$$l_1 = 0,35 \cdot 1 = 0,35 \text{ м}$$

- висота

$$l_2 = 0,45d, \text{ м} \quad (1.12)$$

$$l_2 = 0,45 \cdot 1 = 0,45 \text{ м}$$

- довжина

$$l_3 = 0,90d, \text{ м} \quad (1.13)$$

$$l_3 = 0,90 \cdot 1 = 0,9 \text{ м}$$

Площа перерізу фурм на 1 т береться відповідно в межах 20-50 см².

Підведення фурм здійснюється горизонтальним способом, або також з нахилом до низу під кутом рівним 15°. Фурми в конвертерах підводяться

відповідно одна до одної. Якщо маємо парну кількість фурм, то вісь їх симетрії повинна розташовуватись перпендикулярно віссі циліндричної частини конвертера. Насправді є багато методів підведення та розташування фурм. Фурми, які, наприклад, підведені тангенціально і ускладнюють пристрій футеровки, то вони практично, як бачимо, нічим не впливають на процес бесемерування і тому не знайшли такого розповсюдження.

Футеровка конвертера. Шамотна і динасова цегла використовується для футеровки конвертера. Для фурм використовуємо спеціальну фурменну цеглу; відповідно для горловини беремо шамотну та спеціальну фасонну динасову цеглу. Кладка цегли виконується на розчині, який має такий склад 20-25 % меленої глини, яку просіюють відповідно через сито № 70, а також 75-80% піску за об'ємом. На виробництві горловину та фурменну частину футеровки конвертерного агрегату роблять набивним із кварцового піску, а можливо і дробленого кварцу, який просіюють через сито відповідно №70 з таким складом як глина або рідке скло. Набивна футеровка має таку стійкість, яка не менша, ніж цегляна, а от вартість її ми маємо значно нижчу.

Процес кладки цегли робиться таким чином. На початку на дні реторти ручною або пневматичною трамбівкою ущільнюється шар піску або також формувальна суміш. Потім на ущільнений та вирівняний пісок кладемо два шари шамотної цегли – один ряд на плашку, а інший на ребро. Зверху на ці шари кладеться також щільно на ребро і шар динасової цегли відповідно на глиняному розчині. Далі викладаємо по шаблону стіни реторти. В проміжок між зовнішнім шаром цегли та кожухом засипається кварцевий пісок і втрамбується. Зовнішній шар конвертора повинен викладатися шамотною та фасонною цеглою. Прямою цеглою викладається фурменна стінка. Зовнішній шар повинен підтесуватися по радіусу кожуха, а внутрішня стінка повинна бути прямою. Спеціальну цеглу для фурм також закладають у футеровку. Також внутрішній шар кладки, наприклад, буде викладатись із динасової цегли, при цьому шви мають розмір 2 мм – це для того, щоб рідкий метал не проникав в проміжки між цеглою. Горловина реторти викладається

двома шарами цегли також, як і циліндрична частина, зовнішня з шамотної, а внутрішня з динасової цегли. Футеровка горловини може набиватись з піщано-глинистої маси по шаблону. Фурменна частина також набивається з кладки реторти. Отвори фурм можна отримувати при закладенні в масу відповідних дерев'яних конічних круглих стержнів, які по завершенні набивання виймаються. Використовується і комбінована футеровка, при ній горловина повинна бути набивною, зовнішній шар циліндричної частини викладається із шамотної цегли, а відповідно внутрішній шар повинен бути набивний. Після закінчення роботи з викладання футеровки потрібно просушити та повільно ще підігріти внутрішню поверхню конвертера до такого світло-жовтого світіння [1-6].

При ремонтах можна змінювати лише шар динасової цегли. Зазвичай, футеровка витримує близько 30-40 плавок, а рідко може доходити і до 60 плавок. Тому на виробництві кожний пристрій повинен мати 2-3 реторти, з яких одна робоча, а інша в ремонті [3].

Опорне кільце з цапфами. Опорне кільце треба зварювати із частин, які відливають із сталі 25Л. До кільця повинно кріпитися болтами з послідовною ще проваркою стиків дві пустотілі цапфи. Одна з цих цапф повинна використовуватися для подачі повітря у фурми, а її отвори з'єднуються з порожниною самого опорного кільця. Друга цапфа вже з'єднується з поворотним механізмом конвертера.

Реторта конвертера повинна опиратися на опорне кільце, яке приварене до неї кутком та кріпиться відповідно болтами. Кут повинен бути закріплений на відповідній висоті для того, щоб сама реторта з опорними кільцями та фурменною коробкою в цілому була врівноважена в різних положеннях [3].

Фурменна коробка. Фурменна коробка повинна відливатись із чавуну. Кріпиться вона до фланця за допомогою опорного кільця. Проти фурменних отворів повинна розташовуватись нижня розширена частина коробки.

Зі сторони, зверненої до конвертера, необхідно, щоб фурменна коробка була закрита кришкою з отворами для кріплення залізних трубок, це сопла, що входять у фурми самої реторти. З іншого боку отвір фурменної коробки також повинен закриватися кришкою. Ця кришка дозволяє також відчистити фурми та слідкувати за їх належним станом. Є такі конструкції коробок, що прилягають до самого кожуха реторти [1-7].

1.2. Механізм повороту

Механізм повороту конвертера зроблений таким чином, щоб його поворот здійснювався за допомогою електродвигуна, а також при цьому можна було і вручну - на випадок відключення електроенергії, або якщо необхідно повільний і точний поворот конвертера, наприклад, якщо наповнюємо металом ковші малої ємності із конвертера. Швидкість повороту конвертера має становити 1,5-2,0 об/хв.

На виробництві в ливарних цехах конвертери встановлюються відповідно на рівні підлоги самого цеху, так, щоб вісь його обертання знаходилась на висоті 1,5-1,6 м. Горловина конвертера, коли відбувається продувка, направлена до стіни прольоту. Зверху над конвертером повинен встановлюватися витяжний ковпак. Під час продувки краплини шлаку і металу викидаються на стінку ковпака, тому необхідно обризгувати їх водою щоб запобігати нагрівання та налипання металу і шлаку на стінці. Дуття конвертера здійснюється відповідно вентилятором при тиску десь 0,3 атм. По трубопроводу, який розташований на підлозі цеху повітря повинно надходити через сальник і відповідну пустотілу цапфу самої реторти [3]. Щоб перетворити розплавлений чавун в розплавлену сталь треба витратити, наприклад, близько 400-800 кДж теплоти на 1 кг сталі. При необхідності можна використовувати теплоту, яка буде виділятися саме при горінні елементів – це вуглець, кремній, марганець, то ми можемо отримати відповідно сталь з чавуну, але при цьому не витрачаємо додатково теплоту. Найчастіше використовують конвертери з кисневим дуттям. Коли ми будемо подавати кисень в рідкий чавун, який заливають в конвертер, при цьому

відбувається процес інтенсивного окислення таких елементів як вуглець, кремній, марганець і залізо. Кисень подають в конвертер для отримання сплаву необхідного хімічного складу і відповідно температури.

Степінь перегріву сплаву в конвертері буде залежати від кількості теплоти, яка буде виділятися в результаті окислення хімічних елементів і втрат самої теплоти відповідно через стінки і отвори конвертера з вихідними газами.

Режим продувки рідкого чавуну вибирають виходячи з таких умов, що сам метал треба перегрівати до необхідної температури за рахунок вигорання найменш дорогоцінних елементів

Тиск кисню дорівнює наближено 1 МН/м^2 , витрата кисню наближено $15\text{-}18 \text{ м}^3/\text{хв}$; рівень металу над місцем вводу кисню становить $100\text{-}150 \text{ мм}$. Подача кисню в рідкий метал призводить до появи з горловини конвертера темно-бурого диму. В процесі продувки характер полум'я буде змінюватися. Відповідно темно-бурий відтінок зміниться на світлий. Величина висоти полум'я дорівнює відповідно $3\text{-}3,5 \text{ м}$. В процесі другої частини плавки полум'я стає дуже білим. Під час другої частини плавки тривалість продувки буде становити 12 хв при температурі чавуну $1270\text{-}1290 \text{ }^\circ\text{C}$, який буде заливатися в конвертер. Температура сталі вже після продувки становить $1690\text{-}1720 \text{ }^\circ\text{C}$ [1-8].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ПЛАВКИ

Матеріальний баланс конвертера являє: співставлення матеріальних потоків на вході і виході з печі (тобто статей прибутку і видатку). Матеріальний баланс показує якісне і кількісне надходження в піч вхідних матеріалів та вихід з печі продуктів їх теплової переробки. Дані матеріального балансу широко використовуються в подальших проектних розрахунках, зокрема при складанні теплового балансу печі для рідкого чавуну –2,5 т. [1-3].

Хімічний склад чавуну, % за масою:

C	Si	Mn	S	P
3,8	2,0	1,0	0,04	0,02

Хімічний склад сталі 30Л, % за масою

C	Mn	Si	S	P
0,21...0,30	0,51...0,81	0,16...0,36	≤ 0,06	≤ 0,06
середнє (0,26)	(0,65)	(0,27)		

Окислюється:

Вуглецю	3,80 – 0,26 = 3,54 %
Марганцю	1,00 %
Кремнію	2,00 %
Заліза	0,57 %

Σ 7,11 %

Кількість шлаку

$$\text{Mn} + \text{O} = \text{MnO} \quad g_{\text{MnO}} = \frac{2500}{100} \cdot 1 \frac{71}{55} = 32,27 \text{ кг}$$

$$\text{Si} + 0,5\text{O}_2 = \text{SiO}_2 \quad g_{\text{SiO}_2} = \frac{2500}{100} \cdot 2 \frac{60}{28} = 107,14 \text{ кг}$$

$$\text{Футеровка (1\%)} \quad g_{\text{фут}} = \frac{2500}{100} \cdot 1 = 25,0 \text{ кг}$$

Σ 164,41 кг

$$\text{FeO (10\%)} \quad g_{\text{FeO}} = 0,1 \frac{164,41}{0,9} = 18,27 \text{ кг}$$

ΣΣ 182,648 кг

При цьому окислюється залізо

$$g_{Fe} = 18,27 \cdot \frac{56}{72} = 14,21 \text{ кг (0,57\%)}$$

Маса рідкої сталі:

$$g_{cm} = 2500 - [(3,8 - 0,26) + 1,0 + 2,0 + 0,57] \cdot \frac{2500}{100} = 2322,25 \text{ кг}$$

Утворилось CO

$$g_{CO} = 0,0354 \cdot 2500 \frac{28}{12} = 206,5 \text{ кг}$$

Визначення кількості кисню повітря, що буде витрачатись на окислення елементів горіння

$$g_{O_2} = \underbrace{32,27 \cdot \frac{16}{71}}_{g_{O_2, MnO}} + \underbrace{107,14 \cdot \frac{32}{60}}_{g_{O_2, SiO_2}} + \underbrace{18,27 \cdot \frac{16}{72}}_{g_{O_2, FeO}} + \underbrace{206,5 \cdot \frac{16}{28}}_{g_{O_2, CO}} = 186,47 \text{ кг}$$

Визначаємо хімічний склад повітря у відсотках за масою. Для цього використовуємо 1 кмоль (22,4 нм³) повітря, в якому буде знаходитись

$$\text{Азоту} - 0,79 \cdot 22,4 = 17,7 \text{ нм}^3$$

$$\text{Кисню} - 0,21 \cdot 22,4 = 4,7 \text{ нм}^3$$

$$\Sigma \quad \quad \quad 22,4 \text{ нм}^3$$

В цій кількості повітря маса

$$\text{Азоту} - 0,79 \cdot 28 = 22,12 \text{ нм}^3$$

$$\text{Кисню} - 0,21 \cdot 32 = 6,72 \text{ нм}^3$$

$$\Sigma \quad \quad \quad 28,84 \text{ нм}^3$$

$$\%N_2 = 22,12/28,84 \cdot 100 = 76,7$$

$$\%O_2 = 6,72/28,84 \cdot 100 = 23,3$$

Кількість азоту повітря

$$g_{N_2} = 186,47/23,3 \cdot 76,7 = 613,83 \text{ кг}$$

Кількість повітря

$$g_{пов.} = g_{O_2} + g_{N_2} = 186,47 + 613,83 = 800,3 \text{ кг}$$

Відхідні гази:

$$g_z = g_{CO} + g_{N_2} = 206,5 + 613,83 = 820,33 \text{ кг}$$

Результати проведених вище розрахунків наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс плавки сталі в конвертері ємністю 2,5 т

№	Статті прибутку	кг	%	№	Статті видатку	кг	%
1.	Рідкий чавун	2500	75,2	1.	Сталь	2322,25	69,8
2.	Повітря	800,3	24,1	2.	Шлак	182,66	5,5
3.	Футеровка	25	0,7	3.	Гази	820,33	24,7
	Всього	3325,3	100,0		Всього	3325,3	100,0

РОЗДІЛ 3. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПЛАВКИ

Тепловий баланс печі виражається рівнянням, яке поєднує статті приходу і витрати теплоти. Він складається у випадках: при проектуванні печі, а також при аналізі теплової роботи діючої печі. Перше: тепловий баланс необхідно виконати для визначення витрати енергоносія (палива або електроенергії). Друге: тепловий баланс складаємо для кількісного оцінювання наявних енергетичних потоків, а також їх аналізу і розробки відповідних рекомендацій, які спрямовані на покращення теплової роботи конвертера [1-3].

Рівняння теплового балансу:

$$Q_{ф.ч.} + Q_{екз} = Q_{м} + Q_{шл} + Q_{г} + Q_{втр}$$

де $Q_{ф.ч.}$ – фізична теплота чавуну;

$Q_{екз}$ – теплота екзотермічних реакцій (окислення C, Si, Mn, Fe);

$Q_{м}$, $Q_{шл}$ – теплота сталі і шлаку;

$Q_{г}$ – теплота газів;

$Q_{втр}$ – втрати теплоти.

$$Q_{ф.ч.} = G_{ч} \cdot C_{г} \cdot t_{ч} = 2500 \cdot 0,84 \cdot 1400 = 2940000 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{екз} = Q_C + Q_{Si} + Q_{Mn} + Q_{Fe}$$

Згідно з даними:

$$Q_C = 139,9 \div 12 \cdot 1000 = 11658 \text{ кДж/кг}_C$$

$$Q_{Mn} = 353,9 \div 55 \cdot 1000 = 6435 \text{ кДж/кг}_{Mn}$$

$$Q_{Si} = 775,5 \div 28 \cdot 1000 = 27696 \text{ кДж/кг}_{Si}$$

$$Q_{Fe} = 240,2 \div 56 \cdot 1000 = 4289 \text{ кДж/кг}_{Fe}$$

Розраховуємо теплоту екзотермічних реакцій

$$Q_{екз.} = 0,0354 \cdot 2500 \cdot 11658 + 0,02 \cdot 2500 \cdot 27696 + 0,01 \cdot 2500 \cdot 6435 + 0,0057 \cdot 2500 \cdot 4289 = 59852546,93 \text{ кДж/кг}$$

Розраховуємо прибуток

$$Q_{приб} = 2940000 + 2638526,25 = 5578526,25 \text{ кДж/кг}$$

Розраховуємо теплоту сталі

$$Q_m = 2322,25 \cdot 0,84 \cdot 1600 = 32121104 \text{ кДж/кг}$$

Розраховуємо теплоту шлаку

$$Q_{шл} = 182,66 \cdot 1,26 \cdot 1600 = 368242,56 \text{ кДж/кг}$$

Розраховуємо теплоту газів

$$Q_z = (820,33/1,3) \cdot 1,68 \cdot 1600 = 1696190,03 \text{ кДж/кг}$$

Розраховуємо втрати теплоти

$$Q_{втр} = 5578526,25 - 34185536,59 = 28607010,34 \text{ кДж/кг}$$

Результати проведених вище розрахунків представлено в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Тепловий баланс плавки сталі в конвертері ємністю 2,5 т.

Прибуток				Видаток			
№	Статті	кДж/кг	%	№	Статті	кДж/кг	%
1.	$Q_{ф.ч.}$	2940000	4,68	1.	Q_m	32121104	51,15
2.	$Q_{екз}$	59852546,93	95,32	2.	$Q_{шл}$	368242,56	0,59
	Всього	62792546,93	100,0	3.	Q_z	1696190,03	2,70
				4.	$Q_{втр}$	28607010,34	45,56
					Всього	62792546,93	100,0

Розрахунок к.к.д.

$$\eta = \frac{100(Q_m + Q_{шл})}{\sum Q} = 51,15 + 0,59 = 51,74\%$$

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній бакалаврській роботі виконано проектування та розрахунок конвертера ємністю 2,5 т/год., розраховано матеріальний і тепловий баланси. Також наведено устрій та робота проектного конвертера. Згідно з розрахунками матеріального балансу видно, що із рідкого чавуну, 75 % при вазі 2500 кг вихід сталі становить 70%.

З розрахунків теплового балансу видно, що в прибутку фізичної теплоти 5 %, а екзотермічної теплоти 95 % (при цьому окислюється C, Si, Mn, Fe) – це в прибутку, а з видатку бачимо, що втрачається теплоти 45 % та 51% теплоти металу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кропівний В.М., Кропівна А.В., Молокост Л.А., Босий М.В., Кузик О.В. Технологія основних виробництв. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання. Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД», 2021. 196 с.
2. Сабірзянов Т.Г. Печі ливарних цехів. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Кіровоград: КНТУ. 2007. 280 с.
3. Величко О.Г., Бойченко Б.М., Синегін Є.В., Молчанов Л.С., Журавльова С.В. Конвертерне виробництво сталі в прикладах і задачах: Навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ, 2018. 98 с.
4. Клименко В. М, Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Технологія конструкційних матеріалів. Частина перша. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ. Вінниця, 2005. 97 с.
5. Пахаренко В. Л., Марчук М.М. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (металургія, ливарне виробництво). Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2009. 179с.
6. Методичні вказівки до практичних занять та розрахункової роботи з дисципліни «Системи технологій та промислова екологія» для студентів усіх форм навчання спеціальності 101 «Екологія». Уклад. Самойленко Н.М., Горбунова О.В., Аверченко В.І. Харків : НТУ «ХП», 2017. 28 с.
7. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва. Навчальний посібник. За ред. академіка НАН України Найдека В.Л. К: Видавничий дім «Вініченко». 2016. 224 с.
8. Турич В.В., Руткевич В.С. Матеріалознавство. Навчальний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ. 2012. 100с.

ДОДАТКИ