

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 малого
бесмерування продуктивністю 1,5 т/год."

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

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

Рецензент
канд. техн. наук, старший викладач
_____ Любош ОЛІЙНІЧЕНКО
« ____ » _____ 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 (освітньо-наукова) 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**

Петренка Олександра Олександровича

1. Тема роботи: Проектування і розрахунків конвертера малого бесмерування продуктивністю 1,5 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 малого бесмерування та розрахувати основні розміри проектованого 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 проектованого 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 БОСИЙ

Завдання прийнято до виконання

«___»_____20__р.

Підпис здобувача

_____ Олександр ПЕТРЕНКО

АНОТАЦІЯ

Петренко О. О. "Проектування і розрахунок конвертера малого бесемерування продуктивністю 1,5 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 кваліфікаційної бакалаврської роботи є вивчення конструкції роботи конвертера малого бесемерування та розрахувати основні розміри проектного конвертера. Визначити матеріальний і тепловий баланси конвертера.

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розрахований кисневий конвертер ємністю 1,5 т/год.

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

Графічна частина включає загальний вид конвертера малого бесемерування та механізм повороту конвертера.

конвертер малого бесемерування, матеріальний баланс, тепловий баланс.

ABSTRACT

Petrenko O. O. " Design and calculation of a small besemerization converter with a capacity of 1.5 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 qualifying bachelor's thesis is to study the design of the operation of a small besemer converter 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 1.5 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 a general view of the small besemer converter and the converter rotation mechanism.

converter of small besemerization, material balance, heat balance.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Устрій та робота конвертера.....	8
1.1. Фундамент.....	9
1.2. Реторта.....	9
1.2.1. Розрахунок розмірів профілю реторти.....	10
1.3. Футеровка конвертера.....	13
1.4. Опорне кільце з цапфами.....	14
1.5. Фурменна коробка.....	14
1.6. Механізм повороту.....	15
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 бокового дуття.....	26
Додаток 3. Загальний вид конвертера малого бесемерування	27
Додаток 4. Механізм повороту конвертера.....	28

ВСТУП

На машинобудівних підприємствах широко використовується плавильне обладнання. В плавильних відділеннях використовують дугові, електричні і високочастотні печі, бесемерівські конвертери та ін. У формівних і стержневих відділеннях встановлюють сушила різних конструкцій для сушки форм і стержнів, в сумішеприготувальних – сушила для сушки піску і глини.

Частина відливків піддається відпалу або нормалізації в термічних печах. Конструкції печей різноманітні. Слід відмітити, що конструкції більшості пічного плавильного обладнання порівняно прості, але теплові процеси, які відбуваються в них, дуже складні [1-3].

Дійсно, при розгляданні процесу нагріву металу в печі, необхідно враховувати закони теплового випромінювання, передачу теплоти теплопровідністю і конвекцією, рух газів в пічному просторі, взаємодію пічних газів з металом та інше [2,3].

Процесу теплообміну повинно бути підпорядковано: горіння палива – перетворення хімічної енергії в теплову: перетворення електричної енергії в теплову; рух газів в робочому просторі печі [2].

Важливу роль при проектуванні плавильних печей відіграють розрахунки матеріальних і теплових балансів, які надають інформацію, необхідну для кількісного аналізу процесів, що відбуваються в печах, для подальших розрахунків печей, а також для виявлення можливих шляхів покращення їх роботи [2,3].

РОЗДІЛ 1. УСТРІЙ ТА РОБОТА КОНВЕРТЕРА

На виробництві, де випускають дрібні та середні відливки звичайної якості, переважно використовують конвертери малого бесемерування з боковим дуттям. Конвертерна сталь використовується також для виробництва складних тонкостінних відливок [1-4].

Основні частини конвертера: фундамент з опорними стояками, власне, конвертер, або реторта, опорне кільце з цапфами, пристрій для подачі дуття в конвертер, механізм повороту (рис 1.1., рис 1.2) [2].

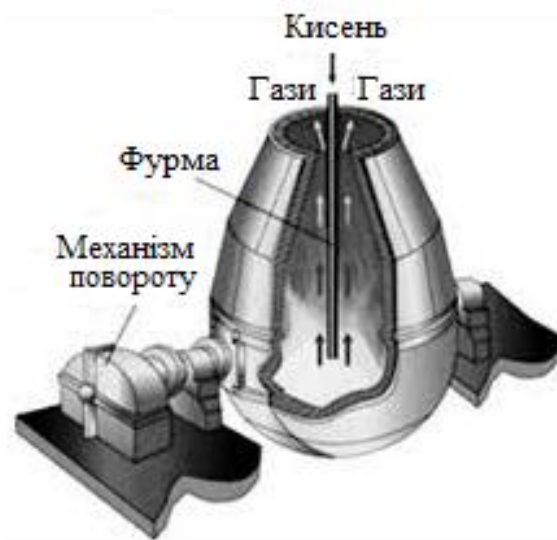


Рис. 1.1 Загальний вид конвертера

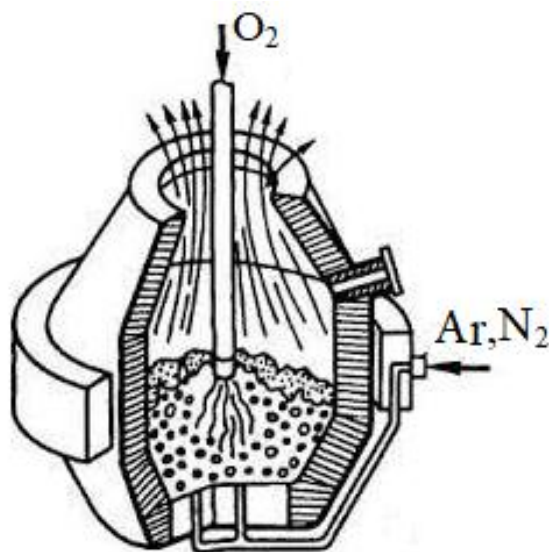


Рис. 1.2 Конвертер в розрізі

Із конвертера малого бесмерування сталь видається в малих кількостях через невеликі проміжки часу. Капітальні затрати на встановлення конвертерів невеликі, обладнання просте та більша його частина може бути виготовлена на місці [2,3].

1.1. Фундамент

Фундамент під конвертер робиться зі звичайних будівельних матеріалів. Між стояками під конвертером робиться прямокутний. Литі сталеві або чавунні стояки кріпляться до фундаменту болтами.

1.2. Реторта

Реторта представляє собою зварний циліндричний кожух із листа 10-14 мм в залежності від розміра конвертера. До кожуха приварюється кільце із кутового заліза з отворами для кріплення реторти до опорного кільця. В стінках реторти просвердлюються отвори для виходу водяної пари при сушінні футеровки. Шолом зварюється з листа тієї ж товщини, що і кожух. Малий отвір шолома (горловини) посилюється полоскою листової сталі шириною 300-350 мм. До кожуха циліндричної частини і до шолому приварюється кільце для підйому краном. Реторту та шолом футерують окремо, а потім збирають на болтах. Розміри реторти вибираються на основі досвідних даних. При цьому приймаються до уваги наступні умови: ванна рідкого металу повинна піддаватись дії повітря, яке продувається по його поверхні або під дзеркалом ванни на глибині до 6 см. При цьому не повинно залишатись мертвих зон, до яких повітря не досягає. Цими вимогами при даній ємності конвертера обмежується максимальний діаметр його робочого простору [2, 5, 6,7].

Для зменшення викидів металу і шлаку із конвертера під час продувки, об'єм робочого простору повинен бути достатньо великим, а горловина не повинна бути дуже великого діаметру [2,5,6,7].

Ексцентрицитет горловини вибирається таким, щоб в реторту, поставлену в горизонтальне положення помістився увесь рідкий метал.

Практично встановлено, що об'єм реторти повинен бути більше об'єму металу в 4-5 разів.

1.2.1. Розрахунок розмірів профілю реторти

На (рис. 1.3) наведено профіль конвертера розрахунок розмірів реторти здійснюється за відповідними методиками [2,3,6,7]: та за формулами (1.1)-(1.13).

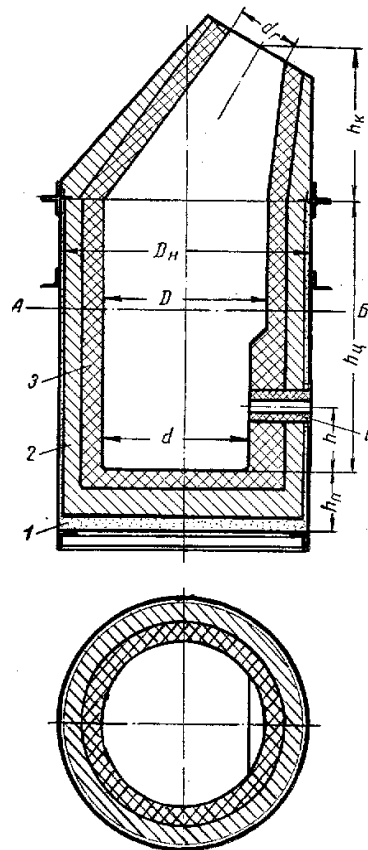


Рис. 1.3 Профіль конвертера

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

4 – спеціальна фурменна цегла

Об'єм ванни:

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

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

Q – маса чавуну, який заливається в реторту, т;

h – глибина ванни – відстань від поду до віссі фурм, м;

d – діаметр ванни, м.

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

Величина h приймається 0,4 м для реторт ємністю 0,5 і 1,5 т та 0,5 м – для реторт ємністю вище 1,5 т.

$$d = 0,45\sqrt{1,5/0,4} = 0,87 \text{ м}$$

$$V = 0,69 \cdot 0,4 \cdot 0,87 = 0,24 \text{ м}^3$$

Діаметр робочого простору реторти

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

$$D = 0,5\sqrt{1,5/0,4} = 0,96 \text{ м}$$

Зовнішній діаметр металевого кожуха

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

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

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

c – товщина залізного листа, яка дорівнює 0,01-0,015 м.

$$D_{\kappa} = 0,96 + 2(0,24 + 0,024 + 0,01) = 1,5 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр горловини:

$$d_2 = 0,4D, \text{ м} \quad (1.5)$$

$$d_2 = 0,4 \cdot 0,96 = 0,38 \text{ м}$$

Висота циліндричної частини реторти – (від поду ванни до площини роз'єму реторти з горловиною)

$$h_y = 2,2D, \text{ м} \quad (1.6)$$

$$h_y = 2,2 \cdot 0,96 = 2,11 \text{ м}$$

Висота шолома до центра горловини – (відстань від площини роз'єму шолома та циліндричної частини до центра вихідного отвору).

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

$$h_{\kappa} = 0,95 \cdot 0,96 = 0,91 \text{ м}$$

При цьому повинно бути співвідношення

$$h_y + h_{\kappa} = 3,15D, \text{ м} \quad (1.8)$$

$$2,11 + 0,91 = 3,15 \cdot 0,96$$

$$3,02 = 3,02$$

Товщина поду ванни

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

$$h_n = 0,43 \cdot 0,96 = 2,91 \text{ м}$$

Величина h_n береться не менше 400 мм.

Об'єм реторти

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

$$V_p = 2,67 \cdot 0,96^3 = 1,73 \text{ м}^3$$

Розміри повітророзподільної коробки:

- ширина

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

$$l_1 = 0,35 \cdot 0,87 = 0,3 \text{ м}$$

- висота

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

$$l_2 = 0,45 \cdot 0,87 = 0,39 \text{ м}$$

- довжина

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

$$l_3 = 0,90 \cdot 0,87 = 0,78 \text{ м}$$

Площа розрізу фурм на 1 т береться в межах 20-50 см². Менша величина для більш глибоких ванн, більша – для мілких. Діаметр фурм 30-35 мм. Кількість фурм береться від 5 до 12, частіше 5-6.

Фурми підводяться горизонтально або з нахилом до низу під кутом до 15°. В сучасних конвертерах фурми підводяться паралельно одна до одної. Середня фурма, або при парній кількості фурм, вісь їх симетрії розташовується перпендикулярно віссі циліндричної частини конвертера. Раніше пропонували багато способів розташування фурми. Фурми, підведені тангенціально, ускладнюючи пристрій футеровки, вони практично нічим не впливають на процес бесемерування і не знайшли розповсюдження.

1.3. Футеровка конвертера

Для футеровки конвертера береться шамотна або динасова цегла нормальна та клин-ребро; для фурм – спеціальна фурменна цегла; для горловини – шамотна та спеціальна фасонна динасова цегла. Цегляна кладка робиться на розчині, який складається із 20-25 % меленої глини, просіяної через сито № 70 та 75-80% піску за об'ємом. Підприємства горловину та фурменну частину футеровки конвертера виконують набивними із кварцового піску або дробленого кварцу, просіяного через сито №70 на глині або рідкому склі. Добре виконана набивна футеровка має стійкість не меншу, ніж цегляна, а вартість її значно нижче [2,3,5,6,8].

Цегляна кладка виконується наступним чином. На дні реторти пневматичною або ручною трамбовкою ущільнюється шар піску або формувальної суміші. На ущільнений та вирівняний пісок кладеться два шари шамотної цегли – перший ряд – на плашку і другий – на ребро. Поверх цих шарів кладеться щільно на ребро шар динасової цегли на глиняному розчині. Потім кладеться по шаблону стіни реторти. Між зовнішнім шаром цегли та кожухом залишається проміжок, в який засипається і трохи втрамбовується сухий кварцовий пісок. Зовнішній шар викладається із шамотної цегли нормальної та клин-ребро або із спеціальної фасонної цегли. Фурменна стінка викладається з прямої цегли. Зовнішній шар підтесується по радіусу кожуха, внутрішня стінка пряма. Спеціальна цегла для фурм закладається у футеровку. Внутрішній шар кладки повинен викладатись із динасової цегли дуже ретельно з товщиною швів до 2 мм, щоб метал не зміг проникнути в проміжки між цеглинами до того, як поверхня кладки зашлакується. Горловина реторти викладається також, як і циліндрична частина, двома шарами цегли – зовнішній шамотний, внутрішній динасовий. При набивній футеровці горловина набивається піщано-глинистою масою по шаблону. Також набивається фурменна частина кладки реторти. Отвори фурм отримуються закладкою в масу дерев'яних конічних круглих стержнів, які виймаються по завершенні набивки. Приймається і комбінована

футеровка – горловина набивна, зовнішній шар циліндричної частини із шамотної цегли, внутрішній шар – набивний. Після закінчення футеровки треба повільно просушити та повільно підігріти внутрішню поверхню ковертера до світло-жовтого світіння [2,5,6,8].

При ремонтах змінюється лише шар динасової цегли. Зазвичай, футеровка витримує 30-40, рідко до 60 плавов. Тому на кожний пристрій в цеху мають 2-3 реторти, з яких одна знаходиться в роботі, а інша на ремонті [2,6].

1.4. Опорне кільце з цапфами

Опорне кільце зварюється із частин, відлитих із сталі 25Л. До кільця кріпляться болтами з послідовною проваркою стиків дві пустотілі цапфи. Одна з цапф використовується для подачі повітря у фурми, її отвори з'єднуються з порожниною опорного кільця. Друга цапфа з'єднується з поворотним механізмом.

Реторта опирається на опорне кільце, привареним до неї уголком та кріпиться болтами. Уголок повинен бути закріплений на такій висоті, щоб реторта з опорними кільцями та фурменної коробки в цілому була врівноважена в різному положенні [2,3,6].

1.5. Фурменна коробка

Фурменна коробка відливається із чавуну. Вона кріпиться до фланця опорного кільця. Нижня розширена частина коробки розташовується проти фурменних отворів. Зі сторони, зверненої до конвертера, фурменна коробка закривається кришкою з отворами для кріплення залізних трубок – сопел, які входять у фурми реторти. З іншого боку отвір фурменної коробки закривається кришкою. Ця кришка дозволяє відчистити фурми та слідкувати за їх станом. Є конструкції коробок, які прилягають до кожуха реторти [2,3].

1.6. Механізм повороту

Механізм повороту конвертера виконаний таким чином, щоб поворот міг здійснюватись як за допомогою електродвигуна, так і вручну на випадок вимкнення електроенергії, або при необхідності повільного і точного

повороту, наприклад, при наповненні із конвертера ковшів малої ємності. Швидкість повороту конвертера 1,5-2,0 об/хв. (рис. 1.4).

В сучасних виробничих цехах конвертери взагалі встановлюються на рівні підлоги цеху, так, щоб вісь обертання знаходилась на висоті 1,5-1,6 м. Горловина конвертера під час продувки направлена до однієї зі стін прольоту. Над конвертером встановлюється витяжний ковпак. Стінка ковпака, на яку викидаються під час продувки краплини шлаку і металу, інтенсивно обризкуються водою для запобігання нагріву та налипання на неї металу і шлаку. Дуття під тиском до 0,3 атм конвертери отримують від вентиляторів. Повітря по трубопроводу, розташованому під підлогою цеху надходить через сальник в пустотілу цапфу реторти [2,3,6]. Для перетворення розплавленого чавуну в розплавлену сталь необхідно витратити 400-800 кДж теплоти на 1 кг сталі. Аналіз описаного процесу показує, що якщо використовувати теплоту, яка виділяється при горінні таких елементів як вуглець, кремній, марганець, можливо одержати сталь з чавуну, не витрачаючи додаткової теплоти.

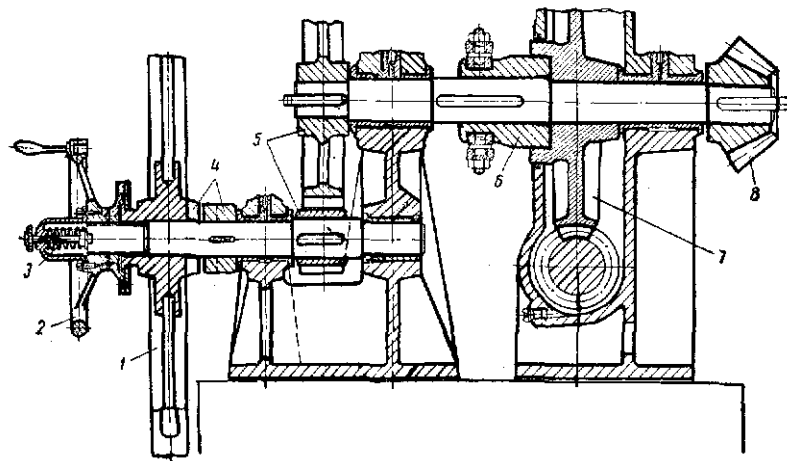


Рис. 1.4. Механізм повороту конвертера:

1 – штурвал ручного повороту; 2 – маховичок включення ручного повороту; 3 – механізм стопорний; 4 – муфта включення ручного повороту; 5 – передаточні шестерні; 6 – муфта включення приводу повороту; 7 – черв'ячний редуктор; 8 – шестерня повороту реторти

Застосовують конвертери з кисневим дуттям. При подачі кисню в рідкий чавун, залитий в конвертер розпочинається процес інтенсивного окислення вуглецю, кремнію, марганцю, заліза. Кисень подають до отримання в конвертері металу необхідного хімічного складу і температури. На окислення 1% кремнію, який входить до складу 1 т металу, який продувається, необхідно 8 м^3 кисню, 2 м^3 марганцю, 2 м^3 заліза.

Ступінь перегріву металу в конвертері залежить від кількості теплоти, яка виділяється в результаті окислення елементів і втрат теплоти через стінки і отвори конвертера з вихідними газами [2,3,6].

При виборі режиму продувки слід виходити з того, що метал перегрівають (при продувці білого чавуну) до необхідної температури за рахунок вигорання найменш дорогоцінних елементів.

Тиск кисню залишає зазвичай 1 МН/м^2 , витрати кисню $15\text{--}18\text{ м}^3/\text{хв}$; рівень металу над місцем вводу кисню $100\text{--}150\text{ мм}$.

При подачі кисню з горловини конвертера проявляється темно-бурий дим. По мірі продувки характер полум'я змінюється. Темно-бурий відтінок змінюється на світлий. Висота полум'я дорівнює $3\text{--}3,5\text{ м}$. В другій половині плавки полум'я стає дуже білим. Загальна тривалість продувки становить 12 хвилин при температурі чавуну, який заливається в конвертер $1270\text{--}1290\text{ }^\circ\text{C}$. Температура сталі після продувки $1690\text{--}1720\text{ }^\circ\text{C}$ [2,3,6].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ПЛАВКИ

Матеріальний баланс конвертера представляє собою співставлення матеріальних потоків на вході і виході конвертера. Він дає ясну кількісну картину надходження в конвертер вхідних матеріалів і виходу із конвертера продуктів їх теплової переробки. Дані матеріального балансу широко використовуються в подальших проектних розрахунках, зокрема при складанні теплового балансу конвертера [2,3,6,7,8].

Рідкий чавун – 1,5 т:

Хімічний склад чавуну, % за масою:

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

Хімічний склад сталі 35Л, % за масою

C	Mn	Si	S	P
0,22...0,30	0,50...0,80	0,17...0,37	≤ 0,06	≤ 0,06

середнє (0,26) (0,65) (0,27)

ОКИСЛЯЕТСЯ:

Вуглецю $3,80 - 0,26 = 3,54 \%$

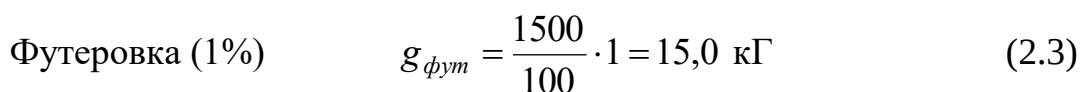
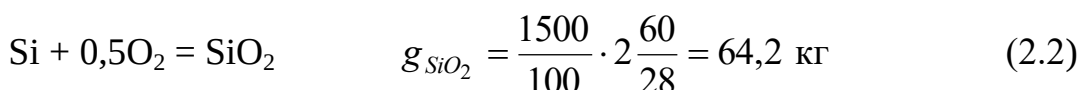
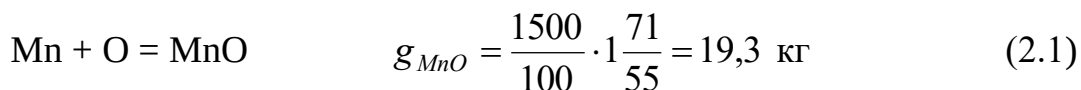
Марганцю	1,00 %
----------	--------

Кремнію	2,00 %
---------	--------

Заліза	0,57 %
--------	--------

Σ	7,11 %
---	--------

Кількість шлаку



Σ
98,5 КГ

$$\text{FeO (10\%)} \quad g_{\text{FeO}} = 0,1 \frac{98,5}{0,9} = 10,9 \text{ кг} \quad (2.4)$$

$$\Sigma \Sigma \quad 109,4 \text{ кг}$$

При цьому окислилось заліза:

$$g_{\text{Fe}} = 10,9 \cdot \frac{56}{72} = 8,4 \text{ кг (0,57\%)} \quad (2.5)$$

Маса рідкої сталі:

$$g_{\text{ст}} = 1500 - [(3,8 - 0,26) + 1,0 + 2,0 + 0,57] \cdot \frac{1500}{100} = 1393,3 \text{ кг} \quad (2.6)$$

Утворилось CO:

$$g_{\text{CO}} = 0,0354 \cdot 1500 \frac{28}{12} = 123,9 \text{ кг} \quad (2.7)$$

Кількість кисню повітря, що витрачається на окислення елементів горіння

$$g_{\text{O}_2} = \underbrace{19,3 \cdot \frac{16}{71}}_{g_{\text{O}_2, \text{MnO}}} + \underbrace{64 \cdot \frac{32}{60}}_{g_{\text{O}_2, \text{SiO}_2}} + \underbrace{10,9 \cdot \frac{16}{72}}_{g_{\text{O}_2, \text{FeO}}} + \underbrace{123,9 \cdot \frac{16}{28}}_{g_{\text{O}_2, \text{CO}}} = 4,34 + 34,24 + 2,42 + 70,8 = 111,8 \text{ кг} \quad (2.8)$$

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

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

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

$$\Sigma \quad 22,4 \text{ нм}^3$$

В цій кількості повітря вага

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

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

$$\Sigma \quad 28,84 \text{ нм}^3$$

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

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

Кількість азоту повітря

$$g_{N_2} = 111,8/23,3 \cdot 76,7 = 368,02 \text{ кг} \quad (2.9)$$

Кількість повітря

$$g_{\text{пов.}} = g_{O_2} + g_{N_2} = 111,8 + 368,02 = 479,82 \text{ кг} \quad (2.10)$$

Відхідні гази:

$$g_z = g_{CO} + g_{N_2} = 123,9 + 368,02 = 491,92 \quad (2.11)$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс плавки сталі в конвертері малого бесемерування
ємністю 1,5 т

№	Статті прибутку	кг	%	№	Статті видатку	кг	%
1.	Рідкий чавун	1500	75,2	1.	Сталь	1393,3	69,8
2.	Повітря	479	24,1	2.	Шлак	109,4	5,5
3.	Футеровка	15	0,7	3.	Гази	491,9	24,7
	Всього	1994	100,0		Всього	1994	100,0

РОЗДІЛ 3. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПЛАВКИ

Тепловий баланс конвертера є співставленням енергетичних потоків на вході і виході із нього. Він може складатись у двох випадках: при проектуванні нового конвертера, а також при аналізі теплової роботи діючої печі. В першому випадку метою складання теплового балансу є визначення витрати енергоносія (палива або електроенергії). В другому випадку тепловий баланс складається з метою кількісної оцінки наявних енергетичних потоків, їх аналізу і розробки рекомендацій, спрямованих на покращення теплової роботи конвертера [2,3,6,7,8].

Рівняння теплового балансу:

$$Q_{ф.ч.} + Q_{екз} = Q_{м} + Q_{шл} + Q_{г} + Q_{втр} \quad (3.1)$$

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;

$Q_{втр}$ – втрати тепла.

$$Q_{ф.ч.} = G_{ч} \cdot C_{г} \cdot t_{ч} = 1500 \cdot 0,84 \cdot 1400 = 1764000 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{екз} = Q_C + Q_{Si} + Q_{Mn} + Q_{Fe} \quad (3.2)$$

Згідно з даними:

$$Q_C = 139,9 \div 12 \cdot 1000 = 11658 \text{ кДж/кг}_C \quad (3.3)$$

$$Q_{Mn} = 353,9 \div 55 \cdot 1000 = 6435 \text{ кДж/кг}_{Mn} \quad (3.4)$$

$$Q_{Si} = 775,5 \div 28 \cdot 1000 = 27696 \text{ кДж/кг}_{Si} \quad (3.5)$$

$$Q_{Fe} = 240,2 \div 56 \cdot 1000 = 4289 \text{ кДж/кг}_{Fe} \quad (3.6)$$

Визначили теплоту екзотермічних реакцій

$$Q_{екз.} = 0,0354 \cdot 1500 \cdot 11658 + 0,02 \cdot 1500 \cdot 27696 + 0,01 \cdot 1500 \cdot 6435 + 0,0057 \cdot 1500 \cdot 4289 = 1583115 \text{ кДж/кг}$$

Визначаємо прибуток

$$Q_{приб} = 1764000 + 1583115 = 3347115 \text{ кДж/кг} \quad (3.7)$$

Визначаємо теплоту сталі

$$Q_m = 1393,3 \cdot 0,84 \cdot 1600 = 1872595,2 \text{ кДж/кг} \quad (3.8)$$

Визначаємо теплоту шлаку

$$Q_{шл} = 109,4 \cdot 1,26 \cdot 1600 = 220550,4 \text{ кДж/кг} \quad (3.9)$$

Визначаємо теплоту газів

$$Q_g = (491,9/1,3) \cdot 1,68 \cdot 1600 = 1017097,8 \text{ кДж/кг} \quad (3.10)$$

Визначаємо втрати теплоти

$$Q_{втр} = 3347115 - 311024,34 = 236871,6 \text{ кДж/кг} \quad (3.11)$$

Результати розрахунків наводимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Тепловий баланс плавки сталі в конвертері малого бесемерування ємністю
1,5 т

Прибуток				Видаток			
№	Статті	кДж/кг	%	№	Статті	кДж/кг	%
1.	$Q_{ф.ч.}$	1764000	52,7	1.	Q_m	1872595,2	56,0
2.	$Q_{екз}$	1583115	47,3	2.	$Q_{шл}$	220550,4	6,6
	Всього	3347115	100,0	3.	Q_g	1017097,8	30,4
				4.	$Q_{втр}$	236871,6	7,0
					Всього	3347115	100,0

Розрахунок к.к.д.

$$\eta = \frac{100(Q_m + Q_{шл})}{\Sigma Q} = 56,0 + 6,6 = 62,6\% \quad (3.12)$$

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній бакалаврській роботі виконано проектування конвертера малого бесемерування ємністю 1,5т, розглянуто його устрій та роботу. Виконано розрахунок розмірів профілю реторти, розраховано матеріальний і тепловий баланси.

Згідно з розрахунками матеріального балансу видно, що із рідкого чавуну, майже 75 % при вазі 1500 кг на виході маємо 70% сталі.

З розрахунків теплового балансу видно, що теплоти фізичної на 52,7 % більше, ніж теплоти екзотермічної 47,3 % (при цьому окислюється C, Si, Mn, Fe) – це в прибутку, а з видатку бачимо, що втрачається тепла 7,0 % теплоти металу 56,0%, теплоти газів 30,4 %, теплоти шлаку 6,6%.

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