

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:
**“Конструювання і розрахунок конвертера малого бесеме-
рування продуктивністю 3 т/год.”**

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ПМ-22мб-1
спеціальності 131
«Прикладна механіка»
_____ Ігор БЄЛЄЦЬКИЙ
« ____ » _____ 20 ____ р.

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

Рецензент
канд. техн. наук, доцент
_____ 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
Белецького Ігоря Олексійовича**

1. Тема роботи: Конструювання і розрахунок конвертера малого бесеме́рування продуктивністю 3 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 бесеме́рування 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 проєктованого 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

_____ Ігор БЕЛЄЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Белецький І.О. "Конструювання і розрахунок конвертера малого бeсемерування продуктивністю 3 т/год." спеціальність 131 «Прикладна механіка», ОПП – «Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D друк», Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2025. 31 с. Матеріали ілюстрації 2 іл.

Метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є як вивчення конструкції роботи конвертера малого бeсемерування, так і розрахунок основних розмірів проєктованого конвертера. Необхідно визначити матеріальний та тепловий баланси кисневого конвертера продуктивністю 3 т/год.

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

В графічну частину проєктованого конвертера входить загальний вигляд конвертера малого бeсемерування з його основними розмірами та механізм для повороту конвертера в процесі випуску металу.

конвертер малого бeсемерування, матеріальний баланс, тепловий баланс.

ABSTRACT

Beletsky I.O. "Design and calculation of a small Bessemer converter with a capacity of 3 t/h." specialty 131 "Applied Mechanics", OPP – "Computer Engineering Technologies, Robotics and 3D Printing", Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025. 31 p. Illustration materials 2 ill.

The purpose of this bachelor's qualification work is both to study the design of the small Bessemer converter and to calculate the main dimensions of the designed converter. It is necessary to determine the material and heat balances of the oxygen converter with a capacity of 3 t/h.

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

The graphic part of the designed converter includes a general view of the small Bessemer converter with its main dimensions and a mechanism for turning the converter during the metal production process.

small Bessemer converter, material balance, heat balance.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Конструкція та принцип роботи 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. Фурмена коробка.....	15
1.6. Механізм повороту.....	15
РОЗДІЛ 2. Матеріальний баланс плавки.....	18
РОЗДІЛ 3. Тепловий баланс плавки.....	21
ВИСНОВКИ.....	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	24
ДОДАТКИ.....	25
Додаток 1. Конвертер малого бесемерування.....	26
Додаток 2. Профіль конвертера бокового дугтя.....	27
Додаток 3. Загальний вид конвертера малого бесемерування	28
Додаток 4. Механізм повороту конвертера.....	29

ВСТУП

Натепер для виробництва металів та сплавів на машинобудівних підприємствах широко застосовуються наступні плавильні агрегати це стосується індукційно тигельних та дугових електропечей, а також електричних печей опору та високочастотних печей а особливо для плавки сталі використовуються бесемерівські конвертери та ін.

Для сушіння форм та стержнів в сумішеприготувальних відділеннях машинобудівних підприємств використовуються пічні сушила для сушіння як піску, так і глини.

Так як для частини виливків застосовуються процеси термічної обробки, наприклад, відпал або нормалізація, то набули також широкого використання і термічні печі – їх конструкція різноманітна, але процеси, які відбуваються в них та пов'язані з передачею теплоти, для дослідження дуже складні [1-3].

Реально при розгляді процесу нагріву металу в плавильних печі, враховуються закони передачі теплоти – це стосується передачі теплоти теплопровідністю, конвекцією та випромінюванням, а також розгляд руху газів в пічному просторі та взаємодію газів з рідким металом [2,3].

В процесі теплообміну, тобто, виплавлення металу в плавильних печах відбувається наступне: при горінні палива хімічна енергія буде перетворюватися в теплову енергію, а електрична енергія в теплову енергію; рух газів в робочому просторі плавильних печей [2].

При проектуванні плавильних електропечей особливо важливу роль мають розрахунки матеріального та теплового балансів, вони надають інформацію, яка необхідна для проведення кількісного аналізу процесів, які здійснюються в плавильних печах для подальших їх розрахунків і проектування, а також шляхів покращення їх роботи [2,3].

РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ КОНВЕРТЕРА

На машинобудівних підприємствах при виробництві деталей для виготовлення відповідних виливків звичайної якості, застосовують конвертери малого бесемерування з боковим дуттям. Сталь, яку виготовляють в конвертерах використовують для виробництва і складних, але тонкостінних виливків [1-4].

Конвертер складається з таких основних частин: це фундамент з опорними стояками, реторта, опорне кільце з цапфами, пристрій для подавання дуття в конвертер та механізм повороту (рис 1.1., рис 1.2) [2].

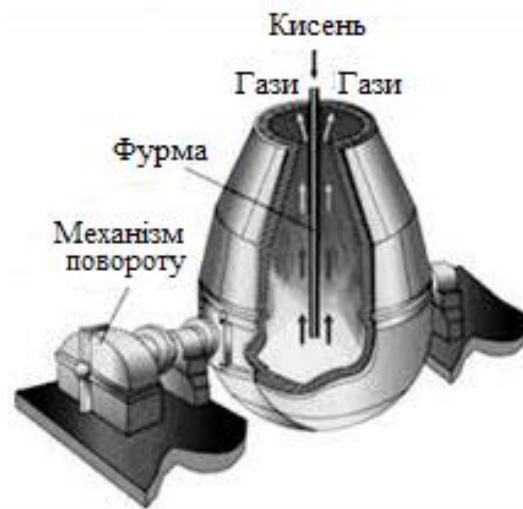


Рис. 1.1 Загальний вид конвертера

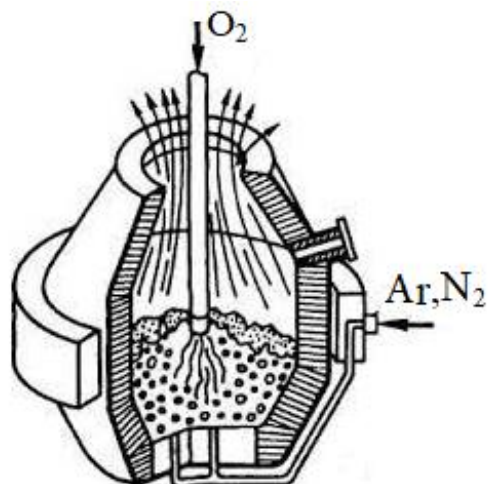


Рис. 1.2 Конвертер в розрізі

В конвертері малого бесемерування виплавляють сталь, яка видається в невеликих кількостях через відносно невеликі проміжки часу. На впровадження та встановлення конвертера на виробництві використовуються невеликі фінансові затрати [2,3].

1.1. Фундамент

Фундамент під конвертер виготовляють із звичайних будівельних матеріалів. Між стояками під конвертером виконують прямокутні. Стояки виготовляють литими з чавуну або сталі та кріплять до фундаменту за допомогою болтів.

1.2. Реторта

Реторта, це основа конвертера, вона має конструкцію зварного циліндричного кожуха з сталюого листа товщиною біля 10-14 мм в залежності від розміра конвертера. До кожуха конвертера приварюють кільце з заліза відповідно з отворами, за допомогою яких кріпиться реторта до опорного кільця. В стінках самої реторти виконують, тобто, просвердлюють отвори, які необхідні для виходу водяної пари, коли відбувається сушка футеровки. Шолом виготовляють та зварюють з сталюого листа такої ж товщини, що і кожух конвертера. Отвір шолома, тобто (горловини), посилюється ще листовою сталлю шириною біля 300-350 мм. До кожуха, тобто його циліндричної частини, а також до шолому приварюють кільце, воно необхідне для підйому краном конвертера. Реторту та шолом конвертера треба футерувати окремо, а потім вже їх збирають на болтах. Розміри реторти треба виконувати наступним чином і приймати до уваги наступні умови: ванна реторти для рідкого металу піддається дії та впливу повітря, його продувають по поверхні або також під дзеркалом ванни на глибині біля 6 см. Відповідно при додержуванні цих вимог продуктивність конвертера повинна обмежуватися максимальним діаметром робочого простору конвертера [2, 5, 6,7].

Під час продувки конвертера для зменшення викидів металу і шлаку з конвертера, об'єм його робочого простору повинен бути великим, а горловина, як відомо, при цьому не повинна бути дуже великого діаметра [2,5,6,7].

Треба також враховувати наступне, що реторта, яка виготовляється в горизонтальному положенні, щоб в неї поміщався весь рідкий метал, який плавлять. Отже з практики встановлено, що об'єм реторти звісно повинен бути більше об'єму металу наближено в 4-5 разів.

1.2.1. Розрахунок розмірів профілю реторти

Профіль реторти конвертера та визначення розмірів виконують за традиційними методиками [2,3,6,7]: та виразами (1.1)-(1.13) (рис. 1.3)

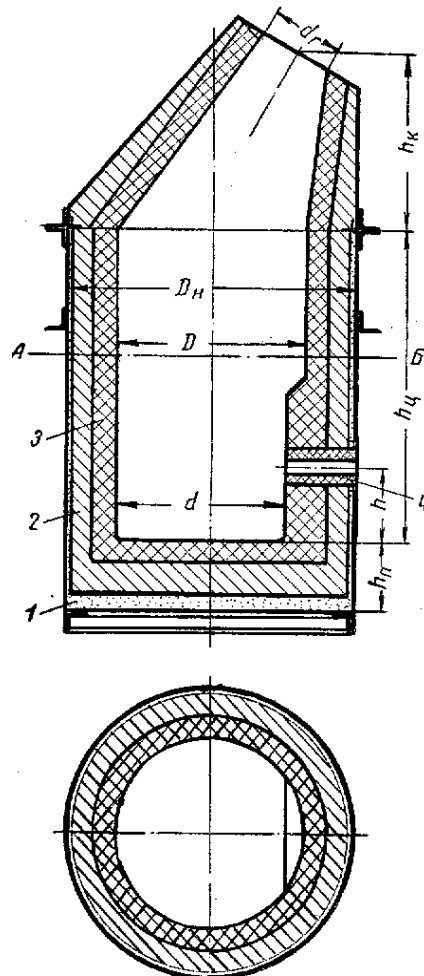


Рис. 1.3 Реторта конвертера та її профіль

- 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 заливають 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.

$$d = 0,45\sqrt{3,0/0,4} = 1,23 \text{ м}$$

$$V = 0,69 \cdot 0,4 \cdot 1,23 = 0,339 \text{ м}^3$$

Діаметр робочого простору реторти

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

$$D = 0,5\sqrt{3,0/0,4} = 1,36 \text{ м}$$

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.

$$D_{\kappa} = 1,36 + 2(0,24 + 0,024 + 0,01) = 1,908 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр горловини:

$$d_2 = 0,4D, \text{ м} \quad (1.5)$$

$$d_2 = 0,4 \cdot 1,36 = 0,544 \text{ м}$$

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

$$h_y = 2,2D, \text{ м} \quad (1.6)$$

$$h_y = 2,2 \cdot 1,36 = 2,992 \text{ м}$$

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

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

$$h_k = 0,95 \cdot 1,36 = 1,292 \text{ м}$$

При цьому повинно бути співвідношення

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

$$2,992 + 1,292 = 3,15 \cdot 1,36$$

$$4,284 = 4,284$$

Товщина поду ванни

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

$$h_n = 0,43 \cdot 1,36 = 0,584 \text{ м}$$

Величина h_n береться не менше 400 мм.

Об'єм реторти

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

$$V_p = 2,67 \cdot 1,36^3 = 6,71, \text{ м}^3$$

Розміри повітророзподільної коробки:

- ширина

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

$$l_1 = 0,35 \cdot 1,36 = 0,476 \text{ м}$$

- висота

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

$$l_2 = 0,45 \cdot 1,36 = 0,612 \text{ м}$$

- довжина

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

$$l_3 = 0,90 \cdot 1,36 = 1,251 \text{ м}$$

Площа розрізу фурм на 3,0 т береться в межах біля 20-50 см². Менша величина для більш глибоких ванн, більша для мілких ванн. Діаметр фурм

береться біля 30-35 мм. Кількість фурм береться відповідно від 5 до 12, частіше 5-6.

Фурми треба підводити горизонтально або можна з нахилом до низу, але під кутом до 15°. В сучасних конвертерах фурми вже підводяться паралельно одна відносно одної. Середня фурма, або при підводі парної кількості фурм, вісь їх симетрії повинна розташовуватися перпендикулярно вісі циліндричної частини самого конвертера. Стосовно питання підведення фурм багато пропонували способів їх розташування.

1.3. Футеровка конвертера

Для футерування конвертера вогнетривкими матеріалами використовується динасова або шамотна цегла по формі нормальна та з клин-ребром; для фурм використовують спеціальну фурменну цеглу; для горловини застосовують шамотну та спеціальну фасонну динасову цеглу. Кладка вогнетривкої цегли виконується на розчині, який складається із 20-25 % меленої глини та просіяного через сито № 70 та 75-80% формувального піску за об'ємом. Горловина та фурменна частина футеровки конвертера виконується з вогнетривкого матеріалу набивними із кварцового піску або також дробленого кварцового піску, він просіюється через сито №70 на глині або ще рідкому склі. Добре зроблена набивна футеровка повинна мати стійкість не меншу, ніж цеглева, а ціна її виготовлення значно менша цеглевої кладки [2,3,5,6,8].

Цеглеву кладку виконують наступним чином. На дно реторти засипають шар піску або формувальної суміші та ущільнюють пневматичною або ручною трамбівкою. Далі на ущільнений та вирівняний пісок викладаємо два шари шамотної цегли: перший ряд виконуємо на плашку, а другий вже кладемо на ребро. Зверху цих шарів викладаємо щільно на ребро ще шар динасової цегли на глиняному розчині.

Потім викладаємо за шаблоном стіни самої реторти конвертера. Між зовнішнім шаром цегли та кожухом реторти залишається проміжок, в нього треба засипати сухий кварцовий пісок та виконати трамбування його. Зовні-

шній шар треба викладати із шамотної цегли нормальної форми, а також клин-ребром або можливо використовувати і спеціальну фасонну цеглу. Фурменна стінка реторти викладається з прямої цегли. Зовнішній шар цегли треба викладати по радіусу кожуха, а внутрішню стіну виконувати прямою. Для футеровки фурм використовують спеціальну цеглу. Внутрішній шар кладки повинен викладатися із динасової цегли дуже ретельно з товщиною швів до 2 мм, це для того, щоб рідкий метал не зміг проникати в проміжки між цеглою до того, як вся поверхня кладки зашлакується. Горловина реторти буде викладатися також, як і циліндрична частина, двома шарами цегли: зовнішній шар буде шамотний, внутрішній шар з динасової цегли. Використовуючи набивну футеровку, горловина набивається з піщано-глинистої маси за шаблоном. Фурменна частина кладки реторти також виконується набивною. Отвори фурм одержуються при закладанні в масу дерев'яних конічних круглих стержнів, вони потім виймалися по завершенні роботи набивки. Використовується і комбінована футеровка – це горловина набивна, зовнішній шар для циліндричної частини із шамотної цегли, внутрішній шар тільки набивний. Після закінчення виконання футеровки треба ще зробити проску та підігрівання внутрішньої поверхні ковертера до світло-жовтого світіння [2,5,6,8].

При виконанні ремонту реторти, коли це необхідно треба змінити тільки шар динасової цегли. Футеровка ковертера повинна витримувати біля 30-40, рідше до 60 плавок металу. Отже потрібно встановлювати на виробництві завжди 2-3 ковертера, з яких один знаходиться в роботі, а інший на ремонті [2,6].

1.4. Опорне кільце з цапфами

Опорне кільце реторти виготовляється зварним із частин, які відливаються із сталі марки 25Л. До кільця відповідно кріпиться болтами з послідовною ще проваркою стиків дві пустотілі цапфи. Одною цапфою подається

повітря у фурми, її отвори з'єднанні з порожниною опорного кільця. Друга цапфа відповідно з'єднується з поворотним механізмом конвертера.

Реторта повинна опиратися на опорне кільце, яке приварене до неї кутом та закріплюється болтами. Кут кріпиться на такій висоті, щоб реторта з опорними кільцями і фурменною коробкою була врівноважена в будь-якому положенні [2,3,6].

1.5. Фурменна коробка

Фурменна коробка буде відливатися із чавуну. Фурменна коробка кріпиться до фланця опорного кільця реторти. Нижня розширена частина фурменної коробки повинна розташовуватися проти фурменних отворів. Зі сторони, конвертера, фурменну коробку треба закривати кришкою з отворами для кріплення залізних трубок та сопел, які входять у фурми реторти. З другого боку отвір фурменної коробки закривається кришкою. За допомогою цієї кришки також чистяться фурми та слідкують за їх станом [2,3].

1.6. Механізм повороту

Механізм повороту конвертера виконується так, щоб він міг здійснювати поворот як за допомогою електродвигуна, так і можливо вручну – це на випадок, якщо вимикається електроенергія, або при необхідності повільного та точного повороту конвертера, наприклад, при наповненні із конвертера ковшів малої ємності. Швидкість повороту конвертера становить 1,5-2,0 об/хв. (рис. 1.4).

При виробництві металів конвертери треба встановлювати на рівні підлоги цеху, так, щоб вісь обертання конвертера знаходилась на висоті біля 1,5-1,6 м. Горловина конвертера під час продувки повітрям повинна бути направлена до однієї з стін прольоту. Над конвертером також треба встановлювати витяжний ковпак. Стінка ковпака, на яку викидаються під час продувки повітрям краплини шлаку і металу, необхідно інтенсивно обприскувати водою для запобігання нагріву, а також налипання на неї металу і шлаку. Дуття по-

вітря під тиском до 0,3 атм конвертери можуть отримати від вентиляторів. Повітря, яке подається по трубопроводу, який розташований під підлогою в цеху надходить через сальник в пустотілу цапфу реторти конвертера [2,3,6]. Для того, щоб з розплавленого чавуну отримати розплавлену сталь необхідно витратити біля 400-800 кДж теплоти на 1 кг сталі. Якщо використовувати теплоту, яка буде виділятися при горінні таких елементів як вуглець, кремній, марганець, можливо одержати сталь з чавуну, при цьому не витрачаючи додаткової ще теплоти.

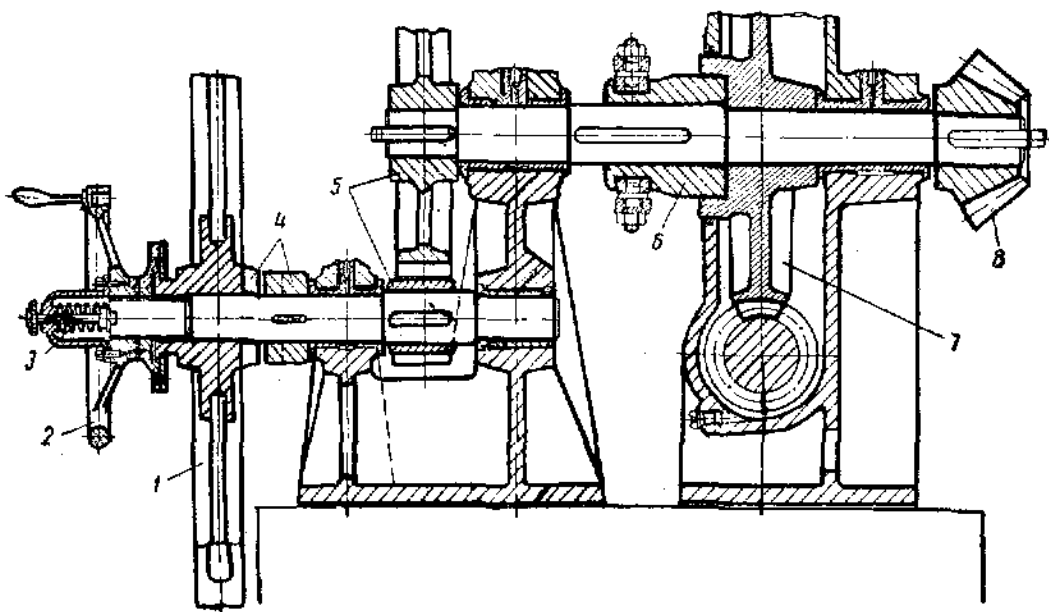


Рис. 1.4. Механізм повороту конвертера:

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

На виробництві застосовують і конвертери з кисневим дуттям. При подачі кисню в рідкий чавун, який заливають в конвертер починається процес інтенсивного окислення його хімічних елементів вуглецю, кремнію, марганцю, заліза. Кисень завжди треба подавати до отримання в конвертері металу необхідного хімічного складу та температури. На окислення, наприклад, 1%

кремнію, який входить до складу 1 т металу, який продувається, необхідно 8 м³ кисню, 2 м³ марганцю, 2 м³ заліза.

Ступінь перегріву металу в конвертері буде залежить від кількості теплоти, яка виділяється в результаті окислення цих елементів вуглецю, кремнію, марганцю, заліза і також втрат теплоти через стінки і отвори конвертера відповідно з вихідними газами [2,3,6].

При виборі режиму продувки конвертера треба враховувати те, що метал треба перегрівати (при продувці білого чавуну) до необхідної температури відповідно за рахунок вигорання найменш дорогоцінних елементів.

Тиск кисню становить наближено 1 МН/м², витрати кисню 15-18 м³/хв; рівень металу над місцем введення кисню в конвертер 100-150 мм.

Якщо подаємо кисень з горловини конвертера, то проявляється темно-бурий дим. З часом продувки характер полум'я буде змінюватися. Темно-бурий відтінок, наприклад, змінюється на світлий. Висота полум'я повина дорівнювати біля 3-3,5 м. В другій половині плавки металу полум'я вже стає дуже білим. Загальна тривалість продувки конвертера становить 12 хвилин при температурі чавуну, який заливають в конвертер, значення становить 1270-1290 °С. Температура готової сталі після продувки вже становить 1690-1720 °С [2,3,6].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС ПЛАВКИ

Матеріальний баланс конвертера полягає в співставленні матеріальних потоків як на вході плавильного агрегату, так і виході з нього. Використовуючи матеріальний баланс конвертера, можна отримати кількісне надходження в конвертер як вхідних матеріалів, так і вихідних із нього – це вже продукти їх теплової переробки. Результати розрахунку матеріального балансу плавильного агрегату необхідно використовувати вже в подальших проектних розрахунках, це стосується при складанні теплового балансу конвертера, його ємність становить 3,0 т/год. [2,3,6,7,8].

Рідкий чавун – 3,0 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)

Окислюється:

Вуглець 3,80 – 0,26 = 3,54 %

Марганець 1,00 %

Кремній 2,00 %

Залізо 0,57 %

Σ 7,11 %

Відповідно кількість шлаку

$$\text{Mn} + \text{O} = \text{MnO} \quad g_{\text{MnO}} = \frac{3000}{100} \cdot 1 \frac{71}{55} = 38,72 \text{ кг} \quad (2.1)$$

$$\text{Si} + 0,5\text{O}_2 = \text{SiO}_2 \quad g_{\text{SiO}_2} = \frac{3000}{100} \cdot 2 \frac{60}{28} = 128,57 \text{ кг} \quad (2.2)$$

$$\text{Футеровка (1\%)} \quad g_{\text{фут}} = \frac{3000}{100} \cdot 1 = 30,0 \text{ кг} \quad (2.3)$$

Σ 197,29 кг

$$\text{FeO (10\%)} \quad g_{\text{FeO}} = 0,1 \frac{197,29}{0,9} = 21,92 \text{ кг} \quad (2.4)$$

$$\Sigma \Sigma \quad 219,21 \text{ кг}$$

Окислилення заліза:

$$g_{\text{Fe}} = 21,92 \cdot \frac{56}{72} = 17,05 \text{ кг (0,57\%)} \quad (2.5)$$

Маса рідкої сталі:

$$g_{\text{ст}} = 3000 - [(3,8 - 0,26) + 1,0 + 2,0 + 0,57] \cdot \frac{3000}{100} = 2786,7 \text{ кг} \quad (2.6)$$

Утворення CO:

$$g_{\text{CO}} = 0,0354 \cdot 3000 \cdot \frac{28}{12} = 247,79 \text{ кг} \quad (2.7)$$

Кількість кисню (повітря), яка буде витрачатися на окислення елементів горіння

$$g_{\text{O}_2} = \underbrace{38,72 \cdot \frac{16}{71}}_{\text{O}_2, \text{MnO}} + \underbrace{128,57 \cdot \frac{32}{60}}_{\text{O}_2, \text{SiO}_2} + \underbrace{21,92 \cdot \frac{16}{72}}_{\text{O}_2, \text{FeO}} + \underbrace{247,79 \cdot \frac{16}{28}}_{\text{O}_2, \text{CO}} = 8,72 + 68,57 + 4,87 + 141,59 = 223,75 \text{ кг} \quad (2.8)$$

Хімічний склад повітря у відсотках за масою визначається так, для цього беремо 1 кмоль (22,4 нм³) повітря, в якому знаходиться

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

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

$$\Sigma \quad 22,4 \text{ нм}^3$$

В цій кількості повітря вага, азоту і кисню

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

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

$$\Sigma \quad 28,84 \text{ нм}^3$$

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

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

Кількість азоту повітря

$$g_{N_2} = 223,75/23,3 \cdot 76,7 = 736,55 \text{ кг} \quad (2.9)$$

Кількість повітря

$$g_{нов.} = g_{O_2} + g_{N_2} = 223,75 + 736,55 = 960,3 \text{ кг} \quad (2.10)$$

Відхідні гази:

$$g_z = g_{CO} + g_{N_2} = 247,79 + 736,55 = 984,34 \quad (2.11)$$

Результати розрахунків матеріального балансу плавильного агрегату наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Матеріальний баланс конвертера малого
бесемерування ємністю 3,0 т

№	Статті прибутку	кг	%	№	Статті видатку	кг	%
1.	Рідкий чавун	3000	75,18	1.	Сталь	2786,7	69,83
2.	Повітря	960,3	24,07	2.	Шлак	219,22	5,5
3.	Футеровка	30	0,75	3.	Гази	984,34	24,7
	Всього	3990,3	100,0		Всього	3990,3	100,0

РОЗДІЛ 3. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПЛАВКИ

Складання теплового балансу плавильного агрегату неодмінно полягає у співставленні як енергетичних потоків на вході, такі виході із нього. Тому тепловий баланс, наприклад, конвертера складають у двох випадках: перший – це стосується проектування нового конвертера, а другий випадок стосується аналізу теплової роботи плавильного агрегату. Отже в першому випадку щодо складання теплового балансу конвертера буде визначення витрати тобто енергоносія (палива або електроенергії). А в другому випадку тепловий баланс конвертера відповідно треба складати з цілню його кількісної оцінки наявних енергетичних потоків і їх аналіз, та розробка рекомендацій, які спрямовані і стосуються покращення теплової роботи конвертера [2,3,6,7,8].

Маємо рівняння теплового балансу конвертера:

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

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

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

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

$Q_{втр}$ – втрати теплоти.

$$Q_{ф.ч.} = G_c \cdot C_c \cdot t_c = 3000 \cdot 0,84 \cdot 1400 = 3528000 \text{ кДж/кг}$$

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

Згідно з даними:

$$Q_C = 139,9 \div 12 \cdot 3000 = 38861 \text{ кДж/кг}_C \quad (3.3)$$

$$Q_{Mn} = 353,9 \div 55 \cdot 3000 = 21448 \text{ кДж/кг}_{Mn} \quad (3.4)$$

$$Q_{Si} = 775,5 \div 28 \cdot 3000 = 92321 \text{ кДж/кг}_{Si} \quad (3.5)$$

$$Q_{Fe} = 240,2 \div 56 \cdot 3000 = 14297 \text{ кДж/кг}_{Fe} \quad (3.6)$$

Визначаємо теплоту екзотермічних реакцій

$$\begin{aligned} Q_{екз.} &= 0,0354 \cdot 3000 \cdot 38861 + 0,02 \cdot 3000 \cdot 21448 + 0,01 \cdot 3000 \cdot 92321 + 0,0057 \cdot 3000 \cdot 14297 = \\ &= 8428026 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

Визначаємо прибуток

$$Q_{\text{приб}} = 3528000 + 8428026 = 11956026 \text{ кДж/кг} \quad (3.7)$$

Визначаємо теплоту сталі

$$Q_m = 2786,7 \cdot 0,84 \cdot 1600 = 3745325 \text{ кДж/кг} \quad (3.8)$$

Визначаємо теплоту шлаку

$$Q_{\text{шл}} = 219,21 \cdot 1,26 \cdot 1600 = 441927,36 \text{ кДж/кг} \quad (3.9)$$

Визначаємо теплоту газів

$$Q_g = (984,34/1,3) \cdot 1,68 \cdot 1600 = 2035312,24 \text{ кДж/кг} \quad (3.10)$$

Визначаємо втрати теплоти

$$Q_{\text{втр}} = 11956026 - 6222564,6 = 5733461,4 \text{ кДж/кг} \quad (3.11)$$

Результати розрахунків даного теплового балансу наводимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Тепловий баланс конвертера малого
бесемерування плавки сталі ємністю 3,0 т

Прибуток				Видаток			
№	Статті	кДж/кг	%	№	Статті	кДж/кг	%
1.	$Q_{\text{ф.ч.}}$	3528000	62,7	1.	Q_m	3745325	58,0
2.	$Q_{\text{екз}}$	8428026	37,3	2.	$Q_{\text{шл}}$	441927,36	6,5
	Всього	11956026	100,0	3.	Q_g	2035312,24	29,4
				4.	$Q_{\text{втр}}$	5733461,4	7,0
					Всього	11956026	100,0

ВИСНОВКИ

В роботі виконано як проектування конвертера малого бесемерування ємністю 3,0 т а також розглянуто його устрій і принцип роботи. Наведено розрахунок його розмірів – це профілю реторти, також розраховано матеріальний і тепловий баланси.

Розрахувавши матеріальний баланс плавильного агрегату, можна сказати, що в прибутку рідкий чавун, має 75 % при вазі 3000 кг, то у видатку маємо близько 69,8 % сталі.

З розрахунку теплового балансу висновок наступний: маємо, що теплоти фізичної на 62,7 % буде більше, ніж екзотермічної теплоти 37,3 % (окислюється відповідно C, Si, Mn, Fe) – це стосується прибутку, а от з видатку бачимо, що втрачається теплоти 7,0 % теплоти металу 58,0%, теплоти газів 29,4 %, теплоти шлаку 6,5%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія основних виробництв: навч. посіб. для студентів денної та заочної форм навчання / Кропивний В.М. та ін. Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД», 2021. 196 с.
2. Сабірзянов, Т.Г. Печі ливарних цехів: навч. посіб. для студ. вищих навчальних закладів. Кіровоград: КНТУ. 2007. 280 с.
3. Конвертерне виробництво сталі в прикладах і задачах: навч. посіб. / Величко О.Г. та ін. Дніпро: НМетАУ, 2018. 98 с.
4. Клименко В. М, Шиліна О. П., Осадчук А. Ю. Технологія конструкційних матеріалів. *Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво*: навч. посіб. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 97 с.
5. Пахаренко В. Л., Марчук М.М. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (металургія, ливарне виробництво): навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2009. 179с.
6. Системи технологій та промислова екологія: метод. вказівки до практичних занять та розрахункової роботи з дисципліни для студ. усіх форм навч. спец. 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: навч. посіб. / за ред. академіка НАН України Найдека В.Л. К: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. 224 с.
8. Турич В.В., Руткевич В.С. Матеріалознавство: навч. посіб. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2012. 100с.

ДОДАТКИ