

О.М. Новохатський, Донбаський державний технічний університет

КЕРУВАННЯ ХОДОМ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ПРИ ЗСУВАННІ ГАРНІСАЖУ

О.М. Новохатський

Керування ходом доменної печі при зсуванні гарнісажу

У статті наведено результати теоретичних та практичних досліджень керування доменною піччю при зсуванні гарнісажу.

Ключові слова: доменна піч, сповзання гарнісажу, керування ходом.

А.М. Новохатский

Управление ходом доменной печи при оползаниях гарниссажа

В статье представлены результаты теоретических и практических исследований регулирования ходом доменной печи при оползаниях гарниссажа.

Ключевые слова: доменная печь, оползание гарниссажа, управление ходом.

Зсування гарнісажу призводять до різкого похолодання доменної печі в результаті попадання непроплавлених мас у горно, а також підвищення величини теплових втрат через витончену футеровку стін шахти, розпару й заплечиків.

При похолоданні хімічний склад чавуну змінюється таким чином: у чавуні зменшується вміст кремнію, марганцю і збільшується вміст сірки. Раптове пониження вмісту марганцю в чавуні слід розглядати як перше попередження про майбутнє похолодання доменної печі. При змінній температурі горна остання робить більший вплив на відновленність марганцю, ніж кремнію. Зсування гарнісажу змінює також фізичний нагрів чавуну і шлаку – їх температура падає, зменшується рідкотекучість.

Похолодання печі є найбільш небезпечним видом розладу ходу доменної плавки, і тому при перших ознаках його появи слід уживати радикальні й надійні заходи боротьби.

Існуючі технологічні прийоми регулювання ходу доменної печі при зсуваннях гарнісажу включають регулювання рудного навантаження залежно від зміни вмісту кремнію в чавуні. Ці заходи, як видно з рис. 1, мають запізнювання на 8–10 годин, що призводить до посилення похолодання, вирівнювання хімічного складу чавуну стає тривалішим процесом, порушується високопродуктивна і економічна робота доменної печі.

Запізнювання регулювання відбувається тому, що не існує надійних засобів контролю моменту зсування гарнісажу. Гарнісаж обповзає протягом 2–3 годин, а потім, через 1,5–2,0 години, починає свою дію в горні печі.

Черговий хімічний аналіз чавуну проводиться протягом години. Після цього, коли обслуговуючий персонал ознайомиться з хімічним складом чавуну й переконається, що настає похолодання печі, він проведе зміну рудного навантаження, а у виняткових випадках дасть холості подачі.

Проте завантажений додатковий кокс зробить вплив тільки через 5–6 годин, коли прийде в горно. А в печі в перебігу зміни відбудуться відхилення від нормальної роботи, що характеризуються порушенням дуттєвого режиму, зниженням інтенсивності доменної плавки, погіршенням дренажних умов у горні, горінням повітряних фурм, порушенням графіка видачі продуктів плавки. Крім того, щоб швидше розігріти піч і не допустити похолодання, звичайно дають дуже багато коксу, а це веде надалі до надмірного розігрівання печі, що знову-таки погіршує роботу печі й супроводжується перевитратою коксу. У свою чергу, надмірним розігріванням печі порушується дуттєвий режим, схід шихти йде з сухостіями й обривами, розвивається периферійний хід, який ще більш підвищує вірогідність зсування гарнісажу, який ще залишився на стінах кладки.

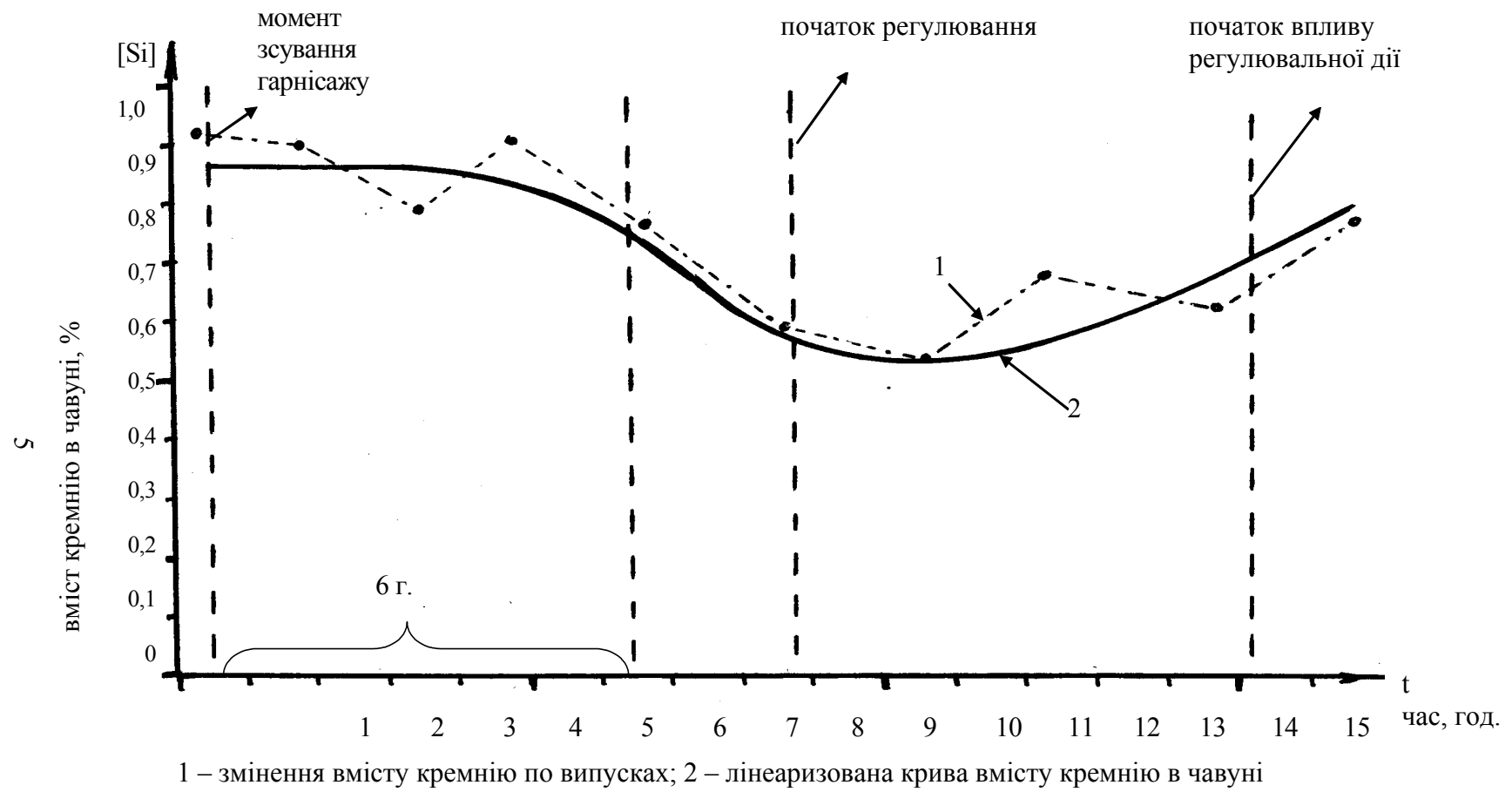


Рис.1. Змінення вмісту кремнію в чавуні при зсуванні гарнісажу

Отже, потрібно вдосконалити технологію доменної плавки з метою стабілізації ходу доменної печі при зсуваннях гарнісажу.

Щоб запобігти розладам ходу доменної печі, необхідно проводити регулювання в момент зсування гарнісажу. Для запобігання негативній дії попадання холодних непроплавлених мас на роботу печі в момент їх зсування, який визначається по стрибкоподібній витраті води, що йде на випарну систему охолодження доменної печі й відповідно збільшенню втрат тепла через кладку, необхідно подавати додатковими скіпами й окремими подачами додатковий кокс. Число додаткових скіпів коксу або холостих подач устанавлюється в кожному конкретному випадку своє, виходячи з того, у скількох секторах печі й наскільки зросли теплові втрати [1–3].

Кількість коксу, необхідного в холосту подачу, розраховується виходячи з того, що дія гарнісажу, який обповзає, на хімічний склад продуктів плавки виявляється через 5–6 годин після зсування. За цей час ($t = 6$ годин) буде проведена $6 \times 8,5 = 51$ подача (8,5 – середня кількість подач в годину на доменній печі).

При обповзанні гарнісажу і збільшенні витрати води, що йде на підживлення баків-сепараторів, на 2500 кг/г пониження вмісту кремнію в чавуні складе 0,17%. Знаючи, що зміна кремнію в чавуні на 0,1% відповідає зміні витрати коксу на 1,2%, обчислимо масу холостої подачі. Середня маса коксу в подачу дорівнює 12500–13000 кг; отже за 51 подачу $m_k = 51 \times 12500 = 637\,500$ кг. Щоб утримати кремній постійним, потрібно збільшити витрату коксу на:

$$\frac{0,17 \times 1,2}{0,1} = 2,04\%$$

що складає $637 : 100 \times 2,04 = 13\,005$ кг.

При стрибкоподібному збільшенні витрати води, що йде на підживлення баків-сепараторів, на 2500 кг/г необхідно зразу ж дати одну-дві холості подачі.

Прихід в фурму додаткового коксу спізнюється на 1,5–2,0 години, оскільки на цей час його випереджають непроплавлені маси гарнісажу. Проте цей захід дозволяє дещо стабілізувати роботу фурми й доменної печі в цілому (рис. 2).

Після зсування гарнісажу зменшується товщина захисного ізоляційного шару й збільшуються теплові втрати, які необхідно компенсувати зміною рудного навантаження. Розрахуємо кількість коксу, необхідного для коректування рудного навантаження у зв'язку зі збільшенням втрат тепла через кладку печі. Зміну витрати води, що йде на підживлення випарної системи охолодження, визначимо з виразу

$$\Delta V = V_2 - V_1,$$

де V_1 – витрата води до зсування гарнісажу, кг/ч;

V_2 – витрата води після зсування гарнісажу, кг/ч.

$$\Delta V = 5940 - 3420 = 2520 \text{ кг/ч.}$$

Витрати тепла на нагрівання води складають

$$q_1 = \Delta V \times (t_k^p - t_n) \times 4,18,$$

де q_1 – витрати тепла на нагрівання води, мДж/ч;

t_k^p – температура кипіння води при тиску в системі, рівному Р, °С.

t_n – початкова температура води, °С.

4,18 – теплоємність води, кДж/(кг град).

$$q_1 = 2520(120^0 - 20^0) \times 4,18 = 1053,35 \text{ мДж/ч.}$$

Витрати тепла на випаровування води складають

$$q_2 = \Delta V \times q_n,$$

де q_2 – витрати тепла на випаровування води, мДж/ч;

q_n – теплота паротворення, мДж/кг.

$$q_2 = 2520 \times 2100 = 5541,73 \text{ мДж/ч.}$$

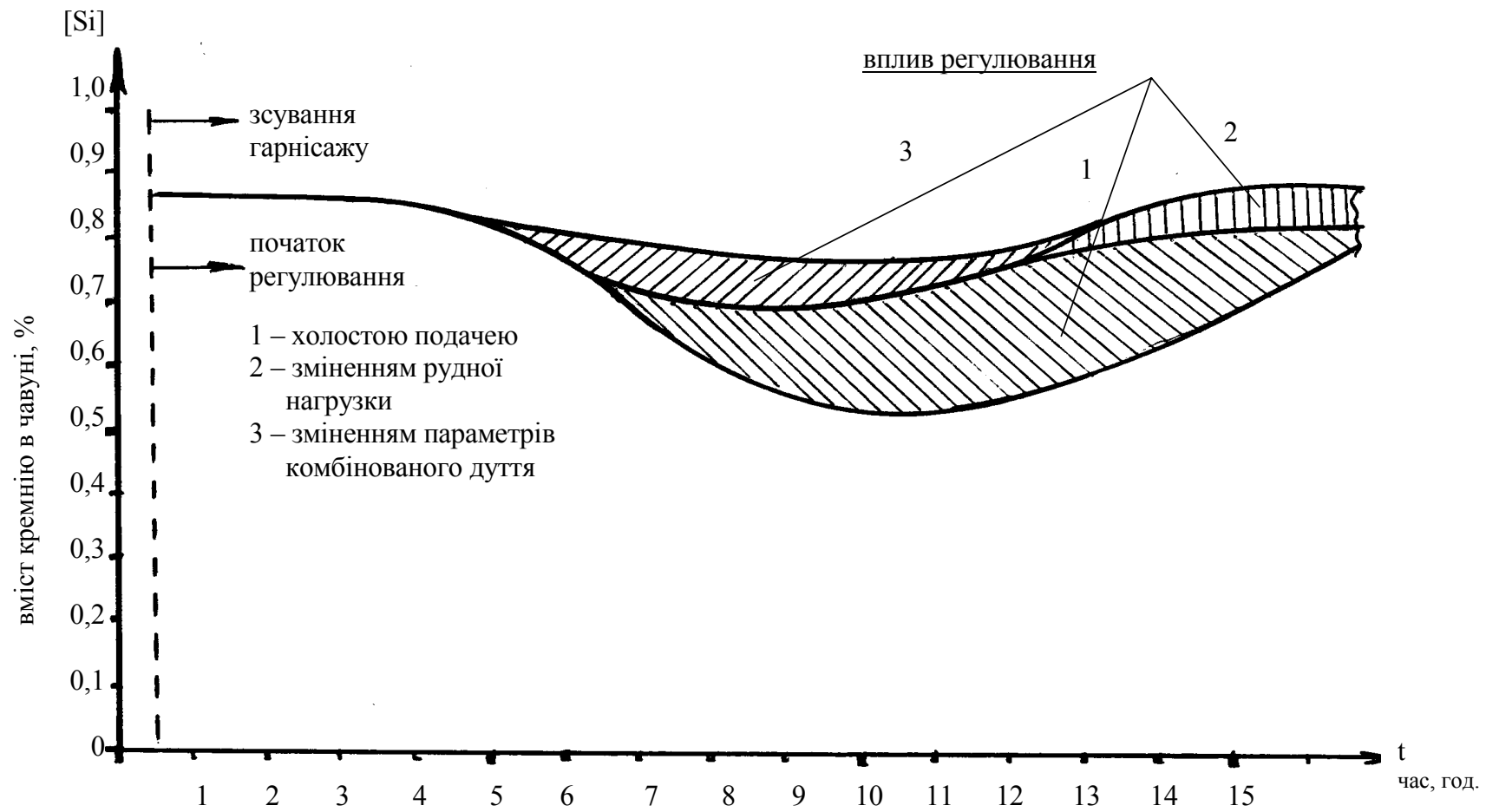


Рис. 2. Регулювання ходу доменної печі при зповзанні гарнісажу

Сумарні витрати на нагрів і випаровування води складуть

$$q = q_1 + q_2,$$

де q – сумарні витрати тепла, мДж/ч.

$$q = 1053,36 + 5541,73 = 6595,09 \text{ мДж/ч.}$$

Прихід тепла при згорянні 1 кг коксу складе

$$Q_k = [q_{CO_2} \times \lambda + q_{CO} \times (1 - \lambda)],$$

де Q_k – теплота згорання коксу, мДж/кг;

q_{CO_2} – теплота згорання вуглецю коксу до CO_2 , мДж/кг;

q_{CO} – теплота згорання вуглецю коксу до CO , мДж/кг;

λ – ступінь використання CO .

$$Q_k = 33,388 \times 0,43 + 9,79(1 - 0,43) = 19,937 \text{ мДж/кг.}$$

Кількість коксу, необхідна для компенсації втрат тепла в одиницю часу після зсування гарнісажу зі стінок доменної печі

$$m = \frac{q}{Q_k},$$

$$m = \frac{6595,09}{19,937} = 330 \text{ кг/ч.}$$

При коректуванні рудного навантаження потрібно виходити з того, що в середньому завантажують 8,5 подач на годину. Отже, для компенсації втрат тепла внаслідок зсування гарнісажу потрібно додати $330:8,5 \approx 40$ кг коксу в подачу. Оскільки мінімальна кількість коксу, що додається в подачу, складає 50 кг, то треба завантажити 7 подач додатково по 50 кг, а восьму залишити без додаткового коксу.

Середня маса коксу в подачу складає 12500 кг. Частка п'ятдесяти кілограмів від цієї маси дорівнює

$$\frac{50}{12500} \times 100 = 0,4\%$$

Збільшення витрати коксу на 0,4% дає збільшення кремнію в чавуні на

$$\frac{0,4 \times 0,1}{1,2} = 0,033.$$

Зміна рудного навантаження дозволить компенсувати теплові втрати через кладку печі, збільшені в результаті зсування гарнісажу, і підтримати заданий тепловий рівень у доменній печі.

При складанні пофакторного аналізу роботи доменної печі необхідно враховувати втрати тепла через кладку в результаті розпалу футеровки як технологічного чинника, що впливає на продуктивність печі й питому витрату коксу. Оскільки, як уже наголошувалося вище, час руху гарнісажу, що обповзає, до приходу його у фурму печі менше відповідного часу руху подачі, то регулююча дія додаткового коксу відбудеться дещо пізніше за вплив розплавленого гарнісажу на хімічний склад чавуну. Це призведе до деякого первинного падіння кремнію (рис. 2), але вже з приходом у фурму холостої подачі це падіння значно сповільнюється (унаслідок інерційності доменної печі не відбудеться різке збільшення теплового нагріву). А через деякий час кремній у чавуні почне рости й незабаром стабілізується на деякому рівні, дещо меншому, ніж до зсування гарнісажу, унаслідок збільшення втрат тепла через кладку, які компенсуються зміною рудного навантаження.

Холоста подача й зміна рудного навантаження відразу після моменту зсування гарнісажу не дозволяють повністю в початковий період стабілізувати роботу доменної печі. Тому для повної стабілізації теплового рівня роботи горна необхідно відразу після зсування гарнісажу підвищити температуру гарячого дуття до максимально можливої величини в даних умовах, щоб збільшити прихід тепла знизу. Цей захід призведе до деякого збільшення вмісту кремнію в чавуні, що дасть можливість компенсувати зменшення кремнію внаслідок впливу гарнісажу, що обповзав, до початку регулюючої дії додаткового коксу.

При похолоданні кількість дуття можна зменшити, але треба пам'ятати, що зміна кількості дуття обов'язково позначиться на характері газового потоку. Тому вдаватися до цього слід у крайньому випадку, коли швидкість сходу подач різко зростає.

Підвищенню нагрівання печі сприяє скорочення витрати пари. Помічено, що при швидкому падінні нагрівання тимчасове зменшення кількості пари на рівності ходу печі не позначається. Правда, схід подач дещо сповільнюється, проте це сприятливо впливає на стабілізацію теплового стану печі. Кількість пари зменшується на 2–3 г/м³ за один прийом при незмінній температурі гарячого дуття.

Регулювання теплового стану печі парою має перевагу перед регулюванням температурою гарячого дуття, оскільки в цьому випадку зберігається незмінним режим нагрівання повітрянагрівачів, що має особливе значення при повній їх автоматизації й при роботі доменних печей на високотемпературному дутті.

Для попередження заливання фурм шлаком рекомендується відключення природного газу на нетривалий проміжок часу (1–1,5 години). Коли ця небезпека буде усунена й фурми запрацюють яскравіше, витрату природного газу слід поступово збільшити до нормального. При скороченні витрати природного газу необхідно контролювати схід шихти, оскільки можна викликати підвисання стовпа матеріалів.

Скорочення витрати природного газу викличе й збільшення температури в осередках горіння, що спричинить за собою розігрівання горна, яке необхідне для прийому й розплавлення гарнісажу, що зсувався.

У комплексі регулювання ходу доменної печі при зсуваннях гарнісажу дозволяє стабілізувати й нормалізувати її роботу, зберегти продуктивність печі, скоротити витрату коксу та зменшити горіння повітряних фурм [4].

При складанні пофакторного аналізу роботи печі необхідно враховувати втрати тепла через кладку печі в результаті розпалювання футеровки як технологічного чинника, що впливає на продуктивність печі й питому витрату коксу. Удосконалена технологія управління ходом доменної печі включає регулювання параметрів комбінованого дуття й зміну режиму завантаження шихтових матеріалів при виявленні системою моменту зсування гарнісажу та втрат тепла через футеровку нижній частині шахти, розпару й заплечиків.

Література

1. **Разработать** и внедрить систему автоматизированного контроля и коррекции величины коксовой подачи в зависимости от потерь тепла в районе нижней части шахты, распара и заплечиков. Отчёт о НИР (заключительная)/ КГМИ; № ГР 01870020629. – Коммунарск, 1988. – 91 с.
2. **Новохатский А. М.** Система контроля потерь тепла в нижней части доменной печи // Сб. науч. тр. ДонГТУ. – Вып. 23.– Алчевск : ДонГТУ, 2007. – С. 68–77.
3. **Новохатский А. М.** Динамика нарастания и оползания гарниссажа на стенках футеровки доменной печи // Сб. науч. тр. ДонГТУ. Вып. 24. – Алчевск : ДонГТУ, 2007.– С. 57–67.
4. **Способ регулирования** теплового состояния доменной печи: А.С. 1488310 А1 СССР. МКИ С 21 В 7/24/ А.М.Новохатский и др. (СССР) № 4247448/23-02; Заявл. 23.02.87; Опубл. 23.06.89. Бюл. №23. – 2 с.

О.М. Novohatsky

Management by motion of blast furnace at slipping of encrustation.

The results of theoretical and practical researches are represented management by motion of blast furnace at slipping of encrustation.

Key words: blast furnace, slipping of encrustation, management by motion.

Відомості про автора

Новохатський Олександр Михайлович – кандидат технічних наук, декан факультету „Металургія” Донбаського державного технічного університету.