

*Гук Є.С., Панченко Г.М., Сусло Н.В.
Державний університет економіки і технологій*

**ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГЛОМЕРАЦІЙНИХ ТА
ОБПАЛЮВАЛЬНИХ МАШИН
І РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ
КОЛОСНИКОВОГО ПОЛЯ**

**Huk Y., Panchenko H., Suslo N.
State University of Economics and Technology: Kryvyi Rih, UA**

**STUDY OF THE OPERATING CONDITIONS OF SINTERING AND
ROASTING MACHINES AND THE DEVELOPMENT OF
RECOMMENDATIONS FOR INCREASING THE RESISTANCE OF THE
GRATE FIELD**

Abstract. The design features and operating conditions of sintering and roasting machines are considered. Their working body is a grate field, consisting of individual grates, for the manufacture of which high-alloy chromium-nickel steels are used. The grates are used in conditions of variable temperatures and aggressive environments. Such conditions lead to their rapid wear. It is proposed to change the composition of steels as a measure to increase the service life of grate bars and reduce their cost.

Keyword: pellets, roasting machine, grates, steel, quality

Анотація. Розглянуто конструктивні особливості та умови роботи агломераційних та випалювальних машин. Їх робочим органом є колосникове поле, що складається з окремих грат, для виготовлення яких використовуються високолеговані хромонікелеві сталі. Грати використовуються в умовах змінних температур і агресивних середовищ. Такі умови призводять до їх швидкого зносу. Запропоновано зміну складу сталей як захід збільшення терміну служби колосників та зниження їх вартості.

Ключові слова: колосники, обпалювальна машина, грати, сталь, якість

Агломераційна і обпалювальна машини – це машини конвеєрного типу, які є безперервним ланцюгом візків з колосниковими гратами. Візки встановлені на направляючих і переміщуються по ним за допомогою електромеханічного приводу, розташованого в головній частині машини. На робочій гілці машини відбуваються основні технологічні процеси виробництва агломерату і окатишів: завантаження шихти, її запалення, спікання, часткове охолодження і розвантаження агломерату, а для окатишів – завантаження, відпал, охолодження і розвантаження. Візки, що звільнилися від агломерату або обпалених окатишів повертаються по направляючим до приводу машини, де

захоплюються приводними зірочками і знову підіймаються на верхню робочу гілку. Процеси завантаження, запалення і термічної обробки залізорудної сировини на машині відбуваються безперервно. Кількість рухливих візків агломераційної або обпалювальної машини залежить від необхідної сумарної площі спікання або випалення, яка, у свою чергу, забезпечує потрібну продуктивність агрегату [1].

На Північному гірничозбагачувальному комбінаті (м. Кривий Ріг) сирі окатиші обпалюються на конвеєрній машині Лургі-552, площею випалення - 552 м³, на якій сумарно встановлюється до 82000 колосників, що істотно впливає на вартість окатишів. Згідно з практичними даними, термін служби колосників вагається в межах 6 – 12 місяців, оскільки вони працюють в умовах постійного перепаду температур від 50-80°C до 1100-1300°C. Тому для їх виготовлення використовують високолеговану хромонікелеву сталь марки 40X24H12СЛ.

При випаленні окатишів на машині Лургі-552 використовується «постіль» обпалених окатишів шаром 100 мм, а зверху «постілі» поміщаються сирі окатиші шаром 300 мм. В процесі експлуатації колосники взаємодіють з водяною парою, киснем, продуктами випалення і горіння природного газу, через газову фазу складного багатокомпонентного складу, яка характеризується високим окислювальним потенціалом. Сирі окатиші складаються із залізорудного концентрату, вапняку і єднального, зазвичай, лужного бентоніту, до складу якого входять оксиди лужних металів Na₂O і K₂O, які підвищують його єднальні властивості [2].

Для ідентифікації фізико-хімічних взаємодій, що визначають вплив лужних металів на знос колосників проводився цикл досліджень [3]. Вивчення мікроструктури обпалених окатишів, а також мікроструктури литих вихідних колосників, що вийшли з ладу, здійснювали за допомогою растрового електронного мікроскопу японської фірми «JEOL», що має енергодисперсійну приставку для рентгеноспектрального мікроаналізу.

У мікроструктурі обпаленого окатиша при збільшенні $\times 100$ видно наявність спечених агрегатів зерен мінералів заліза і зв'язки (рис.1). Бентонітова зв'язка при збільшенні $\times 100$ має вигляд гомогенного складу і для виявлення особливостей її мікроструктури було використано збільшення $\times 3000$.

Мікроструктури зразка окатиша при збільшенні $\times 3000$ (рис.2) представлена структурами зв'язки (рамка 001) і зерен залізорудного мінералу (рамки 002, 003 і 004). Як видно з даних таблиці хімічного складу аналізованих місць, (рамка 001), бентонітова зв'язка має складний склад, що включає оксиди Na, Mg, Al, Si, K, Ca і Fe. Розгляд мікроструктури зв'язки свідчить, що вона представлена різними мінеральними утвореннями. Зерно залізорудного концентрату також неоднорідне по своєму складу, що підтверджується відмінністю хімічного складу.

За даними хімічного складу наноб'єму зерна (рамка 002) можна відмітити, що наявність оксидів Mg, Al, Si, і Ca є наслідком хімічної взаємодії досаджуваного доломітизованого вапна з бентонітовою зв'язкою. Хімічний склад зерна (рамка 004) підтверджує, що в ньому міститься лише залізо при

невеликій кількості домішки кремнію (SiO_2). За вмістом елементів заліза і кисню цей мінерал відповідає магнетиту.

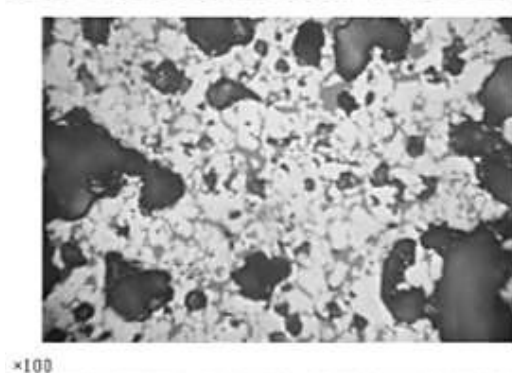
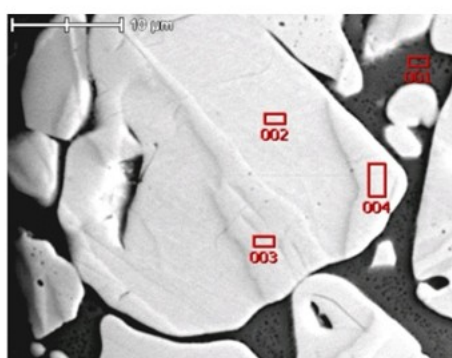


Рис. 1. Мікроструктура окатиша при збільшенні $\times 100$ [3]



$\times 3000$

а)

№ рамки (б)	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Всього
001	37,79	0,31	0,27	0,77	20,75	0,48	15,36	24,27	100
002	23,03	0	0,46	0,46	0,75	0	0,44	75,11	100
003	22,83	0	0	0	0,69	0	0,35	75,97	100
004	22,9	0	0	0	0,87	0	0,6	75,64	100

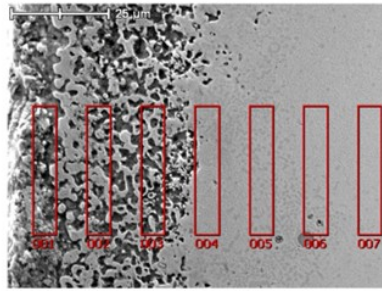
Рис.2. Центральна зона обпаленого окатиша [3]:

а) місця аналізу, що відповідають рамкам; б) хімічний склад місць аналізу за результатами РСМА

З вищесказаного виходить, що в процесі обпалення окатишів, оксиди Na_2O і K_2O , що присутні у складі бентонітової зв'язки, активно беруть участь в процесі формування нових мінеральних утворень, що призводять до підвищення механічних властивостей обпалюваних окатишів, а також, можуть знижувати стійкість колосника за рахунок його хімічної ерозії.

Для уточнення характеру взаємодії тіла колосника зі сталі 40Х24Н12СЛ з газовою фазою та «постіллю» обпалених окатишів, досліджена його мікроструктура після шести місяців експлуатації (рис. 3).

Дослідження показало, що мікроструктура сталі колосника представлена матрицею з включеннями сульфідів хрому (рамки 004 – 006). Вміст хрому знаходиться у межах 20,76-25,3%, а нікелю – 10,97-11,67. Спостерігається збіднення реакційної зони (рамка 003) хромом з підвищенням його вмісту у щарі, що граничить з окалиною (рамка 001). Вміст нікелю також збільшується в реакційних шарах (рамки 002, 003).



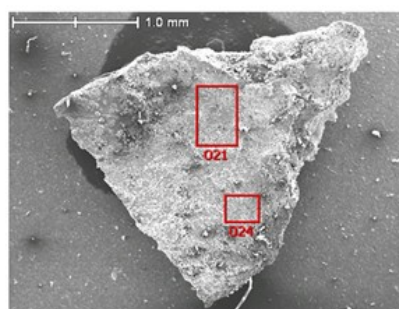
x 1300

a)

№ рамки (б)	O	Si	S	Cr	Fe	Ni	Всього, %
001	13.68	2.12	5.49	35.38	31.73	11.59	100
002	7.31	1.62	0.53	11.28	53.03	26.23	100
003	7.61	2.35	0.65	5.04	62.68	21.67	100
004	0.63	0.88	0	20.76	66.07	11.66	100
005	0	0.79	0	25.25	62.29	11.67	100
006	0	1.05	0.60	25.30	62.08	10.97	100
007	0	1.18	0	22.95	64.71	11.16	100

Рис. 3. Мікроструктура колосника (сталь 40X24H12ЛС) після шести місяців експлуатації на обпалювальній машині Лургі-552:
а – ділянки аналізу, відмічені рамками; б – хімічний склад за результатами РСМА [4]

За даними РСМА окалина з колосника після шести місяців експлуатації (рис. 4), представлена, в основному, оксидами заліза, хрому, нікелю, кремнію. РСМА не дозволяє визначити у складі окалини наявність оксидів натрію і калію, тому додатково був проведений аналіз окалини хімічним методом, який показав, що вміст оксиду натрію в окаліні складає 2-2,7%, а оксиду калію – 0,94-1,83% [4]. Наявність в окаліні нікелю та хрому свідчить про збіднення матриці сталі елементами, що забезпечують її жароміцність та жаростійкість.



x 40

a)

№ рамки (б)	O	Si	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Всього, %
021	12.26	1.33	1.36	1.05	1.33	74.89	7.79	100
024	13.41	1.03	1.24	0.96	1.34	72.58	9.43	100

Рис. 4. РСМА окалини, що утворилася на поверхні колосника (сталь 40X24H12ЛС) в ході обпалення окатишів на машині Лургі-552:
а – ділянки аналізу, відмічені рамками, б – хімічний склад за результатами РСМА [4]

Проаналізувавши чинники, що впливають на стійкість колосників, а також літературні дані [5-7], можна зробити висновок, що нікель в кількості 12% не є ідеальним легуючим компонентом в сталі для виробництва колосників, оскільки при температурах вище 1000°C нікель в кількостях до 25% сприяє збільшенню втрати металу по масі і лише після 25% спостерігається підвищення тривалої міцності, проте жаростійкість продовжує залишатися нижче, ніж в складах без нікелю.

Для підвищення жаростійкості сплавів доцільно в якості легуючого елементу окрім хрому застосовувати алюміній. Введення в сплав 2,5-3,5 % Al супроводжується різким підвищенням жаростійкості, особливо в області температур 1200°C і вище. Це пов'язано з утворенням шпінелі FeO (Cr_2O_3 , Al_2O_3) і власного стабільного оксиду Al_2O_3 .

Таким чином, в результаті проведених досліджень, можна зробити висновок, що для підвищення строку експлуатації колосникового поля агломераційних та обпалювальних машин необхідно спрямовувати подальші дослідження в сторону підбору безнікелевого складу сталі для виготовлення колосників, з врахуванням взаємодії її складових з обпаленими окатишами «постілі» та газової фази, що утворюється під час обпалу окатишів.

Література

1. Ю.С. Рудь, В.Г. Кучер, В.Ю. Белоножко, Анализ конструкции и повышение технического уровня колосниковых решеток агломерационных и обжиговых машин, Вісник Криворізького національного університету, (2019), Вип. 48, С. 94-99.
2. П.Е. Белоусов, Ю.И. Бочарникова, Н.М. Боева, Аналитические методы диагностики минерального состава бентонитовых глин, Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, (2015), № 4, С. 94-101.
3. М.И. Гасик, А.Д.Учитель, А.Н. Панченко, Электронномикроскопические исследования структуры обожженных железорудных окатышей со щелочной бентонитовой связкой, Metallургическая и горнорудная промышленность, (2008), № 3, С. 30-32.
4. М.И.Гасик, А.Д.Учитель, А.Н. Панченко, Исследование химической эрозии колосников конвейерных машин при обжиге железорудных окатышей. Сообщение 2. Исследование микроструктуры окалины и реакционной зоны колосника из стали 40X24H12СЛ, изъятото из эксплуатации, Metallургическая и горнорудная промышленность, (2008), № 2, С. 26-31.
5. Э. Гудремон, Специальные стали, М: МеталЛургия, (1966), 736 с.
6. Ф.Ф. Химушкин. Жаропрочные стали и сплавы, М.: Металлургия, (1969), 247 с.
7. К.А. Ланская. Высокхромистые жаропрочные стали: Учебник для ВУЗов, М.: Металлургия, (1976), 216с.