

2. E. Welsch, D. Ponge, S.M. Hafez Haghghat, S. Sandlöbes, P. Choi, M. Herbig, S. Zaefferer, D. Raabe. (2016). Strain hardening by dynamic slip band refinement in a high-Mn lightweight steel. *Acta Materialia*, Volume 116, pp. 188-199, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2016.06.037>
3. I. Gutierrez-Urrutia, D. Raabe. (2012). Multistage strain hardening through dislocation substructure and twinning in a high strength and ductile weight-reduced Fe–Mn–Al–C steel. *Acta Materialia*, Volume 60, Issue 16, pp. 5791-5802, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2012.07.018>
4. M.J. Yao, E. Welsch, D. Ponge, S.M.H. Haghghat, S. Sandlöbes, P. Choi, M. Herbig, I. Bleskov, T. Hickel, M. Lipinska-Chwalek, P. Shanthraj, C. Scheu, S. Zaefferer, B. Gault, D. Raabe. (2017). Strengthening and strain hardening mechanisms in a precipitation-hardened high-Mn lightweight steel. *Acta Materialia*, Volume 140, pp. 258-273, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2017.08.049>
5. Ch. Haase and L. A. Barrales-Mora. (2019). From High-Manganese Steels to Advanced High-Entropy Alloys. *Metals*, 9, 726. <https://doi.org/10.3390/met9070726>

УДК 669

М. В. Ягольник, А. М. Круглов, М. М. Бойко, Н. В. Полякова, С. В. Журавльова

Український державний університет науки і технологій, Дніпро

ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ШАРУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТУ

З теорії агломераційного процесу відомо, що для забезпечення успішного спікання шихти необхідно організувати інтенсивне надходження повітря до зони горіння. Мінімальна швидкість фільтрації повітря через шар, при якій можливий перебіг реакцій горіння твердого палива та утворення рідкої фази, повинна становити не менше $0,15 \dots 0,2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$. Агломераційна шихта відноситься до сипучих матеріалів, що складаються з окремих частинок, які контактують один з одним, між якими знаходяться канали або пори. Прийнято вважати, що газ у шарі сипучого матеріалу або обтікає окремі частинки, або рухається по звивистих, змінного перерізу, каналах.

Значний вплив на газодинаміку шару, що агломерується, має сегрегації. Результати переважної більшості досліджень показують, що сегрегація класів крупності шихти позитивно впливає на структуру та газопроникність шару.

При створенні спрямованої сегрегації гранулометричного складу шихти за висотою шару забезпечується підвищення міцності агломерату та збільшення продуктивності агломашин при одночасному скороченні витрати твердого палива.

Газодинамічний опір шару значно впливає на продуктивність агломераційного процесу і залежить від гранулометричного складу сирової шихти, що укладається на палети, її сегрегації по висоті шару, від типу застосовуваного завантажувального пристрою.

Забезпечення раціонального гранулометричного складу огрудкованої шихти, її розподілу по крупності та вмісту палива за висотою шару, завантаженого на колосникову решітку агломераційної машини, є актуальною. Тому розробка нових методів і засобів, що забезпечують таке формування шару шихти на агломераційній машині, що забезпечує необхідну газопроникність та раціональний розподіл гранул матеріалу та палива, що міститься в ньому є важливим завданням.

Процес агломерації тонкоподрібнених залізних руд має комплексний характер, відповідно до якого технологічне обладнання агломераційної фабрики можна розділити на три послідовно з'єднані технологічні підсистеми. Ці підсистеми реалізують такі технологічні процеси: - підготовку залізородної сировини (шихти) до агломерації; агломерацію шихти; розвантаження та дроблення одержаного агломерату з виділенням з нього звороту - дрібної некондиційної фракції 0-5 мм.

Основними вихідними матеріалами для агломерації є: дрібна сира руда (8-10 мм) та її концентрат, а також паливо (коксова та антрацитова дрібниця до 3 мм), флюс (вапняк і доломіт до 3 мм), в окремих випадках - дрібні відходи (колошниковий пил, окалина та ін.). Для стійкого процесу горіння та отримання якісного агломерату шихта має бути максимально однорідною та газопроникною.

Підготовлена до спікання агломераційна шихта повинна задовольняти вимоги щодо хімічного складу (вмісту заліза та основності), міцності її огрудкованих частинок (що допускає їх транспортування та завантаження на агломераційну машину без руйнування), а також її фракційного складу.

Якість підготовки шихти можна поліпшити шляхом оптимізації керування насипною щільністю матеріалу, досягнення найбільш раціональних режимів її огрудкування, а також впливів на транспортні потоки шихти та завантаження її на палети.

Проблема забезпечення раціонального розподілу шихти по крупності та вмісту палива за висотою шару, завантаженого на колосникову решітку агломераційної машини, залишається актуальною. Тому продовжуються розробки нових методів і засобів, що забезпечують таке формування шару шихти на агломераційній машині, що забезпечує раціональний розподіл гранул матеріалу і палива, що міститься в ньому.

Для формування раціональної структури шару, що агломерується, важливим є визначення впливу складу та властивостей вихідних матеріалів на процеси змішування та огрудкування агломераційної шихти; питання раціонального зволоження матеріалів в процесі огрудкування для досягнення необхідного гранулометричного складу огрудкованої шихти; проведення оцінки співвідношення складових агломераційної шихти з урахуванням їх гранулометричного складу на процес огрудкування при різних витратах вологи; встановлення витратного інтервалу вологи на огрудкування виходячи витрат матеріалів та їх гранулометричного складу; вивчення впливу способів підготовки шихтових матеріалів на процес огрудкування агломераційної шихти.

За результатами можливо створити теоретично обґрунтовано технологію укладання агломераційної шихти для отримання раціональних характеристик шару.

Список літератури

1. Juli us H. Strassburger, Dwight C. Brown, Terence E. Dancy et Robert L. Stephenson, Blast furnace — Theory and practice, vol. 1, New-York, Gordon and Breach Science Publishers, 1984, 275 p., p. 221—239.
2. Бочка В.В., Тараканов А.К., Сова А.В., Бойко М.М., Ягольник М.В., Двоєглазова А.В. Удосконалення технології виробництва якісного агломерату. Теорія і практика металургії, №1, 2019, С. 5-14.
3. Кривенко, С. В. «Вплив клапанного ефекту на енергоефективність шарових газодинамічних систем». Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність, вип. 2 (3), Грудень 2021, с. 93-101.
4. Разработка и проектирование АСУ ТП фабрик окомкования горно-обогачительных комбинатов: [учебн. пособие] / И. Н. Богаенко, И. Ю. Бурляй, Г. Г. Грабовский [и др.] – Київ: НВК «КІА», 2002. – 227 с.
5. Качан Ю. Г. Об алгоритме управления процессом окомкования сыпучих материалов в барабанных грануляторах / Ю. Г. Качан, О. В. Ренгевич // Придніпровський науковий вісник. – 1997. – № 49 (60). – С. 21-24.
6. Пазюк Ю. М. Формирование слоя шихты с заданными характеристиками путем управления процессом сегрегации (на примере агломерационного производства): дисс ... канд. техн. наук: 05.15.08 / Пазюк Юрий Михайлович. – Запорожье, 2008. – 187 с.

7. Рахуба В. О. Разработка и исследование АСУ формированием гранулометрических характеристик агломерационной шихты при подготовке к спеканию / В. О. Рахуба // Металургія: наукові праці ЗДІА. – Запоріжжя: РВВ, 2009. – № 20. – С. 14-19.

8. Бережной М.М., Мовчан В.П., Плевако В.С. Збагачення та окускування сировини. – Харків, 2000. – 365 с.

УДК 620.17:620.1:669.245

Данилов С.М., Педаш О.О., Наумик В.В., Тьомкін Д.О., Ткач Д.В.

ЗМЗ ім. Омельченко АТ «МОТОР СІЧ»

АТ «МОТОР СІЧ», Запоріжжя

НУ «Запорізька політехніка»

КОМПЛЕКСНЕ МОДИФІКУВАННЯ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ ЧАСТОК КАРБОНІТРИДУ ТИТАНУ

Найбільш відповідальні деталі ГТД (лопатки турбіни) отримують литвом перегрітого до температури 1600°C нікелевого сплаву в керамічні форми, нагріті до 1000°C, що забезпечує гарну заповнюваність форми та отримання заданої геометричної конфігурації робочої частини вилівка. Такі температурні умови при об'ємній кристалізації металу незбіжно призводять до укрупнення структурних складових, особливо макрозерен, розміри котрих можуть досягати десятків мм, що в свою чергу може чинити негативну дію на циклічну довговічність деталей гарячого тракту газотурбінного двигуна виготовлених з жароміцних нікелевих сплавів. Тому подальше підвищення експлуатаційних характеристик лопаток турбін ГТД безпосередньо пов'язане з подрібненням їх структури.

В даній роботі вивчали вплив комплексного модифікування на структуру та властивості жароміцного сплаву на нікелевій основі ЖСЗДК-ВІ. При цьому був використаний комплекс модифікаторів першого та другого роду для формування сприятливої морфології фазового складу сплаву, а також було застосовано модифікатор при введенні в керамічну форму для інтенсифікації тепловідведення від розплаву і формування дрібнодисперсного макрозерна на поверхні вилівоків. Для цього на вакуумній