

УДК 669.181

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГБЖ НА
ВАЛКОВОМ ПРЕССЕ****Скляр Виталий Александрович,**

кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры Metallургии и металловедения им. С.П. Угаровой
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»
Россия, г. Старый Оскол
Электронная почта: konfor1@yandex.ru

Черменев Евгений Александрович,

кандидат технических наук
доцент кафедры Metallургии и металловедения им. С.П. Угаровой
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»
Россия, г. Старый Оскол
Электронная почта: fenix-evg@yandex.rukara

Карамин Андрей Васильевич,

аспирант кафедры Metallургии и металловедения им. С.П. Угаровой
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»
Россия, г. Старый Оскол
Электронная почта: andrey31.karamin@yandex.ru

Гиряинова Аделина Викторовна,

студент 1 курса магистратуры
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал)
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»
Россия, г. Старый Оскол
Электронная почта: giryainova@yandex.ru

Аннотация

В работе рассмотрены условия захвата материала в валковом прессе при производстве горячепрессованного железа. С помощью теоретических расчётов и физического моделирования установлено, что валки с ячейками обладают большей захватывающей способностью чем гладкие валки. Повышение захватывающей способности валков возможно за счет изменения формы ячейки от симметричной к несимметричной, а также при использовании подпрессовщика. Определена степень влияния асимметрии ячеек брикет-пресса и подпрессовщика на величину угла захвата.

Ключевые слова: горячебрикетированное железо, валковый пресс, деформация, угол захвата, физическое моделирование, брикет.

INVESTIGATION OF CAPTURE CONDITIONS IN THE PRODUCTION OF HBI ON A ROLLER PRESS

Skliar Vitalii Aleksandrovich,

Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

Associate Professor of the Department of Metallurgy and Metal Science

named after S.P. Ugarova Sary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch)

NUST «MISIS»

Russia, Sary Oskol

E-mail: konfor1@yandex.ru

Chermenev Evgenii Aleksandrovich,

Ph.D. of Engineering Sciences

Associate Professor of the Department of Metallurgy and Metal Science

named after S.P. Ugarova Sary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch)

NUST «MISIS»

Russia, Sary Oskol

E-mail: fenix-evg@yandex.rukara

Karamin Andrei Vasilevich,

Postgraduate of the Department of Metallurgy and Metal Science

named after S.P. Ugarova Sary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch)

NUST «MISIS»

Russia, Sary Oskol

E-mail: andrey31.karamin@yandex.ru

Giriainova Adelina Viktorovna,

Master's student, Sary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (branch) NUST «MISIS»

Russia, Sary Oskol

E-mail: giryainova@yandex.ru

ABSTRACT

The paper considers the conditions of material capture in a roller press during the production of hot briquetted iron. Using theoretical calculations and physical modeling, it has been established that rolls with cells have a greater capture ability than smooth rolls. Increasing the capture ability of the rolls is possible by changing the shape of the cell from symmetrical to asymmetrical, as well as by using a pre-presser. The degree of influence of the asymmetry of the briquette press cells and underpressing unit on the angle of capture has been determined.

Keywords: hot briquetted iron, roller press, deformation, capture angle, physical modeling, briquette.

Введение

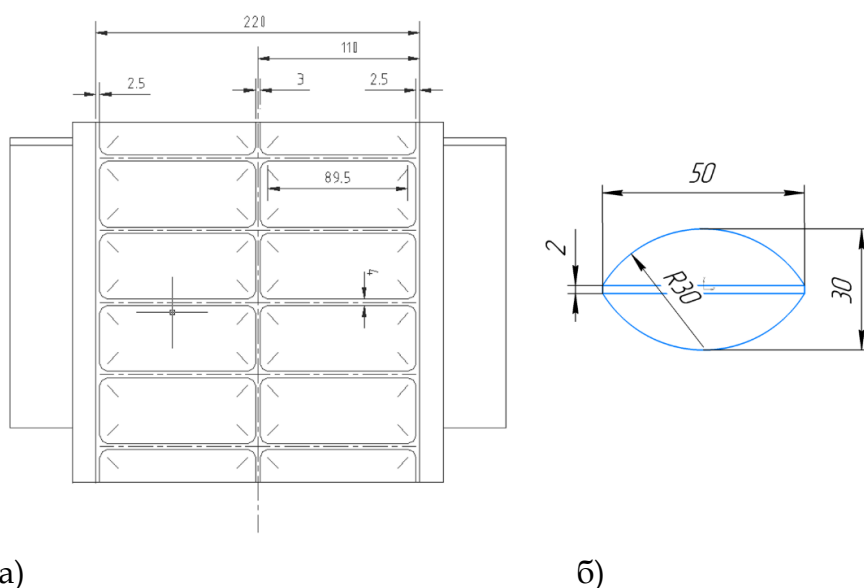
Брикетирование железа прямого восстановления применяется для сохранения его металлургической ценности в процессе хранения и транспортировки [1]. Горячебрикетированное железо (ГБЖ) производится из металлизированных окатышей на валковых прессах непосредственно сразу после выхода их из установки прямого восстановления. Температура окатышей во время прессования в валках пресса составляет около 700 °, что позволяет им пластически деформироваться и свариваться между собой в брикет [2]. Полученный брикет представляет собой не сплошной массив материала, а структуру, состоящую из отдельных деформированных окатышей сваренных между собой [3]. Такая структура имеет невысокую прочность и разрушается как во время ломки ленты брикетов на отдельные брикеты, так и в ходе дальнейшей транспортировки, сопровождающейся многочисленными перегрузками в ходе которых брикет падает со значительной высоты [4]. В результате постепенного разрушения брикетов образуется мелочь, которая быстро теряет металлургическую ценность по причине вторичного окисления [5]. Данный факт снижает металлургическую ценность ГБЖ в целом [6]. Поэтому исследования, направленные на изучение особенностей формирования брикета железа прямого восстановления в ходе прессования в валковом прессе, результаты которых позволят повысить прочность брикетов и снизить количество мелочи носят актуальный характер.

Цель исследования – изучить особенности процесса захвата материала при брикетировании металлизированных окатышей в валковом прессе для дальнейшего повышения эффективности процесса.

Материалы и методы исследования

Для производства ГБЖ используется валковый пресс с ячейками на поверхности валков. Схема расположения ячеек и поперечная форма брикета показана на рисунке 1.

Поскольку на большей части валка поперечное сечение ячейки соответствует сечению, показанному на рисунке 1, б. То для рассмотрения схемы очага деформации можно взять только его. Схема к определению угла захвата приведена на рисунке 2.



а)

б)

Рисунок 1. Схема расположения ячеек на валках брикет-пресса (а) и поперечное сечение брикета (б)

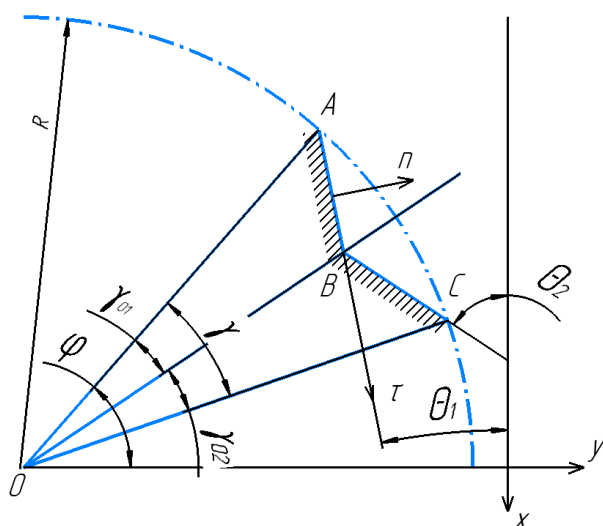


Рисунок 2. Схема очага деформации

По аналогии с решениями, принятыми в работах [7-8] в первом приближении образующие стен ячейки заменены с дуг на хорды АВ и ВС. Угол захвата в этом случае можно найти из формулы:

$$R \cdot \sin \varphi - R \cdot \sin(\varphi - \gamma) = AB \cdot \cos(-\arctg(\mu)) + BC \cdot \cos \theta_2 \quad (1)$$

где μ - коэффициент трения.

При производстве ГБЖ используется шнековый подпрессовщик, который дополнительно уплотняет материал и оказывает воздействие на угол захвата за счет интенсификации процесса. Учесть действие подпрессовщика можно через уравнение:

$$\frac{G}{F} + \tau \cdot \cos \theta_i + p \cdot \sin \theta_i = 0 \quad (2)$$

где τ и p - касательные и нормальные напряжения на стенках ячейки;

G и F - усилие, развиваемое подпрессовщиком и площадь приложения этого усилия соответственно.

Для проведения экспериментальных исследований использовалась специально разработанная экспериментальная установка, представляющая собой плоскую модель валков брикет-пресса по аналогии с работой [9]. Масштаб моделирования составил 1:1, в качестве моделирующего материала использовались пластиковые шарики диаметром 10-12 мм.

Результаты и их обсуждение

При принятии коэффициента трения $\mu = 0,3$ характерного для многих процессов прокатки получаем величину угла захвата по формуле (1) $15,53^\circ$. В то время как теоретический угол захвата при прокатке в гладких валках для подобных условий $11,5^\circ$. Таким образом наличие ячеек на поверхности валка повышает их захватывающую способность.

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволило оценить влияние подпрессовщика на угол захвата (рисунок 3).

Как видим, применение подпрессовщика приводит к увеличению угла захвата и будет положительно влиять на эффективность процесса и прочностные характеристики брикета.

Все вышесказанное относится к симметричной ячейке, т.е. длины стенок АВ и ВС одинаковы. В работе [8] высказано предположение, что применение несимметричных ячеек

может привести к повышению угла захвата. Введем параметр m , который будет характеризовать асимметрию ячеек и определяться из следующих соображений:

$$m = ac_1/AC \quad (3)$$

где ac_1 – проекция стенки АВ на линию АС, которая соединяет края ячейки.

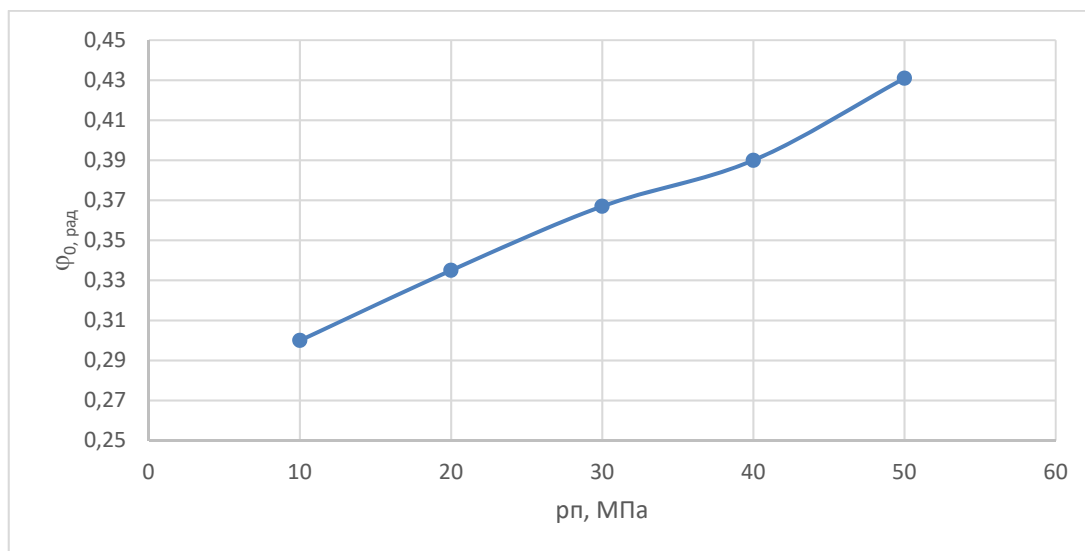


Рисунок 3. Влияние давления от подпрессовщика на угол захвата

Решение уравнения (1) относительно параметра m дает следующие результаты (рисунок 4).

Как видим, уменьшение длины стенки АВ приводит к повышению угла захвата валков.

Изучим процесс захвата материала в валковом прессе на специально разработанной установке. Результаты определения угла захвата приведены на рис 5, а.

Угол захвата определялся исходя из нахождения точки, в которой захваченный шарик увлекался стенкой ячейки.

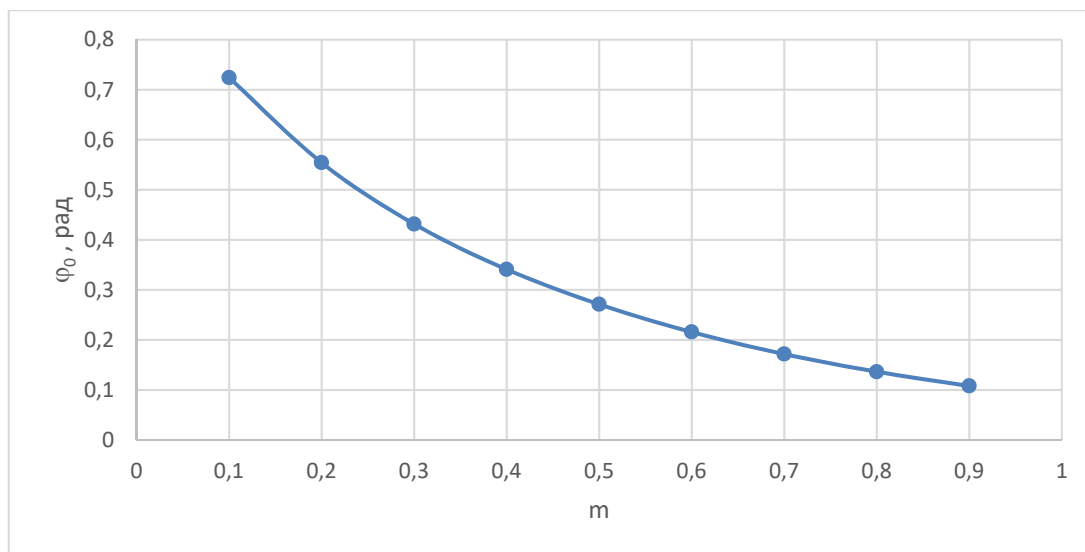
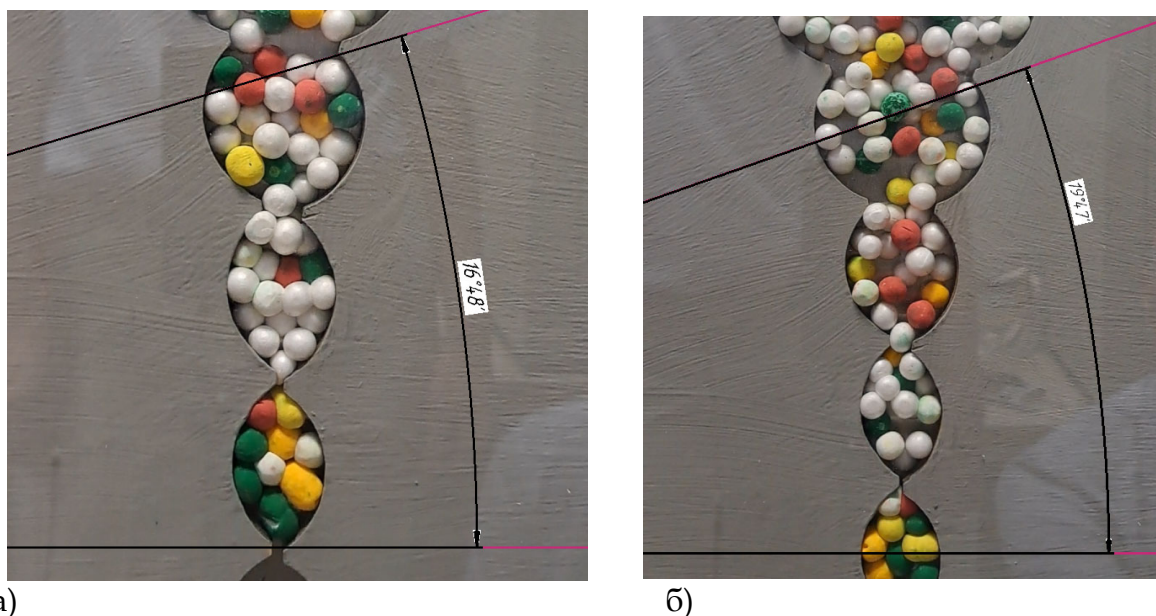


Рисунок 4. Зависимость угла захвата от параметра m



а) б)
Рисунок 5. Угол захвата на экспериментальной установке без использования подпрессовщика (а) и с использованием (б)

Как видим полученный в результате измерения угол захвата составляет $16,80^\circ$, что несколько больше чем расчетное – $15,53^\circ$. Однако разница не превышает 10 % и такую сходимость результатов можно считать приемлемой.

В случае использования подпрессовщика (рис. 5, б) угол захвата несколько увеличивается. Его величина на практике составила в среднем $19,78^\circ$, при расчетной величине $19,42^\circ$. Как видим разница не превышает 10 % и такую сходимость результатов тоже можно считать приемлемой.

Выводы. В результате исследований условий захвата было установлено, что захватывающая способность валков с ячейками при производстве ГБЖ больше чем гладких. Повышение захватывающей способности валков возможно за счет изменения формы ячейки от симметричной к несимметричной, а также при использовании подпрессовщика. Проверка теоретически полученных результатов на физической модели показала хорошую сходимость результатов.

Список литературы:

1. Гурьев А.В., Дроздова И.В. Сравнение и рекомендации по возможному выбору эффективной технологии производства горячебрикетированного железа на промплощадке АО "Стойленский ГОК" // Уральская горная школа регионам : материалы Международной научнопрактической конференции, Екатеринбург, 08 апреля 2024 г. Екатеринбург : УрГУ, 2024. С. 561–562.
2. Никитченко Т.В. Исследование и разработка технологии производства горячебрикетированного железа из концентратов КМА на промышленной установке металлизации НУЛШ : автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук : спец. 05.16.02 «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов» / Никитченко Татьяна Владимировна. Липецк, 2007. 24 с.
3. Скляр В.А., Черменев Е.А., Князев И.С. Анализ макроструктуры горячебрикетированного железа // Современные проблемы горнометаллургического комплекса. Наука и производство : материалы XIX

Всероссийской научнопрактической конф. с международ. участием, Старый Оскол, 07 декабря 2022 г. Старый Оскол : НИТУ «МИСИС», 2023. С. 39–44.

4. Тимофеева А.С., Кожухов А.А., Никитченко Т.В., Короткова Л.Н. Влияние перевалок горячбрикетированного железа при транспортировке на его реакционную способность // Чёрная металлургия. Бюлл. науч.технич. и экономич. информ. 2022. Т. 78, № 10. С. 845–850.
5. Тимофеева А.С., Арутюнян А.Б., Кожухов А.А., Никитченко Т.В. Влияние температуры окружающей среды на вторичное окисление горячбрикетированного железа // Сталь. 2022. № 9. С. 7–10.
6. Скляр В.А., Черменев Е.А., Князев И.С. Анализ распределения плотности в горячбрикетированном железе // Современные проблемы горнометаллургического комплекса. Наука и производство : XVII Всероссийская научнопрактическая конф., Старый Оскол, 15–16 декабря 2020 г. Старый Оскол : СТИТИ ФГАОО ВО НИТУ «МИСиС», 2021. С. 81–86.
7. Логинов Ю.Н., Буркин С.П., Бабайлов Н.А., Полянский Л.И. Механика валкового брикетирования сыпучих материалов. Екатеринбург : Издво АМБ, 2011. 299 с.
8. Логинов Ю.Н., Бабайлов Н.А., Буркин С.П. Валковое брикетирование несимметричных брикетов // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2013. С. 407–414.
9. Логинов Ю.Н., Бабайлов Н.А., Буркин С.П. Исследование распределения деформаций брикета в ячейке валка брикетировочного пресса. Известия вузов. Черная металлургия, 1999, №6. С.30–33

References:

1. Guryev A.V., Drozdova I.V. Comparison and recommendations on the possible selection of an effective technology for the production of hot-briquetted iron at the Stoylensky GOK industrial site // Ural Mining School for Regions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, April 8, 2024. Yekaterinburg : UrSU, 2024. PP. 561–562.
2. Nikitchenko T.V. Research and development of technology for the production of hot-briquetted iron from KMA concentrates at the HYLIII industrial metallization plant : abstract. for the degree. of Candidate of Technical Sciences : special. 05.16.02 "Metallurgy of Ferrous, Non-Ferrous, and Rare Metals" / Nikitchenko Tatyana Vladimirovna. Lipetsk, 2007. 24 p.
3. Sklyar V.A., Chermenev E.A., Knyazev I.S. Analysis of the macrostructure of hot briquetted iron // Modern problems of the mining and metallurgical complex. Science and production : proceedings of the XIX All-Russian Scientific and Practical Conference with international Moscow, Stary Oskol, December 07, 2022. Stary Oskol : NUST MISIS, 2023.
4. Timofeeva A.S., Kozhukhov A.A., Nikitchenko T.V., Korotkova L.N. The Effect of Hot-Briquetted Iron Transshipment on Its Reactivity during Transportation // Chernaya Metallurgiya. Bull. scientific, technical and economic information. 2022. V. 78, No. 10. PP. 845–850.

5. Timofeeva A.S., Arutyunyan A.B., Kozhukhov A.A., Nikitchenko T.V. Influence of ambient temperature on the secondary oxidation of hot-pressed iron // *Steel*. 2022. No. 9. PP. 7-10.
6. Sklyar V.A., Chermenev E.A., Knyazev I.S. Analysis of density distribution in hot-briquetted iron // *Modern problems of the mining and metallurgical complex. Science and production : XVII All-Russian scientific and practical conference, Stary Oskol, December 15-16, 2020. Stary Oskol: STITI FGAOO VO NUST MISIS, 2021, PP. 81-86.*
7. Loginov Yu.N., Burkin S.P., Babaylov N.A., Polyansky L.I. *Mechanics of Roll Briquetting of Bulk Materials*. Yekaterinburg: AMB Publishing House, 2011. 299 p.
8. Loginov Yu.N., Babaylov N.A., Burkin S.P. *Roll Briquetting of Asymmetric Briquettes // Innovative Technologies in Metallurgy and Mechanical Engineering*. Yekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 2013. PP. 407-414.
9. Loginov Yu.N., Babaylov N.A., Burkin S.P. *Research of the distribution of deformations of a briquette in the roll cell of a briquetting machine.*