



МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

УДК 621.777.06: 622.788.32.083.133

К.В. БАЮЛ, канд. техн. наук
старший научный сотрудник¹
E-mail: baiulkonstantin@gmail.com

С.В. ВАЩЕНКО, канд. техн. наук
старший научный сотрудник¹
E-mail: sergeyvaschenko.sv@gmail.com

А.Ю. ХУДЯКОВ, канд. техн. наук
старший научный сотрудник¹
E-mail: khudyakovsashko@gmail.com

¹Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр, Украина

Поступила в редакцию 06.11.2018.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ КАРТЫ БАНДАЖЕЙ ВАЛКОВЫХ БРИКЕТНЫХ ПРЕССОВ

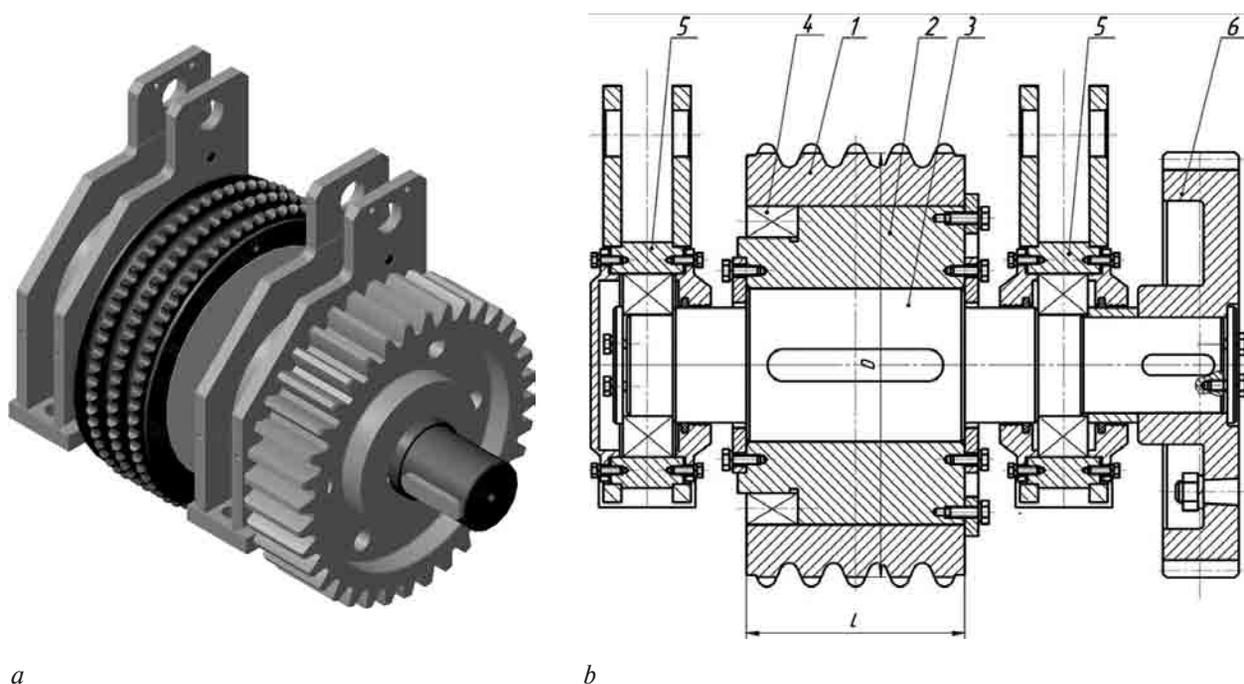
Предложена форма эксплуатационной карты комплекта бандажей валкового брикетного пресса. На конкретном примере показано применение эксплуатационной карты для выбора рациональных режимов брикетирования и накопления фактических данных о режимах и условиях эксплуатации бандажей при брикетировании шихты с изменяющимися физико-механическими свойствами с учетом развития износа бандажей. Применение созданной эксплуатационной карты является основой при разработке системы плано-предупредительных ремонтов прессового оборудования и рациональных методов восстановления рабочих поверхностей изношенных бандажей валковых брикетных прессов.

Ключевые слова: валковый брикетный пресс, бандажи, эксплуатационная карта

Введение. В условиях современных металлургических, горнодобывающих и химических производств валковые прессы используют для получения брикетов из различных материалов, существенно отличающихся между собой по физико-механическим свойствам [1–4]. При этом с ростом твердости частиц перерабатываемого материала увеличивается интенсивность износа рабочих поверхностей валков, что оказывает существенное влияние на основные производственные расходы и эффективность брикетного производства.

Опыт эксплуатации валковых прессов конструкции Института черной металлургии НАН Украины (ИЧМ) на ряде промышленных предприятий при брикетировании различных шихт показал техническую и экономическую эффективность разработанного оборудования [5, 6]. Необходимость расширения эксплуатационных возможностей прессов

определяется растущими объемами переработки вторичных мелкофракционных сырьевых ресурсов методом брикетирования на предприятиях горно-металлургического комплекса. Валковые прессы, разработанные и производимые в ИЧМ, оснащены бандажированными валками (рисунок 1). Бандажи валков — это сменные, быстроизнашивающиеся и достаточно дорогостоящие детали, их изготовление и замена требуют больших расходов времени и средств. На изменение качества брикетов, технологические и энергосиловые параметры процесса брикетирования в валковых прессах существенное влияние оказывает степень износа бандажей. Их износ приводит к нарушению геометрических параметров формирующих элементов, что влечет за собой изменение энергосиловых параметров брикетирования, отклонение брикетов от заданной формы и плотности и снижение их потребительских свойств.



a

b

Рисунок 1 — Валок пресса: *a* — общий вид; *b* — принципиальное конструктивное решение (1 — бандаж; 2 — ступица; 3 — валок; 4 — крепежный элемент; 5 — подшипниковые опоры; 6 — зубчатое колесо синхронизирующей передачи)
Figure 1 — Press roll: *a* — general view; *b* — basic design solution (1 — tire; 2 — spider; 3 — roll; 4 — fastener; 5 — bearing supports; 6 — gear wheel of timing gear)

Анализ работ по теории трения и изнашивания [7–13] показывает, что в настоящее время наиболее развиты материаловедческие аспекты прогнозирования износа, методы защиты и восстановления деталей промышленного оборудования. В области процессов и машин обработки материалов давлением традиционно наиболее широко применим подход к увеличению ресурса эксплуатации рабочих органов оборудования за счет применения износостойких материалов. То же самое относится и к бандажам валков брикетных прессов. Однако независимо от того, из какого материала изготовлены бандажи, в процессе эксплуатации происходит износ их рабочих поверхностей. Поэтому актуален вопрос, до какой степени износа можно эксплуатировать бандажи, соблюдая работу пресса в пределах заданных технических характеристик и обеспечивая формирование брикетов удовлетворительного качества. Важно также определиться, как изменить режим работы пресса при наличии износа бандажей, регламентировать их замену, приемы ремонта и восстановления.

В настоящее время данных о режимах эксплуатации валковых прессов, периодах и параметрах эксплуатации сменных кольцевых бандажей в реальных производственных условиях крайне мало, они, как правило, кратки и не систематизированы. Это затрудняет выработку рациональных приемов эксплуатации прессов на разных стадиях износа рабочих поверхностей валков, выбора оптимальных геометрических параметров формирующих элементов, материала и способов восстановления бандажей.

Основное содержание работы. Наиболее близкими по физической сущности и математическому описанию к процессу износа бандажей валковых прессов являются модели износа прокатных валков [14–20], которые, как правило, базируются на известных теориях износа [9, 10]. Отличием процесса износа бандажей валковых прессов является то, что разрушающими телами являются твердые частицы брикетируемой шихты, поэтому поверхность фрикционного взаимодействия представляет собой совокупность пятен контактов, количество и характер которых постоянно меняется. Изнашивание бандажей валковых прессов происходит в результате многократного упругого и пластического деформирования одних и тех же микрообъемов материала рабочей поверхности на контактах с твердыми частицами брикетируемой шихты, которое вызывает усталостное разрушение поверхностного слоя материала бандажей. Учитывая указанные особенности изнашивания бандажей валковых прессов, приняв за основу базовые положения теории трения и изнашивания, изложенные в работах [9, 10], и структуру решения подобных задач в прокатном производстве [14, 15], создан новый расчетно-аналитический аппарат для прогнозирования износа рабочих поверхностей валков брикетных прессов и оценки его влияния на энергосиловые и технологические параметры процесса брикетирования [21, 22]. Указанный расчетно-аналитический аппарат открывает возможность разработки рациональных режимов брикетирования и эксплуатации пресса на разных стадиях износа бандажей и создания эффективных методов восстановления рабочих

поверхностей валков с целью увеличения срока эксплуатации бандажей пресса. Для этого требуется организация рациональной структуры сбора и обработки информации о режимах брикетирования и состоянии бандажей в процессе их эксплуатации.

Многолетняя практика эксплуатации промышленного оборудования, в том числе на предприятиях горно-металлургического комплекса, позволила разработать комплекс мероприятий, нормативных документов и программных средств, структурирующих и упрощающих процессы накопления, обработки информации и принятия решений при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования [23–25]. На базе практических рекомендаций по организации технического обслуживания и ремонта, приведенных в указанных работах, и практического опыта специалистов ИЧМ предложена форма эксплуатационной карты (ЭК) комплекта бандажей (рисунок 2).

Сформировать предлагаемую ЭК позволили результаты теоретических расчетов и практические данные, полученные при проведении исследований процесса брикетирования отсевов ферросплавов и режимов работы валкового пресса конструкции ИЧМ в промышленных условиях на одном из предприятий, производящем брикеты для металлургического производства.

Данная карта позволит в процессе работы комплекта бандажей в условиях действующего производства накапливать данные о режимах эксплуатации бандажей и, в дальнейшем, в оперативном режиме осуществлять оценку возможности эксплуатации изношенных бандажей, корректировать эксплуатационный режим прессового оборудования и технологические характеристики шихты с целью увеличения рабочего ресурса данного комплекта.

По сути, на рисунке 2 приведен конкретный пример рабочей ЭК комплекта бандажей. В общем виде работа с ней состоит в следующем.

ЭК заполняется начальными данными (см. рисунок 2, таблицы 1–5) при передаче комплекта бандажей предприятию, которое будет осуществлять их эксплуатацию. К начальным данным относятся основные характеристики пресса и исходные параметры бандажей, рекомендуемые и прогнозные параметры брикетирования на разных стадиях износа бандажей для исходной шихты и возможных ее корректировок. Эти данные формируются на основании результатов прогнозных и экспертных исследований, полученных с применением расчетно-аналитических методов [21, 22].

Диапазон плотности брикетов $3,8...4,9 \text{ г/см}^3$, указанный в таблице 2 на рисунке 2, определяет допустимые границы, которых необходимо придерживаться на всем периоде эксплуатации бандажей для получения брикетов требуемого качества. При этом энергосиловые параметры процесса брикетирования (P , M , I_{dv}) не должны превышать технические характеристики пресса (см. рисунок 2,

таблицу 2) во избежание перегрузки или выхода из строя прессового оборудования.

В реальных производственных условиях имеют место колебания свойств шихты. Поэтому на разных стадиях износа важна регулировка параметров брикетирования с учетом конкретных свойств шихты для обеспечения получения качественных брикетов и нормальной работы прессового оборудования. В работе [22] на конкретных примерах показано, что свойства шихты влияют на ресурс эксплуатации бандажей. Поэтому, с учетом сырьевых возможностей на производстве, с использованием ЭК можно оперативно скорректировать состав шихты таким образом, чтобы обеспечить максимальную продолжительность эксплуатации бандажей при условии получения брикетов, отвечающих требованиям технологического регламента.

В таблице 3 на рисунке 2 приведены рекомендуемые параметры брикетирования, соответствующие работе нового, неизношенного комплекта бандажей, в данном примере, для двух вариантов шихтовки. Таких вариантов может быть больше при необходимости. Данная таблица содержит наиболее рациональные из прогнозируемых вариантов реализации технологии брикетирования, на которые стоит ориентироваться при ведении процесса брикетирования на производстве.

Между тем, в процессе износа бандажей будут меняться геометрические характеристики прессующих поверхностей, соответственно, условия захвата материала валками, что потребует корректировки режимов брикетирования для обеспечения условий получения брикетов требуемого качества, в первую очередь, плотности. Поэтому в таблицах 4 и 5 на рисунке 2 приведены прогнозные теоретические параметры процесса брикетирования на разных стадиях износа бандажей для рациональных составов брикетируемых шихт. Информация этих таблиц совместно с данными таблиц 2 и 3 представляют собой рекомендации, позволяющие выбрать рациональный режим брикетирования с учетом износа бандажей и свойств брикетируемой шихты.

Объектом промышленных исследований являлись бандажи с зубчато-желобчатой конфигурацией прессующих поверхностей и размерами ячеек $63,6 \times 60,0 \times 27,0 \text{ мм}$, которые применяются для брикетирования шихт на основе отсевов силикомарганца фракцией от -3 до -6 мм . При этом плотность производимых брикетов определяется требованиями технологического регламента.

Рекомендуемые параметры брикетирования для новых неизношенных бандажей (см. рисунок 2, таблицу 3) и изменение параметров по мере износа бандажей (см. рисунок 2, таблицы 4 и 5) рассчитаны с использованием уже указанных методов [21, 22]. При этом физико-механические свойства шихт, определяющие их поведение при брикетировании и используемые в прогнозных расчетах, определены экспериментально.

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ КАРТА БАНДАЖЕЙ

Дата ввода в эксплуатацию:

сентябрь 2017 г.

Дата вывода из эксплуатации: декабрь 2017 г.

Таблица 1 — Исходные параметры бандажей

Назначение	Брикетирование отсевов силикомарганца
Конфигурация формующих элементов	зубчато-желобчатая
Тип бандажей: Размер ячейки, мм Материал бандажей	63,6×60,0×27,0 Сталь 40ХН, твердость рабочего слоя 58...63 HRC

Таблица 2 — Параметры экспертизы режимов брикетирования

Диапазон плотности брикетов, г/см ³	3,8...4,9
Технические характеристики пресса: - механизм прижима валков - номинальное усилие прессования, кН - номинальный момент прессования, кН·м - номинальная мощность электродвигателя пресса, кВт - номинальный ток электродвигателя, А	гидравлический 1000 35 30 57,6

Таблица 3 — Рекомендуемые параметры брикетирования

Шихта	Материал	Свойства шихты					Технологические и энергосиловые параметры					
		$\rho_{нас}$, г/см ³	W, %	Вид связующего	B, %	GranS, мм	$\alpha_{пр}$, град	Ky	$\rho_{бр}$, г/см ³	P, кН	M, кН·м	
Исходная шихта	Отсев силикомарганца	2,10	3,5	ОС	3,5	-6	14,5	2,30	4,9	379	35	
Скорректированная шихта I		2,17	3,5		1,5	-3	15,5	2,28	5,0	366	35	

Таблица 4 — Прогнозные параметры брикетирования на разных стадиях износа (исходная шихта)

δ , мм	$\alpha_{пр}$, град	Ky	$\rho_{бр}$, г/см ³	P, кН	M, кН·м
0,50	14,5	2,14	4,5	379	35
2,66	14,8	2,06	4,3	376	35
4,81	15,3	2,01	4,2	374	35
6,97	15,9	1,99	4,2	372	35
9,12	16,5	1,98	4,1	367	35
$\delta_{max} = 11,27$	17,1	1,94	4,1	354	35

Таблица 5 — Прогнозные параметры брикетирования на разных стадиях износа (скорректированная шихта I)

δ , мм	$\alpha_{пр}$, град	Ky	$\rho_{бр}$, г/см ³	P, кН	M, кН·м
0,50	15,5	2,28	5,0	366	35
2,31	15,7	2,22	4,8	363	35
4,14	16,1	2,16	4,7	363	35
5,95	16,4	2,11	4,6	361	35
7,76	16,8	2,07	4,5	356	35
9,59	17,3	2,05	4,5	350	35
$\delta_{max} = 11,40$	17,9	2,04	4,4	345	35

Примечание: в соответствии с требованиями технологического процесса количество прогнозных вариантов шихт и режимов брикетирования может быть увеличено.

Таблица 6 — Условия эксплуатации пресса

Дата	Материал	$\rho_{нас}$, г/см ³	W, %	Связующее	GranS, мм	B, %	σ , мм	Параметры брикетирования														Q, т	
								прогнозные (рекомендованные)							установленные								
								Ky	L _{рег} , мм	$\rho_{бр}$, г/см ³	$\alpha_{пр}$, град	P, кН	M, кН·м	Ky	L _{рег} , мм	$\rho_{бр}$, г/см ³	P, кН	M, кН·м	I _{бр} , А	n _н , мин ⁻¹			
30.02.17	Отсев силикомарганца	1,98	3,5	ОС	3	3	5	2,01...2,13	5	4,21...4,61	15,3...16,3	362...375	до 35,0	2,17	5	4,3	—	—	35...55	3			
30.04.17		2,00	3,5					-5	3	6	1,99...2,11	5		4,18...4,57	15,6...16,5	360...373	2,20	5	4,4	—	—	35...55	3
30.05.17		1,90	3,5					-5	3	7	1,99...2,09	5		4,16...4,54	15,9...16,9	358...371	2,21	5	4,2	—	—	35...55	3
30.06.17		1,86	3,5					-5	3	8	1,98...2,07	5		4,15...4,52	16,1...17,0	355...368	2,20	5	4,1	—	—	35...55	3
30.07.17		1,95	3,5					-5	3	9	1,97...2,06	5		4,13...4,50	16,4...17,2	353...365	2,21	7	4,3	—	—	35...45	3
30.08.17		1,98	3,5					-5	3	10	1,96...2,05	7		4,12...4,48	16,7...17,4	350...361	2,12	7	4,2	—	—	35...45	3
30.09.17		2,00	3,5					-5	3	10,5	1,96...2,04	8		4,11...4,47	16,9...17,5	348...360	2,10	8	4,2	—	—	35...45	3
30.10.17		1,95	3,5					-5	3	11,0	1,96...2,04	8		4,11...4,46	17,1...17,6	346...357	2,10	8	4,1	—	—	35...40	3
30.11.17		2,10	3,5					-5	3	11,5	1,96...2,04	9		4,10...4,45	17,2...17,7	344...355	1,90	9	4,0	—	—	20...30	3
30.12.17		2,00	3,5					-5	3	12,0	1,95...2,04	10		4,10...4,45	17,4...17,9	342...352	1,90	10	3,8	—	—	20...25	3

Примечание: $\rho_{нас}$, г/см³ — насыпная плотность шихты; W, % — влажность шихты; GranS — гранулометрический состав шихты (фракция); B, % — процентное содержание связующего; δ , мм — величина износа рабочей поверхности бандажей; $\alpha_{пр}$ — угол прессования, устанавливаемый путем регулировки загрузочного устройства; L_{рег}, мм — положение устройства, регулирующего подачу шихты в очаг деформации; Ky — коэффициент уплотнения шихты; $\rho_{бр}$, г/см³ — плотность брикетов; P, кН — усилие прессования; M, кН·м — момент прессования; I_{бр}, А — ток электродвигателя привода пресса; n_н, мин⁻¹ — частота вращения валков пресса; Q, т — количество тонн произведенных брикетов.

Рисунок 2 — Пример эксплуатационной карты комплекта бандажей валкового пресса
Figure 2 — Example of performance card of set of roller press tires

Фактические показатели эксплуатации прессы (см. рисунок 2, таблицу 6), отраженные в ЭК, регистрировались в процессе промышленных испытаний и заносились в рабочий журнал, обрабатывались и контролировались специалистами ИЧМ. На протяжении всего периода эксплуатации комплекта бандажей корректировка шихты и режимов прессования осуществлялась с использованием в качестве базовых ориентиров данных, приведенных в таблицах 2–5 на рисунке 2. Так, на основании этих таблиц выполнен расчет прогнозных (рекомендованных) параметров брикетирования, на основе которых производились корректировки реальных режимов брикетирования с целью обеспечения получения брикетов требуемого качества (плотность 3,8...4,9 г/см³) и работы прессы в границах его технических характеристик (см. рисунок 2, таблицу 2).

В результате обобщения данных о работе прессы в реальных промышленных условиях установлено, что фактические показатели процесса брикетирования на разных стадиях эксплуатации бандажей несколько отличаются от рекомендованных (ЭК, см. рисунок 2). Это связано с нестабильностью физико-механических свойств исходных отсеков силикомарганца в первую очередь за счет изменения процентного соотношения крупных и мелких фракций частиц в брикетируемой шихте. Но при этом, ориентируясь на рекомендованные параметры брикетирования, удалось в процессе всего цикла эксплуатации комплекта бандажей обеспечить нахождение характеристик реального процесса производства брикетов в допустимых пределах с точки зрения качества получаемых брикетов и работы прессы в рамках его технических характеристик. Коэффициент уплотнения и плотность брикетов в течение всего периода эксплуатации находится в заданном диапазоне 3,8...4,9 г/см³. В ЭК не отражены фактические значения усилия и момента прессования P и M , так как данный пресс, в отличие от ряда других модификаций, не оснащен специальными контрольно-измерительными устройствами. Однако значения тока электродвигателя $I_{дв}$ привода прессы за весь период эксплуатации бандажей не превышали номинальных значений. Не наблюдалось также срабатывания предохранительных устройств гидравлической системы прижима валков. Это свидетельствует о том, что при корректировании режимов брикетирования на разных стадиях износа бандажей не только обеспечены заданные значения K_u , ρ_{br} , но и величины P и M находятся в пределах технических характеристик прессы.

Учитывая нестабильный режим работы технологической линии, связанный с периодичностью поставки сырья на предприятие и различным объемом поставляемых партий, удалось точно зафиксировать лишь общее суммарное количество продукции Q , произведенное за весь период эксплуатации бандажей — 2500 т. В дальней-

шем, при возможности, необходимо фиксировать не только общее, но и промежуточные значения количества произведенных брикетов на различных стадиях износа бандажей. Это позволит уточнить степень нарастания износа во времени в зависимости от объема произведенной продукции.

Выводы. В результате проведенной работы предложена форма эксплуатационной карты комплекта бандажей валкового брикетного прессы. В дальнейшем, применение такой карты позволит накопить фактические данные о режимах и условиях эксплуатации бандажей различного конструктивного исполнения в условиях брикетирования шихт с различными физико-механическими свойствами. Сопоставление фактических параметров эксплуатации бандажей с расчетными данными позволит внести коррективы в модели и методы оценки влияния износа бандажей на процесс брикетирования, тем самым повысить их эффективность. Данные, полученные с помощью ЭК, также будут применены при разработке системы планово-предупредительных ремонтов прессового оборудования. В том числе планируется создание программного обеспечения поддержки брикетного производства. Накопление данных о предельной величине и скорости развития износа позволят выполнить оценку и выбор рациональных методов и периодов восстановления и рабочих поверхностей изношенных бандажей. К примеру, достаточно эффективным может оказаться восстановление бандажа на стадии, когда износ не достиг своего максимально допустимого значения. Это позволит снизить объем наплавляемого материала, упростить процесс наплавки и последующей механической обработки, снизить величину и неравномерность остаточных температурных напряжений в восстановленном бандаже. В совокупности такой подход позволит, ориентировочно, в 2–3 раза увеличить ресурс эксплуатации комплекта бандажей.

Список литературы

1. Теоретические основы методики расчета и составления шихт с минимальной порозностью / А.Ю. Худяков [и др.] // Черная металлургия: Бюл. науч.-техн. и экономич. инф. — 2018. — № 7. — С. 23–32.
2. Разработка научно-методического подхода к выбору состава брикетируемой шихты и ее свойств / С.В. Ващенко [и др.] // Сталь. — 2018. — № 8. — С. 2–6.
3. Исследование условий и механизмов формирования прочностных связей в прессовках при брикетировании мелкофракционных шихтовых материалов / С.В. Ващенко [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. тр. / ИЧМ НАН Украины. — Киев: Наук. думка, 2015. — Вып. 30. — С. 347–362.
4. Брикетирование каолинового сырья для производства кускового шамота / А.Ю. Худяков [и др.] // Новые огнеупоры. — 2018. — № 8. — С. 14–20.
5. Брикетирование металлургического сырья. Актуальность и пути развития метода / Б.Н. Маймур [и др.] // Черная металлургия: Бюл. науч.-техн. и экономич. инф. — 2016. — Вып. 1. — С. 74–81.
6. Маймур, Б.Н. Совершенствование конструкции и улучшение эксплуатационных характеристик валковых бри-

- кетных прессов / Б.Н. Маймур, В.И. Петренко, А.Т. Лебедь // Черная металлургия: Бюл. науч.-техн. и экономич. инф. — 2011. — № 12. — С. 67–71.
7. Польцер, Г. Основы трения и изнашивания / Г. Польцер, Ф. Майсснер; пер. с нем. О.Н. Озерского, В.Н. Пальянова; под ред. М.Н. Добычина. — М.: Машиностроение, 1984. — 264 с.
 8. Polzer, G. Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Reibung und Verschleiß, insbesondere zwischen Reibkraft und Materialverlusterscheinungen: Dissertation B. — Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, 1973.
 9. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. — М.: Машиностроение, 1977. — 526 с.
 10. Burwell, J.T. On the Empirical Law of Adhesive Wear / J.T. Burwell, C.D. Strang // Journal of Applied Physics. — 1952. — Vol. 23, No. 1. — Pp. 18–28.
 11. Archard, J.F. Contacts and rubbing of flat surface / J.F. Archard // Journal of Applied Physics. — 1953. — Vol. 24, No. 8. — Pp. 981–988.
 12. Зеленцов Д.Г. Моделирование коррозионного износа в изгибаемых элементах при наличии антикоррозионных покрытий / Д.Г. Зеленцов, Н.А. Солодкая // Вопросы химии и химической технологии. — 2001. — № 5. — С. 94–96.
 13. Testing the relative wear characteristics of different alloys for roller press forming elements by Dr. Roman T. Dec, Prof. Marek Hryniewicz, Richard K. Komarek // 30th Biennial Conference of the Institute for Briquetting and Agglomeration, Savannah, GA, Proceedings, October 21–24, 2007. — Vol. 30. — Pp. 130–139.
 14. Prediction of the wear profile of a roll groove in rod rolling using an incremental form of wear model / D.H. Kim [et al.] // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, January 1, 2003 — Vol. 217, No. 1. — Pp. 111–126.
 15. Воробей, С.А. Прогнозирование износа рабочих валков широкополосного стана горячей прокатки / С.А. Воробей // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. тр. — Днепропетровск.: ІЧМ НАН України, 2006. — Вип. 12. — С. 213–220.
 16. Prediction of Hot Strip Mill Roll Wear / R. Turk [et al.] // Metalurgija. — 2002. — Vol. 41, No. 1. — Pp. 47–51.
 17. Wang, Bo A simulation of roll wear in hot rolling processes / Bo Wang. — University of Wollongong, 1996. — 336 p.
 18. Spuzic, S. Hot Rolling Mill Roll Wear — Some Aspects of High Temperature Abrasion: Thesis...Ph.D. / S. Spuzic. — The University of South Australia, Adelaide, 1996.
 19. Prediction of Roll Profile Wear in the Cold Roll Forming Process / A.S. Galakhar [et al.] // Key Engineering Materials, 2009. — Vols. 410–411. — Pp. 643–660.
 20. Stevens, P.G. Increasing Work Roll Life by Improved Roll Cooling Practice / P.G. Stevens // Journal of the Iron and Steel Institute. — 1971. — Pp. 1–11.
 21. Баюл, К.В. Метод оценки износа бандажей валковых прессов на различных стадиях их эксплуатации / К.В. Баюл, В.И. Петренко // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. тр. — Днепропетровск.: ІЧМ НАН України, 2012. — Вип. 26. — С. 270–281.
 22. Баюл, К.В. Метод оценки влияния износа бандажей валковых прессов на технологические и энергосиловые параметры брикетирования / К.В. Баюл, В.И. Петренко // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. науч. тр. — Днепропетровск.: ІЧМ НАН України, 2013. — Вип. 27. — С. 266–274.
 23. Евстафьев, И.Н. Организация сбора данных для выбора оптимальной стратегии управления ТООР / И.Н. Евстафьев // Металлург. — 2009. — № 3. — С. 30–33.
 24. Комонюк, О.В. Информационная поддержка управления ремонтно-эксплуатационной деятельностью / О.В. Комонюк, И.Н. Антоненко // Главный инженер. — 2007. — № 5. — С. 35–41.
 25. Яшура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник / А.И. Яшура. — М.: Изд-во НЦЭНАС, 2006. — 360 с., ил.

BAIUL Konstantin V., Ph. D. in Eng.

Senior Researcher¹

E-mail: baiulkonstantin@gmail.com

VASHCHENKO Sergey V., Ph. D. in Eng.

Senior Researcher¹

E-mail: sergeyvaschenko.sv@gmail.com

KHUDYAKOV Alexander Yu., Ph. D. in Eng.

Senior Researcher¹

E-mail: khudyakovsashko@gmail.com

¹Z.I. Nekrasov Iron & Steel Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

Received 06 November 2018.

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL CARD OF ROLLER BRIQUETTE PRESSES TIRES

The form of the operational card of the set of tires of a roller briquette press is proposed. A specific example shows application of the operating card for selecting rational briquetting modes and accumulating the actual data on the modes and operating conditions of tires when briquetting a charge with varying physical and mechanical properties taking into account tires wear. The application of the created operational card is the basis for development of system of scheduled maintenance of the pressing equipment and rational methods of restoring working surfaces of the worn tires of the roller briquette presses.

Keywords: roller briquette press, tires, operational card

References

1. Khudyakov A.Yu., Vashchenko S.V., Boyko M.N., Baiul K.V., Semenov Yu.S. Teoreticheskie osnovy metodiki rascheta i sostavleniya shikht s minimalnoy poroznostyu [Theoretical basis of a methodic of calculation and making up charges with minimum fractional void volume.]. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii* [Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information], 2018, no. 7, pp. 23–32.
2. Vashchenko S.V., Khudyakov A.Yu., Baiul K.V., Semenov Yu.S. Razrabotka nauchno-metodicheskogo podkhoda k vyboru sostava briketiruemykh shikhty i ee svoystv [Development of a scientific and methodological approach to the choice of the composition of the briquetted charge and its properties]. *Stal* [Steel], 2018, no. 8, pp. 2–6.
3. Vashchenko S.V., Maymur B.N., Petrenko V.I., Baiul K.V., Khudyakov A.Yu., Solodkaya N.A., Prokudina E.B. Issledovanie usloviy i mekhanizmov formirovaniya prochnostnykh svyazey v pressovkakh pri briketirovani melkofraktsionnykh shikhtovykh materialov [Research of the conditions and mechanisms of strength formation in compacts during briquetting of fine-fraction materials]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoy metallurgii* [Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy], 2015, no. 30, pp. 347–362.
4. Khudyakov A.Yu., Vashchenko S.V., Baiul K.V., Semenov Yu.S. Briketirovanie kaolinovogo syrya dlya proizvodstva kuskovogo shamota [Briquetting of kaolin raw materials for the production of lump chamotte]. *Novye ognepory* [New refractories], 2018, no. 8, pp. 14–20.
5. Maymur B.N., Khudyakov A.Yu., Petrenko V.I., Vashchenko S.V., Baiul K.V. Briketirovanie metallurgicheskogo syrya. Aktualnost i puti razvitiya metoda [Briquetting the metallurgical raw materials. the actual continuity and development ways of the method]. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii* [Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information], 2016, no. 1, pp. 74–81.
6. Maymur B.N., Petrenko V.I., Lebed A.T. Sovershenstvovanie konstruktivnykh i uluchsheniye ekspluatatsionnykh kharakteristik valkovykh briketnykh pressov [Improving design and performance characteristics of roll briquetting presses]. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii* [Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information], 2011, no. 12, pp. 67–71.
7. Polzer G., Meissner F. *Grundlagen zu Reibung und Verschleiß*. Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, 1983. 240 p.
8. Polzer G. *Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Reibung und Verschleiß, insbesondere zwischen Reibkraft und Materialverlusterscheinungen*. Dissertation B. Karl-Marx-Stadt, 1973.
9. Kragelskiy I.V., Dobychn M.N., Kombalov V.S. *Osnovy raschetov na treniye i iznos* [Fundamentals of friction and wear calculations]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1977. 526 p.
10. Burwell J.T., Strang C.D. On the Empirical Law of Adhesive Wear. *Journal of Applied Physics*, 1952, vol. 23, no. 1, pp. 18–28.
11. Archard J. F. Contacts and rubbing of flat surface. *Journal of Applied Physics*, 1953, vol. 24, no. 8, pp. 981–988.
12. Zelentsov D.G., Solodkaya N.A. Modelirovanie korrozionnogo iznosa v izgibaemykh elementakh pri nalichii antikorroziyonnykh pokrytiy [Modeling of corrosive wear in bending elements with anti-corrosion coatings]. *Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Chemistry and chemical technology issues], 2001, no. 5, pp. 94–96.
13. Dec R.T., Hryniewicz M., Komarek R.K. Testing the relative wear characteristics of different alloys for roller press forming elements. *Proc. 30th Biennial Conference of the Institute for Briquetting and Agglomeration*. Savannah, GA, 2007, vol. 30, pp. 130–139.
14. Kim D.H., Lee Y., Yoo S.J., Choo W. Y., Kim B.M. Prediction of the wear profile of a roll groove in rod rolling using an incremental form of wear model. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 2003, vol. 217, no. 1, pp. 111–126.
15. Vorobey S.A. Prognozirovaniye iznosa rabochikh valkov shirokopolosnogo stana goryachey prokatki [Prediction of wear of work rolls of a wide-strip hot rolling mill]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoy metallurgii* [Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy], 2006, no. 12, pp. 213–220.
16. Turk R., Fajfar P., Robič R., Peruš I. Prediction of Hot Strip Mill Roll Wear. *Metallurgija*, 2002, vol. 41, no. 1, pp. 47–51.
17. Wang B. *A simulation of roll wear in hot rolling processes*. Master Thesis. Wollongong, 1996. 336 p.
18. Spuzic S. *Hot Rolling Mill Roll Wear — Some Aspects of High Temperature Abrasion*. Ph.D. Thesis. Adelaide, 1996.
19. Galakhar A.S., Daniel W.J., Meehan P.A. Prediction of Roll Profile Wear in the Cold Roll Forming Process. *Key Engineering Materials*, 2009, vol. 410–411, pp. 643–660.
20. Stevens P.G. Increasing Work Roll Life by Improved Roll Cooling Practice. *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1971, pp. 1–11.
21. Baiul K.V., Petrenko V.I. Metod otsenki iznosa bandazhey valkovykh pressov na razlichnykh stadiyakh ikh ekspluatatsii [Method of estimation of tires wear of roll presses at different stages of their operation]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoy metallurgii* [Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy], 2012, no. 26, pp. 270–281.
22. Baiul K.V., Petrenko V.I. Metod otsenki vliyaniya iznosa bandazhey valkovykh pressov na tekhnologicheskoye i energosilovoye parametry briketirovaniya [Method for assessing the effect of wear of roller press tires on process and energy-power parameters of briquetting]. *Fundamentalnye i prikladnye problemy chernoy metallurgii* [Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy], 2013, no. 27, pp. 266–274.
23. Evstafev I.N. Organizatsiya sbora dannykh dlya vybora optimalnoy strategii upravleniya TOiR [Organization of data collection for choosing the optimal MRO management strategy]. *Metallurg* [Metallurgist], 2009, no. 3, pp. 30–33.
24. Komonyuk O.V., Antonenko I.N. Informatsionnaya podderzhka upravleniya remontno-ekspluatatsionnoy deyatel'nostyu [Information support for the management of maintenance activities]. *Glavnyy inzhener* [Chief engineer], 2007, no. 5, pp. 35–41.
25. Yashchura A.I. *Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta obshchepromyshlennogo oborudovaniya: spravochnik* [Maintenance and repair system of general industrial equipment: guide]. Moscow, NTsENAS Publ., 2006. 360 p.