

К.В.Баюл, В.И.Петренко

Институт черной металлургии НАН Украины им.З.И.Некрасова

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА БАНДАЖЕЙ ВАЛКОВЫХ ПРЕССОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ БРИКЕТИРОВАНИЯ

Целью работы является создание метода оценки влияния износа бандажей валковых прессов на технологические и энергосиловые параметры брикетирования. Использован метод комплексного графоаналитического анализа с помощью номограмм. Установлены взаимосвязанные функциональные зависимости между величиной износа, технологическими и энергосиловыми параметрами брикетирования. На конкретных примерах показано применение номограмм для решения практических задач, связанных с установлением предельной величины износа и выбора рациональных режимов эксплуатации бандажей на разных стадиях их износа с учетом физико-механических свойств шихты и конфигурации формующих элементов. Разработанный метод использован для оценки условий и особенностей эксплуатации бандажей при различной степени износа и разработки рекомендаций по увеличению их эксплуатационного ресурса.

Ключевые слова: валковый пресс, бандажи, износ, технологические и энергосиловые параметры брикетирования, номограммы

Постановка задачи. В процессе эксплуатации валковых прессов на качество брикетов и стабильность работы прессового оборудования существенное влияние оказывает величина износа рабочих поверхностей валков. В настоящее время прессы данного типа, как правило, оснащаются валками со сменными кольцевыми бандажами. Учитывая значительную стоимость бандажей и их интенсивный износ, актуальной является разработка методов и технических решений увеличения продолжительности их эксплуатации. В работе [1] приведены результаты исследований, в ходе которых получены зависимости энергосиловых и технологических параметров брикетирования от величины износа бандажей валковых прессов, представленные в графическом виде и описанные аналитическими выражениями. Установленные зависимости являются основой для разработки методов прогнозирования параметров брикетирования и режимов работы прессового оборудования на разных стадиях износа бандажей, которые позволяют разработать мероприятия по увеличению продолжительности эксплуатации бандажей.

Целью и задачей работы является создание комплексного графоаналитического метода оценки влияния износа бандажей валковых прессов на технологические и энергосиловые параметры брикетирования с помощью номограмм.

Изложение основных материалов исследования. В работе предложен новый метод, который позволяет исследовать технологические и

энергосиловые параметры брикетирования на разных стадиях износа бандажей с помощью единого комплекса взаимосвязанных между собой функциональных зависимостей, представленного в виде номограмм, состоящих из двух структурных частей – правой и левой.

В правой части номограммы представлены функциональные зависимости между величиной износа бандажей δ и коэффициентом уплотнения K_y , плотностью брикетов ρ_{br} , усилием P и моментом прессования M для разных стадий износа бандажей. Согласно технологическому регламенту или техническим условиям на производство брикетов задается интервал параметров уплотнения шихты

$$\rho_{br.max} \geq \rho_{br} \geq \rho_{br.min}, K_{y.max} \geq K_y \geq K_{y.min}, (1)$$

где ρ_{br} – текущее значение плотности брикетов, $\rho_{br.max}$, $\rho_{br.min}$ – заданные максимальное и минимальное значения плотности брикетов, K_y – текущее значение коэффициента уплотнения, $K_{y.max}$, $K_{y.min}$ – заданные максимальное и минимальное значения коэффициента уплотнения. С учетом условий (1) определяются допустимые пределы износа бандажей.

Достижение требуемого уплотнения шихты при различной величине износа бандажей и увеличение продолжительности их эксплуатации возможно за счет изменения условий подачи шихты, т.е. изменения угла прессования α . Для исследования этой возможности используется левая часть номограммы. В этой части номограммы представлены зависимости технологических и энергосиловых параметров брикетирования от изменения угла прессования α для разных стадий износа бандажей. Возможность увеличения угла прессования ограничивается условием, согласно которому текущие значения усилия P и момента M прессования не должны превышать их номинальные значения P_{nom} , M_{nom} , заданные в технической характеристике пресса:

$$P \leq P_{nom}, M \leq M_{nom}, (2)$$

Исходя из условий (1) и (2), для разных стадий износа бандажей определяются предельно допустимые значения углов прессования, при которых обеспечивается требуемая величина уплотнения шихты, и при этом соблюдаются условия эксплуатации пресса в пределах проектных технических характеристик.

Использование номограмм позволяет решать ряд практических задач:

- прогнозная оценка условий работы прессового оборудования, определение рациональных технологических и силовых режимов брикетирования при различной степени износа бандажей;
- установление максимально допустимой степени износа бандажей для конкретного шихтового материала с учетом его свойств;
- разработка рекомендаций по увеличению эксплуатационного ресурса бандажей (изменение условий подачи материала, корректировка свойств шихты и др.)

– на стадии проектирования прессового оборудования – выбор конфигурации и размеров формующих элементов, обеспечивающих для заданного брикетируемого материала наибольший ресурс эксплуатации бандажей.



элементов зубчато-желобчатой конфигурации (рис.1): F1 с размерами 62,6×60,0×27,0мм и F2 с размерами 39,8×36,0×17,5мм, применяемых на прессах, разработанных в Институте черной металлургии. Влияние свойств шихты показано на примере двух шихт, отличающихся между собой по физико-механическим свойствам, одна из них – на основе отсевов силикомарганца (фр. –6мм), другая – на основе коксовой мелочи (фр. –6мм).

Рис.1 Бандажи с зубчато-желобчатой конфигурацией формующих элементов

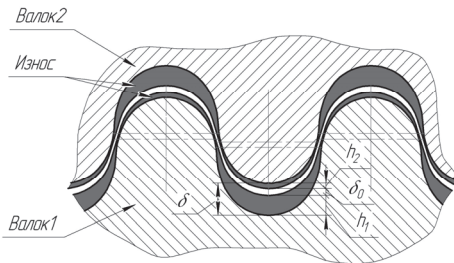


Рис.2 Схема определения зазора между валками с учетом их износа

$$\delta = \delta_0 + h_1 + h_2$$

где δ_0 – начальный зазор между валками; h_1 и h_2 – величина линейного износа рабочих поверхностей валков 1 и 2 соответственно. В соответствии с методами, изложенными в работах [1, 2], получены массивы расчетных данных, которые позволили представить совокупность функциональных зависимостей между параметрами брикетирования и величиной износа бандажей в виде номограмм.

Данные задачи тесно взаимосвязаны между собой и решаются совместно, что обуславливает комплексность предложенного метода. Практическое применение номограмм для решения указанных задач показано на конкретных примерах.

Для того, чтобы показать влияние калибровки и свойств шихты на ресурс эксплуатации бандажей и параметры брикетирования, в примерах рассмотрены бандажи с межосевым расстоянием 648мм, шириной рабочей поверхности 350мм и двумя вариантами формующих элементов (рис.1): F1 с размерами 62,6×60,0×27,0мм и F2 с размерами 39,8×36,0×17,5мм, применяемых на прессах, разработанных в Институте черной металлургии. Влияние свойств шихт показано на примере двух шихт, отличающихся между собой по физико-механическим свойствам, одна из них – на основе отсевов силикомарганца (фр. –6мм), другая – на основе коксовой мелочи (фр. –6мм).

В качестве показателя величины износа δ бандажей принята величина зазора между рабочими поверхностями валков, определяемая согласно схеме, приведенной на рис.2, по выражению:

На рис.3 приведена номограмма, построенная для условий эксплуатации прессы, оснащенной бандажами с формующими элементами F2 и шихты, состоящей 96,5% силикомарганца (фр. –мм) и 3,5% органического связующего.

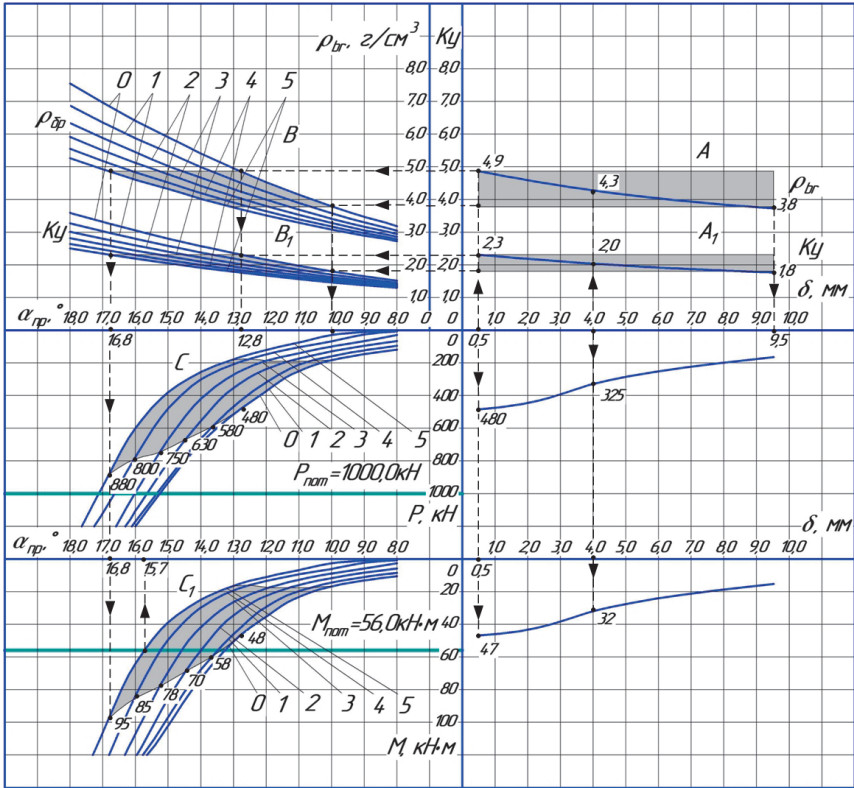


Рис.3 Номограмма технологических и энергосиловых параметров брикетирования для различной степени износа бандажей. Конфигурация формующих элементов – зубчато–желобчатая F2. Шихта: 96,5% силикомарганца и 3,5% органического связующего

Рассмотрим порядок практического применения номограммы. С правой стороны на номограмме показаны графические зависимости между величиной износа бандажей δ , коэффициентом уплотнения K_u , плотностью брикетов ρ_{br} , усилием прессования P и моментом прессования M . Как видно из представленных зависимостей, для исходного (неизношенного) контура при зазоре между рабочими поверхностями валков 0,5мм плотность брикетов $\rho_{br} = 4,9 \text{ г/см}^3$, коэффициент уплотнения $K_u =$

2,3. При этом энергосиловые характеристики процесса следующие: $P=480\text{кН}$, $M=47\text{кНм}$. В результате износа формующих элементов увеличивается зазор между валками вдоль всего контура рабочих поверхностей бандажей. Это приводит к снижению показателей уплотнения шихты ρ_{br} , Ky и, соответственно, к уменьшению значений P и M . Так, при зазоре $\delta=4\text{мм}$, $\rho_{br}=4,3\text{ г/см}^3$, $Ky=2,0$, а значения силовых характеристик снижаются до $P=325\text{кН}$, $M=32\text{кНм}$. Практический опыт производства брикетов из шихты, состоящей из 96,5% силикомарганца (фр. – бмм) и 3,5% органического связующего, показывает, что получение брикетов с удовлетворительной для потребителей прочностью обеспечивается, если плотность брикетов составляет $3,8 \geq \rho_{br} \geq 4,9\text{ г/см}^3$, при этом коэффициент уплотнения $1,8 \geq Ky \geq 2,3$.

Указанные интервалы значений показателей уплотнения устанавливают границы областей А и А₁ на номограмме. Границы областей А и А₁ определяют предельную допустимую величину износа δ , при которой возможно получение брикетов, имеющих требуемые качественные характеристики – плотность и прочность. Так, для рассматриваемой шихты и выбранной конфигурации формующего элемента F2 допустимая величина износа δ не более 9,5мм.

Как указано ранее, достижение требуемых величин уплотнения Ky , ρ_{br} шихты на разных стадиях износа бандажей и увеличение продолжительности их эксплуатации возможно за счет изменения условий подачи шихты, т.е. изменения угла прессования α . Для оценки этой возможности используется левая часть номограммы. Здесь представлены графические зависимости, характеризующие изменение технологических Ky , ρ_{br} и энергосиловых P и M параметров брикетирования при изменении угла прессования α . Указанные зависимости приведены для степеней износа бандажей k_i , отмеченные на рис. 3–5 цифрами 0, 1, 2, 3, 4, 5, которые определяются периодами n_i их эксплуатации, выраженных в количестве оборотов валков пресса: $k_1 - n_1 = 20000$ оборотов; $k_2 - n_2 = 40000$ оборотов; $k_3 - n_3 = 60000$ оборотов; $k_4 - n_4 = 80000$ оборотов; $k_5 - n_5 = 100000$ оборотов.

Используемые согласно условий (1) интервалы показателей уплотнения $3,8 \geq \rho_{br} \geq 4,9\text{ г/см}^3$, $1,8 \geq Ky \geq 2,3$, устанавливают границы областей В и В₁. Границы этих областей определяют диапазон регулировки угла прессования для каждой степени износа и его предельные допустимые значения. Так, например, согласно номограмме на рис. 3, для неизношенного контура угол прессования может изменяться в интервале от 10° до 12,8°, по мере износа диапазон его регулировки меняется следующим об-

разом: степень износа 1 – 11...13,5°, 2 – 11,3...14,5°, 3 – 12...15,2°, 4 – 13 – 16°; 5 – 13...16,8°. Таким образом, при нарастании износа от 0-й до 5-й степени угол прессования может изменяться от 10° до 16,8°. Увеличение угла прессования сопровождается ростом энергосиловых параметров брикетирования. Изменение P и M в указанном интервале угла прессования определяется границами областей C и C_1 , установленными исходя из границ областей B и B_1 и условий (2). Области C и C_1 определяют максимальные значения усилия прессования и момента прессования: неизношенный контур – $P=480\text{кН}$; $M=48\text{кНм}$, 1-я степень износа – $P=580\text{кН}$; $M=58\text{кНм}$, 2-я степень износа – $P=630\text{кН}$; $M=70\text{кНм}$, 3-я степень износа – $P=750\text{кН}$; $M=78\text{кНм}$, 4-я степень износа – $P=800\text{кН}$; $M=85\text{кНм}$, 5-я степень износа – $P=880\text{кН}$; $M=95\text{кНм}$.

Угол прессования можно увеличивать до достижения заданных технических характеристик пресса. В рассматриваемых примерах, согласно условиям (2), заданы номинальные энергосиловые характеристики валковых прессов $P_{nom}=1000\text{кН}$, $M_{nom}=56\text{кНм}$, разработанных в институте и используемых в технологических линиях производства брикетов из принятых шихт. Регулировка угла прессования в пределах указанных областей лимитируется, в первую очередь, величиной $M_{nom}=56\text{кНм}$. Поэтому величина угла прессования должна быть не более 15,7°.

Для оценки влияния конфигурации формирующих элементов используем номограмму, построенную для этой же шихты и бандажей с формирующими элементами F1 (рис. 4). Расстояние между осями валков и ширина бандажей при этом остались теми же, что и в предыдущем примере.

При тех же значениях характеристик уплотнения, определяющих границы областей A и A_1 , величина предельного допустимого для эксплуатации бандажей износа увеличивается до $\delta = 11,3\text{мм}$.

Диапазон регулировки угла прессования при изменении износа от 0-й до 5-й степени составляет 12...18,3°. Сравнение номограмм, представленных на рис. 3 и 4, показывает, что применение для данной шихты прессующего калибра F1 позволяет увеличить предельно допустимую величину износа бандажей.

С помощью номограмм можно решить задачу анализа влияния свойств брикуемого материала на условия эксплуатации изношенных бандажей. Рассмотрим номограмму, построенную для шихты на основе коксовой мелочи: 85% коксовой мелочи (фр. –6мм), 7,5% извести и 7,5% мелассы, (рис. 5). Эта шихта имеет значительные отличия по физико-механическим свойствам по сравнению с предыдущей шихтой на основе отсевов силикомарганца. Опыт производства брикетов из рассматриваемой шихты показывает, что их качественные характеристики соответствуют требованиям потребителей при следующих показателях уплотнения – $1,3 \geq \rho_{br} \geq 1,5 \text{ г/см}^3$, $2,42 \geq Ky \geq 2,79$.

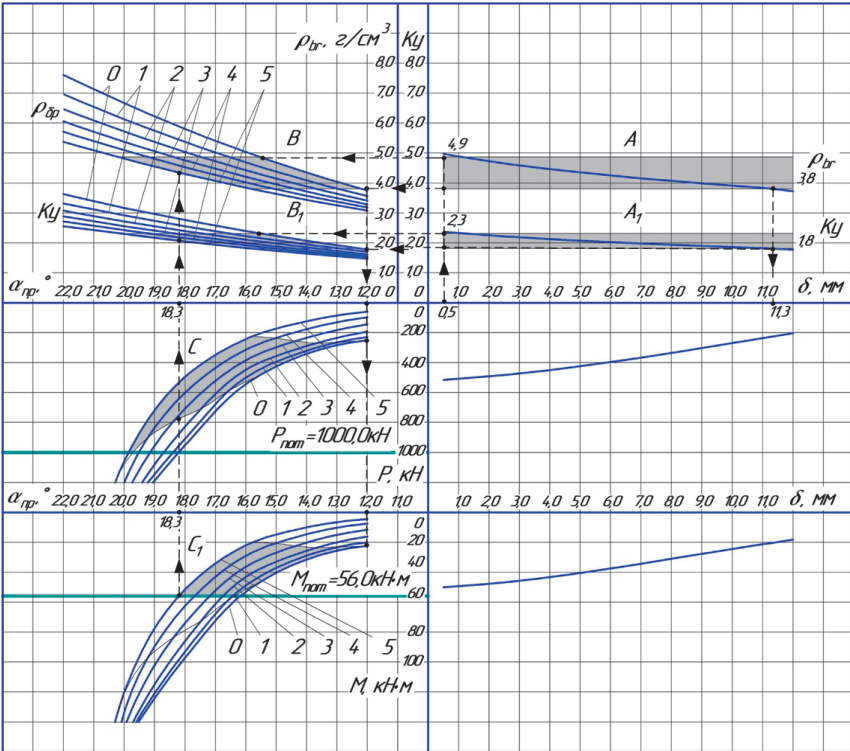


Рис. 4 Номограмма технологических и энергосиловых параметров брикетирования для различной степени износа бандажей. Конфигурация формирующих элементов – зубчато-желобчатая F1. Шихта: 96,5% силикомарганца и 3,5% органического связующего.

Исходя из областей А и А₁, для указанной шихты установлено, что величина допустимого для продолжения эксплуатации бандажа износа уменьшается до $\delta = 3,3$ мм. Таким образом, при изменении сопротивления сжатию шихты уменьшается допустимая величина износа между валами, при котором развивается давление, необходимое для формирования брикетов требуемой плотности и прочности. Используя области В и В₁ (при тех же заданных значений технических характеристик), определяется изменение угла прессования – 13,3...17,3°. Выполненный с помощью номограмм прогностический анализ показал, что управлять параметрами эксплуатации бандажей возможно не только за счет изменения условий подачи шихты, но и за счет изменения технологических характеристик шихты – свойств исходного материала, влажности, вида и количества связующего.

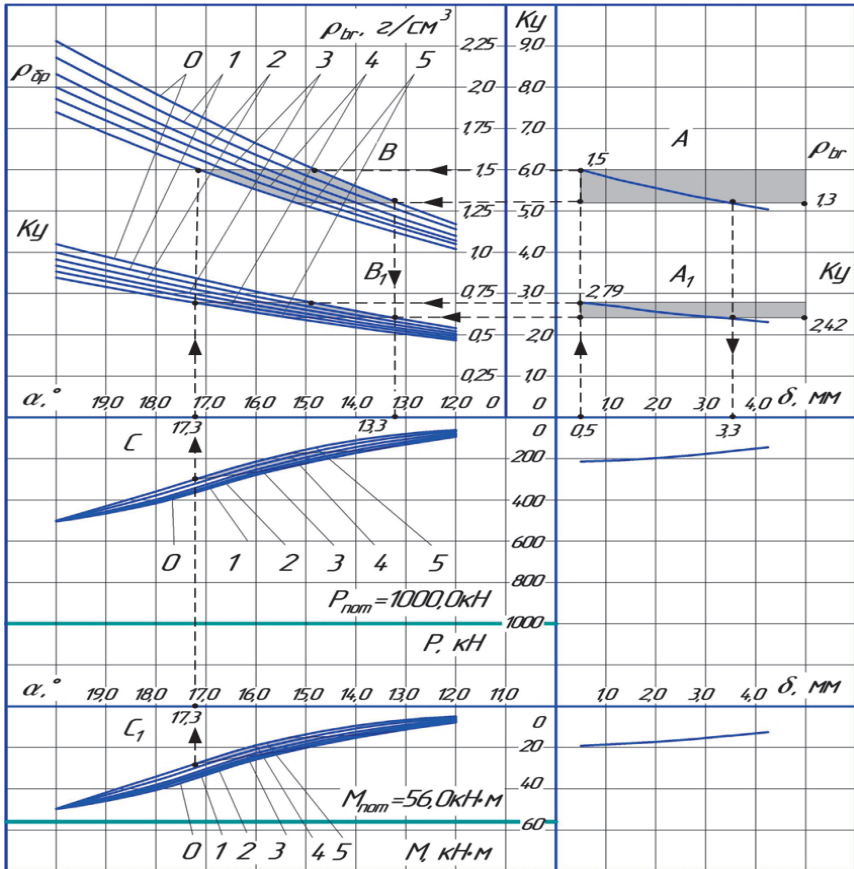


Рис. 5 Номограмма технологических и энергосиловых параметров брикетирования для различной степени износа бандажей. Конфигурация формирующих элементов – зубчато-желобчатая F2. Шихта: 85% коксовой мелочи, 7,5% извести и 7,5% мелассы.

Выводы. Созданный в работе метод позволяет с использованием номограмм осуществить совместный анализ комплекса технологических и энергосиловых характеристик процесса брикетирования в валковых прессах при различной степени износа бандажей с учетом физико-механических свойств шихты и конфигурации формирующих элементов.

На конкретных примерах показано применение номограмм для решения важных практических задач, к которым относятся определение максимально допустимой величины износа бандажей, выбор рационального технологического режима брикетирования при различной степени износа

бандажей, выбор формы пресующего калибра, обеспечивающий наиболее благоприятный режим работы для изношенных бандажей, как по продолжительности эксплуатации, так и по энергосиловым характеристикам.

Разработанный метод построения номограмм использован при создании экспертной системы [3] для оценки условий и особенностей эксплуатации бандажей при различной степени износа, выбора наиболее благоприятного режима работы изношенных бандажей и разработки рекомендаций по увеличению их эксплуатационного ресурса.

1. *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. научн. тр.ІСМ НАН України.* –2012. –. Вип.26. – С. 270–281.
2. *Баюл К.В.* Аналитическое исследование влияния геометрических параметров формирующих элементов валковых прессов на процесс брикетирования. / К.В.Баюл. // *Порошковая металлургия.* – 2012. – №3/4. – С.38–49.
3. *Баюл К.В.* Разработка экспертной системы принятия оптимальных решений, обеспечивающих увеличение ресурса эксплуатации бандажей валковых прессов. / К.В.Баюл, В.И.Петренко // *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць.* – Випуск 2 (85). – 2013. – Дніпропетровськ. – С. 3–11.

Статья рекомендована к печати академиком НАН Украины В.И.Большаковым

К.В.Баюл , В.І.Петренко

Метод оцінки впливу зносу бандажів валкового пресу на технологічні та енергосилові параметри брикетування

Метою роботи є створення методу оцінки впливу зносу бандажів валкових пресів на технологічні та енергосилові параметри брикетування. Застосовано метод комплексного графоаналітичного аналізу з використанням номограм. Встановлено взаємопов'язані функціональні залежності між величиною зносу, технологічними та енергосиловими параметрами брикетування. На конкретних прикладах показано застосування номограм для вирішення практичних завдань, пов'язаних із встановленням граничної величини зносу і вибору раціональних режимів експлуатації бандажів на різних стадіях їх зносу з урахуванням фізико-механічних властивостей шихти і конфігурації формируючих елементів. Розроблений метод використано для оцінки умов і особливостей експлуатації бандажів, що мають різний ступінь зносу, а також для розробки рекомендацій щодо збільшення їх експлуатаційного ресурсу.