

УДК 622.24:669.162.2

Технология бурения летки доменной печи ударно-вращательным способом

Давиденко А. Н., Змиевский А. С.

Національний горний університет, Днепропетровск, Украина

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы технологии бурения леток доменных печей, исследованы зависимости крутящего момента и осевой нагрузки от скорости подачи и диаметра бурения.

Технология бурения леток доменных печей, для предотвращения дестабилизации работы печи, должна обеспечивать как можно меньшее влияния на футеровку и другие элементы доменной печи. На вскрываемость влияют механическая прочность леточной массы, ее плотность и твердость, для оценки вскрываемости используют методы на основе определения прочности при изгибе в горячем состоянии и по замеру пористости.

К методам механического разрушения относятся резание, ударное разрушение и резание с одновременным наложением статических или ударных нагрузок. При этом по характеру деформации в месте контакта с лезвиями инструмента различают объемное и поверхностное разрушение.

Поверхностное разрушение происходит тогда, когда удельное давление контакта лезвий инструмента на породу будет меньше твердости породы на вдавливание, т. е. осевого усилия недостаточно, чтобы произошло объемное разрушение.

При бурении применяют следующие способы бурения: вращательное, ударно-поворотное и вращательно-ударное (ударно-вращательное). Резание при вращательном способе бурения происходит, когда резец совершает вращательное движение при постоянном действии на него осевого усилия (давления) P , вызывающего внедрение инструмента.

В последнее время наблюдается тенденция на повышение прочностных параметров леточной массы, что связано с требованиями металлургических процессов. В результате вышеизложенного на многих доменных печах возникла необходимость совершенствования способа вскрытия, улучшения характеристик машин для вскрытия леток и создания нового инструмента. На металлургических заводах Украины и зарубежья для вскрытия леток доменных печей используется ударно-вращательный механизм разрушения, но с повышением прочностных характеристик леточных масс этот метод все больше не удовлетворяет с точки зрения соблюдения техники безопасности, повышения качества канала для выпуска чугуна, сохранения футеровки доменной печи и повышения производительности труда. Решением этого вопроса может стать применение принципиально нового способа не оказывающего динамических нагрузок (вращательный способ) или способа имеющего минимальные динамические нагрузки (вращательно-ударный с вибрационными параметрами).

Наиболее эффективным является объемное разрушение, возникающее в том случае, когда величина удельного давления контакта лезвий инструмента на леточную массу будет больше, чем твердость леточной массы на вдавливание:

$$P \geq \sigma_k \cdot S, \quad (1)$$

где P – осевое усилие, H ; σ_k – критическое напряжение материала от статического вдавливания, $Па$; S – площадь контакта лезвий инструмента с материалом, $м^2$. [1]

Таким образом, для вскрытия леток доменных печей, наиболее эффективным является режущий способ бурения, что обеспечит:

- равномерность канала летки;
- целостность (отсутствие трещин, в которые проникает расплав чугуна, разрушая канал летки);
- целостность углеродосодержащих камней в зоне летки.

Исследование зависимости крутящего M и усилия подачи F от скорости подачи v и диаметра бурения

Для расчета основных механизмов бурильной машины необходимо знать момент сопротивления бурению M и сопротивление подачи F . По ранее проведенным экспериментальным данным установлено, что по буримости длину летки можно разделить на два участка: первый, составляющий 80–90 % длины бурения летки, на котором крутящий момент и усилие подачи практически не зависят от глубины бурения и их величины определяются скоростью подачи и диаметром отверстия; второй, непосредственно примыкающий к зоне жидкого чугуна, характеризуется резким возрастанием величин усилия подачи и крутящего момента вследствие сверления твердой корки, образующейся, как правило, в конце летки.

Для определения усилия подачи и крутящего момента следует использовать формулы:

$$M = 6000 \cdot k_1 \cdot d^2 \sqrt{v}, \text{ Нм}; \quad (2)$$

$$F = 16000 \cdot k_2 \cdot d \sqrt{v}, \text{ Н}; \quad (3)$$

где d – диаметр породоразрушающего инструмента, м; v – скорость подачи инструмента (принимается в пределах 1–5 м/мин), м/мин; k_1 и k_2 – коэффициенты, учитывающие износ инструмента и колебательный характер нагрузок ($k_1 = 1,3–2,0$; $k_2 = 1,1–1,2$). [2]

Процесс разбуривания существенно улучшается в результате добавки воды к применяемому в качестве очистной среды воздуху. Расчет количества очистного агента (воздух) вычисляется по формуле (4). Ориентировочно скорость восходящего потока воздуха (газа) принимают при бурении сплошным забоем – 20 м/с. [2]

$$Q = v_B \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2), \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где v_B – скорость восходящего потока газообразного агента, м/с; D – диаметр скважины, м ($v_B = 20 \text{ м/с}$); d – наружный диаметр бурильных труб, м.

Получены графические зависимости крутящего момента и осевой нагрузки от диаметра бурения и скорости подачи (рис. 1 и 2).

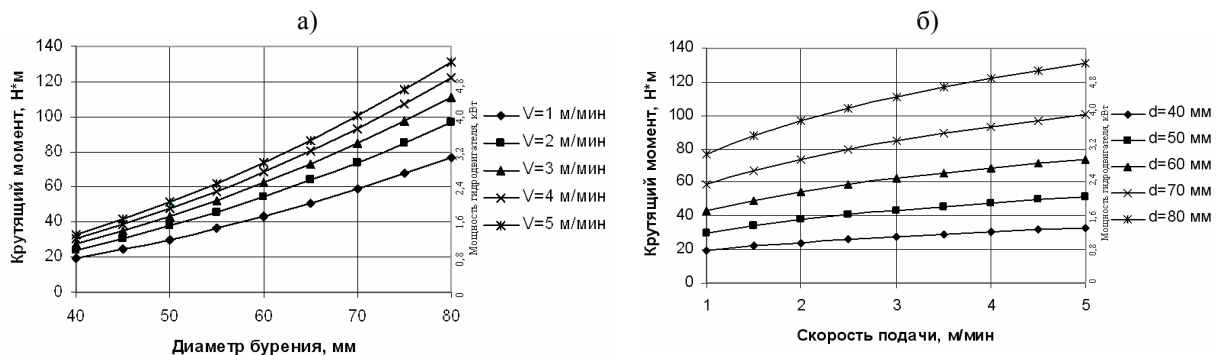


Рис. 1. Изменение крутящего момента: а) с ростом диаметра бурения; б) с ростом скорости подачи

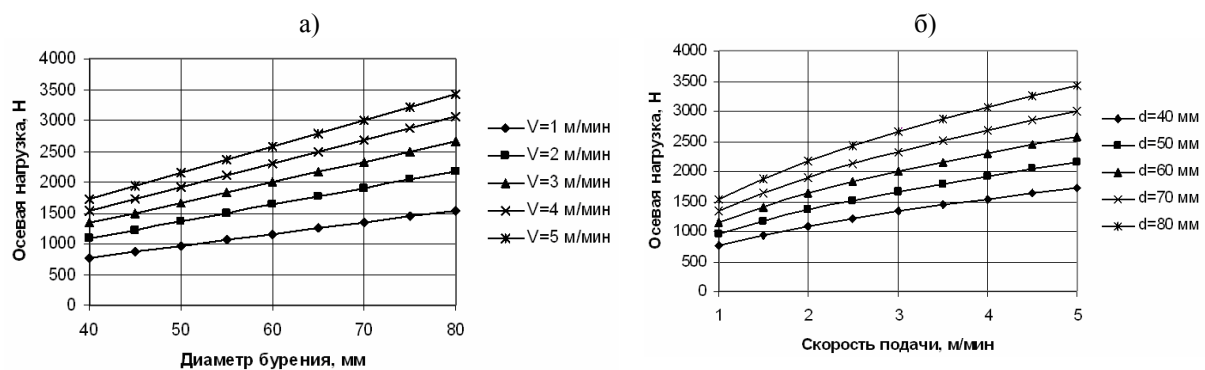


Рис. 2. Изменение усилия подачи: а) с ростом диаметра бурения; б) с ростом скорости подачи

Исследование зависимости основных параметров бурения летки от прочностных характеристик леточных масс.

По ранее проведенным экспериментальным данным установлено, что по буримости длину летки можно разделить на два участка: первый, составляющий 90 % длины бурения летки, на котором крутящий момент и усилие подачи практически не зависят от глубины бурения и их величины определяются скоростью подачи и диаметром отверстия (прочность леточной массы одинакова по длине); второй, непосредственно примыкающий к зоне жидкого чугуна, характеризуется резким возрастанием величин усилия подачи и крутящего момента вследствие сверления твердой корки, образующейся, как правило, в конце летки.

Установить аналитические зависимости, как функции f_i одновременно действующих параметров:

– крутящего момента на инструменте

$$M_k = f_1(\sigma, d); \quad (5)$$

– частоты вращения инструмента

$$n = f_2(\sigma, d); \quad (6)$$

– усилия подачи инструмента

$$F = f_3(\sigma, d); \quad (7)$$

– скорость подачи инструмента

$$V = f_4(\sigma, d); \quad (8)$$

– расход воздуха

$$Q = f_5(\sigma, d) \quad (9)$$

где σ – прочность леточной массы, Па; d – диаметр бурения, м. [2]

Допущение: для сохранности долота бурение ведется только до чугунной корки; расход воздуха зависит только от диаметра бурения (количества образовавшегося шлама).

1. Усилие подачи инструмента:

$$F = F_{цд} \cdot D, \text{ даН}; \quad (10)$$

где $F_{цд}$ – удельная нагрузка на 1 см диаметра долота (принимается в зависимости от прочностных свойств леточных масс); D – диаметр долота, м. [2] В табл. 1 и рис. 3 приведенная зависимость удельной и осевой нагрузки от прочностных свойств леточных масс.

Табл. 1. Зависимость удельной нагрузки от прочностных свойств леточных масс

Прочность леточной массы, МПа	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Удельная нагрузка, даН/см	60	65	70	75	80	85	90	100	100

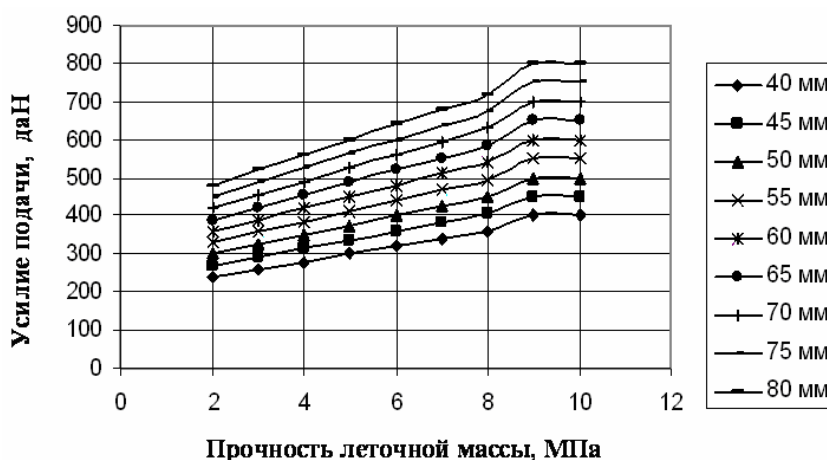


Рис. 3. Зависимость осевой нагрузки от прочностных свойств леточных масс

2. Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{60 \cdot V_{окр}}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}; \quad (11)$$

где $V_{окр}$ – окружная скорость м/с (принимается в зависимости от прочностных свойств леточных масс); D – диаметр долота, м. [2] В табл. 2 и рис. 4 приведенная зависимость окружной скорости и частоты вращения инструмента от прочностных свойств леточных масс.

Табл. 2. Зависимость окружной скорости от прочностных свойств леточных масс

Прочность леточной массы, МПа	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Окружная скорость, м/с	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0

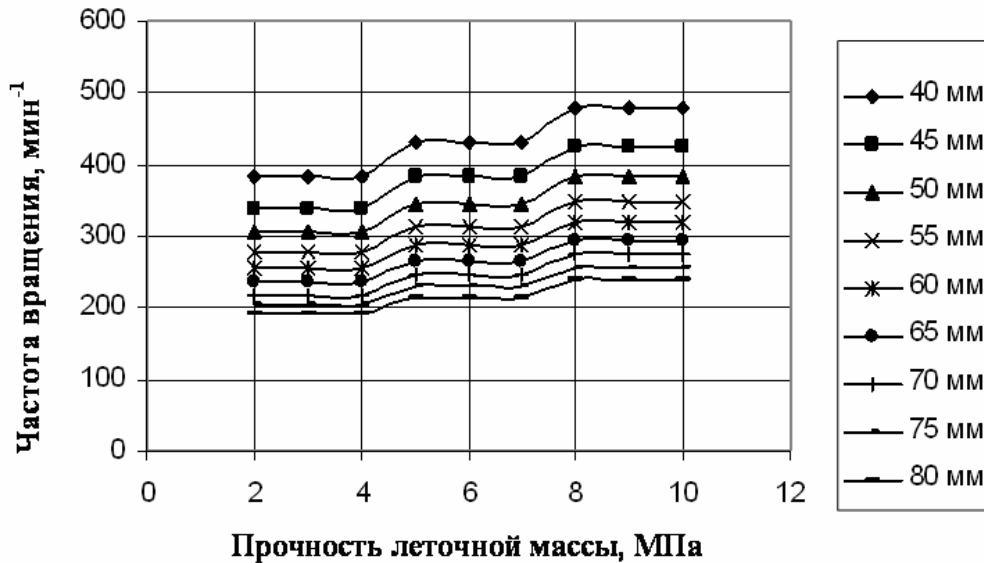


Рис. 4. Зависимость частоты вращения инструмента от прочностных свойств леточных масс

3. Расход воздуха:

$$Q = v_B \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2), \text{ м}^3/\text{с} \quad (12)$$

где v_B – скорость восходящего потока газообразного агента, зависящая от характера образующегося шлама (разрушенных частиц леточной массы) $v_B = 20$ м/с; D – диаметр скважины, м; d – наружный диаметр бурильных труб, м. [2] На рис. 5 приведена зависимость изменение подачи воздуха с ростом диаметра бурения.

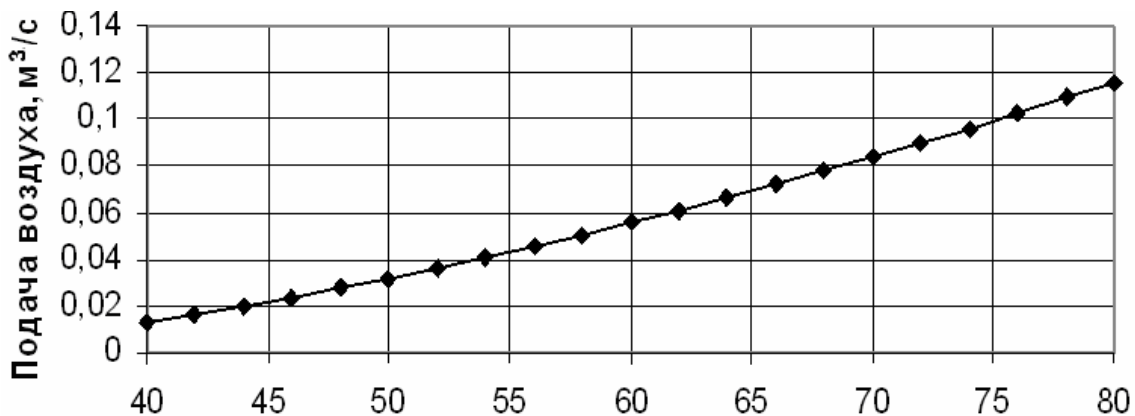


Рис. 5. Зависимость изменение подачи воздуха с ростом диаметра бурения

Выводы

1. Для вскрытия леток доменных печей, наиболее эффективным является вращательный способ бурения при выборочном (при снижении скорости подачи) включении на короткое время ударного механизма.

2. Полученные графические зависимости крутящего момента и осевой нагрузки с увеличением диаметра бурения и скорости подачи позволяют подобрать для различных леточных масс оптимальную технологию бурения.

3. Вскрытие летки доменной печи буровым способом следует осуществлять до контакта породоразрушающего инструмента с чугунной коркой.

4. Полученные расчетные зависимости режимных параметров бурения (осевая нагрузка, крутящий момент (частота вращения), подача очистного агента) позволяют автоматизировать работу бурового комплекса:

- регулировать параметры бурения в зависимости от технологических условий бурения (диаметр бурения, тип леточной массы, длины летки);
- определять момент прекращения бурения и извлечения инструмента.

Библиографический список

1. Ржевский В. В., Новик Г. Я., Основы физики горных пород. Изд. 3-е перераб. и доп. М.:Недра, 1978.
2. Ганджумян Р. А. Практические расчеты в разведочном бурении. – М.: Недр, 1986.

© Давиденко А. Н., Змиевский А. С., 2008.