

УДК 622.233.95

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНО–УДАРНОГО БУРЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

IMPROVING ROTARY-PERCUSION DRILLING OF ROCKS

Рындин Владимир Прокопьевич,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: evgenvshab@mail.ru

Ryndin Vladimir P., Dr. Sc., Professor

Кузбасский Государственный Технический Университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000,

Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennaya st., Kemerovo, 650000, Russia.

Аннотация. Предложен способ бурения скважин вращательно-ударным способом с частичным преобразованием продольного ударного импульса в мощный импульсный крутящий момент, что увеличивает долю горной породы, разрушаемой за счет деформации сдвига, по сравнению с долей, разрушающейся сжатием. Энергоемкость разрушения породы при бурении уменьшается. Преобразование продольного импульса происходит естественным стержнем, включенным в ударную систему.

Abstract. The proposed method of drilling rotary-percussion method with partial transformation of longitudinal shock pulse in high-power pulsed torque. This increases the proportion of the rock being destroyed due to shear deformation, compared to a share being destroyed by compression, the Energy intensity of destruction of rocks during drilling is reduced. The transformation of the longitudinal momentum occurs naturally twisted rod included in the drop system.

Ключевые слова: ударное бурение; ударный импульс; штанга; удар; естественно закрученный стержень; крутящий момент; разрушение; порода.

Keywords: percussion drilling; percussion pulse; rod; strike; naturally twisted rod; torque; destruction; breed.

Определенный недостаток известных машин вращательно-ударного бурения, применяемых в горной промышленности, в том, что для разрушения породы используются продольные ударные импульсы деформации штанги. При этом порода разрушается в основном за счет деформации сжатия. Известно, что энергоемкость разрушения породы при сжатии, примерно, в 10 раз больше, чем при разрушении за счет деформации сдвига и скола. Генератор ударных импульсов (боек бурильной машины) возбуждает в штанге при ударе волну продольной деформации сжатия, ограниченную по энергии, продолжительности и по длине, которая распространяется со скоростью звука в стали (5100 м/с) по штанге к буровой коронке.

Энергия одиночного удара в современных бурильных машинах меняется в пределах от 50 до 1000 Дж. Продолжительность импульса 300 – 600 мкс. Если энергия удара равна 100 Дж, а продолжительность импульса 300 мкс, то максимальная мощность, которая может быть реализована при разрушении породы, свыше 300 кВт. Это значительная мощность, приходящаяся на небольшую площадь забоя скважины, обеспечивает высокую эффективность ударного разрушения породы. Мощность вращателя буровых машин составляет около 5 кВт. Тогда за счет вращения штанги за 300 мкс на забой будет передана энергия всего

около 1,5 Дж, что соответствует мгновенной мощности всего 5 кВт.

Если часть продольного ударного импульса превратить в ударный крутильный импульс, по продолжительности соизмеримый с продольным, то можно получить и для крутящего момента значительные импульсные мощности, продолжительность воздействия которых на породу - в пределах сотен микросекунд.

Давно установлено, что различие в промежутках времени преобразования (поглощения или выделения) порции энергии, приводит к весьма существенным различиям в последствиях.

Одним из известных методов такого преобразования является прохождение продольного ударного импульса через естественно закрученный стержень [1, 2]. Естественно закрученным стержнем (ЕЗС) называется стержень, образованный движением плоской фигуры (поперечным сечением стержня), вращающейся с некоторой угловой скоростью, по мере того, как центр тяжести этой фигуры движется вдоль оси стержня.

В простейшем случае ЕЗС можно получить, прорезав на боковой поверхности цилиндрического стержня двухходовую винтовую канавку определенной глубины и углом подъема. Меняя глубину и ширину канавок, можно получать стержни различной продольной жесткости.

Следствием от включения в ударную систе-

му бурильной машины ЕЗС является повышение эффективности разрушения породы при бурении за счет преобразования в буровой штанге части продольного ударного импульса в импульс крутящего момента. Продольный ударный импульс разрушает породу сжатием, а импульсы крутящего момента - сдвигом и сколом, что существенно снижает энергоемкость разрушения породы. Предварительные расчеты показывают, что крутящие моменты могут иметь мгновенную мощность в импульсе по 120 кВт.

Указанный технический результат достигается тем, что в буровую штангу включен ЕЗС и импульсный замедлитель скорости. Ударный продольный импульс, проходя через ЕЗС, частично преобразуется в два импульсных крутящих момента противоположного знака,

Импульсный замедлитель скорости обеспечивает уменьшение скорости распространения продольного импульса и его амплитуды, что позволяет оптимизировать процесс разрушения породы при совместном действии продольного импульса и импульсных крутящих моментов на коронку.

Импульсный замедлитель представляет собой замкнутую полость, заполненную эластомером, находящимся в объемноожатом состоянии под действием усилия подачи. Скорость распространения продольного ударного импульса, проходящего через замедлитель, уменьшается с 5100 до 1600 м/с, амплитуда понижается, и он подходит к буровому инструменту одновременно с крутящим моментом. Скорость перемещения крутильных

импульсов равна 3200 м/с.

На рис.1 показана схема буровой штанги с ЕЗС и осциллограммы продольного ударного импульса, импульса крутящего момента: 1 – боек; 2 – штанга; 3 – естественно закрученный стержень; 4 – датчик осевого усилия; 5 – датчик крутящего момента; 6 – осевой импульс; 7 – импульс крутящего момента; 8 – отраженный продольный импульс; 9 – отраженный импульс крутящего момента

На рис. 2 показана ударная система [3] модернизированной бурильной машины. Она состоит из буровой штанги 10, частью которой является ЕЗС 11, генератора ударных импульсов 12, узла усилия подачи 13, вращателя 14, замедлителя скорости распространения продольного импульса 15, заполненного эластомером 16, и буровой коронки 17. Эластомер 16 сжат усилием подачи в замкнутом объеме и находится в состоянии всестороннего сжатия. Скорость распространения продольных импульсов в нем меньше, чем в буровой штанге. Замедлитель скорости необходим для того, чтобы импульс крутящего момента и продольный импульс подходили к буровой коронке одновременно. Под эластомером подразумевается высокомолекулярное соединение, обладающее большой эластичностью и малой сжимаемостью при всестороннем сжатии. Примером такого эластомера может служить резина. Особо отметим, что объемно сжатый эластомер практически не сжимается. Скорость звука в нем [4] около 1600 м/с (в свободной резине, примерно, 50

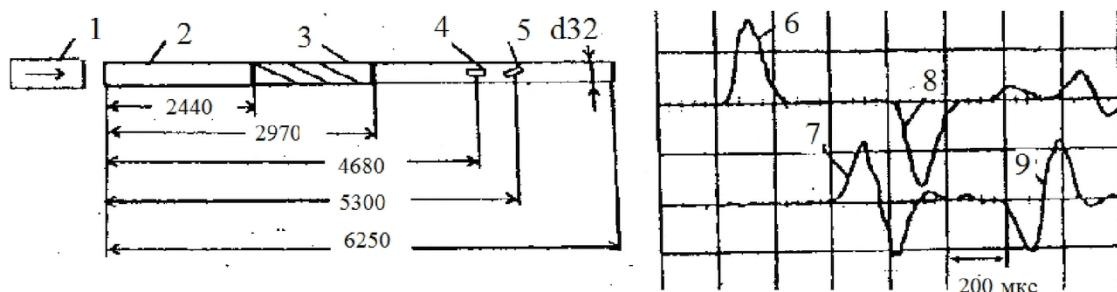


Рис.1. Осциллограммы продольного импульса и импульса крутящего момента

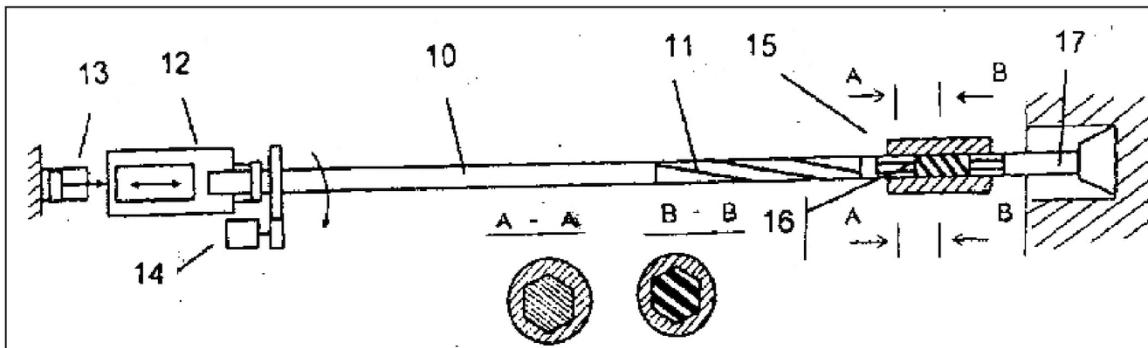


Рис.2. Схема ударной системы бурильной машины с ЕЗС

м/с). Из-за малой деформации при прохождении ударных импульсов через объемно сжатый эластомер в нем практически нет тепловых потерь.

Соединение замедлителя с буровой штангой и коронкой выполнено подвижным в осевом направлении, а импульсные моменты передаются через шлицевые или профильные соединения, минуя эластомер.

Представленная машина работает следующим образом. В исходном положении буровая коронка 17 прижимается штангой к породе узлом подачи 13. Устройство 14 вращает штангу совместно с ЕЗС 2, замедлителем скорости 15 и буровой коронкой 17. При включении генератора ударных импульсов 12 в штанге возбуждаются продольные ударные импульсы, которые проходят через ЕЗС, разделяются на продольные импульсы деформации 6 и импульсы крутящего момента 7. Каждый импульс крутящего момента состоит из двух противоположно направленных импульсов вращения, поэтому буровая коронка должна разрушать породу при вращении в любую сторону. Далее продольные импульсы проходят через эластомер 16 замедлителя скорости 15. Скорость их распространения снижается, а амплитуда уменьшается за счет интерференции волн. Это обеспечивает одновременность прихода продольного импульса и импульса крутящего момента к буровой коронке 17 и их согласование по амплитуде. Задержки во времени продольного импульса деформации и уменьшение его амплитуды определяется длиной стержня эластомера.

Импульсы крутящего момента через шлицевые или призматические соединения и корпус замедлителя скорости передаются буровой коронке, минуя эластомер. Всестороннее сжатие эластомера обеспечивается усилием подачи, так как шлицевые или призматические соединения подвижны вдоль оси штанги,

Таким образом, преимущество предлагаемой бурильной машины перед существующими машинами вращательно-ударного действия заключается в том, что порода разрушается за счет сдвиговых деформаций импульсами крутящего момента, вызванных ударным процессом в ЕЗС, совместно с частью продольного ударного импульса и момен-

том вращателя 14. Импульсы крутящего момента вызваны ударом, кратковременны, обладают большой амплитудой, поэтому обладают значительно большей мощностью при разрушении породы, чем момент, развиваемый двигателем вращателя 14. Это приведет к снижению энергоемкость разрушения породы при бурении.

Повышению скорости бурения может способствовать и то, что в современных бурильных вращательно-ударных машинах коронка при разрушении породы ударом не прижата усилием подачи к забою. Боец при ударе сжимает штангу на 1.5 – 2 мм, отводя буртик хвостовика штанги, через который передается усилие подачи, от сопряженных с ним деталей на корпусе бурильной головки. Усилие подачи не успевает восстановиться до номинального значения за время пробега ударным импульсом длины штанги. Поэтому во время ударного разрушения породы к коронке не приложено усилие подачи. Более того, штанга перемещается в сторону бурильной головки за счет возвращения в недеформированное состояние, порождая волну растяжения, направленную к бурильной головке. Это несколько уменьшает энергию импульса, разрушающего породу.

В предлагаемой схеме коронка прижата к породе продольным ударным импульсом, время прихода которого синхронизировано с приходом импульсных крутящих моментов. Современные алмазные и штыревые коронки могут полноценно разрушать породу в любом направлении вращения. Кроме этого, на осевой ударный импульс будет наложена высокочастотная вибрация из-за интерференции ударных волн в замедлителе скорости. Способствует разрушению породы и крутящий момент вращателя 14, обеспечивающий перенос точек удара по забою скважины. Разрушенная порода из забоя удаляется промывкой водой, поступающей по осевому отверстию в штанге (на рис. 2 не показано). Импульсы крутящего момента в данном случае имеют такое же определяющее влияние на увеличение скорости бурения, как ударные продольные импульсы в становлении ударного и вращательно-ударного способа бурения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рындин В. П. Волновые процессы в штангах бурильных машин ударного действия: монография/ В. П. Рындин, Т. В. Смирнова; ГУ КузГТУ. - Кемерово 2009.-190 с.
2. Рындин В. П. Некоторые особенности распространения ударных импульсов в стержнях// Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово, 2004 - № 4. – С. 20-21.
3. Пат. № 167239 РФ: МПК E21B 6/02 (2006.01). Буровая машина для вращательно-ударного бурения в горных породах / Рындин В. П.; патентообладатель Федер. гос. бюджет. образоват. Учр. высш. образования «Кузбас. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева» (КузГТУ). - № 2016129660/03, заявл. 19.07.2016; опубл. 27.12.2016, бюл. №36. - 2 с.
4. Рындин В. П. К вопросу совершенствования ударного бурения. //Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). 2016. - №8. – С. 146 – 150.

REFERENCES

1. Ryndin V. P. Volnovye processy v shtangah buriл'nyh mashin udarnogo dejstvija: monografija/ V. P. Ryndin, T. V. Smirnova; GU KuzGTU.-Kemerovo 2009.-190 s.
2. Ryndin V. P. Nekotorye osobennosti rasprostraneniya udarnyh impul'sov v sterzhnjah.// Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. – Kemerovo, 2004 - № 4. – S. 20-21.
3. Pat. № 167239 RF: MPK E21V 6/02 (2006.01). Burovaja mashina dlja vrashhatel'no-udarnogo burenija v gornyh porodah / Ryndin V. P.; patentoobladatel' Feder. gos. bjudzhet. obrazovat. uchrezhdenie vyssh. obrazovanija «Kuzbas. gos. tehn. un-t. im. T. F. Gorbacheva» (KuzGTU). - № 2016129660/03, zajavl. 19.07.2016; opubl. 27.12.2016, bjul. №36. - 2 s.
4. Ryndin V. P. K voprosu sovershenstvovaniya udarnogo burenija. //Gornij informacionno-analiticheskij bjulleten' (GIAB). 2016. - №8. – S. 146 – 150.

Поступило в редакцию 31.01.2016

Received 31.01.2016