

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ НАГРУЖЕННОСТИ И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ БУРОВЫХ СТАНКОВ

Гилёв А.В., Шигин А.О., Доронин С.В., Гилёва Н.Н.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Красноярск, Россия

Напряженное состояние рабочих органов буровых станков определяется двумя факторами – его конструкцией и комплексом внешних воздействий [1]. Поэтому исследование нагрузки оказывается столь же важным, что и анализ напряженного состояния. Однако, несмотря на долгие и многочисленные исследования, до сих пор полностью не установлен характер усилий, действующих в процессе работы на основные элементы узлов буровых органов (бурового става, долота - подшипники, вооружение). Поэтому отсутствуют не только расчеты на надежность и долговечность этих элементов, но и расчеты на их прочность [2]. Необходимость проведения и анализа подобных расчетов особенно важна для бурового инструмента, являющегося наиболее ответственным и нагруженным узлом в буровом органе.

Несмотря на многообразие типов и видов буровой техники и ее рабочих органов, более 80 % взрывных скважин приходится на шарошечное бурение. Как показали исследования [3], большая часть общей нагрузки на трехшарошечное долото, особенно в начальный период его работы, может передаваться через две, а в некоторых случаях и через одну шарошку. Возможны случаи, когда вся нагрузка может передаваться через два-три и даже один венец или зуб шарошки. В результате этого возникает крайне неравномерное распределение такой нагрузки по инструменту.

Характер распределения и восприятия нагрузки во многом зависит от формы элементов вооружения долот, которое может быть прямоугольным, трапециевидным, треугольным, конусным, сферическим и т.д. – в зависимости от типа долота и свойств горных пород [1, 3].

В работе [4] исследован характер деформации грунта при внедрении рабочих органов различной формы и размеров. Экспериментально установлены усилия на рабочий орган в зависимости от его параметров, а также угла резания, физико-механических свойств грунта, скорости и траектории движения рабочих органов.

Подавляющее число экспериментальных исследований нагрузки и напряженного состояния бурового инструмента и породы выполнено методами фотоупругости и тензометрирования.

В [5] приведен обзор исследований механизма разрушения горных пород при вдавливании инструмента. Подчеркивается, что лезвие даже нового бура никогда не бывает абсолютно острым и имеет площадку притупления. В процессе бурения ширина этой площадки

постепенно увеличивается. В породе выкалывается треугольная призма, которая действует как клин на другие участки породы. Рассмотрены теоретические модели и схемы разрушения породы при внедрении клинового лезвия, конусного штампа для пластичной, малопластичной и хрупкой породы. Выполнено тензометрирование корпуса буровой коронки.

Экспериментальные исследования методом фотоупругости, а также теоретическая оценка характера напряженно-деформированного состояния (НДС) полупространства под штампом показывают, что формирующаяся в массиве область возмущения исходного состояния по своим размерам на один-два порядка больше объема воронки разрушения. Следовательно, при определенном расстоянии между соседними внедряющимися породоразрушающими элементами будут взаимодействовать их области напряженного состояния. В этой связи вопрос взаимодействия зон разрушения очень важен, так как при выборе рационального расстояния между инденторами можно получить положительный эффект от взаимодействия полей напряжений [6].

Значительное число экспериментальных результатов приведено в [7]. Буровые коронки представляют сложные объемные конструкции, которые могут дифференцироваться на упрощенные элементы. Так, буровой инструмент в первом приближении представляет собой плоский клин, воздействующий вершиной на полупространство (полуплоскость). В связи с этим на первом этапе исследований для ударного бурения оценивалось на упрощенных конструкциях распределение напряжений в лезвиях коронок при различных углах заточки – 75, 90, 110 и 120° и различных радиусах затупления. Для лезвий с углом $\alpha=110^\circ$ изучали, кроме того, напряженное состояние при заглублении в породу на величину Δh , равную 1, 3 и 5 мм, при расположении лезвия на поверхности и в заглублении рядом с предварительным выколом (на расстоянии k). Далее было рассмотрено влияние диаметра коронки на распределение напряжений при ширине лезвия D , равной 10, 20 и 40 мм, и напряженное состояние лезвий, скошенных в плоскости режущей кромки под углом γ , равным 10, 15 и 20°.

Для вращательно-ударного и вращательного бурения оценивалось распределение напряжений в упрощенных конструкциях лезвий коронок при различных углах резания β , равных 90° для вращательного бурения и 125, 135° для вращательно-ударного бурения. Угол приострения α изменялся в этих случаях от 65 до 75° для вращательного и от 80 до 110° для вращательно-ударного бурения. Одновременно с изучением распределения напряжений в различных лезвиях было исследовано напряженное состояние породы.

Так как наиболее эффективными способами шпурового бурения признаны ударное и вращательно-ударное бурение, было исследовано распределение напряжений в некоторых объемных коронках, получивших наиболее широкое распространение.

Анализ напряженного состояния экспериментальных конструкций коронок выпол-

нялся при различных схемах взаимодействия инструмента с буримой породой в условиях статического нагружения [8]. Для оценки соответствия результатов, полученных на моделях при статическом нагружении, действительному характеру распределения напряжений, имеющему место в реальных условиях при действии ударных нагрузок, было выполнено исследование натурной коронки методом тензометрирования при нагружении, близком к условиям эксплуатации коронок. Выполнено исследование НДС корпусов коронок, твердосплавной армировки (зубка размером 12x18 мм) и узла крепления бурового инструмента.

Характер распределения напряжений исследовали на моделях из полимерных оптически активных материалов с применением метода фотоупругости. В результате просвечивания нагруженных моделей получены картины полос интерференции напряженного состояния соединения «зубок – шарошка». Установлено, что контактное давление на сопрягаемые поверхности распределяется неравномерно: вызванные им напряжения концентрируются в основном в зоне входа зубка в шарошку и в донной части соединения; средняя часть соединения нагружена значительно слабее.

Перекачивание шарошки по забою приводит к изменению направления действия рабочих нагрузок, зависящих от геометрических размеров долота. Изменение направления действия рабочей нагрузки приводит к периодическому изменению величины концентрации напряжений в зоне входа зубка в тело шарошки и созданию переменных напряжений во всей клиновидной рабочей части зубка.

Итак, из рассмотрения накопленного разными исследователями опыта экспериментального изучения нагруженности и напряженного состояния бурового инструмента можно сделать следующие выводы.

1. Накоплен весьма обширный экспериментальный материал, обобщение которого представляет большой практический интерес, поскольку связывает геометрические параметры бурового инструмента с параметрами напряженного состояния как инструмента, так и разрушаемой породы. Вместе с тем большинство практических рекомендаций носит частный характер, отсутствуют методические подходы, позволяющие однозначно связать геометрию и напряженное состояние бурового инструмента с его эксплуатационными характеристиками.

2. Большинство экспериментальных исследований выполнено на плоских моделях, что не позволяет проанализировать пространственную неоднородность параметров напряженного состояния и ее влияние на эффективность инструмента.

3. Долговечность твердосплавного вооружения в основном определяется величиной концентрации напряжений в зоне входа зубка в тело шарошки. С увеличением натяга при запрессовке возрастает концентрация напряжений, что приводит к уменьшению долговечно-

сти вооружения.

4. Большое значение на эффективность процесса бурения оказывают типы и режимы работы вращательно-подающих механизмов, влияющие также и на долговечность рабочих органов. Эти вопросы исследованы недостаточно. Для обеспечения высокой надежности техники бурения необходимы комплексные исследования нагруженности и НДС системы «вращательно-подающий механизм - буровой став – буровой инструмент – горная порода».

Список литературы

1. Буткин В.Д. Проектирование буровых долот для открытых горных, земляных и строительных работ. М. МаксПресс. 2005. – 304 с.
2. Посташ С.А. Повышение надежности и работоспособности шарошечных долот. – М.: Недра. 1982. – 120 с.
3. Повышение долговечности опор буровых шарошечных долот за счет применения конических роликовых подшипников / А.В.Браженцев, В.П.Браженцев, Н.А.Жидовцев, Э.С.Гинзбург. – М. Цинтихимнефтемаш. 1990. – 32 с.
4. Федоров Д.И. Рабочие органы землеройных машин. М. Машиностроение, 1989. – 368 с.
5. Арцимович Г.В., Поладко Е.П., Свешников И.А. Исследование и разработка породоразрушающего инструмента для бурения. Новосибирск. Наука. 1978. – 182 с.
6. Арцимович Г.В. Механофизические основы создания породоразрушающего инструмента. – Новосибирск. Наука. 1985. – 268 с.
7. Бабенков И.С., Иванов К.И., Хесин Г.Л. Исследование взаимодействия бурового инструмента и породы методом фотоупругости. М. Недра. 1970. – 128 с.
8. Крылов К.А., Стрельцова О.А. Повышение долговечности и эффективности буровых долот. М. Недра. 1983. – 206 с.

НИР выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.