

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОПОР КАЧЕНИЯ БУРОВЫХ ДОЛОТ МЕТОДОМ ФИНИШНОГО ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ ТОПОЛЯНСКИЙ П.А., СОСНИН Н.А.

НПФ «Плазмацентр», Санкт-Петербург, Россия

Основным инструментом, используемым для механического разрушения горных пород на забое буровой скважины в процессе ее проходки, является буровое долото. Трехшарошечное буровое долото представляет собой три сваренных между собой секции (лапы), на цапфах которых смонтированы режущие части долота – шарошки, свободно вращающиеся на опорах – роликовых и шариковых подшипниках качения. Верхняя часть долота для соединения с колонной бурильных труб (посредством трубного замка) имеет наружную коническую резьбу. Из всех элементов опоры долота максимальный износ имеют роликовые дорожки лапы долота.

Для обеспечения эффективной и безаварийной работы долота при бурении долговечность опор должна превышать долговечность зубьев шарошек.

Рабочие поверхности опоры долота после их финишной обработки шлифованием характеризуются наличием значительных дефектов – риски, царапин, микротрещин, местных прижогов и структурной неоднородностью материала приповерхностного слоя, которые могут являться эффективными концентраторами напряжений.

В процессе работы опоры испытывают высокие контактные и динамические нагрузки, которые приводят к неравномерной пластической деформации опор. Вследствие трения тел качения происходит смятие и отрыв микрозон поверхности, пластические смещения отдельных участков, разрывы на рабочей поверхности и другие дефекты. При попадании посторонних частиц между контактирующими поверхностями происходит образование вмятин. Под действием циклических нагрузок вблизи концентраторов напряжений зарождаются усталостные трещины, приводящие к выкрашиванию материала основы. Усталостные выкрашивания образуются также на поверхности и в очагах структурной неоднородности и на некотором расстоянии от поверхности, соответствующем расположению максимальных касательных напряжений. Загрязнение опор частицами выбуренной породы, глинистого раствора, продуктами износа вызывает

абразивное изнашивание, которое сопутствует усталостному выкрашиванию. Воздействие элементов поверхностно-активной среды вызывает их адсорбцию, а ее проникновение внутрь металла усиливает образование усталостных трещин и выкрашивание частиц.

Таким образом, долговечность опор зависит от контактно-усталостной прочности исходного материала, интенсивности абразивного износа и поверхностной адсорбционно-усталостной прочности.

С учетом характера износа повышение долговечности опор долота может быть достигнуто снижением микрошероховатости и созданием структурно-однородного, более прочного поверхностного слоя, обладающего повышенным сопротивлением пластической деформации и повышенной жесткостью. Все это задержит начало усталостного разрушения, как на поверхности, так и в глубине и затруднит проникновение поверхностно-активных веществ внутрь металла. Кроме того, повышение твердости снизит абразивный износ.

Разработанный в последнее десятилетие процесс финишного плазменного упрочнения (ФПУ) позволяет решать поставленные задачи.

Сущность ФПУ состоит в нанесении износостойкого покрытия с одновременным осуществлением процесса повторной плазменной закалки приповерхностного слоя. Покрытие является продуктом плазмохимических реакций реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Закалка происходит за счет локального воздействия высококонцентрированной плазменной струи.

Эффект от ФПУ достигается за счет изменения физико-механических свойств поверхностного слоя: увеличения микротвердости, залечивания микродефектов, создания сжимающих напряжений, образования на поверхности диэлектрического и коррозионностойкого пленочного покрытия с низким коэффициентом трения и теплопроводности, химической инертностью и специфической топографией поверхности.

Оборудование для ФПУ включает в себя переносной блок аппаратуры с жидкостным дозатором и малогабаритный плазмотрон дополненный плазмохимическим реактором.

Технологический процесс ФПУ проводится при атмосферном давлении и состоит из операций предварительной очистки обрабатываемой поверхности (любым известным методом) и непосредственно упрочнения путем взаимного перемещения изделия и плазмотрона. Температура нагрева деталей при ФПУ не превышает 100-150°C. Параметры шероховатости поверхности

после ФПУ не изменяются. В качестве плазмообразующего газа используется аргон, исходным материалом для прохождения плазмохимических реакций и образования покрытия является жидкий препарат СЕТОЛ. Его расход не превышает 0,5 г/ч (не более 1 литра в год).

По сравнению с аналогами процесс ФПУ имеет следующие преимущества:

- высокая воспроизводимость и стабильность упрочнения за счёт двойного эффекта – от износостойкого покрытия и структурных изменений в тонком приповерхностном слое;
- проведение процесса упрочнения на воздухе при температуре окружающей среды не требует применения вакуумных или других камер и ванн;
- вследствие нанесения тонкоплёночного покрытия (толщиной не более 3 микрон), укладываемого в допуски на размеры деталей, процесс упрочнения используется в качестве окончательной финишной операции;
- отсутствие изменений параметров шероховатости поверхности после процесса упрочнения;
- минимальный нагрев в процессе обработки (не более 100-120°C) не вызывает деформаций деталей, а также позволяет упрочнять инструментальные стали с низкой температурой отпуска;
- возможность упрочнения локальных (по глубине и площади) объёмов деталей в местах износа с сохранением исходных свойств материала в остальном объёме;
- тонкоплёночное покрытие по микротвёрдости наиболее близко к алмазоподобным покрытиям;
- образующиеся на поверхности после ФПУ сжимающие остаточные напряжения при циклической нагрузке повышают усталостную прочность изделия (для сравнения: после операции шлифования возникают растягивающие напряжения, ведущие к снижению усталостной прочности);
- высокая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой обеспечивает максимальную сопротивляемость истиранию;
- образующееся на поверхности тонкоплёночное аморфное (стеклообразное) покрытие защищает изделие от воздействия высокой температуры (испытания на высокотемпературную воздушную коррозию в течение 100 часов при температуре 800°C);
- простота операций по очистке и обезжириванию перед упрочнением (отсутствие специальной предварительной подготовки);

- возможность упрочнения поверхностей деталей любых габаритов в ручном или автоматическом режимах;
- низкая потребляемая мощность установки для упрочнения – менее 6 кВт;
- незначительная площадь, занимаемая оборудованием – 1-2 м²;
- малогабаритный плазмотрон для упрочнения (массой около 1 кг) может быть легко закреплён на манипуляторе, в руке робота, а также позволяет вести обработку вручную;
- транспортабельность и маневренность оборудования (масса блока аппаратуры – менее 15 кг, источника питания - менее 50 кг);
- экологическая чистота процесса в связи с отсутствием отходов при упрочнении.

Испытания буровых долот, собранных из лап с упрочненными ФПУ роликовыми дорожками, показали, что износ дорожек снижается минимум в 2-3 раза.

Повышению износостойкости способствует:

- создание бездефектного упрочненного однородного поверхностного слоя, который ликвидирует отрицательную роль концентраторов напряжений;
- возникновение на поверхности остаточных напряжений сжатия, в результате чего затрудняется образование и развитие усталостных трещин;
- повышение сопротивления наклепу, создаваемому в процессе работы долота, затрудняет возникновение усталостных трещин и повышает сопротивление абразивному износу;
- образуемая на поверхности пленка затрудняет проникновение поверхностно-активных веществ внутрь металла и увеличивает сопротивление поверхностной адсорбционной усталости;
- снижение субшероховатости обработанной поверхности наряду с упрочнением увеличивает контактную жесткость рабочих дорожек и делает их более износостойкими.

Экономическая эффективность ФПУ буровых долот определяется повышением их работоспособности и износостойкости, сокращением необходимого количества для заданной производственной программы, сокращением времени и средств, связанных с ремонтом, возможностью интенсификации режимов бурения и увеличения проходки на одно долото при бурении скважин.