

# Повышение производительности и качества шлифования закаленных стальных деталей нефтепромыслового оборудования

А.Б. Переладов, к.т.н., Курганский государственный университет

Оптимизация факторного пространства процесса шлифования во многом определяет его производительность, качество обработки и экономическую эффективность операции в целом. Особенно это важно при шлифовании ответственных поверхностей деталей из труднообрабатываемых легированных сталей и других сплавов, к которым, безусловно, относятся детали нефтепромыслового оборудования, трубопроводной арматуры различного назначения, производство, восстановление, ремонт и замена которых, особенно в удаленных и труднодоступных районах — это достаточно затратное мероприятие. Рациональным подбором характеристик инструмента, схемы, условий и режимов шлифования, как показывает теория и практика, можно добиться повышения производительности обработки до 5 раз, а эксплуатационных свойств шлифованной поверхности до 4000%. При этом затраты, понесенные на совершенствование операции, значительно перекрываются уменьшением машинного времени и повышением качества обработки, что обеспечивает, например, износостойкость шлифованных поверхностей в несколько раз.

Как показывает анализ подобных операций, только комплексное решение задачи оптимизации обеспечивает наиболее высокие технические и экономические показатели. Под комплексной оптимизацией понимается полный анализ операции, использование различных методов ее проектирования, анализ применяемого абразивного инструмента, определение его оптимальных структурных и конструктивных показателей, подбор режимов шлифования.

В качестве примера ниже приведены основные результаты, касающиеся повышения производительности и качества шлифования, снижения

Рис. 1. Нефтепромысловая установка для бурения на нефть и газ



Фото с сайта: <http://www.l-burzenie.ru>

расхода применяемых кругов и правящего инструмента на ОАО «УЗТМ» при обработке эвольвенты стальных зубчатых колес нефтепромысловых установок для глубокого бурения на нефть и газ (рис. 1). Операция обработки заключалась в шлифовании эвольвентной поверхности зубьев зубчатых колес, на момент начала испытаний, кругами производства ОАО «ЧАЗ» 4.400...350x20..50x127;203; марка абразивного материала: электрокорунд белый, связка керамическая (25А, 95А32..40 НС 41-26 К11, К13 А1 35 м/с); схема шлифования — обкат; скорость обката кругом эвольвентной поверхности — 6..12 мм/дв. ход. Применяемое оборудование: размерный ряд станков ZSTZ, ЗНШ. Способ охлаждения зоны резания — струйный полив маслом;

*In article the technique, results of designing and introduction of the high-productive tool on grinding operations in the conditions of Open Society «Ural factory of heavy mechanical engineering» (Ekaterinburg) for processing of details of installations of deep boring on oil and gas are described. Other examples of use of the given technique and the developed abrasive tool are resulted.*

Рис. 2. Зубчатое колесо для буровых установок



Фото с сайта: <http://arsenal-detal.ucoz.ru>

глубина шлифования – 0,02..0,03 мм/ход. Периодичность правки: после шлифования 3..10 зубьев в зависимости от размера и модуля зубьев зубчатого колеса. Глубина правки составляла 0,03..0,04 мм на двойной ход правящего инструмента (всего требовалось 2-3 прохода). Правка осуществлялась по команде оператора с остановкой процесса шлифования и отводом шлифовального круга в позицию правки. Цель правки: восстановление формы рабочей поверхности круга и устранение ее «засаливания». Параметры обрабатываемых зубчатых колес (рис. 2): модуль 1,5..30 мм, диаметр 100..3500 мм, высота 50..1500 мм). Требуемая по технологическому процессу шероховатость шлифованной поверхности  $Ra = 0,8...1,25$  мкм (реально достигаемая  $Ra = 1,25..2,5$  мкм). В качестве основных недостатков операции выделялись быстрая засаливаемость рабочей поверхности инструмента (низкая стойкость) и, как следствие, необходимость в частых правках. Это предопределяло значительный расход шлифовального и правящего алмазного инструмента. Кроме того, при достижении диаметра 300-320 мм, круги начинали катастрофически изнашиваться, что приводило к необходимости их преждевременной замены.

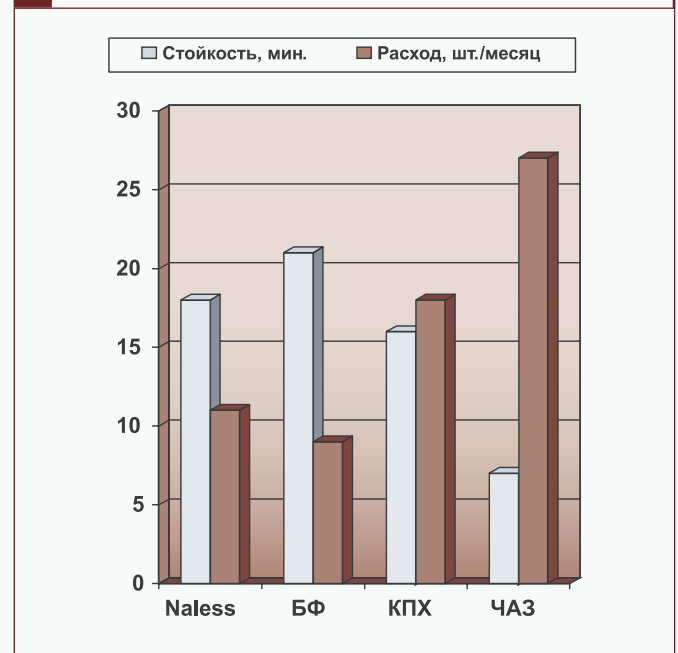
В ходе проведенного анализа были определены имеющиеся резервы повышения эффективности операции. Во-первых, было выявлено несоответствие структурных характеристик инструмента для данных условий его работы. Во-вторых, требовалась оптимизация режимов шлифования и правки рабочей поверхности шлифовального круга. Проектируемая операция была смоделирована с использованием специально разработанной компьютерной программы, которая позволила определить параметры взаимодействия (силовые и кинематические) для конкретного обрабатываемого материала (сталь 20Х2Н4А, HRC 56–63). В ходе моделирования были оптимизированы характеристики применяемого инструмента (структура, зернистость, твердость) и режимы его работы.

В результате проведенного проектирования операции к испытанию и внедрению было разработано 2 вида шлифовальных кругов:

- круги с бифракционным (БФ) составом абразивного материала;
- круги с переменными характеристиками (КПХ) структуры.

Основные отличия структуры предлагаемого инструмента заключаются в сниженном содержании связки, что предопределяет более высокую режущую способность по сравнению со стандартными кругами за счет уменьшения трения связки об обрабатываемую поверхность (круги БФ). Круги КПХ имеют увеличивающуюся прочность удержания абразивных зерен в матрице круга по мере приближения к поверхности центрального отверстия со стороны периферии. Такое направление изменения данного показателя позволяет стабилизировать процесс шлифования и скорость изнашивания инструмента по мере уменьшения его диаметра в процессе работы ( $D_{min} = 260$  мм), что особенно важно для получения стабильных параметров качества обрабатываемых поверхностей деталей.

Рис. 3. Гистограмма результатов проведенных испытаний



Испытания разработанных кругов осуществлялись в ходе шлифования промышленной партии зубчатых колес (цех №96). Результаты испытаний представлены на гистограмме (рис. 3). Оценка работоспособности опытного инструмента осуществлялась в сравнении с показателями, полученными в процессе шлифования применяемыми в настоящий момент кругами производства ОАО «Челябинский абразивный завод» и кругами фирмы «Naless» (Франция), специально приобретенными ОАО «УЗТМ» для повышения производительности и качества обработки на данной операции. В результате проведенных испытаний было отмечено повышение стойкости разработанных кругов, снижение засаливания рабочей поверхности инструмента в процессе шлифования. Усреднённые показатели внедряемого инструмента (круги БФ): номер структуры 4 – был сни-

жен по сравнению с исходным значением (№6); степень твердости М3 (круги диаметром 400 мм) или СМ1 (круги диаметром 350 мм). Изменение твердости от периферии к центру у кругов КПХ находилось в пределах М2-СМ1 (круги диаметром 400 мм) и М3-СМ2 (круги диаметром 350 мм). Это позволило добиться их работы в режиме экономного самозатачивания; интервалы между правками увеличились в 2,5...3 раза, кроме того, глубина правки составила 0,02 мм (1-2 прохода); глубину шлифования при обработке зубчатых колес диаметром до 1,5 метров удалось увеличить до 0,05 мм. Было отмечено снижение прижогов, благодаря чему получено уменьшение твердости в пределах 1-2 единиц по HRC (круги БФ); снижение твердости шлифованной поверхности кругами ОАО «ЧАЗ» составило 2-4 единицы от исходной твердости закаленной поверхности заготовки. В целом производительность (штучное время) обработки удалось уменьшить в 1,7 раза; а расход правящего и абразивного инструмента в 2...2,5 раза.

За период с 2003 по 2007 гг. на ОАО «УЗТМ» было поставлено 430 кругов. Общий экономический эффект от применения кругов без учета вторичного эффекта составил около 370 тыс. рублей (уровень цен середины 2007 г.).

В качестве дополнительной информации можно добавить, что данная методика проектирования была успешно использована при оснащении ряда других операций на различных предприятиях РФ: шлифование бочек и шеек прокатных валков (ОАО «УЗТМ»; заменен разработанными кругами импортный инструмент фирмы «Атлантик», снижен общий расход кругов в 2 раза); шлифование (заточка протяжек) режущего инструмента из закаленных инструментальных сталей (ОАО «КАМАЗ»; достигнуто снижение шероховатости на 2 класса и расхода инструмента в 3 раза); шлифование зубчатых колес из стали 18ХГТ (ОАО «Курганский машиностроительный завод»; устранены прижоги и прижоговые трещины на шлифованных поверхностях, снижен расход инструмента и повышена производительность операции в 1,5 раза). Имеются примеры внедрения разработанного инструмента на ряде других операций при шлифовании изделий из труднообрабатываемых материалов.

Предлагаем предприятиям-изготовителям трубопроводной арматуры сотрудничество в плане совершенствования обычных и уникальных шлифовальных операций (шлифование точных резьб, клиньев и шпинделей задвижек, наплавленных изделий) для обеспечения высокой производительности и качества обработки.