

УДК 150400.62

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА  
БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯРНОГО МИКРОРЕЛЬЕФА  
ПОВЕРХНОСТИ ЗУБЬЕВ

Бжитских А.П.

научный руководитель канд. техн. наук Докшанин С.Г.

*Сибирский федеральный университет*

Буровая лебедка – основной агрегат спуско-подъемного комплекса буровой установки. Она является неотъемлемой частью буровой установки и используется как во время бурения, так и для проведения вспомогательных работ на буровой вышке.

Буровая лебедка У2-5-5 разработана заводом «Уралмаш», является основной и единственной лебедкой буровых установок 3Д (4Э) и БУ–4000 с условной глубиной бурения – 4000 м. Привод лебедки осуществляется посредством цилиндрического редуктора от коробки скоростей.

В процессе работы лебедка воспринимает значительные по модулю, знакопеременные нагрузки. Нередко работа производится в труднодоступных районах с тяжелыми климатическими условиями. В этих условиях не исключается возможность воздействия на механизмы лебедки ударных нагрузок, значительных температурных перепадов, попадания в механизмы абразивных частиц и загрязнений.

Вышеперечисленные факторы значительно сокращают срок службы лебедки и приводят к преждевременному износу ее механизмов. В результате чего возникает необходимость проведения более частых ремонтов, что ведет к простоям оборудования и значительным затратам на восстановление работоспособного состояния. Ремонт буровых лебедок из всех видов ремонта бурового оборудования является наиболее трудоемким.

В процессе работы буровой лебедки наибольшему износу подвергаются посадочные места вала, колодки ленточного тормоза и шинно-пневматические муфты, приводные цепи, подшипники, зубчатые колеса и детали приводного редуктора. И если подшипники, тормозные колодки, муфты и приводные цепи во время капитального ремонта меняют, а ремонт вала не представляет особых трудностей и проводится достаточно быстро. То ремонт и восстановление зубчатых колес редуктора достаточно сложен, их восстановление производят только в специально оборудованных помещениях, а затраты на демонтаж и транспортировку составляют большую часть затрат на ремонт. В связи с этим важной задачей является повышение износостойкости зубчатых колес с целью увеличения ресурса работы.

Основными методами повышения износостойкости зубчатых колес, применяемых в настоящее время, являются: корригирование, улучшение, сплошная или поверхностная закалка зубьев, цементация, азотирование, нитроцементация рабочих поверхностей, накатывание, электромеханическая обработка, цианирование, ультразвуковая обработка. Практически все методы основаны на механическом, физическом, химическом или их совместном воздействии на обрабатываемую поверхность при определенной кинематике перемещений инструмента и заготовки. И хотя некоторые из перечисленных методов имеют достаточно хорошие показатели, общим недостатком каждого из них является образование на поверхности, вследствие термических или других видов воздействия, хаотичных, случайно расположенных микрорельефов. Которые в процессе работы, особенно в период приработки, изнашиваются наиболее интенсивно, образуя абразивные частицы и снижая поверхностную прочность материалов.

Таким образом, современные методы обработки зубьев не удовлетворяют требованиям к качеству поверхности и не могут обеспечить достаточной надежности детали. Одним из способов, которым можно добиться повышения износостойкости зубчатых колес является предложенный и разработанный автором [1] метод поверхностного пластического деформирования с образованием регулярных микрорельефов. Поскольку этот метод обработки не требует предварительного нагрева детали, он обладает целым рядом преимуществ. В результате холодной пластической деформации изменяются свойства металла: повышается прочность, электросопротивление, снижается пластичность, плотность, коррозионная стойкость. В поверхностном наклепанном слое увеличивается плотность дефектов кристаллической решетки, может изменяться форма и ориентация зерен. В поверхностных слоях создаются сжимающие напряжения, тормозящие зарождение и развитие трещин. Обработка может быть эффективна для сталей различного состава и после различной термической обработки.

Для обеспечения максимальной долговечности и износостойкости деталей, изменения, которым подвергается заготовка на стадии обработки, должны быть минимальными, а на стадии эксплуатации минимальной должна быть площадь контактирующих поверхностей, что достигается за счет образования на поверхностях регулярного микрорельефа.

Кроме того, за счет регуляризации поверхностей деталей добиваются следующего:

- снижаются потери на трении, и исключается появление надиров, задиров и схватывания;
- уменьшается материалоемкость;
- повышается надежность и долговечность;
- сокращается длительность или исключается приработка;
- исключаются ручные работы при изготовлении (абразивное полирование, шабрение);
- осуществляется переход на расчетные методы нормирования и технологического обеспечения микрогеометрии;

При этом не только улучшаются эксплуатационные характеристики пар трения, но и снижаются требования к шероховатости поверхности, исключаются из технологического процесса трудоемкие и дорогостоящие операции (доводка, шабрение, хонингование, полирование, покрытия, термическая обработка). Следовательно, сокращается цикл изготовления деталей и снижается стоимость обработки, упрощается конструкция деталей.

Метод регуляризации микрорельефа поверхности является наиболее новым и прогрессивным подходом к решению проблемы качества поверхности, поскольку повышается точность и надежность нормирования конструктором и технологического обеспечения технологом качества поверхности, значительно упрощается и удешевляется контроль, на качественно новый, более высокий уровень поднимается стандарт на шероховатость поверхности.

Основным достоинством регуляризации микрорельефа является получение поверхностей с заданными геометрическими параметрами, во-первых, функционально связанными с эксплуатационными свойствами поверхности, во-вторых, функционально связанными с параметрами режима обработки, в-третьих, воспроизводимыми и регулируемые с высокой точностью в широком диапазоне значений.

Для оценки влияние предлагаемого метода обработки на интенсивность изнашивания зубчатых колес, был произведен расчет интенсивности изнашивания зубчатой передачи редуктора лебедки, в результате которого получились следующие данные:

$$[h_1] \geq 2,25 \cdot I_{h1} \cdot \sqrt{\omega_{Ht} \cdot \left( \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right) \cdot \rho_{np1} \cdot \frac{v_{sy1}}{v_{Fy1}} \cdot n_1 \cdot i \cdot \tau} = 2,56 \cdot 10^{-13};$$

Полученные данные были применены для определения ресурса работы зубчатой передачи:

$$L = \frac{[h_1] \cdot v_{Fy1}}{2,25 \cdot I_{h1} \cdot \sqrt{\omega_{Ht} \cdot \left( \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right) \cdot \rho_{np1} \cdot v_{sy1} \cdot n_1 \cdot i \cdot \tau}} = 8094,69 \text{ ч.}$$

Полученный ресурс работы зубчатой передачи  $L$ , практически соответствует значению межремонтного периода буровой лебедки У-2-5-5, равному 8100 часов, что наглядно говорит о необходимости ее ремонта или замены уже после первого межремонтного периода.

Сопоставляя экспериментальные данные, полученные автором [1], с результатами произведенного расчета можно прогнозировать после нанесения регулярного микрорельефа на рабочую поверхность зубьев, уменьшение интенсивности изнашивания поверхностного слоя до 50%. Таким образом, есть возможность увеличения ресурса работы передачи в 2 раза. При данных условиях исключается необходимость проведения ремонта зубчатого зацепления во время капитального ремонта, что значительно сократит время простоя оборудования, а также материальные и другие расходы.

Наиболее распространенным методом нанесения регулярного микрорельефа является метод вибрационного накатывания. Целью обработки зубчатых колес по данному методу является образование на рабочих поверхностях зубьев системы синусоидальных канавок, показанной на рисунке 1:

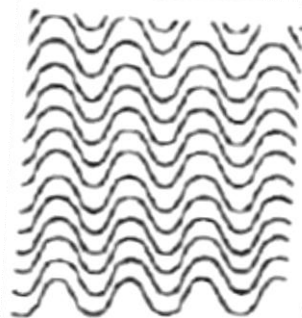


Рисунок 1 – Система синусоидальных канавок на рабочей поверхности зубьев

Для выполнения данной задачи предлагается использовать зубошевинговальный станок с модернизированной оснасткой. Специальная оснастка – шевер реечного типа, предлагается приспособить для нанесения регулярного микрорельефа. На рабочих поверхностях зубьев шевера размещаются в несколько рядов специальные деформирующие шарики, число и расположение которых рассчитывается исходя из геометрии зубчатого колеса. Деформирующие шарики, вдавливаясь в боковые поверхности зуба обрабатываемого зубчатого колеса, за счет суммирования продольного движения шевера и осцилляционного движения колеса образуют системы синусоидально расположенных канавок. После первого захода шевер смещается на

один зуб, на рабочей поверхности которого аналогично расположены деформирующие шарики на расстоянии  $\delta$  от первого варианта. За два захода образуется готовый регулярный микрорельеф в одной впадине зубьев зубчатого колеса, после чего, зубчатое колесо поворачивается на один зуб и обработка повторяется.

Предлагаемый способ обработки обладает рядом преимуществ:

1. Микрорельеф вибронакатанной поверхности образуется как след движения участка деформирующего элемента, контактирующего с обрабатываемой поверхностью. Поскольку этот след фактически полностью определяется кинематикой движения деформирующего элемента, создается новый регулярный микрорельеф со строго закономерно расположенными относительно друг друга неровностями одинаковой формы и размеров;
2. Благоприятная практически для всех условий эксплуатации форма неровностей регулярных микрорельефов, характеризуемая пологой формой выступов и впадин с радиусами на 1-2 порядка большими, чем при обработке резанием, и соответственно большей величиной опорной поверхности как исходной после вибронакатывания, так и в приработочный период;
3. Усложненная кинематика процесса вибронакатывания и большое число регулируемых параметров его режима позволяют весьма тонко и в больших пределах варьировать значения большого числа параметров создаваемого регулярного микрорельефа;
4. Возможно управлять такими параметрами поверхности как фактическая ее площадь и фактическая площадь контакта, и создавать высокочистые поверхности достаточной маслостойкости, исключать явления молекулярного сцепления, адгезии, фреттинг-коррозии;
5. Строгая кинематическая связь между параметрами режима процесса вибронакатывания и параметрами регулярного микрорельефа определяет возможность расчетного нормирования, технологического обеспечения и безаппаратного контроля поверхностей;
6. Становится возможной стандартизация регулярных микрорельефов с включением в число стандартизуемых параметров, как относительная опорная площадь элемента поверхности и их число на единицу площади. Если учесть, что контакт поверхностей всегда происходит по площадкам, а площадь фактического контакта – важнейший параметр, определяющий все его служебные свойства, то станет очевидным прогрессивность и перспективность нового стандарта и всего направления регуляризации микрогеометрии поверхностей деталей машин и приборов;
7. Поскольку в основе способа вибронакатывания в отношении воздействия на обрабатываемый материал лежит холодная пластическая деформация со свойственными ей особенностями и достоинствами, все они могут быть распространены и на этот процесс и на физико-механические свойства образуемого им поверхностного слоя материала. Отсутствие перерезания волокон металла, незначительный нагрев его поверхностного слоя, упрочнение за счет наклепа и сжимающих напряжений, отсутствие шаржирования в поверхностный слой инородных частиц – все эти позитивные свойства характерны для предлагаемого метода.

Таким образом, на основе произведенных расчетов и экспериментальных данных полученных ранее, предлагается путем незначительной переоснастки зубошвинговального станка действительный способ повышения износостойкости зубчатого колеса до 50%. В результате которого достигается значительное увеличение ресурса работы передачи, что позитивно сказывается на экономии средств и времени при проведении ремонта буровых лебедок.

Список используемой литературы:

Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – 2-е изд. –Л.: Машиностроение,1982.;

Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / Добычин М.Н., Комбалов В.С. –Москва: Машиностроение,1977.;

Кузнецов В.С. Обслуживание и ремонт бурового оборудования. –М.: «Недра»,1973. – 344 с.;