

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочергин, А.И. Конструирование и расчёт металлорежущих станков и станочных комплексов. – Минск: Высшая школа, 1991. – 384 с.
2. Металлорежущие станки: учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил.

УДК 621.833

Романюк А.С.

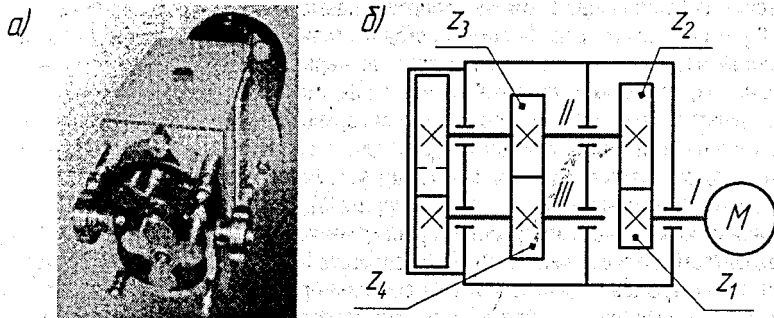
Научные руководители: доцент, к.т.н. Григорьев В.Ф.,
ст. преподаватель Дакало Ю.А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИНХРОНИЗИРУЮЩИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС РОТОРНЫХ НАСОСОВ

Увеличение выпуска конкурентоспособной продукции машиностроения стимулирует поиск и внедрение экономичных и производительных методов обработки.

Так, при изготовлении роторных насосов серий НМ, НР, ВЗ-ОР2-А-2 была поставлена задача замены зубошлифования синхронизирующих зубчатых колёс более производительным и дешёвым методом обработки. Было предложено заменить операцию зубошлифования последующей приработкой в процессе эксплуатации.

Насосы роторные предназначены для перекачивания по трубам вязких молочных продуктов (сливки, концентрированное и сгущённое молоко с концентрацией не выше 45%, смеси для мороженого и кисломолочные продукты) с температурой до 70°C. Рабочие органы насоса – роторы типа колёс Рутса (рисунок 1,а) посажены на валы II, III (рисунок 1,б) и заключены в корпус. Крутящий момент с вала двигателя I передаётся через шестерню z_1 на зубчатое колесо z_2 . Для синхронного вращения роторов в насосе служит зубчатая пара (зубчатое колесо z_4 и шестерня z_3). Продукт через всасывающий патрубок заполняет свободные промежутки между лепестками роторов и при их вращении порциями подаётся в нагнетательный трубопровод.



а – общий вид; б – схема кинематическая принципиальная
Рисунок 1 – Насос роторный

Шлифование зубьев является распространенным и точным методом отделки зубчатых колес, обеспечивающим надежные результаты. Обычно шлифованию подвергаются зубья ответственных цементированных и закаленных колес. Зубошлифование остаётся трудоёмким и дорогостоящим методом отделки, позволяющим получать требуемое ка-

чество поверхности, в первую очередь шероховатость. Основанием для отказа от абразивной обработки колес и переноса отделочной обработки на этап приработки могут служить следующие соображения.

Под оптимальной эксплуатационной шероховатостью понимается воспроизводимая в стационарных условиях шероховатость, которой соответствует наименьшая интенсивность изнашивания. Под определением «равновесная шероховатость» предлагается понимать шероховатость, устанавливающуюся на фрикционном контакте в процессе приработки.

Равновесная шероховатость, устанавливающаяся на трущихся телах, зависит от ряда факторов: механических свойств поверхностей, смазки, условий работы, конфигурации сопряженных поверхностей и т. д.

Исследованиями [1, 2] установлено, что в процессе приработки устанавливается вполне определенная шероховатость. Имеются также утверждения о том, что высокая начальная гладкость поверхности является наилучшей в отношении длительности и качества процесса приработки.

Для каждого конкретного сопряжения имеется своя наиболее рациональная шероховатость. Если такую шероховатость сообщить поверхности в процессе механической обработки, то величина износа и длительность приработки трущихся поверхностей будут минимальными. Однако вопрос об оптимальной шероховатости теоретически не был решен, и для различных условий работы ее устанавливали экспериментально. Наиболее целесообразным является такой вид технологической отделочной обработки, при котором параметры шероховатости R_a , R_z и t_p наиболее близко соответствуют параметрам приработанных поверхностей.

Процесс приработки сопряженных поверхностей сопровождается сложными необратимыми явлениями, протекающими в тонком поверхностном слое. При приработке изменяются физико-механические, теплофизические свойства поверхностных слоев, макро- и микрогеометрия. В начальный период приработки происходит интенсивное изнашивание неровностей, полученных при механической обработке, их дробление и пластическое деформирование, обычно сопровождаемое наклепом тонкого поверхностного слоя [3]. В результате приработки происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, частичное или полное уничтожение первоначальных неровностей и установление новых, отличных от первоначальных по форме и размерам [4, 5].

В результате приработки материальная поверхность приходит к такому физическому состоянию и такой структуре, при которых поверхностный слой обладает минимальной потенциальной энергией, т. е. представляет устойчивую систему, допускающую в данных условиях минимальную диссипацию энергии [6].

Одной из важных закономерностей приработки является независимость равновесной шероховатости от первоначальной шероховатости [7]. На рис. 2 приведен график изменения параметра шероховатости R_a во времени при приработке, из которого следует, что при выбранных условиях работы, любая шероховатость приходит к равновесной R_a пр.

Таким образом, с точки зрения износа шероховатость поверхности не зависит от первоначальной шероховатости, полученной при механической обработке. При этом шероховатость поверхности, образованная при трении, не может быть точно воспроизведена путем механической обработки.

Первоначальная шероховатость влияет на продолжительность приработки: чем больше отличается шероховатость, полученная при механической обработке, от шеро-

ховатости, устанавливающейся после приработки, тем больше продолжительность испытаний. Плохо приработавшиеся детали быстро изнашиваются.

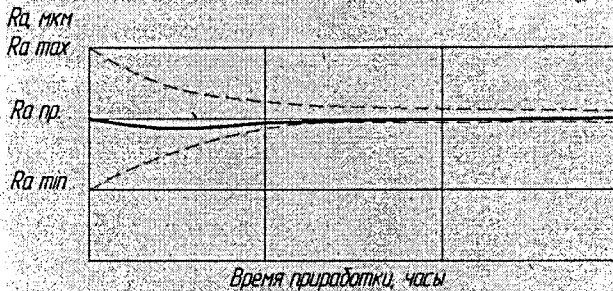


Рисунок 2 – График изменения параметра шероховатости Ra во времени при приработке

Для мягких и среднетвердых сталей первоначальная шероховатость рабочей поверхности после кратковременной приработки приобретает постоянный вид (называемый эксплуатационной шероховатостью), который мало изменяется во время работы и не зависит от величины первоначальной шероховатости. В связи с этим очевидно, что добиваться очень высокой гладкости поверхностей контакта нецелесообразно, так как гладкость таких поверхностей при работе все равно ухудшается.

На основании вышеприведенных положений были сформулированы технические мероприятия по совершенствованию технологии обработки: зубошлифование исключается из техпроцесса, зубонарезание производится более точными червячными фрезами, предшествующая абразивной обработке закалка ТВЧ заменяется улучшением.

По исходному рабочему чертежу точность колёс по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев соответствует 7-й степени точности, шероховатость эвольвентных поверхностей зубьев $Ra = 1,6$ мкм, твёрдость зубьев HRC 43...48.

Снижение твёрдости до HB 269...302 (HRC 28...33) позволило заменить операцию шлифования фрезерованием с использованием более точной фрезы класса AA - 2510-4014AA P18 ГОСТ 9324-80, обеспечивающей седьмую степень точности по трем нормам [8]. При этом отделка для достижения эксплуатационной шероховатости переносится на этап приработки.

Так как твёрдость зубьев в разработанном варианте технологического процесса была снижена, то было принято решение произвести проверочный расчёт на прочность и долговечность активных поверхностей зубьев до и после изменения техпроцесса [9]. Методика предусматривает расчёт контактных напряжений на активных поверхностях зубьев и сравнение их с допустимыми значениями, при которых будет обеспечен требуемый уровень прочности и долговечности колёс. В результате расчётов были получены следующие значения напряжений: для шлифованного колеса $\sigma_H = 397,9$ МПа, для фрезерованного – $\sigma_H = 397,8$ МПа, что меньше допустимых значений $[\sigma_H] = 1586,3$ МПа для шлифованного колеса и $[\sigma_H] = 704,4$ МПа для фрезерованного колеса. Таким образом, даже при меньшей твёрдости зубьев и большей шероховатости эвольвентных поверхностей прогнозируется заданный срок службы зубчатых колёс.

Кроме этого, было предложено исключение из технологического процесса плоскошлифовальной операции шлифования торца колеса, сокращение числа контрольных операций с восьми до шести, а также слесарных с девяти до семи. В результате пред-

ложенных изменений технологии штучно-калькуляционное время изготовления колёс сократилось на 20 минут (на 31%), а следовательно, снизилась себестоимость их изготовления.

После изготовления зубчатых колёс и последующих испытаний собранных насосов на стенде было произведено измерение шероховатости шлифованных и фрезерованных зубьев с помощью прибора для профильного измерения шероховатости TR200. Были получены следующие результаты: шероховатость шлифованного колеса до приработки $Ra3,3 \pm 20\%$, после – $Ra2,5 \pm 13\%$; шероховатость фрезерованного колеса до приработки $Ra5,3 \pm 28\%$, после – $Ra3,4 \pm 20\%$.

В качестве иллюстрации приближения шероховатости, полученной различными методами, к оптимальной равновесной на рисунке 3 приведены кривые относительной опорной длины профиля t_r .

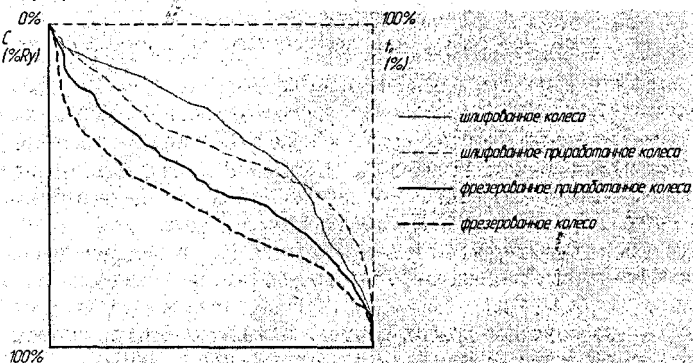


Рисунок 3 – Кривые относительной опорной длины профиля t_r

Таким образом, в обоснованных случаях можно рекомендовать замену зубошлифования приработкой без снижения эксплуатационных качеств зубчатых колёс.

Предложенное изменение технологии изготовления роторных насосов было внедрено на машиностроительном предприятии в 2011 г, и за прошедший период времени рекламий по качеству изделий не поступало.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дьяченко, П.Е. Влияние шероховатости поверхности на её износ // Качество поверхностей деталей машин. – М. – М.: МАШГИЗ, 1949. – С. 30–31.
2. Дьяченко, П.Е. Современные направления в области обеспечения высокого качества поверхностей деталей. НТО МЛШПРОМ. – М., 1960. – С. 16.
3. Дриц, М.Е. Влияние микрогеометрии и микроструктуры поверхностей трения на их износостойкость. Качество обработанных поверхностей деталей машин. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – № 4.
4. Косенко, П.А. Оптимальная шероховатость трущихся поверхностей: Качество обработанных поверхностей. – 1954. – Кн. 34. – С. 85.
5. Костецкий, Б.И. Качество поверхности и трение в машинах / Б.И. Костецкий, Н.Ф. Колесниченко. – Киев: Техника, 1969. – 215 с.
6. Щедров, В.С. Исследование процессов трения и износа на скользящем контакте: докт. дисс. – М., 1953.
7. Комбалов, В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. – М.: Наука, 1974. – 112 с.
8. Производство зубчатых колёс: справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган [и др.]; под общ. ред. Б.А. Тайца. – 3-е изд., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.
9. Курсовое проектирование деталей машин / В.Н. Кудрявцев, Ю.А. Державец, И.И. Арефьев [и др.]; под общ. ред. В.Н. Кудрявцева. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 440 с.