

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ЗУБООБРАБОТКИ

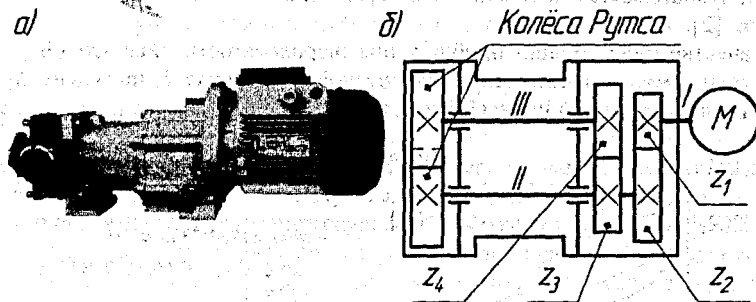
Григорьев В.Ф., Дакало Ю.А.

Брестский государственный технический университет,
Брест, Республика Беларусь

Важнейшей проблемой машиностроения на современном этапе является повышение экономичности производства без потери качества продукции.

Отсутствие научного подхода к назначению качественных параметров рабочих поверхностей деталей может приводить к необоснованному завышению требований, а следовательно, и удорожанию выпускаемых машин без должного повышения их надежности. С увеличением выпуска конкурентоспособной продукции машиностроения стимулируется поиск и внедрение экономичных и производительных методов обработки.

Для повышения долговечности пар трения обычно стараются уменьшить их приработку в процессе эксплуатации, добиваясь финишной обработкой близкой к оптимальной равновесной шероховатости. Заслуживает внимания и более экономичный подход, связанный с переносом финишных операций на этап приработки деталей [1]. Такой подход позволяет в обоснованных случаях исключить из технологического процесса дорогостоящие отделочные операции, повысить производительность и снизить затраты на изготовление машин.



а – общий вид; б – схема кинематическая принципиальная
Рисунок 1 - Насос роторный В3-ОР2-А-2

При изготовлении роторных насосов серий НМ, НР, В3-ОР2-А-2 (рисунок 1, а) с целью повышения экономичности изготовления синхронизирующих зубчатых колёс z_3 , z_4 (рисунок 1, б) была предложена замена зубошлифования более производительным и дешёвым методом обработки: точным зубофрезерованием с последующей приработкой в процессе эксплуатации. Технические мероприятия по повышению экономичности технологии обработки состояли в исключении зубошлифования из техпроцесса, применении более точных червячных фрез, замене закалки ТВЧ, предшествующей абразивной обработке, улучшением.

Снижение твёрдости до HB 269...302 (HRC 28...33) позволило применить однократное фрезерование более точной фрезой повышенной производительности класса AA - 2510-4014 AA P18 ГОСТ 9324-80, обеспечивающей седьмую степень точности по трем нормам. При этом окончательная отделка для достижения эксплуатационной шероховатости переносится на этап приработки.

Кроме этого, было предложено исключение из технологического процесса плоскошлифовальной операции торцевой поверхности колёс, сокращение числа контрольных операций с восьми до шести, а также слесарных с девяти до семи. В результате предложенных изменений технологии штучно-калькуляционное время изготовления колёс сократилось с 64,08 до 44,03 минут (на 31%).

После изготовления зубчатых колёс и сборки роторных насосов производилась начальная приработка на заводском испытательном стенде под рабочей нагрузкой в течение 2,5 часов. При этом контролировался уровень шума при работе насосов, который во всех случаях не превышал допустимого значения 80 дБА.

Затем после разборки изделия производилось измерение параметров шероховатости эвольвентной поверхности зубьев для оценки приемлемости предлагаемых изменений. Измерение шероховатости производилось портативным прибором для профильного измерения шероховатости TR200 (Time Group Inc.).

В результате измерений были получены следующие численные значения параметра шероховатости R_a эвольвентных поверхностей зубьев: шлифованных колёс до приработки $Ra_{3,3 \pm 20\%}$, после – $Ra_{2,5 \pm 13\%}$; фрезерованных колёс до приработки $Ra_{5,3 \pm 28\%}$, после – $Ra_{3,4 \pm 20\%}$. Таким образом, фрезерованное колесо прирабатывается интенсивнее по сравнению с закалённым шлифованным колесом [2].

В качестве иллюстрации приближения шероховатости, полученной различными методами, к оптимальной равновесной на рисунке 2 приведены кривые относительной опорной длины профиля t_p .

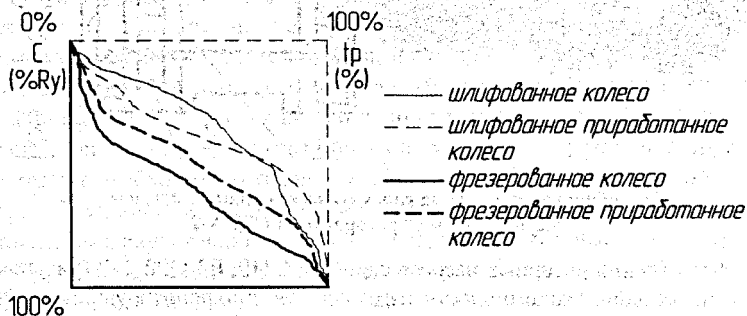


Рисунок 2 - Кривые относительной опорной длины профиля t_p

Как видно из рисунка, в верхней, «рабочей» части кривой, значение t_p как для шлифованных, так и фрезерованных приработанных колёс закономерно увеличивается, то есть, имеется тенденция приближения к форме теоретической кривой для равновесной шероховатости.

С целью проверки ресурса зубчатых колёс, изготовленных по новой технологии и имеющих меньшую твёрдость, был произведён расчёт на прочность и долговечность активных поверхностей зубьев до и после изменения техпроцесса. Рассчитывались контактные напряжения на активных поверхностях зубьев и сравнивались с допустимыми значениями, при которых будет обеспечен требуемый уровень прочности и долговечности колёс. Были получены следующие значения контактных напряжений: для шлифованного колеса $\sigma_H=397,9$ МПа < $[\sigma_H]=1586,3$ МПа, для фрезерованного - $\sigma_H=397,8$ МПа < $[\sigma_H]=704,4$ МПа.

Следовательно, даже при меньшей твёрдости и большей исходной шероховатости эвольвентных поверхностей зубчатых колёс прогнозируется заданный срок службы.

При этом себестоимость изготовления одного зубчатого колеса составила: для шлифованного колеса - $C=61225$ бел. руб., для фрезерованного - $C=27325$ бел. руб. [3]. Таким образом, себестоимость изготовления зубчатых колёс снизилась на 55%.

Вместе с тем, по причине снижения твёрдости зубьев следует ожидать уменьшения срока службы колёс, изготавливаемых по новой технологии. Для комплексной оценки эффективности принятых изменений было рассчитано отношение себестоимости изготовления колёс по вариантам технологического процесса к ресурсу передачи:

$$K_{CL}=C/L_h, \text{ руб./ч,} \quad (1)$$

где C - себестоимость изготовления одного колеса, руб.;

L_h - ресурс передачи, ч.

Расчётный ресурс передачи составил: для шлифованного колеса - 8833 ч., для фрезерованного - 5361 ч.

Подставив численные значения величин в формулу (1), получим следующие значения: для шлифованного колеса - $K_{CL}=6,9$ бел. руб./ч, для фрезерованного - $K_{CL}=5,1$ бел. руб./ч.

Таким образом, себестоимость изготовления фрезерованного зубчатого колеса, отнесённая к одному часу срока службы, меньше, чем шлифованного колеса на 26%, что подтверждает экономическую целесообразность принятых решений.

Предложенные трудосберегающие изменения технологического процесса изготовления синхронизирующих зубчатых колёс роторных насосов внедрены на машиностроительном предприятии.

На основании результатов исследований можно сделать вывод, что в обособленных случаях замена зубошлифования приработкой повышает экономичность технологии зубообработки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Суслев, А.Г. Научные основы технологии машиностроения / А.Г. Суслев, А.М. Дальский. - М.: Машиностроение, 2002. - 684 с.

2 Григорьев, В.Ф. Обоснование замены отделочной обработки эвольвентных зубьев приработкой / В.Ф. Григорьев, Ю.А. Дакало, Ю.И. Плющев. // Вестник БрГТУ. - Брест: Издательство БрГТУ, 2012. - С. 109-112.

3 Гамрат-Курек, Л.И.. Экономика инженерных решений в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1986. - 256 с.: ил.