

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ШАХТНЫХ РЕДУКТОРОВ

Ковальчук А.Н., к.т.н.; Бережной Р.А., Черненко А.В.

ОАО “Харьковский машиностроительный завод “Свет шахтера”

Приведены результаты создания эффективных технологий финишной механической обработки деталей шахтных редукторов на основе прогрессивных кинематических схем круглого наружного шлифования

Повышение надежности и долговечности работы деталей машин является важной и актуальной задачей, направленной на создание конкурентноспособной отечественной машиностроительной продукции. В ее успешном решении большое значение имеет совершенствование методов финишной обработки и, в особенности, окончательного шлифования деталей машин, поскольку на машиностроительных предприятиях, как правило, параметры точности и качества обработки формируются на операциях шлифования. Примером тому является производство в ОАО ХМЗ “Свет шахтера” ответственных деталей типа вал приводов шахтных конвейеров (планетарных редукторов мощностью более 200 кВт). Это валы, валы–шестерни, колеса, муфты, водила, зубчатые венцы, приводные звездочки и т.д. Данные детали габаритны по размерам, изготавливаются из низкоуглеродистых легированных сталей, после предварительной лезвийной обработки подвергаются цементации и закалке (токама высокой частоты) до высокой твердости HRC 62–65, затем шлифуются. При работе в шахтных условиях данные детали испытывают большие механические нагрузки, поэтому к ним предъявляются достаточно высокие требования по точности и качеству обработки, в особенности по точности размера обрабатываемых поверхностей. Например, при обработке цилиндрических поверхностей ступенчатых валов диаметром до 200 мм и более точность размера составляет 0,002–0,008 мм, шероховатость обработки – на уровне $R_a = 0,2$ мкм.

Обеспечение высоких показателей точности и качества обработки требует установления больших припусков (до 1 мм на сторону), что приводит к существенному увеличению продолжительности операций шлифования. Так, продолжительность одного врезания круга при съеме припуска до 1 мм на сторону составляет свыше 5 минут. Высокая продолжительность обработки обусловлена также необходимостью постоянного

контроля на круглошлифовальном станке с “ручным” управлением рабочим-шлифовщиком размера обрабатываемой поверхности. Вместе с тем, обеспечить стабильно требуемые параметры точности размера и геометрической формы обрабатываемой поверхности (некруглости и нецилиндричности) не удастся.

Как показывает практика шлифования, относительно низкие показатели точности и производительности обработки могут быть обусловлены недостаточной жесткостью технологической системы, что приводит к образованию значительных упругих перемещений, которые в конечном итоге определяют точность обработки. Существенным фактором снижения точности обработки может быть также относительно низкая режущая способность шлифовального круга. Однако, согласно действующей технологии, производится периодическая правка круга с целью придания ему правильной геометрической формы и обеспечения высокой режущей способности. Кроме того, применяемые на данной операции шлифовальные круги, как установлено экспериментально, обладают наиболее высокой режущей способностью по сравнению со всеми применявшимися ранее кругами.

На основе сказанного можно заключить, что повышение точности обработки требует уменьшения деформации технологической системы за счет снижения силовой напряженности процесса шлифования. Соответственно, это требует уменьшения параметров режима шлифования и производительности обработки, что очевидно, мало эффективно. Таким образом, возникает противоречивая задача, связанная с необходимостью повышения точности обработки без снижения производительности шлифования. Решить ее можно прежде всего путем повышения эффективности операций круглого наружного шлифования на основе оптимизации их структуры и параметров.

Необходимо отметить, что в данном направлении накоплен достаточно большой практический опыт. Разработаны и широко применяются круглошлифовальные станки с ЧПУ повышенной жесткости, позволяющие автоматизировать процесс шлифования и значительно сократить вспомогательное время обработки [1]. Разработаны нормативы режимов шлифования с учетом требований по точности обработки [2]. Однако они построены с использованием экспериментальных данных, полученных для частных условий шлифования, что не дает общего представления о технологических возможностях операций шлифования в плане повышения точности и производительности обработки.

Важным направлением решения задачи повышения точности обработки без снижения производительности обработки является применение методов структурно-параметрической оптимизации для определения оптимальной структуры и параметров операции шлифования [3]. Вместе с

тем, данные методы основаны опять же на эмпирических зависимостях основных параметров шлифования, полученных экспериментально для определенных диапазонов изменения параметров режима шлифования, характеристик круга и обрабатываемой детали. Это связано с тем, что в научно-технической литературе фактически отсутствуют аналитические зависимости для определения параметров точности обработки, которые позволили бы раскрыть физическую сущность их формирования под воздействием упругих перемещений, образующихся в технологической системе, и обосновать наиболее перспективные направления повышения точности и производительности обработки. В исследованиях мало внимания уделено оптимизации законов съема припуска с точки зрения обеспечения максимально возможной производительности обработки с учетом ограничений по точности и качеству обрабатываемых поверхностей. Знание этих законов необходимо для определения оптимальных маршрутов обработки, требуемого количества операций и переходов [4]. В связи с этим целью настоящей работы является создание и внедрение эффективных операций круглого наружного шлифования валов шахтных редукторов на основе оптимизации их структуры и параметров по критерию основного времени обработки с учетом ограничения по точности обрабатываемой поверхности.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что применение схемы круглого наружного шлифования последовательными врезаниями – с радиальной подачей уступами позволяет повысить производительность обработки по сравнению со схемой круглого продольного шлифования. В связи с этим, вместо применявшейся ранее на операциях круглого наружного шлифования схемы продольного шлифования была использована схема шлифования последовательными врезаниями – с радиальной подачей уступами. При этом скорость радиальной подачи на переходе черного (врезного) шлифования устанавливалась в соответствии с условием $\delta / P = 0,05 \dots 1,0$ (где δ – величина упругого перемещения или натяга в технологической системе, м; P – величина снимаемого припуска, м). Выполнение данного условия позволяет обеспечить максимально возможную производительность обработки с учетом ограничения по точности обрабатываемой поверхности. Экспериментально установлено, что при круглом наружном шлифовании на круглошлифовальном станке мод. ЗУ143МВ могут быть реализованы значения $\delta / P = 0,05 \dots 0,1$. Дальнейшее увеличение отношения δ / P ведет к увеличению силы и мощности шлифования, а это может вызвать поломку станка или же появление прижогов на обработанной поверхности и снижение ее твердости, что не допустимо с точки зрения обеспечения требуемого качества и эксплуатационных свойств обработанных валов. Поэтому при выборе оптимальной скорости радиальной

подачи исходили из условия $\delta / P = 0,05 \dots 0,1$, т.е. для $P = 0,5$ мм величина упругого перемещения δ должна равняться $0,05 \dots 0,1$ мм ($\delta = 0,1$ мм – для валов диаметром менее 100 мм и $\delta = 0,05$ мм – для валов диаметром более 100 мм).

После перехода черногого (врезного) шлифования производилось выхаживание (шлифование с отключенной радиальной подачей) до момента прекращения искрения в зоне резания. Точность размера обрабатываемой поверхности при этом обеспечивалась на уровне $0,01-0,02$ мм, шероховатость обработки – на уровне $R_a = 0,3 \dots 0,6$ мкм.

На заключительном этапе шлифования последовательными врезаниями – с радиальной подачей уступами использовалось выхаживание, выполняемое по схеме круглого продольного шлифования (2–4 прохода круга). Это обеспечивало повышение точности и шероховатости обработанной поверхности. Точность размера обработанной поверхности составляла $0,002 \dots 0,008$ мм, а шероховатость – $R_a = 0,16 \dots 0,2$ мкм.

Перед выхаживанием по схеме круглого продольного шлифования производилась механическая правка абразивного круга алмазным правящим карандашом “Славутич”, черновая правка с режимом: $t = 0,4$ мм; $S_{прод} = 1$ м/мин, чистовая правка: $t = 0,2$ мм; $S_{прод} = 0,5$ м/мин. Если выхаживание выполнять без правки круга, то шероховатость обработанной поверхности составит $R_a = 0,3$ мкм и более, что не отвечает техническим требованиям на обработку.

Применение схемы шлифования последовательными врезаниями – с радиальной подачей уступами и реализующих ее оптимальных условий обработки на операциях круглого наружного шлифования взамен применявшейся ранее схемы круглого продольного шлифования позволило более чем в два раза повысить производительность обработки при гарантированном обеспечении требуемых высоких показателей точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, исключить прижоги и другие температурные дефекты. При этом твердость обработанных поверхностей валов соответствует их твердости до обработки. В результате внедрения разработанной операции круглого наружного шлифования уменьшился процент исправимого брака обрабатываемых валов приводов шахтных конвейеров и на 25% снизился расход абразивных кругов.

Необходимо отметить, что эффективность обработки во многом зависит от твердости абразивного круга. Ранее использовались абразивные круги твердостью СТ1, обладающие высокой размерной стойкостью. Однако они достаточно быстро теряют режущую способность. Поэтому на разработанных операциях шлифования были применены более “мягкие” абразивные круги твердостью СМ1, работающие в режиме самозатачива-

ния и обладающие высокой режущей способностью. Это позволило реализовать условие $\delta / L = 0,05 \dots 0,1$, которое было фактически невыполнимо при шлифовании абразивными кругами твердостью СТ1, и таким образом повысить скорость радиальной подачи и производительность обработки.

Таблица 1. Сравнительные характеристики планетарных редукторов производства ОАО ХМЗ “Свет шахтера” и фирмы Wolfgang preinfalk GMBX (Германия)

Название и тип редуктора	Переда- точное число	Мощ- ность, кВт	Масса, кг	Вход- ной вал, мм	Выходной вал, мм
2-х ступенчатый ко-ническо- планетар-ный (БП250ПК)	37,5	250	2155	90	200x5x11Н
2-х ступенчатый планетарный (PSPL-15)	39,0	200	1350	90	190x10x18

Разработанные операции круглого наружного шлифования выполняются на круглошлифовальных станках с ЧПУ и с “ручным” управлением. Как известно, обработка на круглошлифовальном станке с ЧПУ позволяет автоматизировать процесс шлифования и контроль размера обрабатываемой поверхности, что обеспечивает реализацию оптимальной по структуре операции круглого врезного шлифования, включающей два перехода: черновое шлифование и выхаживание и обеспечивающей наибольшую производительность обработки с учетом ограничения по точности размера обрабатываемой поверхности. Нами экспериментально установлено, что производительность обработки при этом увеличивается до 3-х раз при стабильном обеспечении заданного размера обрабатываемой поверхности. Эти данные получены при шлифовании на круглошлифовальном станке мод. 3К152ВФ20 с системой ЧПУ 2С42-65. Программирование процесса шлифования для каждого типоразмера обрабатываемого вала осуществляется рабочим-шлифовщиком непосредственно с пульта управления станка. Однако указанный круглошлифовальный станок с ЧПУ по техническим характеристикам позволяет обрабатывать валы диаметром до 100 мм. Валы большего диаметра – до 200 мм и более обрабатываются на универсальном круглошлифовальном станке.

Как показано в таблице, повышение качества обработки валов в ОАО Харьковский машиностроительный завод “Свет шахтера” позволило увеличить ресурс работы приводов шахтных конвейеров до уровня мировых производителей аналогичной продукции, например, фирмы Wolfgang preinfalk GMBX (Германия).

Список использованных источников

1. Корчак С.Н. Прогрессивная технология и автоматизация круглого шлифования. – М.: Машиностроение, 1968. – 108 с.
2. Лурье Г.Б. Прогрессивные методы круглого наружного шлифования. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1984. – 103 с.
3. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 7. "Точность обработки деталей машин" – Одесса: ОНПУ, 2004. – 546 с.

Анотація

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШАХТНИХ РЕДУКТОРІВ

Ковальчук А.Н., Бережний Р.А., Черненко А.В.

Наведено результати створення ефективних технологій фінішної механічної обробки деталей шахтних редукторів на основі прогресивних кінематичних схем круглого зовнішнього шлифування

Abstract

IMPROVING THE DURABILITY OF PARTS SHAFT GEARBOXES

A. Koval'chuk, R. Berezhnoy, A. Chernenko

The results of the establishment of effective technologies for finishing mechanical cal processing gear shaft on the basis of progressive kinematic circuits round the outer grinding