

производительность обрабатывающей системы.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательского направления по теме «Разработка макроструктурного интегрированного комплекса управления пространственной точностью сложнопрофильного формообразования высокотехнологичных изделий машиностроения».

Литература

1. Лукина С.В., Манаенков И.В. Повышение эффективности многокоординатного фрезерования пространственно-сложных поверхностей на станках с ЧПУ // Известия МГТУ «МАМИ». 2012, № 2 (14), т. 2, с. 124-129.
2. Лукина С.В., Манаенков И.В., Кудрявцева А.Л. Технологический синтез многоосевого станка для лазерной обработки // Ритм. 2013, № 1 (79), с. 36-40.
3. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков/ Основы компонетики / . -М.: Машиностроение., 1978. 208 с.
4. Иванников С.Н., Манаенков И.В. Модели для расчета тепловых смещений шпиндельных узлов //Известия МГТУ «МАМИ».-2012, № 2 (14), т. 2, с. 83-86.

Особенности прерывистого профильного шлифования цилиндрических зубчатых колес

д.т.н. Калашников А.С., к.т.н. Моргунов Ю.А., к.т.н. Калашников П.А., Филиппов В.В.

Университет машиностроения
8-916-3768356, morgunov@mami.ru

Аннотация. Рассмотрены условия зацепления шлифовального круга с зубьями цилиндрического колеса при прерывистом профильном шлифовании, исследованы возможности снижения теплонапряженности процесса шлифования зубьев за счет применения высокопористых шлифовальных кругов, ограничения приведенной скорости снятия металла и секторной последовательности шлифования зубьев.

Ключевые слова: прерывистое профильное зубошлифование, секторное шлифование зубьев.

Для шлифования эвольвентных зубьев цилиндрических колес наибольшее распространение в промышленности получили два метода – непрерывное обкатное червячным шлифовальным кругом и прерывистое профильное двухсторонним коническим кругом. При непрерывном обкатном зубошлифовании витки червячного круга, имеющие близкий к реечному профилю, воспроизводят эвольвентный профиль и продольную форму зуба.

Для обкатного метода характерен точечный контакт шлифовального круга и заготовки, постоянно меняющий свое положение по высоте и длине зуба. Очень короткое время точечного контакта не вызывает больших термических нагрузок на зуб обрабатываемого колеса, поэтому при шлифовании этим методом возможны высокие скорости резания без опасности возникновения прижогов на поверхности зубьев.

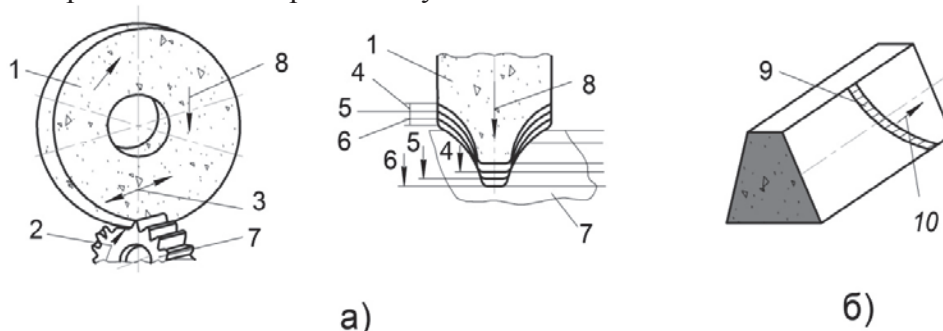


Рисунок 1. Прерывистое профильное зубошлифование

Прерывистое профильное зубошлифование производят вращающимся шлифовальным кругом 1 при продольном движении подачи 3 круга вдоль оси заготовки 7 (рисунок 1, а).

Профиль круга при шлифовании прямозубых колес соответствует впадине зубьев обрабатываемой заготовки, включая модификации профиля, а при шлифовании косозубых колес имеет незначительные отклонения. Обычно каждая впадина зуба шлифуется за несколько рабочих ходов 4, 5, 6. В зависимости от стратегии зубошлифования в конце каждого хода или через определенное число рабочих ходов производят радиальное движение подачи 8, и шлифовальный круг углубляется в заготовку 7. По завершении обработки каждой впадины шлифовальный круг выходит из зацепления и заготовка выполняет поворот 2 для обработки следующей впадины.

Профильное зубошлифование характеризуется линейным контактом 9 (рисунок 1, б) между шлифовальным кругом 1 и заготовкой 7. Контакт происходит по всей высоте зуба, он расположен перпендикулярно к делительной линии зуба у прямозубых колес или наклонно – косозубых колес. При продольной подаче 3 шлифовального круга 1 контакт перемещается вдоль зуба 10.

Особенности прерывистого профильного шлифования определили преимущественную область применения этого метода для зубчатых колес:

- 1) в единичном и мелкосерийном производстве, где требуется универсальный инструмент и невысокая производительность;
- 2) с крупным модулем (более 10 мм), которые не могут обрабатываться на обкатных станках;
- 3) со специальными геометрическими параметрами зубьев (малое число зубьев, большой угол профиля, маленькая длина линии зацепления и пр.);
- 4) с близко расположенными зубчатыми венцами. Обработку производят шлифовальными кругами малого диаметра, как правило, абразивными режущими элементами из кубического нитрида бора.

К негативным свойствам профильного зубошлифования следует отнести высокую теплонпряженность процесса, то есть возможность образования на поверхности зубьев шлифовальных прожогов в виде пятен, чередующихся полос или отдельных мелких штрихов. Выделяемое при шлифовании тепло может вызывать нежелательные изменения структуры поверхностного слоя и его физического состояния, а также колебание твердости. Шлифовочные прожоги существенно снижают контактную и изгибную выносливость зубьев.

В целях снижения опасности возникновения прожогов и получения в поверхностном слое зубьев деформационного упрочнения прерывистое профильное шлифование зубьев следует производить кругами с высокой пористостью (номер структуры 10-20). Наличие между абразивными зёрнами крупных пор обеспечивает достаточно пространства для отвода микростружек при высокой интенсивности съема материала, а также подвод большого количества СОЖ непосредственно в зону резания через поровое пространство круга.

В настоящее время в высокопористых кругах установлено следующее соотношение: 20-25% абразивный материал, 15-20% связка и ~ 60% поры. По сравнению с кругами нормальной структуры у высокопористых кругов увеличивается в 2-3,5 раза расстояние между зёрнами, уменьшается поверхность трения при контакте с заготовкой и снижается температура нагрева в зоне шлифования зубьев на 300-400°C.

С целью увеличения эффекта самозатачивания шлифовальных кругов в качестве абразивного материала вместе с электрокорундом (белым, хромистым рубиновым, хромтитанистым) применяют микрокристаллический корунд в объемных долях 30-50%. Зерна микрокристаллического корунда, полученные спеканием по специальной технологии из субмикрористаллов высокочистого оксида алюминия размером менее 1мкм, под действием сил резания равномерно выкрашиваются, образуя новые режущие кромки (самозатачивание).

Объем снятого металла считается важнейшей составляющей шлифовальной техники. Он позволяет получать информацию о мощности и производительности процесса шлифования, нагрузке на шлифовальный круг и опасности возникновения прижогов. В связи с этим определение режимов резания при профильном зубошлифовании в данной работе производилось по приведенной скорости снятия металла в зависимости от объемной производитель-

ности резания.

Проведенные исследования показали, что приведенная скорость снятия металла при шлифовании корундовыми кругами, при которой обеспечивается отсутствие термических повреждений шлифуемых поверхностей зубьев, в значительной степени зависит от скорости резания:

- 1) $Q_M^* \leq 10 \text{ мм}^3 / \text{мм} \cdot \text{с}$ при $V = 25 \text{ м/с}$,
- 2) $Q_M^* \leq 8,7 \text{ мм}^3 / \text{мм} \cdot \text{с}$ при $V = 35 \text{ м/с}$,
- 3) $Q_M^* \leq 7,5 \text{ мм}^3 / \text{мм} \cdot \text{с}$ при $V = 45 \text{ м/с}$.

При высокопроизводительном профильном зубошлифовании приведенную скорость снятия металла необходимо контролировать при каждом рабочем ходе.

Величина радиальной подачи S_r , как и скорость резания, в значительной степени определяет мощность шлифования. При маленькой радиальной подаче шлифовальный круг изнашивается медленно и продолжительное время сохраняет свои режущие свойства, мощность шлифования невысокая. Исходными значениями радиальной подачи за один рабочий ход можно принять $S_r = 0,05-0,20 \text{ мм}$, что соответствует припуску $a = 0,02-0,07 \text{ мм}$, снимаемому со стороны зуба. В современных шлифовальных станках при профильной обработке скорость подачи $V_{\text{сп}}$ можно выбирать в диапазоне 1000-12000 мм/мин. При этом исходными значениями для профильного шлифования зубчатых колес с $m = 3-12 \text{ мм}$ является $V_{\text{сп}} = 2000-8000 \text{ мм/мин}$.

В процессе экспериментальных исследований было установлено, что с увеличением скорости продольной подачи при профильном зубошлифовании прижогоопасность снижается. Это позволяет при сохранении приведенной скорости снятия металла, т.е. производительности процесса, за счет уменьшения радиальной подачи и увеличения скорости продольной подачи снижать опасность возникновения прижогов. Процесс профильного зубошлифования протекает с выделением большого количества тепла. При обычной последовательности обработки впадин зубьев 1-2-3-4-5 и т.д. заготовка нагревается неравномерно, что является причиной возникновения погрешностей зубьев. С целью повышения точности профильного шлифования была опробована обработка зубьев секторами (рисунок 2).

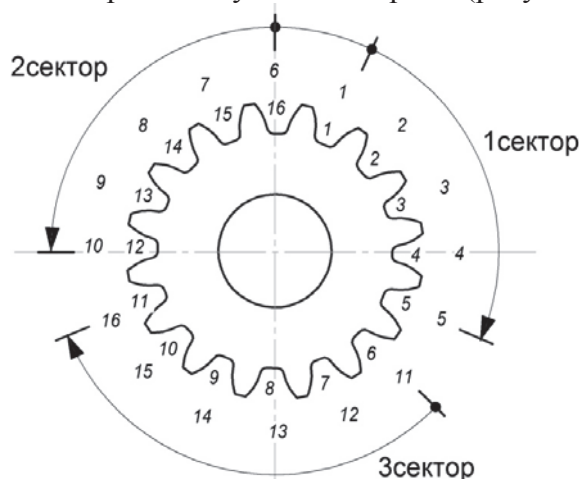


Рисунок 2. Секторное шлифование зубьев

При этом была принята следующая последовательность обработки: впадины первого сектора 1-2-3-4-5, впадины второго сектора 16-15-14-13-12, впадины третьего сектора 6-7-8-9-10-11.

Секторная последовательность шлифования зубьев сателлита планетарной передачи ($Z=16$; $m=4,5 \text{ мм}$; $\alpha=20^\circ$; $\beta=0^\circ$; $b=60 \text{ мм}$) позволила значительно снизить погрешности:

- 4) радиального биения с 11 до 7 мкм;
- 5) направления зуба с 14 до 10 мкм;
- 6) накопленной погрешности шага с 16 до 11 мкм;
- 7) профиля зуба с 7 до 6 мкм.

Проведенные исследования показали, что при прерывистом профильном зубошлифовании могут быть получены высокоточные зубчатые колеса без прижогов и термических микротрещин.

Литература

1. Калашников А.С., Моргунов Ю.А., Калашников П.А. Современные методы зубошлифования цилиндрических колес. Справочник. Инженерный журнал. № 5, 2010, с. 28-31.
2. Саушкин Б.П., Шандров Б.В., Моргунов Ю.А. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, № 2, с. 242-248.
3. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала. / Известия МГТУ «МАМИ», 2010. № 1. с. 166-170.
4. Критерии оптимизации зубообрабатывающих операций, основанных на различных методах формирования зубьев/ В.М. Виноградов, А.А. Черепакин: М., Известия МГТУ «МАМИ», № 2 (14), том 2, 2012. с. 238-242.
5. Максимов Ю.В., Абрамова А.Р., Кузьминский Д.Л., Мокринская А.Ю. К вопросу об обеспечении качества обработки сложнопрофильных деталей на станках с изменяющимися элементами. Известия МГТУ «МАМИ», № 1(13), 2012, с. 168-174.
6. Калашников А.С., Моргунов Ю.А., Калашников П.А. «Обработка термически неупрочненных цилиндрических и конических зубчатых колес». Приложение к журналу «Справочник. Инженерный журнал. № 2 (191), М.: Машиностроение, 2013. с. 1-24.
7. Калашников А.С., Моргунов Ю.А., Калашников П.А. Повышение эффективности изготовления колес цилиндрических зубчатых передач. Журнал «Автомобильная промышленность», 2010, № 11, с. 26-28.

Разработка модели параметров качества подшипников качения

д.т.н. проф. Колтунов И.И., к.т.н. проф. Лобанов А.С.

Университет машиностроения

8 (495) 223-05- 23, доб. 1506, iik@mami.ru, isidt@mami.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты математических исследований, проводимых с целью установления уровня качества проектных вариантов при конструировании подшипников качения.

Ключевые слова: подшипники, качество, параметры, надежность, свойства

Определение уровня качества проектных вариантов при конструировании подшипников качения является весьма актуальной задачей. Качество подшипника необходимо рассматривать как совокупность свойств, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением[1]. Подшипники следует оценивать по параметрам двух групп: назначения и надежности.

Параметры первой группы характеризуют основные свойства подшипника, определяющие его основные функции. К ней относят классификационные, функциональные и конструктивные параметры, а так же показатели состава и структуры [2]. Классификационные параметры характеризуют принадлежность подшипника к определенной классификационной группе - маркировке. Эффективность подшипника в период эксплуатации и прогрессивность технических решений отражают функциональные показатели, а также параметры технической эффективности. К ним относятся: точность, быстроходность, бесшумность, статическая и динамическая грузоподъемность и другие параметры. Уровень взаимозаменяемости составных элементов подшипника, массу и габариты подшипника, коэффициенты эффективности и взаимозаменяемости отражают конструктивные параметры.

Взаимозаменяемость элементов подшипника в полной мере характеризуется коэффици-