

Г.Ю.Волков, Э.В. Ратманов, Д.А.Курасов
Курганский государственный университет

СОСТАВНОЕ ЗУБЧАТОЕ КОЛЕСО

Аннотация

В статье рассматривается конструкция зубчатой передачи, обеспечивающая многократное повышение её нагрузочной способности без увеличения радиальных габаритов. Для этого одно из колёс передачи выполняется состоящим из отдельных зубчатых венцов, между которыми расположены разрезные промежуточные фрикционные кольца с коническими и цилиндрической рабочими поверхностями. Такая конструкция способна компенсировать перекосы, возникающие при неограниченном увеличении осевого размера передачи. Предложенное составное зубчатое колесо использовано в планетарном редукторе, предназначенном для погружения в нефтяную скважину.

Ключевые слова: отношение механизма, составное колесо.

G.Y. Volkov, E.V. Ratmanov, D.A. Kurasov
Kurgan State University

COMPOUND GEAR WHEEL

Annotation

In article the design of the gear drive providing repeated increase of its loading ability without increase of radial dimensions is considered. For this purpose one of the transfer wheels is carried out consisting of separate gear wreaths between which the cutting intermediate frictional rings with conic and cylindrical working surfaces are located. Such design is capable to compensate the warps arising at unlimited increase of the axial size of transfer. The offered compound cogwheel is used in the planetary reducer intended for immersing in an oil well.

Keywords: gear bearing, compound wheel.

К редукторам, применяемым в современном машиностроении, предъявляются самые разные компоновочные требования. В частности, для скважинного оборудования, используемого в нефте- и газодобывающей промышленности, актуальна проблема повышения нагрузочной способности редукторов, без увеличения их радиальных габаритов.

Уменьшение диаметров зубчатых колес могло бы быть достигнуто за счет увеличения их ширины (т.е. осевого размера). Однако существенное увеличение ширины зубчатых колес не эффективно из-за возникающей неравномерности распределения нагрузки по длине зубьев.

Принципиальное техническое решение, обеспечивающее участие зуба колеса в передаче нагрузки по всей его длине, независимо от осевого размера колеса, известно [1]. Это составное зубчатое колесо с внешними или внутренними зубьями, содержащее цилиндрический обод, отдельные зубчатые колеса, плавающие относительно него в осевом и окружном направлениях, промежуточные кольца, расположенные между этими колесами, а также нажимное устройство пружинного типа, осуществляющее осевое сжатие системы зубчатых колес и промежуточных колец. Промежуточные кольца имеют плоские торцовые поверхности для фрикционного взаимодействия с колесами и связаны с ободом соединением, например шлице-

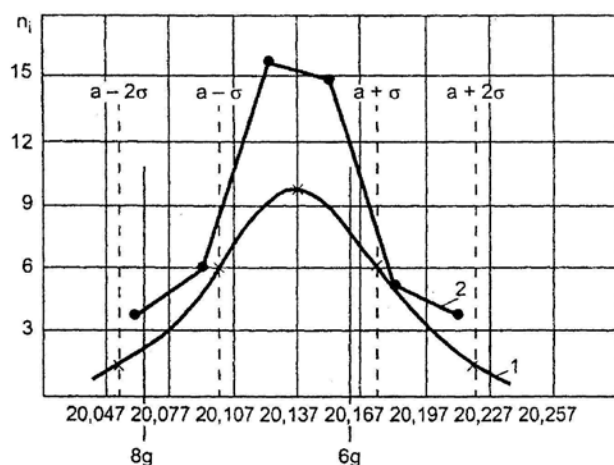


Рис.1. Теоретическая (1) и эмпирическая (2) кривые распределения значений среднего диаметра болтов с нарезанной резьбой

Предельным диапазонам $a \pm s$ и $a \pm 2s$ соответствует 46 и 100% значений среднего диаметра. Следовательно, изготовление резьбы пластическим деформированием металла обеспечивает наибольшую точность размеров профиля, что влияет на величину несущей площади поперечного сечения резьбы и временное сопротивление.

Основной вывод заключается в том, что можно осуществить ранжирование болтов по распределению значений среднего диаметра резьбы в вероятностном поле.

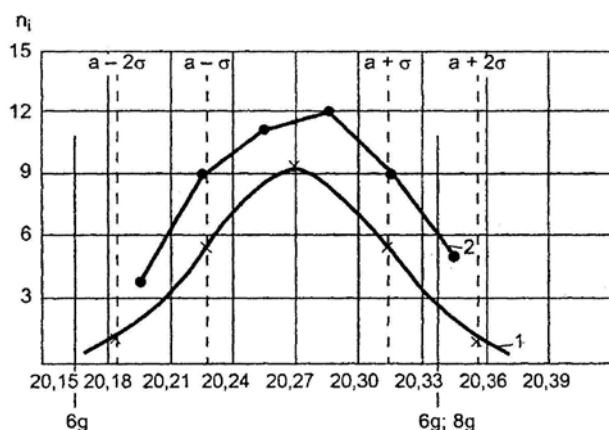


Рис.2. Теоретическая (1) и эмпирическая (2) кривые распределения значений среднего диаметра болтов с накатанной резьбой

Список литературы

1. Яхухин В.Г. Оптимальная технология изготовления резьбы. – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
2. Писаревский М.И. Накатывание точных резьб, шлицев и зубьев. – Л.: Машиностроение, 1973. – 200 с.
3. Герасимов В.Я., Парышев Д.Н. Повышение прочности болтов на основе деформационной тренировки переменными растягивающими напряжениями // Изв. вузов. - Машиностроение. - 2006. - № 9. - С. 25-28.
4. Методические указания РД 50-398-83. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний. Планирование механических испытаний и статистическая обработка результатов. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 200 с.

вым, допускающим лишь осевое перемещение.

Недостатки данной конструкции, препятствующие ее практическому использованию: 1) технологическая сложность обработки шлицев на внутренних и наружных поверхностях; 2) большая величина осевой силы, обуславливающая значительные габариты нажимного устройства; 3) дополнительные радиальные габариты – на глубину шлицев (в том случае, когда составное колесо имеет внутренние зубья). Для устранения указанных недостатков составного колеса, нами предложена следующая его конструкция.

Составное колесо (рис.1а,б,в) содержит обод 1, отдельные зубчатые венцы 2 с внутренними (см. рис.1б) или наружными (см. рис.1в) зубьями, расположенные между ними промежуточные кольца 3 и нажимное устройство 4, например пружинного типа, осуществляющее осевое сжатие системы. Промежуточные кольца 3 имеют радиальные разрезы 5 и находятся во фрикционном взаимодействии с боковыми поверхностями отдельных зубчатых венцов 2 и обода 1. При этом боковые поверхности венцов 2 и колец 3 выполнены коническими, а сопрягающиеся поверхности обода 1 и колец 3 – цилиндрическими.

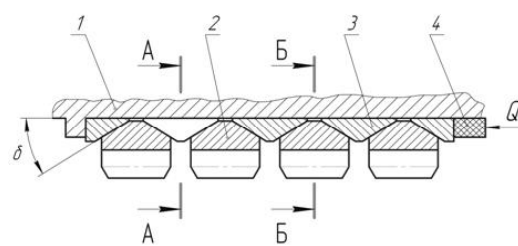
Оптимальный угол δ наклона образующей конуса (половина угла раскрытия конуса) боковых поверхностей отдельных венцов 2 и промежуточных колец 3 составляет $30^\circ - 45^\circ$. При этом радиальная сила в контакте каждого промежуточного кольца и обода в 1,5 – 2 раза превышает осевую силу, создаваемую нажимным устройством, а сила трения между отдельными венцами и промежуточными кольцами гарантированно превышает силу трения между промежуточными кольцами и ободом. Последнее необходимо для того, чтобы при первоначальной затяжке нажимного устройства (сопровождающейся прокручиванием центрального вала) и по мере износа деталей при длительной работе устройства промежуточные кольца могли смещаться в осевом направлении, передавая осевую силу на последующие элементы.

Для увеличения износостойкости и надежности конструкции отдельные зубчатые венцы 2 и обод 1 колеса выполнены из стали (преимущественно высококачественной и закаленной), а промежуточные кольца 3 из материала, обладающего противозадирными свойствами, например бронзы или композитов.

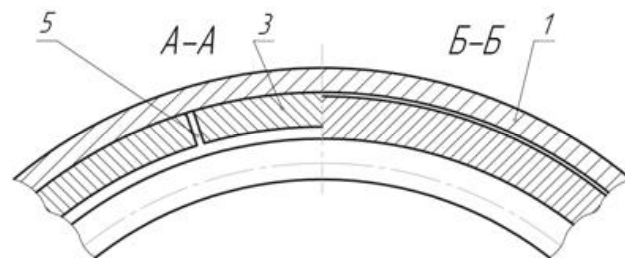
В процессе работы зубчатой передачи, в которую входит предлагаемое составное зубчатое колесо, практически неизбежно возникает неравномерность распределения нагрузки вдоль зуба. При этом некоторые отдельные венцы 2 составного колеса (в первую очередь крайние) оказываются нагруженными большей окружной силой, чем остальные. Сил трения между промежуточными кольцами 3, примыкающими к наиболее нагруженному отдельным венцам 2, и ободом 1 оказывается недостаточно и эти отдельные венцы 2 смещаются в окружном направлении, перераспределяя нагрузку между всеми венцами. Одновременно с окружным проскальзыванием становится возможным и осевое смещение соответствующих колец 3. В случае кратковременной перегрузки передачи составное зубчатое колесо работает как предохранительная муфта.

Таким образом, рассмотренная конструкция передачи позволяет увеличить длину её зубчатых колёс до значений, многократно превышающих их диаметр, и тем самым многократно повысить нагрузочную способность редуктора, не увеличивая его радиальных габаритов.

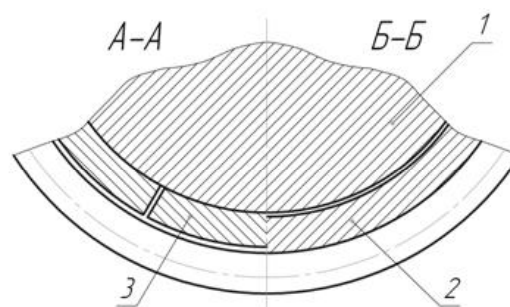
Предложенный принцип компенсации погрешности угла наклона зуба нашел конкретное применение в многорядной планетарной передаче [2,3], предназначенной для погружения в скважину.



а)



б)



в)

Рис. 1. Составное зубчатое колесо

Список литературы

1. А.с. 1216494 СССР, МКИ F16H 1/46, F16H 37/02. Планетарная передача Ивачева Л.М. – № 3718768; заявл. 29.03.84; опубл. 07.03.86
2. Пат. 2424458 РФ, МПК F 16 H 1/48, E 21 B 4/00. Многорядная планетарная передача / заявитель и патентообладатель СтатойлГидро АСА (НО). – № 2009138186/11; заявл. 15.10.2009; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20. – 10 с.
3. WO 2011/046447, МПК F16H 1/28, F16H 1/48. Multiple-row epicyclic gear / applicant: STATOIL AS (NO). – PCT/NO2010/000362; 14.10.2010; 21.04.11.

УДК 621.833.6

Г.Ю. Волков, С.В. Колмаков
Курганский государственный университет

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ БЕЗВОДИЛЬНОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Аннотация

Статья содержит описание конструкции и параметрический анализ безводильной планетарной передачи, предлагаемой авторами. Представлена мотивация пред-