ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

ВВЕДЕНИЕ

Зубчатые передачи широко применяют в машинах, устройствах, механизмах, приборах и т.д. По эксплуатационному назначению и зубчатые передачи делят на несколько основных групп: отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

К *отсчетным* относят зубчатые передачи измерительных приборов, делительных механизмов металлорежущих станков и пр. В большинстве случаев колеса этих передач имеют малый модуль и работают при малых нагрузках и скоростях. Основной эксплуатационный показатель делительных и других отсчетных передач является высокая кинематическая точность, т.е. точная согласованность углов поворота ведущего и ведомого колес передачи.

К *скоростным* относят зубчатые передачи турбинных редакторов, двигателей турбинных самолетов и пр. Окружные скорости зубчатых колес таких передач могут достигать 60м/с при сравнительно большой передаваемой мощности (до 40 тыс. кВт). Их основной эксплуатационный показатель – плавность работы, т.е. отсутствие циклических погрешностей, многократно повторяющихся за оборот колеса. С ростом частоты вращения требования к плавности работы повышаются. Передача должна работать бесшумно и без вибраций, что может быть достигнуто при минимальных погрешностях формы и взаимного расположения зубьев. Для тяжелонагруженных скоростных зубчатых передач имеет значение также полнота контакта зубьев. Колеса таких передач обычно имеют модули средней величины.

К *силовым* относят зубчатые передачи, предающие значительные крутящие моменты и работающие при малой частоте вращения (зубчатые передачи шестеренных клетей прокатных станов, подъемно транспортных механизмов и др.). Колеса для таких передач изготавливают с большим модулем. Основное точностное требование к ним – обеспечение более полного использования активных боковых поверхностей зубьев.

К *передачам общего назначения* не предъявляют повышенных требований по точности.

Зубчатые передачи должны иметь большую долговечность (5…10 тыс. часов работы и более).

СИСТЕМА ДОПУСКОВ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Система допусков для эвольвентных цилиндрических зубчатых передач регламентирована ГОСТ 1643-81. Эта система распространяется на эвольвентные цилиндрические зубчатые колеса и зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами с диаметром делительной окружности до 6300 мм, модулем зубьев от 1 до 50 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1250 мм.

Установлено 12 степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания с первой по двенадцатую. Для 1-ой и 2-ой степеней отклонения в стандарте не даны (они предусмотрены для будущего развития). Приведенные нормы относятся к окончательно изготовленным зубчатым колесам и передачам (точность заготовок колес стандартом не нормирована). Для каждой степени установлены независимые нормы допустимых отклонений параметров, определяющих кинематическую точность колес и передачи, плавность работы и контакт зубьев передачи, что позволяет назначать различные нормы и степени точности для передач в соответствии с их эксплуатационным назначением и учитывать различие в технологических способах обеспечения требуемой точности.

Нормы кинематической точности. Показатели точности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель точности и его обозначение | Степень точности | Обозначение допуска |
| 5-я, 6-я | 7-я, 8-я | 9-я | 10-я, 11-я |
| Зубчатая передача |
| Наибольшая кинематическая погреш-ность передачи  | + | + | - | - |  |
| Зубчатое колесо |
| Наибольшая кинематическая погреш-ность колеса | + | + | - | - |  |
| Накопительная погрешность k шагов | + | - | - | - |  |
| Накопительная погрешность  | + | - | - | - |  |
| Погрешность обката  | + | + | - | - |  |
| Радиальное биение зубчатого венца | + | + | - | - |  |
| Колебание длины общей нормали | + | + | - | - |  |
| Колебание измерительного межосе-вого расстояния за оборот колеса | + | + | - | - |  |
| Колебание измерительного межосе-вого расстояния за оборот колеса | - | - | + | + |  |
| Радиальное биение зубчатого венца | - | - | + | + |  |

Нормы контакта зубьев. Показатели точности

|  |  |
| --- | --- |
| Показатель точности | Степень точности |
| 5….9-я | 10…11-я | 12-я |
| Зубчатая передача |
| Отклонение от параллельности осей | + | + | - |
| Перекос осей  | + | + | - |
| Суммарное пятно контакта | + | + | - |
| Зубчатое колесо с коэффициентом осевого перекрытия ,меньшим 2 (для 6-й степени точности);2,5 (для 7-й степени точности) и 3 (для 8-й степени точности) |
| Погрешность направления зуба | + | + | + |
| Суммарная погрешность  | + | + | + |
| Зубчатое колесо с коэффициентом ,большим или равным 2 (для 6-й степени точности);2,5 (для 7-й степени точности) и 3 (для 8-й степени точности) |
| Суммарная погрешность контактной линии | + | - | - |

Точность зубчатых колес и передач на чертеже указывают в таблице параметров зубчатого колеса в графе « Степень точности по ГОСТ 1643-81» в виде трех цифр и двух латинских букв, одна из которых строчная: 8 -7 -6 -Ва. Первая цифра означает 8-ю степень точности по нормам кинематической точности, вторая цифра - 7-ю степень точности по нормам плавности работы, а третья цифра 6-ю степень точности по нормам контакта зубьев; прописная буква В указывает на вид сопряжения, а буква а – на вид допуска на боковой зазор. Можно предположить, что данное колесо предназначено для силовой передачи, так как по норме контакта зубьев задана более высокая точность по сравнению с двумя остальными нормами.

В случае условного обозначения передачи 7-С следует считать одинаковую степень точности 7 по всем нормам, вид сопряжения колес- С , вид допуска на боковой зазор-с.

При необходимости выбора более грубого класса отклонений межосевого расстояния, чем предусмотрено для данного вида сопряжения, в условном обозначении указывают принятый класс и уменьшенный гарантированный боковой зазор, например 7- Са\V-128 ГОСТ 1643- 81, класс отклонений межосевого расстояния V (при уменьшенном гарантированном боковом зазоре jn min =128 мкм).

Степень точности колес и передач устанавливают в зависимости от требований к кинематической точности, плавности, передаваемой мощности, а так же от величины окружной скорости колес. Например, при окружной скорости прямозубных колес, равной 10…15 м\сек. Применяют 6…7-ю степени точности. Степень точности нужно определять соответствующими расчетами.

С учетом опыта эксплуатации зубчатых передач и обязательного использования принципа комбинирования норм точности, то есть для конкретной передачи в зависимости от ее назначения, устанавливают различные степени точности (по нормам кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев). Комбинирование норм позволяет устанавливать повышенную точность только тех параметров колес, которые важны для удовлетворения эксплуатационных требований; остальные параметры можно выполнять по более грубым допускам. Комбинирование целесообразно с эксплуатационной и технологической точек зрения. При комбинировании нужно учитывать, что нормы плавности работы колес и передачи могут быть не более, чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев можно назначать точнее норм плавности колеси передач, а так же на одну степень грубее норм плавности.

Передача не может плавно работать при плохом контакте зубьев. В большинстве случаев степени по нормам контакта совпадают со степенями по нормам плавности. Например, для тракторов применяют степени 7-6-6-С, 8-7-7-С, для делительных и других отсчетных механизмов степени по нормам кинематической точности и плавности принимают одинаковыми, а иногда и нормы кинематической точности на одну степень точнее норм плавности (например, 4-5-5-D).

Для повышения износостойкости и долговечности зубчатых передач необходимо, чтобы полнота контакта сопряженных боковых поверхностей зубьев колес была наибольшей. При неполном и неравномерном прилегании зубьев уменьшается несущая площадь поверхности их контакта, неравномерно распределяются контактные напряжения и смазка, что приводит к интенсивному износу зубьев. Для гарантии требуемой полноты контакта зубьев в передаче установлены наименьшие размеры, так называемого, суммарного пятна контакта.

Суммарным пятном контакта называют часть активной боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания его к зубьям парного колеса (следы приработки или краски) после вращения собранной передачи под нагрузкой, устанавливаемой в зависимости от эксплуатационных требований к передаче. Пятно контакта определяется относительными размерами (в процентах):

по длине зуба – отношением расстояния a между крайними точками следов прилегания (за вычетом разрывов С, превосходящих величину модуля, мм) к длине зуба b :

 ;

по высоте зуба - отношением средней ( по всей длине зуба) высоты следов прилегания к высоте зуба соответствующей активной поверхности :

.

Относительные размеры суммарного пятна в процентах- приведены в таблице:

Нормы контакта зубьев в передаче. Относительные размеры

суммарного пятна контакта в процентах ( ГОСТ 1643-81)

|  |  |
| --- | --- |
| Суммарное пятно контакта | Степень точности |
| 3-я | 4-я | 5-я | 6-я | 7-я | 8-я | 9-я | 10-я | 11-я |
| По высоте зубьев не менее | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 30 | 25 | 20 |
| По длине зубьев не менее | 95 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 25 |

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

В зависимости от поставленной цели контроль зубчатых колес делят на приемочный (окончательный) и технологический. При приемочном контроле устанавливают соответствие точности колеса предъявляемым требований, зависящим от назначения передачи. Желательно, чтобы этот контроль был комплексным, и выполняли его в условиях, близким к эксплуатационным, при совмещении измерительной базы детали с эксплуатационной (монтажной). Если соответствующие средства для комплексного контроля отсутствуют, то применяют поэлементный (дифференцированный) контроль.

Технологический контроль используют при наладке технологических операций и для выявления причин брака. При этом контроле измерительную базу надо совмещать с технологической.

Прямой поэлементный контроль зубчатых колес наиболее трудоемок; для его осуществления требуется большое число наименований измерительных приборов и его целесообразно применять только в индивидуальном и мелкосерийном производствах.

Существование связей между погрешностями зубчатых колес и передач с дефектами технологического оборудования позволяет заменить прямой контроль точности изделий косвенным.

Косвенный контроль заключается в контроле таких погрешностей станка, инструмента и приспособлений, по которым можно судить о точности зубчатых колес. При осуществлении косвенного контроля сокращается трудоемкость контрольных операций и потребность в измерительных средствах. Однако это достигается только при обоснованной системе контроля, охватывающей все элементы производства и устанавливающей виды контрольных проверок, методы, средства и периодичность их проведения.

В последнее время применяют активный контроль зубчатых колес, результаты которого используют для управления ходом технологического процесса (его подналадки, переключения режимов обработки и пр.)

Приборы для контроля цилиндрических зубчатых колес разделяют на станковые с устройствами для базирования проверяемых колес и накладные, которые при контроле располагают на колесе. По назначению приборы делятся на приборы для контроля кинематической погрешности и обката ( и ); накопленной погрешности шага по колесу и за k шагов ( и ) и т.д., всего на 14 групп. По точности измерения приборы должны иметь классы: А, АВ и В. По каждому классу приборов установлены метрологические показатели и предельно допустимые погрешности измерения. Рассмотрим кратко общие принципы контроля погрешностей.

Контроль накопленной погрешности шага осуществляют по результатам проверки равномерности шага по всему колесу. В этом случае накопленную погрешность определяют путем соответствующей обработки результатов последовательного измерения шагов колеса с помощью универсальных приборов для угловых измерений (теодолиты, оптические делительные головки и т. п.). Принципиальная схема углового шагометра показана на рис. 1. Проверяемое колесо 1 устанавливают с угловым лимбом 2 и фиксируют в этом положении фиксатором 3. Измерительный наконечник 5 рычага 4, на который опирается индикатор. Приводят в соприкосновение с профилем зуба колеса и его радиальное положение фиксируют упором 6. Индикатор устанавливают на 0. затем с помощью каретки 7 наконечник 5 отводят, зубчатое колесо последовательно проворачивают от зуба к зубу по всей окружности на величину углового шага (j =360о /2). Этим прибором измеряют отклонение углового шага от его номинальной величины. Сумма наибольшего положительного и отрицательного отклонений угловых шагов, полученных при измерении этого параметра по всей окружности колеса, составляет накопленную погрешность окружного шага в угловых величинах.

Непосредственно определение накопленной погрешности шага по зубчатому колесу не требует математической обработки результатов измерений и имеет большую практическую ценность.

Контроль радиального биения зубчатого венца производят с помощью приборов, называемых биениемерами.

Измерительный наконечник может иметь форму зуба рейки, выполненного по исходному контуру; усеченного конуса с углом при вершине 2; седлообразного наконечника, имеющего профиль впадины зуба или форму сферического наконечника. Наконечник должен касаться поверхностей двух соседних зубьев по постоянной хорде впадины.

Проверяемое зубчатое колесо 1 насаживают на оправу 2. Наконечник 3 на измерительном стержне 4 перемещается под действием пружины в направляющей втулке 5 и прикрепленным к нему стержнем 7 воздействует на наконечник индикатора 6. Измерения проводят путем последовательного ввода наконечника 3 во все впадины колеса. Разность между наибольшим и наименьшим показателями индикатора при очередном перемещении наконечника во все впадины колеса определяет радиальное биение зубчатого венца.

Контроль отклонения шага зацепления от нормального осуществляют с помощью соответствующих шагометров. Распространен шагометр с тангенциальными наконечниками. Измерительный наконечник подвешен на плоских пружинах; его перемещения фиксируются отсчетным устройством с ценой деления 0,001 мм. Второй измерительный наконечник можно устанавливать в нужном положении винтом. Опорный наконечник поддерживает прибор при измерении и обеспечивает расположение линии измерения по нормали к профилям. Наконечники со стороны измерительных поверхностей армированы твердым сплавом.

Шагометр настраивают по блоку концевых мер, размер которых равен номинальному значению основного шага.

Контроль профиля зубьев колес в торцевом сечении проводят путем сопоставления действительного эвольвентного профиля с его теоретической формой. Для этой цели применяют приборы, называемые эвольвентомерами.

Эвольвентомеры снабжают записывающими механизмами, регистрирующими результаты измерения в увеличенном масштабе. Более совершенны универсальные эвольвентомеры для контроля колес с различными диаметрами основных окружностей, настраиваемые с помощью шкал или концевых мер.

Контроль размеров зубьев осуществляют по измерительному межосевому расстоянию, определяемому межцентромерами; отклонению средней длины общей нормали, измеряемой нормалемерами или зубомерными микрометрами; смещению исходного контура; отклонению толщины зуба по хорде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Зубчатая передача представляет собой сложную кинематическую пару, точность которой должна быть обеспечена многими параметрами. От работы зубчатых передач зависят такие показатели работы машин, как плавность и бесшумность хода автомобиля, передача больших крутящих моментов в тракторе, обеспечение точного передаточного отношения в механизмах газораспределения двигателей, высокая точность кинематических цепей металлорежущих станков и т.п. Увеличение скоростей и нагрузок, повышение требований к надежности и долговечности вызывают необходимость изготовления более точных зубчатых передач.

Параметры точности зубчатых передач невозможно рассматривать в отрыве от методов их контроля, поскольку сами определения параметров связаны с тем или другим методом их измерения. Достаточно рассмотреть параметры точности на примере цилиндрических прямозубных передач, наиболее широко распространенных, имея в виду, что принципы построения системы допусков для всех разновидностей зубчатых передач являются общими.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. П.В. Чижикова. « Стандартизация, сертификация и метрология.

Основы взаимозаменяемости» Москва. «КолосС». 2004г.