

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ МУФТ

В.В. Польченко, В.А. Богуславский

Донецкий национальный технический университет

Рассматриваются некоторые конструкторские, технологические и эксплуатационные способы повышения долговечности зубчатых муфт.

Неисправности агрегатов и машин зачастую связаны с нарушением работоспособности зубчатых муфт. При этом большинство отказов связано с износом зубьев зубчатых муфт, их поломкой или увеличением выше допустимого предела вибраций машины, вызванных увеличенными зазорами в зацеплении муфты. Поэтому увеличение долговечности зубчатых муфт является важной технической задачей.

Важнейшим в вопросе повышения долговечности зубчатых муфт является установление видов разрушения зубьев. Для этого по специально разработанной методике исследовалось состояние поверхностного слоя зубьев муфты после изготовления и эксплуатации в производственных и лабораторных условиях при различных режимах работы муфт. По изменениям характера и величины шероховатости, волнистости поверхности, механических и физических свойств трущейся поверхности, внешнему виду поверхности, микроструктуре поверхностного слоя делался вывод о виде износа, разрушения поверхностей зубьев.

На основании исследований видов разрушения и условий их возникновения разработана классификация основных видов износа зубьев зубчатых муфт, которая на стадии проектирования, после установления основных параметров эксплуатации определяет ведущий вид износа и предусматривает мероприятия по его минимизации [1].

Долговечность зубчатой муфты будет зависеть от износа зубьев. Для зубчатых муфт удобнее пользоваться линейной интенсивностью, представляющей собой толщину слоя изношенного материала зуба h на единицу пути трения L . Для случая пластического контакта И.В. Крагельским получена зависимость для линейной интенсивности на основе молекулярно-механической теории трения [2].

Однако к зубчатым муфтам непосредственно применить указанную зависимость не представляется возможным, потому что она выведена для условий однонаправленного трения скольжения, при

котором интенсивность износа ниже, чем при возвратно-поступательном скольжении, что имеет место в зубчатых муфтах.

Учитывая переменность нагрузки на зубьях муфты в пределах контактной зоны и возвратно-поступательное скольжение, линейный износ зуба за один оборот муфты можно определить по зависимости [2], преобразованной к виду

$$h = 2 \frac{K_u}{HB^\gamma} \int_0^{\varphi_k} P_{ai}(\varphi_i) L_i(\varphi_i) d\varphi_i,$$

Где P_{ai} – давление, зависящее от угла положения зуба; HB – твердость материала зуба; K_u – экспериментальный коэффициент, учитывающий микрогеометрию контактирующих тел, условия смазки, напряженное состояние материала; γ – показатель степени зависимости износа от давления и твердости зубьев; φ_k – угол зоны контакта зубьев; φ_i – угол положения зуба.

Основным фактором, определяющим износ, является давление на зубьях. В результате анализа распределения нагрузки между зубьями установлено, что давление на зубьях в значительной мере зависит от деформаций изгиба, контактного сжатия и перемещения, обусловленного упругой деформацией прилегающей к зубу части обода [3].

На составляющие суммарного перемещения, обусловленные деформациями изгиба и контактного сжатия воздействовать, в смысле их увеличения, не представляется возможным без снижения изгибной и контактной прочности зубьев. Перемещениями, вызванными упругой деформацией прилегающей к зубу части обода можно управлять оптимальной конструкцией ступицы, снижая при этом давление на зубьях и повышая долговечность муфты.

Эксперимент по исследованию распределения нагрузки между зубьями муфты, имеющих различную конфигурацию обода показал, что изменением жесткости обода можно увеличить число зубьев, передающих нагрузку до 40%, без снижения их изгибной прочности.

Благоприятное распределение нагрузки между зубьями муфты, может быть достигнуто также уменьшением ширины зуба втулки и увеличением расстояния между зубчатыми венцами втулок. При этом необходимо учитывать другие факторы, ограничивающие размеры названных параметров. В частности, увеличение расстояния между зубчатыми венцами втулок приводит к увеличению габаритов муфты, хотя при этом возрастает компенсирующая способность муфты.

Выбор прямой и обратной пары – важная задача, которую приходится решать конструктору при определении конструктивных параметров зубчатых муфт и физико-механических свойств материалов зубчатых втулок и зубчатых обойм.

Техническими условиями многих изготовителей зубчатых муфт не предусматривается химико-термическая упрочняющая обработка основных элементов конструкции зубчатых муфт – зубчатых обойм и втулок. Считается, что незакаленные обоймы и втулки быстрее притираются и при этом создается оптимальный контакт зубьев. Наши исследования показывают, что большинство зубчатых муфт работают в режиме схватывания. Это указывает на актуальность создания прямой или обратной пары трения в зубчатых муфтах.

Создавая химико-термической обработкой различные твердости зубьев обоймы и втулки, решается задача выбора прямой или обратной пары трения. При правильном выборе возникает возможность избежать таких отрицательных явлений при трении как схватывание, задиры, заедание и др.

В случае прямой пары трения по большей поверхности зуба обоймы скользит более твердый зуб втулки, имеющий кромочный контакт. А в случае обратной пары трения мягкий зуб втулки скользит по более твердому зубу обоймы (Рис. 1). Чтобы решить, какая пара трения – прямая или обратная – следует установить предпочтительнее, следует установить требования к паре в отношении надежности ее работы, износостойкости, экономичности в условиях эксплуатации. Недостаточная надежность пары трения в связи с расположением материалов может выразиться в проявлении схватывания или заедания. Опыт эксплуатации машин, лабораторные испытания показывают, что обратные пары трения более стойки против заедания, а при возникновении заедания имеют меньшее повреждение поверхностей.

Для создания обратной пары трения зубьев обоймы втулки необходимо зубья обоймы подвергать термоупрочняющей обработке. Это приводит к следующим преимуществам: меньшая опасность повреждения зубьев обоймы схватыванием, более быстрая приработка зуба втулки, имеющего меньшую поверхность и, как следствие, устранение кромочного контакта, благодаря созданию оптимальной поверхности зуба. Последнее обстоятельство может приводить к возникновению жидкостного трения.

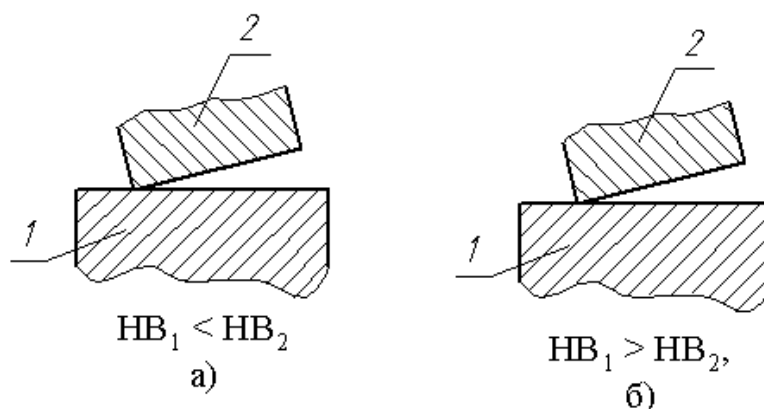


Рис. 1 – Прямая (а) и обратная (б) пара трения в зубчатой муфте: 1 – зуб обоймы; 2 – зуб втулки.

Преимущества обратной пары трения зубьев в зубчатой муфте очевидны. Особенно эти преимущества проявляются в муфтах, работающих со значительными перегрузками. В условиях таких перегрузок работают прокатные станы, мостовые подъемные краны, угледобывающие комбайны и другие машины. При значительной перегрузке зубьев муфты пластическая деформация в обратной паре не препятствует выполнению парой своих функций (не возникает схватывание, заедание), а в прямой паре работа муфты становится практически невозможной. Заедание и схватывание резко увеличивает коэффициент трения. Приводит к увеличению усилий в валах соединяемых муфтой агрегатов, к дополнительной деформации валов, к увеличению смещения осей валов и, в итоге, к аварии машины.

Следовательно, дополнительные затраты на термообработку элементов муфты могут быть компенсированы повышением надежности и долговечности муфты.

В процессах изнашивания важную роль играют состояние и свойства тонкого поверхностного слоя деталей машин, от которых зависит характер образования и разрушения вторичных структур. Поверхностный слой формируется при окончательной обработке деталей машин. В настоящее время в машиностроении применяется большое число способов формирования поверхностного слоя деталей. К основным методам, обеспечивающим повышение надежности и долговечности деталей машин, относятся: упрочнение пластическим деформированием, термообработка, наплавка и напыление износостойкого материала на рабочие поверхности деталей, электролитические и химические покрытия, электроискровое упрочнение, покрытие полимерными материалами и т.п. Эти методы

дают возможность получать поверхностные слои с нужными эксплуатационными свойствами.

Из перечисленных методов наиболее технологичным для зубьев зубчатых муфт может быть дробеструйный наклёп.

Эксперимент по исследованию влияния режимов обработки на состояние поверхностного слоя были проведены на образцах зубчатых муфт, изготовленных из стали 45. Дробеструйный наклёп повышает твердость поверхностного слоя зубьев на 20... 30%. Изменением времени дробеструйной обработки можно управлять шероховатостью обрабатываемой поверхности и достигать Ra 3,2...6,3 мкм. Исходная шероховатость при этом на окончательную шероховатость не влияет.

Упрочнение поверхностного слоя зубьев муфты дробеструйным наклепом способствует повышению износостойкости рабочих поверхностей, главным образом за счет наклепа. Повышение твердости, прочности и активизации поверхностного слоя при наклепе способствует установлению динамического равновесия разрушения и восстановления вторичных структур. А это оказывает существенное влияние на расширение диапазона нагрузок, при которых происходит нормальный окислительный износ. На образцах зубчатых втулок, предварительно обработанных дробью, при трении в среде смазки индустриальное 30, даже при высоких давлениях (до 890 МПа) не развивается схватывание I рода и стабильно сохраняется нормальный окислительный износ.

Одним из основных эксплуатационных методов повышения долговечности зубчатых муфт является применение смазочных материалов по физическим и химическим свойствам соответствующих условиям работы зубчатых муфт. Параметры трения между зубьями муфты не обеспечивают создания устойчивого масляного клина. Поэтому для снижения износа в процессе трения должны непрерывно создаваться разделительные вторичные структуры, экранирующие непосредственное взаимодействие твердых тел.

Максимальный эффект функционального назначения смазочной среды достигается при применении масел с присадками. При этом возникает возможность управления процессами трения износа, создание устойчивого протекания процессов.

Проведенные эксперименты показали, что присутствие ПАВ в смазочной среде снижает износ зубьев. Самые хорошие противозадирные и противоизносные свойства показали присадки с хлором. Хлорные присадки образуют на трущихся поверхностях металлов пленки хлоридов. Они также образуются при температуре

примерно 150°C, что соответствует температуре на площадке контакта зубьев. Пленки хлоридов железа характеризуются пластинчатой структурой, что обеспечивает малое сопротивление сдвига и низкий коэффициент трения.

Выводы

Увеличение долговечности зубчатых муф может быть достигнуто:

- 1) изменением конструкции обода, что обеспечивает максимальное число зубьев, передающих нагрузку;
- 2) выбором обратной пары трения в муфте;
- 3) созданием заданного качества поверхностного слоя зубьев дробеструйным наклепом;
- 4) применением смазочных средств с противоизносными присадками хлора.

Литература

1. Польшенко В.В., Михайлов А.Н. Износ в зубчатых муфтах. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 1997. Вып. – с. 131-135.
2. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968.
3. Польшенко В.В., Соловей А.В. Распределение нагрузки между зубьями зубчатой муфты. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 1998. Вып. 5 – с. 177-181.

30.04.08