

УДК 621.01

В.В. Польченко, доц., В.А. Богуславский, проф., канд. техн. наук
Донецкий национальный технический университет
Тел. +38 062 301 08 05

ВЫБОР ТВЕРДОСТИ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТОЙ МУФТЫ

Долговечность зубчатых муфт, как правило, зависит от износостойкости зубьев обоймы и втулки. Проведен анализ выбора прямой или обратной пары трения с целью снижения интенсивности разрушения поверхностей зубьев и повышения долговечности зубчатых муфт.

Ключевые слова: муфта зубчатая, схватывание, твердость, долговечность.

1. Введение

Неисправности агрегатов и машин зачастую связаны с нарушениями работоспособности зубчатых муфт, соединяющих валы агрегатов и машин. При этом большинство отказов муфт связано с износом зубьев и, как следствие, поломки изношенных зубьев или увеличение выше допустимого предела вибраций машин, вызванных увеличенными зазорами в зубчатом зацеплении муфты [1, 2].

2. Основная часть

В настоящее время у исследователей нет единого мнения о видах износа зубьев зубчатых муфт, что является важнейшим в вопросе прогнозирования и повышения долговечности муфт. Для выявления видов изнашивания зубьев зубчатых муфт проведены исследования процессов разрушения зубьев на основе изучения состояния поверхностного слоя зубьев после изготовления и эксплуатации в производственных и лабораторных условиях. Качество поверхности зубьев до эксплуатации определяется технологическим процессом изготовления. В процессе передачи крутящего момента поверхностный слой зубьев претерпевает изменения. Изменяются характер и величина шероховатости, волнистость поверхности, механические и физические свойства трущихся поверхностей.

Шероховатость и волнистость поверхностей трения исследовались на профилографе-профилометре «Калибр 252», структура и рельеф поверхностей изучалась на металлографическом микроскопе МИМ-7. Процессы упрочнения и разупрочнения, возникающие в поверхностных слоях при трении, исследовались по изменениям микротвердости поверхностного слоя зубьев. Величина и геометрия износа зубьев измерялась на проекторной приставке большого инструментального микроскопа БМИ-1 при увеличении 50^x . Макроеометрия изношенных зубьев исследовалась на приборе с дополнительной приставкой.

В результате исследований изменения качества поверхности зубьев в процессе работы муфты установлены почти все известные виды износа (по классификации Б. И. Костецкого): окислительный износ, схватывание первого рода, заедание, абразивный износ, фреттинг-коррозия, поломка зубьев. Многообразие видов разрушения поверхностных слоев зубьев обусловлено широким диапазоном углов перекоса соединяемых муфтой валов (от нуля до одного и более градусов), а также погрешностью изготовления зубчатых обоймы и втулки и монтажа агрегатов. Исследованиями установлена прямая зависимость вида и величины износа от условий эксплуатации муфты. Наибо-

лее часто встречающиеся условия эксплуатации зубчатых муфт (величина возвратно-поступательного скольжения зубьев более 0,3 мм, давление в пределах 550...660 МПа для закаленных и 300...350 МПа для незакаленных зубьев) приводят к неблагоприятному виду разрушения зубьев – схватыванию первого рода и заеданию (Рис.1). Известно [3], что триботехнические характеристики узлов трения, наравне с конструкцией машин, качеством их изготовления, режимом эксплуатации оказывают существенное влияние на многие экономические показатели работы машин, механизмов и технологического оборудования.

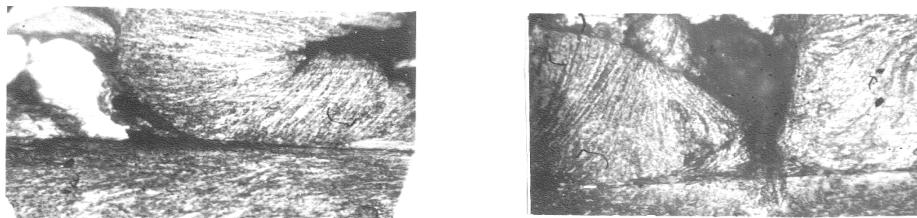


Рис. 1. Микроструктура поверхностного слоя зубьев зубчатых муфт, работавших в режиме схватывания, 360^{\times}

Это обстоятельство ставит перед конструкторами и технологами задачу повышения долговечности зубчатых муфт. Для снижения износа зубьев и повышения долговечности муфт применяют конструкторские (например, выбор материалов составляющих элементов муфты, расстояние между зубчатыми зацеплениями, конфигурация обода зубчатой втулки и.п.), технологические (например, отделочные методы обработки рабочих поверхностей зубьев) и эксплуатационные методы (например, подбор смазок для определенных условий работы муфты, присадок к ним, условия подачи смазки). Одним из широко распространенных методов, повышающий долговечность, является термоупрочняющая обработка зубьев зубчатых муфт. Механические свойства, а, следовательно, и твердости материалов зубьев зубчатой втулки и зубчатой обоймы не могут быть назначены произвольно. А должны находиться в некотором соответствии. Это соответствие регламентируется понятиями прямой и обратной пары. В паре трения, образованной скользящими поверхностями, имеющими разные твердости НВ и размеры площадей трения S , можно различать два условия, связанные с расположением материалов по твердости:

$$HB_1 > HB_2; S_1 < S_2, \quad HB_1 < HB_2; S_1 < S_2,$$

где HB_1 и HB_2 - твердости одной и второй трущихся поверхностей, S_1 и S_2 – соответствующие величины поверхностей трения.

Пару с расположением материалов, удовлетворяющих первому условию, называют прямой парой трения, удовлетворяющим второму условию – обратной парой. В случае прямой пары трения по большей поверхности скользит более твердое тело, а в случае обратной пары трения – скользит более мягкое тело[3].

Зубчатая муфта предназначена для соединения несоосных валов. Это положение и погрешности изготовления зубчатого соединения приводят к перекосу осей втулки и обоймы и к кромочному контакту зубьев втулки и обоймы [4].

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. 2). Чтобы решить, какая пара трения – прямая или обратная – 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.

Повышение твердости зубчатой втулки на 10-15% также достигается упрочняющим поверхностным пластическим деформированием (ППД) при окончательной обработке элементов зубчатых муфт.

Опыт использования ППД для упрочнения зубчатых втулок показывает, что качество боковых и переходных поверхностей имеют различные физико-механические характеристики упрочненного поверхностного слоя (толщина и степень упрочненного слоя, шероховатости поверхности, текстура т.п.). Данное явление обусловлено тем, что вследствие различия кинематики процессов предварительного изготовления зубчатого венца червячными фрезами, долбяками и т.п. инструментами образуются в результате огибания переходные поверхности по кривым различного очертания (удлиненная эвольвента, эпициклоида т.п.). Поэтому упрочняющий инструмент не всегда производит деформирование переходных поверхностей.

В связи с этим предлагается разделить процесс упрочнения боковых и переходных поверхностей обрабатываемых зубьев между различными упрочняющими инструментами так, чтобы обработка переходных поверхностей осуществлялась инструментом, не контактирующим с боковыми поверхностями, а обработка боковых поверхностей – инструментом, не контактирующим с переходными поверхностями. Такая схема упроч-

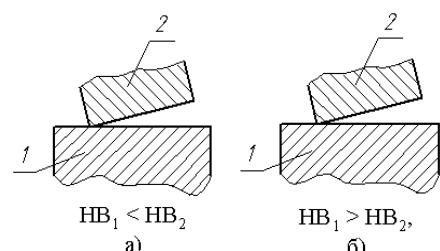


Рис. 2. Прямая (а) и обратная (б) пара трения в зубчатой муфте:
1 – зуб обоймы; 2 – зуб втулки

нения зубчатых втулок позволяет приблизить условия осуществления этого способа окончательной обработки к условиям эксплуатации зубчатых муфт.

Одно из преимуществ данного способа упрочнения зубьев с применением ППД является высокая точность обработки благодаря отсутствию жесткой кинематической связи между инструментом и обрабатываемой зубчатой втулкой, в силу чего перенос погрешности кинематической цепи установки для ППД на изделие исключен.

3. Заключение

1. 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.
2. 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. Это приводит к увеличению усилий в валах соединяемых муфтой агрегатов, к дополнительной деформации валов, к увеличению смещения осей валов и, в итоге, к аварии машины.
3. Дополнительные затраты на термообработку элементов муфты или применением ППД могут быть компенсированы повышением надежности и долговечности муфт.

Список литературы:

1. Польченко В.В., Сурело М.А. Определение долговечности зубчатых муфт с учетом износа и распределения нагрузки между зубьями. Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Сб. научных трудов. - ДонГТУ, 2000. Выпуск 10.- с.210-213.
2. Польченко В.В. К расчету зубчатых муфт на долговечность// Теория и практика расчетов деталей машин на износ. - М.: Наука, 1983.
3. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов. 2-е изд. переработ. и доп./ А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2001.- 664 с., ил.
4. Польченко В.В., Москин С.С. Влияние эксплуатационных параметров на износ зубчатых муфт. Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Сб. научных трудов. - ДонГТУ, 1999. Выпуск 7.- с. 155-165.

Надійшла до редакції 23.12.2014.

V.V. Poltshenko, V.A. Boguslavskiy

CHOICE OF HARDNESS OF TOOTHS OF GEAR COUPLING

The durability of gear coupling, as a rule, depends on wear resistance of teeth of roll cage and bushing. The analysis of a choice of direct or return pair a friction for the purpose of decrease in intensity of destruction of surfaces of teeths and increase of durability gear coupling is made.

Keywords: gear coupling, wear resistance, hardness, durability

В.В. Польченко, В.О. Богуславський

ВИБІР ТВЕРДІСТІ ЗУБІВ ЗУБЧАТИХ МУФТ

Довговічність зубчатих муфт, як правило, залежить від зносостійкості зубів обойми та втулки. Виконано аналіз вибору прямої чи обратної пари третя з метою зниження руйнування поверхонь зубів та підвищення довговічності зубчатих муфт.

Ключові слова: муфта зубчаста, схоплювання, твердість, довговічність.