

ки пневмоаккумулятора будет вытесняться за счет расширяющейся резиновой груши, пока не достигнет давления, на которое настроен обратный клапан.

Резюме. Реализация предложенной схемы изменения расхода жидкости в автоматической роторной машине для формования сиффона 22,5x4x0,1 из БрОФ 4—0,25 терморегулятора домашнего холодильника обеспечила высокую стабильность как предлагаемого устройства, так и всей машины в целом и привело к значительному снижению брака от порывов трубок-заготовок (выход годного доведен до 99,8%).

УДК 621.833

И.П. Кузьменков, канд.техн.наук,
А.П. Шавский, Д.И. Корольков

ДЕФЕКТЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И МЕТОДЫ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Наиболее распространенными дефектами зубчатых колес, которые можно устранить при ремонте, являются износ зубьев вследствие абразивного изнашивания и пластических деформаций, поверхностное выкрашивание (питтинг), а также разрушение (сколы) торцовых поверхностей зубьев, включаемых в передачу осевым перемещением колес.

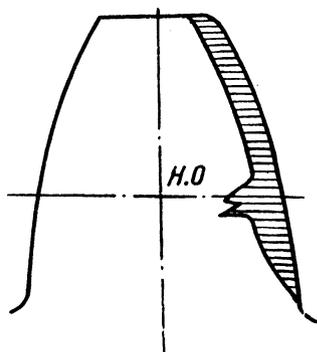


Рис. 1. Схема износа поверхности профиля зуба [2] :
1,2,3 — область окислительного, осповидного и теплового износа соответственно.

Изнашивание зубьев происходит вследствие недостаточной несущей способности масляного слоя, неизбежного смешанного трения скольжения в элементах механизма при его пусках и оставах. Абразивное изнашивание характеризуется режущим или царапающим действием твердых частиц и высту-

пов на поверхности трения, ведущих к постепенному изменению формы зубьев (рис. 1). Величина износа зубьев колес при абразивном изнашивании определяется свойствами абразива, материалов, нагрузкой, а также условиями смазки [1,2].

Для зубчатых колес закрытых передач, работающих при обеспеченной смазке, наиболее характерным видом изнашивания является местное выкрашивание поверхностного слоя. Это выкрашивание возникает на рабочей поверхности зуба (обычно на его ножке) после некоторого периода работы пары и представляет очень мелкие углубления, расположенные на небольших площадях.

Заедание происходит при разрывах смазочной пленки в местах контакта зубьев, где имеет место молекулярное сцепление материала трущихся деталей на участок их непосредственного контакта. При разрушении этих контактов происходит вырывание достаточно крупных частиц металла с контактирующих элементов. Обычно заедание возникает при сочетании высоких давлений, больших скоростей и невысокой твердости материала. Этот вид изнашивания уже сам по себе — аварийное явление, недопустимое в работе машин.

У зубчатых колес из стали средней и низкой твердости иногда наблюдается изнашивание зубьев, проявляющееся и в виде сильного пластического течения поверхностного слоя. В результате на зубьях ведомого зубчатого колеса в зоне полюса зацепления постепенно образуется выступающий гребень, а на шестерне ведущего зубчатого колеса — канавка (рис. 2, 3). При ремонте зубчатых колес гребень обычно удаляется с целью восстановления правильности зацепления.

Значительно ниже степень течения материала иногда наблюдается на зубьях с поверхностью, упрочненной цементированием, азотированием и т.п., но с мягкой сердцевиной. Здесь пластические деформации носят характер местных наплывов в виде ряби.

Разрушение зубьев происходит по-разному и обусловлено видом напряженного состояния и свойствами материала зубчатых колес [3]. Напряженное состояние в опасном сечении зубьев при прочих равных условиях зависит от их геометрических параметров: исходного контура, числа зубьев, параметров корегирования и фланкирования, угла наклона зубьев у косозубых и шевронных колес, а также от положения места контакта.

Современная технология ремонта зубчатых передач насчитывает несколько способов восстановления зубчатых колес.

Они сводятся к устранению рассмотренных дефектов при соблюдении всех требований в пределах, установленных ГОСНИТИ соответствующими техническими условиями на ремонт. К этим способам восстановления зубчатых передач [4,5] можно отнести следующие: наплавку зубьев, замену дефектных венцов новыми, перестановку зубчатых колес, углубление профиля, перешлифовку с последующим хромированием зубьев, а также метод горячей осадки зубчатых венцов.



Рис. 2. Дефектный зубчатый венец шестерни коробки скоростей автомобиля ГАЗ-51: а - усталостное выкрашивание (питтинг); б - пластическое течение; в - излом зуба.



Рис. 3. Усталостное разрушение торцевых поверхностей зубьев.

Способ наплавки дефектных зубьев (горячая, электродуговая, наплавка в среде углекислого газа) дает удовлетворительные по износостойкости результаты лишь при использовании твердых сплавов в качестве присадочного материала

Однако в этом случае наплавленный слой отличается хрупкостью, недостаточной надежностью сцепления с основным металлом, плохой обрабатываемостью. Но этот способ далеко не обеспечивает отремонтированным зубчатым колесам их первоначальную работоспособность и поэтому в настоящее время почти не применяется.

Более надежные качественные результаты дает способ замены изношенных зубчатых венцов вновь изготовленными. Этот способ ввиду высокой трудоемкости может быть применен лишь к ограниченной номенклатуре шестерен соответствующей конфигурации.

Восстановление колес можно производить путем перешлифования зубчатых венцов по профилю и по наружному диаметру с последующим хромированием рабочих поверхностей. Этот способ восстановления сложен и дорогостоящ и применяется только для ремонта точных зубчатых колес прецизионных механизмов.

Среди современных прогрессивных методов восстановления изношенных деталей машин особое место занимает метод пластического деформирования. Он основан на использовании пластических свойств материалов деталей, конструктивная форма которых обуславливает наличие в них определенных запасов этого материала.

Метод восстановления деталей пластическим деформированием состоит из ряда технологических операций: осадки, раздачи, обжатия, выдавливания, оттяжки и накатки. Каждая из этих операций может быть выполнена как отдельно, так и в комбинации с другими операциями в зависимости от конструктивной особенности восстановленных деталей.

Особое внимание заслуживает метод восстановления зубчатых колес ротационным деформированием, разработанный в ИНДМаш АН БССР [4]. Восстановление зубьев здесь осуществляется за счет направленного пластического перераспределения металла.

При восстановлении по первой схеме (рис. 4, а) изношенная шестерня 5 устанавливается на торец нижнего пуансона-синхронизатора 4, который, как и верхний пуансон, выполнен в виде вращающегося шпинделя и находится в непосредственной кинематической связи с накатником 1. После установки детали и ее фиксации в исходном положении верхним пуансоном 2 с центратором 3, имеющим форму цилиндрической оправки, вращающуюся деталь нагревают с помощью ТВЧ в

секторном индукторе до обеспечения требуемого пластического состояния металла зубчатого венца. После нагрева изношенного зубчатого колеса верхний пуансон опускается вниз. При этом рабочие поверхности пуансонов, выполненные в виде клиновых инденторов 6, внедряются в торцы заготовки, выдавливая в направлении зубчатого венца некоторые объемы металла, которые компенсируют износ зубьев. Одновременно накатник, вращаясь вместе с пуансоном, обкатывает деформируемые зубья, придавая им правильную форму.

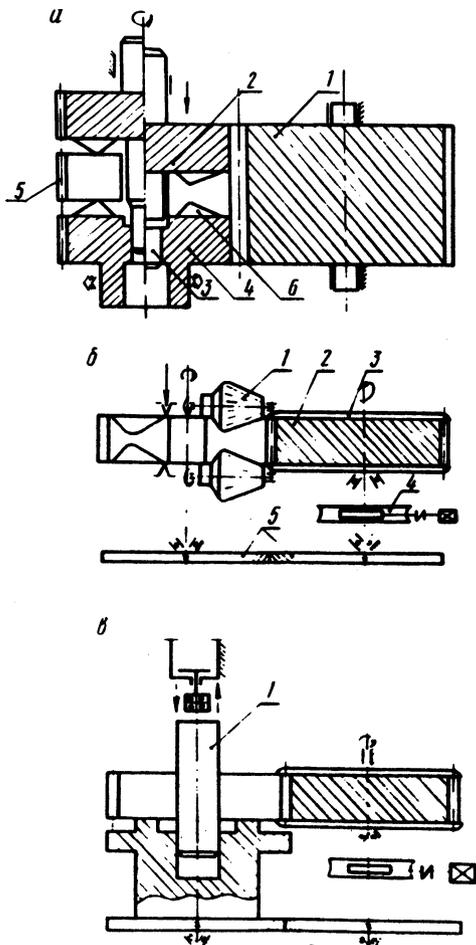


Рис. 4. Схемы восстановления зубчатых колес ротационным деформированием: а - зубчатым пуансоном; б - раскатными роликками; в - коническим дорном.

Второй способ (рис. 4, б) восстановления изношенных зубчатых колес основан на применении метода раскатки зубчатого венца профильными роликками 1 при одновременном обкатывании

деформируемых зубьев накатником 2 с двумя ограничивающими ребордами 3, изготовленными в виде плоских дисков и предназначенными ограничить течение металла к торцам восстанавливаемой шестерни. Синхронизация вращения накатника и детали осуществляется косозубой синхронизирующей передачей 5 через редуктор 4.

Благодаря локальному деформированию зубчатого венца раскаточными роликами деформирующее усилие значительно снижается по сравнению с предыдущим предлагаемым способом, что позволяет осуществлять восстановления цилиндрических зубчатых колес сравнительно больших размеров.

Третий способ (рис. 4, в) отличается тем, что перераспределение пластического металла восстанавливаемого колеса происходит за счет деформирования его специальным дорном 1. Этот способ целесообразнее применять для восстановления мелкокомодульных зубчатых колес-цилиндров, выбраковочный износ которых незначителен.

Восстановление шестерен ротационным деформированием может быть выполнено с применением гидравлических прессов или гидрофицированных токарных станков, оборудованных силовым цилиндром. Так, например, типовой технологический процесс восстановления изношенных шестерен из сталей 45, 40X, 40XH и др., разработанный в содружестве с Оршанским трактороремонтным заводом, включает в себя следующие основные операции:

- 1) удаление (зачистку) мелких механических дефектов (забоин, заусенцев, рисок и др.) на рабочих поверхностях зубьев;
- 2) высокий отпуск (для закаленных деталей);
- 3) электрический нагрев зубчатого венца шестерен до температуры восстановления ($780-820^{\circ}\text{C}$);
- 4) восстановление в специальном приспособлении на модернизированной станке 1Д63А, оборудованном силовым гидроцилиндром;
- 5) токарную обработку зубчатого венца;
- 6) термообработку (при необходимости).

Внедрение этой технологии для восстановления первичного вала коробки скоростей автомобиля ГАЗ -51 (деталь № 51-7017) при программе 38 тыс. коробок в год даст заводу по предварительным расчетам около 19 тыс. рублей годовой экономии.

Сравнительные стендовые испытания новых и восстановленных ротационным деформированием шестерен, а также эксплуатационные испытания образцов показали, что работоспособность

шестерен, восстановленных таким методом, не уступает серийным.

Это определило предпосылки для разработки промышленной установки восстановления зубчатых колес ротационным деформированием. Создание такой установки планируется в 1976 году ИНДМаш АН БССР в содружестве с Малоарославским филиалом ГосНИТИ и Оршанским трактороремонтным заводом.

Резюме. В разработанном методе благодаря локальному деформированию снижается деформирующее усилие, что позволяет осуществить восстановление зубчатых колес больших размеров.

Л и т е р а т у р а

1. Костецкий Б.И. Сопротивление изнашиванию деталей машин. М., 1959.
2. Крагельский И.В. Трение и износ. М., 1968.
3. Кораблев А.И., Решетов Д.Н. Повышение несущей способности и долговечности зубчатых передач. М., 1968.
4. Дехтеринский Л.В. Ремонт цилиндрических шестерен давлением. -- В сб.: Восстановление изношенных деталей давлением. М., 1955.
5. Петров Ю.Н. Восстановление деталей машин способом пластических деформаций. Кишинев, 1965.