

Рулькова К.С., Федько С.С.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: oid@mivlgu.ru*

Повышение прочности деталей с винтовыми поверхностями

В технике достаточно много деталей машин, выход из строя которых связан с усталостными нагрузками.

При выходе из строя деталей под действием объемных усталостных нагрузок, когда происходит усталостный излом, необходимо повышение усталостной прочности. Для повышения усталостной прочности используются конструктивные и технологические мероприятия. Конструктивные мероприятия в основном сводятся к уменьшению концентраций напряжений в местах, где обычно возникают усталостные трещины, ведущие к поломкам деталей. Технологические мероприятия сводятся к упрочнению поверхностных слоев детали [1]. Одним из наиболее эффективных способов повышения усталостной прочности является поверхностное пластическое деформирование (ППД), в результате которого формируется наклепанный поверхностный слой.

Наклеп поверхностного слоя обычно характеризуется повышенной твердостью, глубиной и величиной остаточных напряжений. С увеличением глубины и интенсивности наклепа усталостная прочность металлов повышается. Изменение характеристики наклепа зависит от метода и режима обработки. Установлено, что величина предела выносливости повышается с увеличением глубины и степени упрочнения [2-4]. При переменных напряжениях опасными являются напряжения растяжения в поверхностных слоях, вызванные действующей нагрузкой. При упрочнении ППД в поверхностном слое формируются сжимающие остаточные напряжения, которые суммируются с напряжениями растяжения, возникающими при работе детали, и уравнивают их. В результате долговечность таких деталей увеличивается.

Другим видом разрушения деталей под действием усталостных нагрузок является контактно-усталостное изнашивание, которое возникает на поверхностях контактирующих поверхностей при качении. Оно проявляется в виде растрескивания и крошения контактирующих поверхностей в результате действия контактных напряжений, под влиянием которых на небольшой глубине у поверхности возникают максимальные по величине циклические касательные напряжения. Эти напряжения приводят к возникновению трещин, выходящих на поверхность, при этом некоторые частицы материала отделяются.

Для снижения контактно-усталостного изнашивания необходимо повышение твердости поверхностного слоя деталей. При использовании упрочнения толщина упрочненного слоя должна быть больше глубины распространения максимальных касательных напряжений, а материал основного металла должен обладать достаточной твердостью, предупреждающей продавливание упрочненного слоя под действием контактных давлений. В противном случае возникает опасность отслаивания и растрескивания упрочненного слоя. Для повышения контактно-усталостной прочности достаточно хорошо зарекомендовали себя поверхностная термическая обработка, химико-термическая обработка, а также способы ППД [5].

В технике, как правило, в реальных условиях работы, детали испытывают целый комплекс нагрузок, что необходимо учитывать для повышения их прочностных характеристик. К таким деталям относятся детали с винтовыми поверхностями, например ходовые и грузовые подъемные винты, детали для передач вращения, червяки и др. Часто такие детали при эксплуатации одновременно испытывают как объемные, так и контактные циклические напряжения.

Так для детали «Винт» изготовленной из стали 40Х в результате использования системы прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D был проведен расчет на усталостную прочность (рис. 1).

Система APM FEM представляет собой интегрированный в КОМПАС-3D инструмент для подготовки и последующего конечно-элементного анализа трехмерной твердотельной модели (детали или сборки). Подготовка геометрической 3D-модели и задание материала осуществляется средствами системы КОМПАС-3D. С помощью APM FEM можно приложить нагрузки различных типов, указать граничные условия, создать конечно-элементную сетку и выполнить расчет. При этом процедура генерации конечных элементов проводится автоматически.

Исходными данными для расчета усталостной прочности являются напряженно-деформированные состояния, соответствующие максимальному и минимальному силовому воздействию на конструкцию при циклическом нагружении. Предполагается, что все силы, действующие на конструкцию, изменяются по одному закону [6].

В результате установлено, что наиболее опасным участком такой детали будет место перехода от винтовой поверхности к цилиндрической. Следовательно, упрочнению необходимо подвергать не только винтовую поверхность, чтобы повысить контактно-усталостную прочность, но и другие поверхности, имеющие значительные концентраторы напряжений. Учитывая это, представляется целесообразным применение упрочнения ППД, которое показало достаточную эффективность как для повышения усталостной, так и контактно-усталостной прочности.

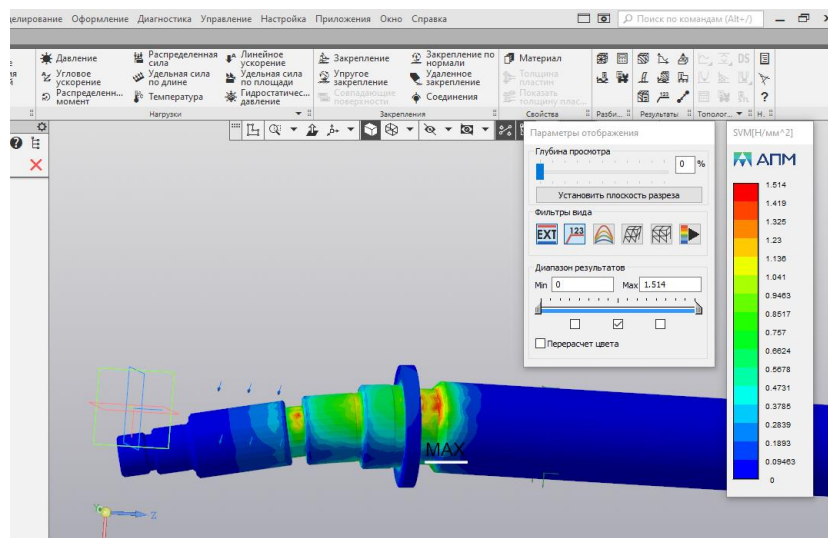


Рисунок 1. Результаты расчета на усталость по коэффициенту запаса усталостной прочности

Литература

1. Лодыгина Н.Д. Метод расчета напряжений деталей винтовых механизмов при циклическом нагружении // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2.
2. Физико-технологические основы методов обработки: Учеб.пособие. /Под ред. А.П.Бабичева. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 430 с.
3. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1978. –151 с.
4. Круцило В.Г. Исследование влияния остаточных напряжений и деформационного упрочнения в поверхностном слое деталей на усталостную прочность // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки, 2006, С. 126-130
5. Исследование контактного выкрашивания поверхностей деталей машин / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, С.В. Баринов, Д.Е. Тарасов // В кн. «Контроль и диагностика при обеспечении качества машиностроительных изделий». Коллективная монография под ред. А.В. Киричека и К.В. Подмастерьева - М.: Издательский дом «Спектр», 2012. С. 294-332
6. APM FEM Система прочностного анализа для КОМПАС-3D. Руководство Пользователя. [Электронный ресурс] // Научно-технический центр «АПМ» URL: <https://apm.ru/downloads/188/APM-FEM-2022.pdf> (Дата обращения: 05.01.2023)