

ЛИТЕРАТУРА

1. Нижник С.Б., Дмитриева Е.А. О структурной зависимости параметров деформирования и трещиностойкости метастабильных аустенитных сталей // Проблемы прочности. – 2012. – №3. – С. 97-112.
2. Глушец А.М., Капуткина Л.М., Бернштейн М.Л. Влияние горячей деформации аустенита на образование мартенсита деформации в сталях // Изв. Вузов, Черная металлургия. – 1980. – №5. – С. 99-103.
3. Gorkunov E.S., Savrai R.A., Makarov A.V., Zadvorkin S.M. Magnetic techniques for estimating elastic and plastic strains in steels under cyclic loading // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2015 – Issue 2. – P. 6-15.
4. Теория образования текстур в металлах и сплавах / Я.Д. Вишняков, А.А. Бабарэко, С.А. Владимиров, И.В. Эгиз. – М.: Наука, 1979. – 343 с.
5. Singh C.D., Ramaswamy V. Development of rolling textures in an austenitic stainless steel // Textures and Microstructures. – 1992. – Vol. 19. – pp. 101-121.

УДК 669.02/09:519.28

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТКИ ОТВЕРСТИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА В ДЕТАЛЯХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА

А.Г. Ясев

кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной математики и вычислительной техники, Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: navid@metal.dmeti.dp.ua

Аннотация. Описано использование системы математического моделирования, которая включает математическое моделирование, разработку конструктивно-технологических предложений и оптимизацию параметров оснастки, при создании технологической оснастки для очистки отверстий малого диаметра в деталях гидравлического привода.

Ключевые слова: моделирование, очистка, отверстие, деталь, гидромашины.

MODELING OF CLEANING HOLES WITH SMALL DIAMETERS IN DETAILS OF ELEMENTS OF HYDRAULIC MACHINES

Alexander Yasev

Ph.D., Professor of the Department of Applied Mathematics and Computer Science of the National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: navid@metal.dmeti.dp.ua

Abstract. Utilization of system of mathematical modeling, which consist of mathematical modeling, creation constructional and technological propositions and optimization parameters of equipment, during the creation technological equipment for cleaning holes with small diameters in details of elements of hydraulic machines is described.

Keywords: Modeling, cleaning, hole, detail, hydraulic machine.

Введение. Детали элементов гидравлического привода, как правило, относятся к прецизионным, имеют сложную конструктивную форму (сочетание разных элементарных поверхностей, в том числе отверстий диаметром менее 2 мм) и высокую твердость поверхностей (HRC 50...55). Такие значения твердости достигаются в результате химико-термической обработки, после которой поверхности деталей необходимо очищать от возникающей окалины (обычно трудоемким немеханизированным способом). Для механизации и обеспечения гарантированной очистки труднодоступных поверхностей отверстий малого диаметра можно использовать обработку потоком абразивных частиц с помощью специальной технологической оснастки.

Цель работы. Создание такой технологической оснастки с применением системы математического моделирования, которая включает математическое моделирование (целеполагание, идеализация, формализация, идентификация, проверка адекватности); разработку конструктивно-технологических предложений; оптимизацию параметров оснастки.

Рассмотрим [1] решение такой задачи на примере очистки отверстия диаметром 1 мм в плунжере гидравлического насоса.

Материал и результаты исследований. Процесс очистки упрощенно можно рассматривать как контактное взаимодействие поверхности детали и инструмента (гидроабразивного потока), которое может быть описано универсальной математической моделью, основанной на модели элементарного единичного акта контактного взаимодействия. Модель включает четыре блока:

- модель обрабатываемой поверхности;
- модель гидроабразивного потока;
- модель кинематических и динамических особенностей взаимодействия;
- модель изменения свойств поверхности после взаимодействия.

Учитывая симметрию формы обрабатываемой цилиндрической поверхности и практически однородный характер явлений по всей длине отверстия, исследовался съем материала с элементарной площадки поверхности при воздействии отдельных абразивных частиц. Основными технологическими параметрами являются величины зернистости абразива и скорости частиц потока. Особенностью изучаемого процесса является случайный

характер величины угла атаки каждой отдельной частицы, который воспроизводится при моделировании в виде случайной величины с равномерным (в диапазоне $0 \div 90^{\circ}$) законом распределения вероятностей.

Многократное воспроизведение единичных актов (500) позволяет оценить взаимодействие при очистке во времени. При этом параметры поверхности, абразивной частицы (принимается в виде сферы) и гидроабразивного потока для единичного акта определяются как реализации случайных величин (как правило, с нормальным законом распределения вероятностей).

В основе математической модели, позволяющей оценивать величину съема материала, лежит известная модель Герца. Оценкой величины износа сферического элемента является объем шарового сегмента, имеющего высоту стрелки, равную половине величины деформации элемента при контактом взаимодействии при условии, что напряжения при контактом взаимодействии превосходят допустимые напряжения среза для конкретного материала.

Математическое моделирование позволило определить основные особенности гидроабразивной обработки, а также направления и принципиальные решения при создании технологической оснастки.

Для гарантированной очистки поверхностей отверстий малого диаметра $0,6 \div 2$ мм после химико-термической обработки (в частности, азотирования) прецизионных деталей гидравлического привода предложена [1] специальная технологическая оснастка, которая реализует результаты математического моделирования.

Перед началом обработки детали устанавливают в приспособление так, что оси деталей располагаются касательно к выпуклости в зоне сопряжения с вогнутыми частями. Сопла устанавливают таким образом, чтобы их срез входил в деталь на $0,5 \div 1$ мм. После этого установку заправляют гидроабразивной суспензией до уровня, обеспечивающего затопление обрабатываемой детали и части сопла.

Сопла подключают к источнику сжатого воздуха, который направляет смесь жидкости и воздуха в виде струи касательно к выпуклой части дна, и взвешивает находящийся в вогнутых частях абразив. Гидроабразивная смесь, проходя через отверстия в деталях, обеспечивает обработку внутренних поверхностей.

После окончания цикла обработки детали промывают от абразивных частиц. Затем обработанные детали заменяют новыми и цикл обработки повторяется.

Оптимизация конструктивно-технологических параметров использования оснастки, выполнена в два этапа:

1. Аналитическая оптимизация основных технологических параметров, определяющих съем материала и изменение шероховатости обрабатываемой поверхности.

2. Натурная оптимизация основных параметров процесса с использованием установленных на первом этапе значений параметров.

В качестве критерия оптимизации принята интенсивность съема материала с элементарной площадки поверхности при суммарном воздействии достаточно большого количества (500) абразивных частиц. Оптимизируемыми технологическими параметрами являются величины зернистости абразива и скорости частиц потока, обеспечивающие максимальную интенсивность съема материала.

На втором этапе осуществляется натурная оптимизация технологических параметров, которые явно не присутствуют в математической модели. К оптимизируемым параметрам относятся концентрация абразива в суспензии, время обработки, диаметр воздушного сопла и расстояние между торцами сопла и плунжера. В качестве критерия оптимизации использован показатель (измеряемый в баллах) состояния обработанной поверхности.

Состояние обработанной поверхности (площадь участков внутренних поверхностей со следами нитридов железа, которые образуются при азотировании поршней и обладают высокой твердостью) контролировалось после продольного разрезания поршней по осевому сечению (что существенно увеличивало трудоемкость и стоимость экспериментальной обработки) и последующего исследования поверхностей с помощью микроскопа.

Выборочная проверка подтвердила, что поверхности отверстий имеют однородный вид без следов нитридов и окислов железа.

Установленные оптимальные конструктивно-технологические параметры оснастки, обеспечивающие стабильное получение однородных очищенных внутренних поверхностей поршней аксиально-поршневых гидромашин, использованы в конструкции оснастки и технологии ее применения.

Вывод. Использование системы математического моделирования позволяет эффективно решать практические задачи создания технологической оснастки для повышения качества обработки деталей элементов гидравлического привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ясев А.Г. Система математического моделирования технологической оснастки для очистки отверстий малого диаметра в деталях элементов гидравлического привода // Математичне моделювання. – 2009. - №2. – с. 34-38.