

**VII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ ТА АСПІРАНТІВ**

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ
МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗДАЧИ ВТУЛОК ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

А.В. Телешак, ст. гр. М5/2,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук, Д.Д. Марченко, ас.
Николаевский национальный аграрный университет

В данное время в ремонтном производстве получила наибольшее распространение технология, при которой восстановление размеров детали происходит путем раздачи [1]. Однако восстановленные по данной технологии детали имеют ряд существенных недостатков, основным из которых является наличие больших остаточных напряжений в материале втулки, что, в конечном итоге, приводит к разрушению детали.

Одним из перспективных путей развития технологии восстановления изношенных деталей типа втулок является применение с этой целью электрогидравлического эффекта.

Предлагается способ и технология раздачи втулок механическими ударными импульсами [2]. С помощью цангового устройства ударный импульс, который генерируется электроразрядным генератором упругих колебаний, передается восстанавливаемой детали. Равномерность деформации втулки обеспечивается равномерностью распределения давления, создаваемого цангой по поверхности втулки. Увеличение величины раздачи втулки обеспечивается за счет повышения диффузионной подвижности атомов деформируемого металла.

Устройством для электрогидравлической раздачи втулок приведено на рис. 1.

Втулка 1, установлена в обойме 2, с помощью цанги 3 соединена с пуансоном 4, на который действует упругая пластина 5, которая закреплена в корпусе 6 на дне электроразрядной камеры 7. Внутри электроразрядной камеры 7 установлены отрицательный 8 и положительный 9 электроды, соединенные с генератором импульсов тока 10. Внутренняя поверхность электроразрядной камеры 7 выполнена в виде эллипсоида вращения, один из фокусов О1 которого совмещен с дном электроразрядной камеры 7, являющийся упругой пластиной 5, передающей ударный импульс на пуансон 4, а в другом фокусе О расположены оси электродов, закрепленных в двух втулках 11, установленных в отверстиях корпуса 6 вместе с резиновыми прокладками 12.

Устройство работает следующим образом.

Корпус 6 электроразрядной камеры 7 подводится с помощью упругой пластины 5 вибратора к пуансону 4. Напряжение, которое подается из электрической сети, повышается с помощью трансформатора через выпрямитель, который заряжает конденсатор. В конденсаторе генератора импульсов тока 10 накапливается электроэнергия и между отрицательным 8 и положительным 9 электродами электроразрядной камеры 7 происходит высоковольтный пробой, в результате которого на пуансоне 4 образуется ударный импульс, который через цангу 3 передается на стенки втулки 1.

Обойма 2 предназначена для того, чтобы втулка 1 не разрушилась во время раздачи и приняла правильную геометрическую форму.

При высоковольтном разряде в камере 7 с жидкостью (вода) первичная ударная волна достигает упругой пластины 5, пройдя расстояние О1О, отраженная волна проходит путь ОВ – ВО1, разница этих расстояний для всех точек эллипсоида составляет величину амплитуды равную 2А. С учетом скорости звука в воде ($c = 1500$ м/с) время прохождения волной расстояния 2А составляет 40 мкс, что соответствует частоте 25 кГц.

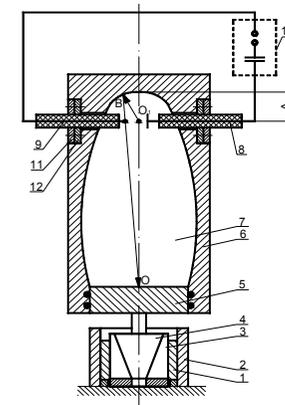


Рисунок 1 – Устройство для электрогидравлической раздачи втулок



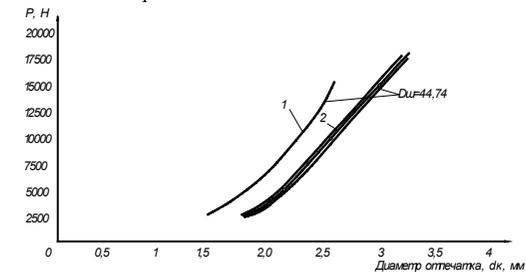
1 – разрядная камера; 2 – высоковольтный повышающий трансформатор; 3 – разрядник; 4 – регулятор низкого напряжения

Рисунок 2 – Внешний вид высоковольтной установки с энергией разряда 5 кДж

Для измерения силы удара, пластины ЭРГУК по детали нами применен упругоконтактный метод, основанный на измерении местных упругих деформаций при ударе тел со сферическим и плоским торцами. Давление на поверхности пластины ЭРГУК измерено с помощью метания груза (см. рис. 3).

3-х процентный раствор парафина на бензоле наносился кисточкой на плоскую стальную пластину твердостью HRC = 59 – 64. При испарении бензола на пластине образовывался тонкий слой парафина. Устройством для измерения усилия показано на рис. 4.

Тарировочная кривая для определения силы удара по диаметру отпечатка шарика диаметром 44,47 мм показана на рис. 3.



1 – теоретическая кривая; 2 – тарировочная кривая

Рисунок 3 – Зависимость силы удара от диаметра отпечатка

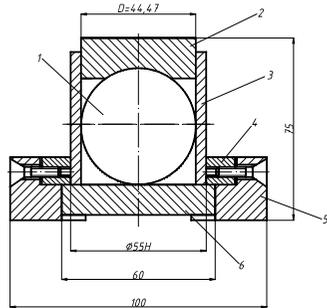
Тарирование проведено на прессе Бринелля по десяти измерениям при силах 2,5; 5,0; 10; 15 кН. Доверительный интервал на значение диаметра отпечатка рассчитан с доверительной достоверностью 0,95. Дисперсия не превышала значения $S = 0,05$. Погрешность измерения силы с ростом ее снижается. Для силы 2,5 кН – $e = 16$ %, для силы 10 кН – $e = 8$ %. Погрешность измерения силы удара может быть снижена до $e = 3$ %, если тарирование провести на более точном прессе.

Величина сближения шарика и плоскости при усилии 10 кН, Dш = 44,47 мм, рассчитывалась по формуле

$$\lambda_c = 1,54 \sqrt{\frac{P^3}{E_y^2 D_{ш}}}$$

и равняется 0,06 мм.

С целью исключения пластической деформации в контакте шара с плоскостью сила должна быть ограничен величиной [P], где [P] в Ньютонах, рассчитанная по формуле [P] = 490 Dш².



1 – шар; 2 – пуансон; 3 – втулка; 4 – корпус;
5 – упор; 6 – пластина

Рисунок 4 – Схема устройства для измерения силы удара упругоконтактным методом



1 – пластина; 2, 5, 6 – пуансоны;
3 – шар; 4 – корпус

Рисунок 5 – Внешний вид устройства для измерения силы удара упругоконтактным методом

Для шара диаметром 44,47 мм допустимое усилие [P] = 10 кН. С целью измерения больших усилий применялись шары большего диаметра или пуансоны с увеличенными радиусами кривизны.

Упругоконтактное измерительное устройство (рис. 4) устанавливалось закаленной пластиной в центре пластины ЭРГУКа, плотно без заметного усилия с помощью винтовых механизмов поджималось к измерителю силы. Перед этим наносился на пластину слой парафина, проводился высоковольтный разряд и устройство разбиралось. Размеры упругого отпечатка измерялись на микроскопе. При каждом режиме измерение проводилось по 3 раза.

Список литературы

1. Бутаков Б. И. Основные принципы технологии импульсного и малоскоростного воздействия на структуру и свойства металлов и сплавов: дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.02.01 / Бутаков Борис Иванович. — К., 1992. — 533 с.
2. Патент України на корисну модель UA 70054 МПК В24В 39/02 (2006.01). Спосіб електрогідрравлічного роздавання втулок / Бутаков Б.І., Письмак С.В., Приймак А.Ю.; заявник і патентовласник Бутаков Б.І. — №u201113395; заявл. 14.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. №10.

УПРОЧНЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ОБКАТЫВАНИЕМ ИХ РОЛИКАМИ

В.С. Ханмов, ст. гр. М4/3,

Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук

Николаевский национальный аграрный университет

Радиусы переходных кривых у основания зубьев зубчатых колес существенно влияют на предел выносливости зубьев при изгибе. Это объясняется тем, что опасное сечение зубьев располагается в зоне переходной кривой и от ее кривизны зависит величина опасного сечения основания зуба. Кроме того, радиус переходной кривой вызывает концентрацию напряжений у основания зубьев. В работе [1] показано, насколько может измениться коэффициент концентрации напряжений в зависимости от радиусов переходных кривых для зубчатых колес различных геометрических параметров и даны рекомендации по расчету теоретических коэффициентов концентрации напряжений $k = 1 + 0,15S_0 / \rho_f$, где S_0 —

толщина зуба в опасном сечении; ρ_f - радиус кривизны переходной кривой. Максимальное значение k при нагрузке на вершине зуба может достигать 2 - 2,2 [2]. Поэтому усталостная поломка зубьев шестерен - одна из основных причин преждевременного выхода из строя зубчатых колес различных машин. Дополнительная концентрация напряжений возникает от грубой шероховатости или зарезов на поверхности впадин или переходной кривой, где дефекты механической обработки встречаются наиболее часто. Кроме того, в тех случаях, когда закалка зубьев не захватывает дна впадины и остаточные растягивающие напряжения выходят на поверхность в опасных сечениях зубьев, дополнительно снижается их прочность изгибу. По данным [3], применение термической и термохимической обработки для повышения контактной прочности зубьев часто приводит к снижению прочности изгиба на 30—80 %

На рис. 1 показаны три формы профилей прикорневых частей ножек зубьев с модулем 26 мм [4] и указаны соответствующие этим профилям коэффициенты концентрации напряжений, полученные поляризационно-оптическим методом на моделях натуральной величины. Первый круговой профиль сопряжения применяется в цилиндрических зубчатых колесах, изготавливаемых методами огибания на зубофрезерных и зубодолбежных станках. Две другие формы профилей характерны для конических зубчатых колес, нарезаемых на зубостроительных станках по копирам.

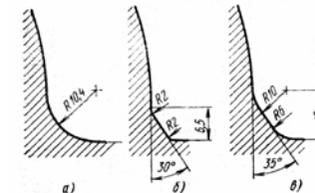


Рисунок 1 – Формы прикорневой части зубьев крупномодульных зубчатых колес с коэффициентами концентрации напряжений 1,4 (а), 1,65 (б) и 1,52 (в)

Мелкомодульные зубчатые колеса в массовом и крупносерийном производствах накатывают объемным холодным пластическим деформированием [5]. Для средних модулей (7 - 10мм) применяют специальные станки, на которых обкатывают впадину и переходную