

кость протяжного инструмента, отклонение формы обработанного отверстия от исходного профиля, точность обработки и производительность.

При окончательном решении вопросов, связанных с выбором схем компоновки и других конструктивных параметров, необходимо совместное рассмотрение показателей динамического качества скоростных протяжных станков и вопросов технологичности конструкций, трудоемкости изготовления. Исследование опытных образцов скоростных протяжных станков показало, что их внедрение в производство обеспечивает значительный экономический эффект.

УДК 621.833:539.374.2

А.С.Соболев, В.Л.Басинюк, О.И.Кузьменков,  
Е.С.Яцура, В.Н.Кущенко

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ РОТАЦИОННОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Одним из перспективных методов восстановления деталей из пластичных материалов является метод ротационного (пластического) деформирования, который в настоящее время с успехом применяется для восстановления деталей несложной конфигурации [1]. Большой научный и практический интерес представляет использование этого метода для восстановления изношенных зубчатых колес.

Сущность метода при восстановлении зубчатых колес заключается в перераспределении металла внутри зубчатого венца с одновременным формированием зубьев накатником после предварительного нагрева восстанавливаемых зубьев до 780...850°C.

К недостаткам метода восстановления ротационным деформированием следует отнести необходимость отсутствия на зубьях трещин, сколов, изломов. Вместе с тем метод прост, высокопроизводителен, не требует высокой квалификации обслуживающего персонала и позволяет повысить физико-механические свойства восстанавливаемых поверхностей.

В ИНДМАШ АН БССР разработана установка для восстановления профиля зубьев первичного вала-шестерни (дет.№51-7017) коробки скоростей автомобиля ГАЗ-51 методом ротационного деформирования, анализ результатов повреждений и разрушений которого показал, что около 95% этих деталей,

поступивших на ремонт, выбраковываются из-за износа рабочих боковых поверхностей зубьев в замковой части венца. Установка (рис. 1) базируется на токарно-винторезном станке мод. 1Д63А и работает следующим образом.

В цанговую оправку устанавливается изношенный вал-шестерня, который вводится в беззазорное зацепление с накатником 2, включается индуктор 5 и в течение 8 с нагревается замковая часть вала-шестерни 3 до температуры 780...850°C. Ротационным дорном 4 через пиноль задней бабки 6 деталь 3 перемещается гидроцилиндром 7 от гидростанции 8 из зоны нагрева до упора цанговой оправки, включаются шпиндель (125 об/мин) передней бабки 1 и подача ротационного дорна. Обкатной ролик 9 поджимается к замковой части детали. После этих операций обкатным роликом и накатником 2 профилируются уступ замковой части до  $\phi 66 \pm 1,0$  мм и эвольвент-

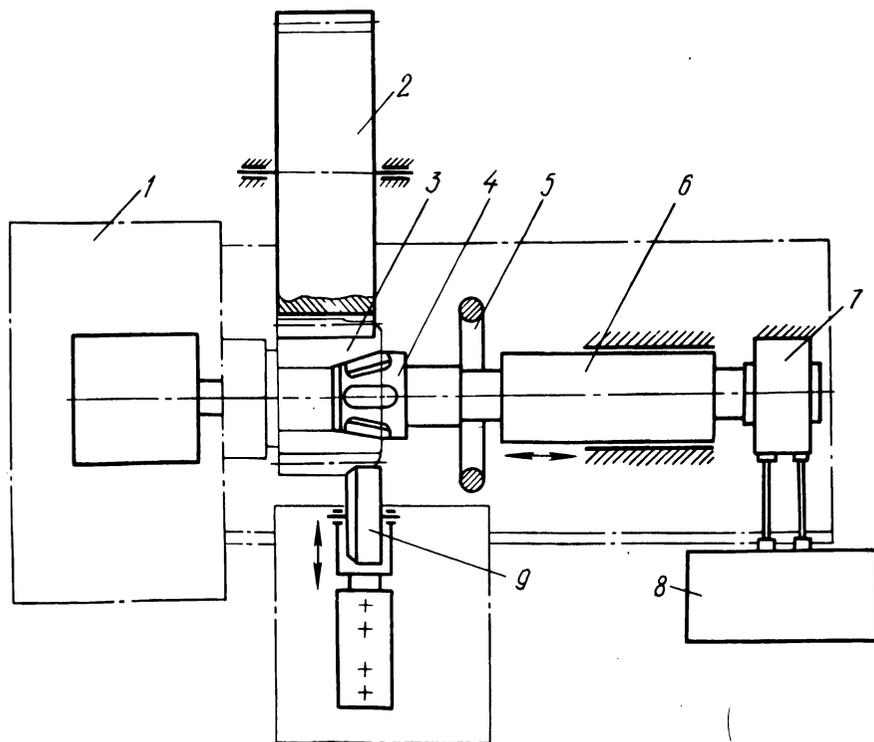


Рис. 1. Принципиальная схема установки для восстановления первичного вала-шестерни (дет. 51-7017) коробки скоростей автомобиля ГАЗ-51 методом пластического деформирования.

ные поверхности восстанавливаемых зубьев за счет перераспределения металла при раскатывании конической части шестерни ротационным дорном. В процессе профилирования давление в гидросистеме поддерживается в пределах 4 МПа. После полного восстановления изношенных поверхностей замковой части производится отвод в исходное положение ротационного дорна обратным ходом гидроцилиндра, обкатного ролика, выключается вращение шпинделя, и восстановленный вал-шестерня снимается со станка.

Время восстановления от загрузки до выгрузки вала-шестерни составляет 35...40 с. После восстановления венец вала-шестерни отжигается на установке ТВЧ (время отжига -

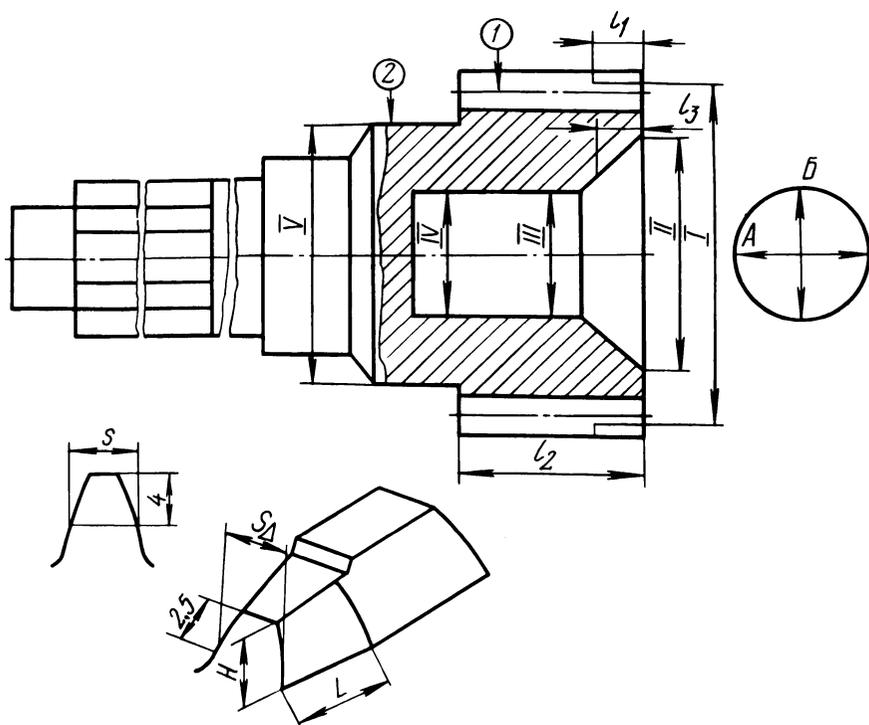


Рис. 2. Схема замеров основных параметров вала-шестерни 51-7017: I — диаметр замковой части венца; II — наружный диаметр внутреннего конуса; III, IV, V — диаметры посадочных поверхностей подшипников;  $l_1$  — длина скоса замковой части;  $l_2$  — длина зуба; S,  $S_\Delta$  — соответственно толщина зуба по делительной окружности неизношенной и изношенной части зуба; LH — соответственно длина и высота изношенной части зуба; 1, 2 — соответственно места замеров радиального боения замковой части зуба и посадочной поверхности под подшипник.

10 с), торцы зубьев замковой части венца закругляются, зубья шевингуются на станке мод. 5702. В заключение венцы вала-шестерни проходят нитроцементацию в триэтаноловой среде шахтной печи при температуре 880°C в течение 150 мин и закалку в масле при температуре 840°C с последующим отпуском при  $T = 200^\circ\text{C}$ . Твердость зубчатого венца обеспечивается в пределах 58...60 HRC. При этом важно сохранить внутреннее посадочное отверстие под подшипник, которое после процесса восстановления уменьшается, что вызывает необходимость его последующей шлифовки до нужного размера. Следует отметить, что перед каждым циклом рабочие поверхности накатника, конуса раскатного дорна и обкатного ролика смазываются водной суспензией на основе графита. Описанная установка внедрена на Оршанском трактороремонтном заводе (ОТРЗ).

Для восстановления геометрических параметров была отобрана партия валов-шестерен в 50 шт. Замер основных параметров производился до восстановления, после восстановления и после термообработки вала-шестерни по схеме (рис.2) в сечениях А и Б.

Анализ данных измерений показал следующие средние значения параметров:  $L = 6,47$  мм,  $H = 4,5$  мм,  $S - S_{\Delta} = 0,432$  мм. Максимальное значение  $S - S_{\Delta} = 0,76$  мм.

Профиль замковой части восстанавливался полностью при незначительном увеличении параметра  $I_3$ , размер  $I$  уменьшался в среднем на 1,36 мм, а размер  $II$  увеличивался в среднем на 3,38 мм за счет перераспределения металла.

Радиальное биение восстановленной части зубчатого венца увеличивалось на 0,01 мм, а биение посадочных поверхностей под подшипники оставалось неизменным. После шевингования зубьев радиальное биение зубчатого венца обеспечивалось в пределах допуска.

Полученные данные измерений зубчатого венца (параметр 1), диаметров подшипниковой шейки (параметр 2) и посадочных диаметров под подшипник (сеч. III и IY) до и после восстановления и после окончательной термообработки были математически обработаны на ЭВМ ЕС-1020. Результаты этой обработки показали, что биение зубчатого венца и диаметр подшипниковой шейки после восстановления практически не изменились, а посадочный диаметр под подшипник (сеч. III и IY) после нитроцементации незначительно (до 0,1 мм) уменьшился, что устранялось последующим шлифованием.

Т а б л и ц а 1

Принадлежность образцов	Величина нагрузки, вызывающая излом зуба, для различных партий образцов, кН									Среднее значение изломной нагрузки, кН
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Серийные образцы, изготовленные на ГАЗе	75,0	80,0	78,0	65,0	69,0	72,0	66,0	68,0	74,0	71,8
Образцы, изготовленные на ОРТЗ	65,0	55,0	60,0	62,0	57,0	64,0	61,0	65,0	58,0	60,7
Образцы, восстановленные на ОРТЗ методом ротационного деформирования	83,0	80,0	78,0	84,0	81,0	80,0	76,0	79,0	82,0	80,3

Метрологический анализ процесса восстановления валов — шестерен позволил установить, что перераспределение металла в детали не влияет на основные ее параметры и эксплуатационная пригодность деталей восстанавливается.

Были проведены испытания на статическую изгибную прочность зубьев девяти партий серийных, восстановленных и изготовленных на ОРТЗ валов—шестерен, результаты которых приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что восстановленные методом ротационного деформирования детали имеют более высокую изгибную прочность, чем детали, изготовленные на заводах ГАЗ и ОРТЗ. Это объясняется процессом упрочнения при деформации поверхностного слоя зубьев [2] и, особенно, ножки и впадины зуба.

Полученные результаты явились основанием для повторной установки восстановленных валов—шестерен на ремонтируемые коробки передач автомобилей ГАЗ—51, что позволило ликвидировать механический участок для их изготовления и одновременно сэкономить около 40 т легированной стали.

Себестоимость восстановления вала—шестерни 0,65 руб., себестоимость изготовления 3,93 руб. Экономический эффект от внедрения установки для восстановления вала—шестерни (дет. №51—7017) ГАЗ—51 на Оршанском трактороремонтном заводе составил 34 тыс.руб. в год.

Метод ротационного деформирования может быть использован для восстановления изношенных зубьев различного класса зубчатых колес, в том числе и станочных. На Борисовском авторемонтном заводе уже внедрен метод восстановления скользящей муфты синхронизатора ротационным деформированием с годовым экономическим эффектом 30 тыс.руб.

Установка может быть рекомендована для использования на ремонтных предприятиях Госкомсельхозтехники, Министерства автомобильной промышленности, Минстанкопрома и др.

#### Л и т е р а т у р а

1. Кузьменков О.И. Восстановление зубчатых колес методом пластической деформации. — Изв. АН БССР, сер. физико-техн. наук. Мн., 1969, №4. 2. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. — Москва—Свердловск, 1960.