

УДК 62-224

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Тиунов Алексей Игоревич, магистр,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64, Atiuns@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы и материалы для изготовления заготовок коленчатого вала, дана оценка их преимуществ и недостатков. Оценена актуальность применения упрочняющих технологий для коренных и шатунных шеек коленчатого вала. Выявлены основные дефекты коленчатого вала, образующиеся в процессе эксплуатации. Проведены исследования по оценке эффективности применения различных способов упрочнения поверхностного слоя шеек коленчатого вала, как при изготовлении, так и при ремонте. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков двух выбранных наиболее эффективных способов упрочнения, широко используемого в настоящее время и технологически нового метода.

Ключевые слова: коленчатый вал, качество, способы упрочнения, надежность, работоспособность, технологичность, азотирование, поверхностного слоя, термическая обработка, лазерное упрочнение.

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF HARDENING METHODS OF THE SURFACE LAYER OF THE CRANKSHAFT NECKS

Тiunov Aleksey I. master,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, Atiuns@yandex.ru

Abstract. The article describes the methods and materials for the manufacture of crankshaft blanks, assesses their advantages and disadvantages. The relevance of the use of reinforcing technologies for the main and connecting rod crankshaft necks is estimated. The main defects of the crankshaft formed during operation are revealed. Researches on an assessment of efficiency of application of various ways of hardening of a surface layer of necks of a crankshaft, both at production, and at repair are carried out. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of the two most effective methods of hardening, the most

widely used and technologically new method. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of the two selected the most effective methods of hardening, widely used in the present and technologically new method.

Keywords: crankshaft, quality, methods of hardening, reliability, efficiency, manufacturability, nit riding, surface layer, heat treatment, laser hardening.

Актуальность темы. Применение эффективных упрочняющих обработок, обеспечивающих повышение износостойкости материала деталей – выдвинули на первый план, благодаря широкому применению в автомобильной промышленности высокопрочных материалов, а также интенсификации процессов металлообработки. В этом плане особое внимание следует обратить на способ термической обработки, обеспечивающий повышение ресурса деталей, соединений машин.

Устранение неполадок, связанных с надежностью машин, является огромным запасом увеличения эффективности производства и производительности труда.

Коленчатый вал – одна из наиболее дорогостоящих, нагруженных и немаловажных деталей двигателя. Коленчатый вал функционирует в опасных (неблагоприятных) условиях: во-первых, значительное влияние на него оказывают высокие температуры, во-вторых, ударные динамические нагрузки, более того, на вал действуют крутящие колебания и вибрации, статические нагрузки от приложенных сопрягаемых деталей. В случае неправильной сборки двигателя, именно коленчатый вал принимает все недостатки на себя. Дефекты в виде геометрии блока и шатунов в большей степени действуют на ресурсе коленчатого вала. При таких высоких требованиях к коленчатому валу, при безошибочной сборке двигателя, ресурс вала будет высоким.

В процессе изготовления коленчатого вала используют следующие виды стали: 45А; 20Г2; 50Г; 45.

Для коленчатых валов также используют высоколегированные стали, с повышенными пределами текучести и прочности: 18ХНМА, 18ХНВА, 40ХНМА.

Изготовление коленчатых валов в основном происходит за счетковки. В последнее время применение литых коленчатых валов из

высокопрочного чугуна, модифицированного магнием, перлитного ковкого чугуна, легированного никель-молибденового чугуна, стало наиболее распространенным. Для литых коленчатых валов активно применяют высокопрочный ВЧ 50-1,5 (HB 187—255) и перлитовый чугун.

Преимущества литых коленчатых валов по сравнению с кованными:

1. При механической обработке – минимальное количество обработок,
2. Повышение усталостной прочности,
3. Расход металла гораздо меньше.

Ключевая проблема чугунных литых валов – это малая прочность, особенно на изгиб. Вследствие этого у чугунных валов увеличивают диаметры шатунных и коренных шеек, толщину щек и радиусы галтелей. Изготовление чугунных коленчатых валов является полноопорным. Шейки чугунных валов имеют высокую износостойкость, позволяя применять подшипники из свинцовистой бронзы [1].

Что касается глубины закаленного слоя, то ее значение должно быть не менее 3—4 мм. Это необходимо для того, чтобы после перешлифования шеек коленчатого вала под ремонтные размеры толщина закаленного слоя была не менее 1 мм. Твердость шеек коленчатого вала из стали 50Г HRC 52—62, а из стали 45Г2 — HRC 48—50 [2].

К распространенным дефектам коленчатых валов относятся:

- износ и задиры шеек, их сплавление с антифрикционным покрытием вкладышей;
- трещины в шейках;
- изгиб коленчатого вала;
- поломки щёк

При использовании методов упрочнения поверхностного рабочего слоя, который придает повышенную износостойкость, возможно

обеспечение увеличения запаса надежности новых (отремонтированных) сборочных единиц.

Немаловажная роль сегодня отводится разработке и применению прогрессивных упрочняющих технологических процессов, которые позволяют улучшить качественные показатели восстанавливаемых или изготавливаемых деталей, сборочных единиц ДВС автомобилей, дорожных и технологических машин.

Это чрезвычайно актуально для наиболее дорогих деталей, так как обеспечение повышенного уровня их надежности и работоспособности за счет применения упрочняющих технологий, как при изготовлении, так и при ремонте, как минимум на два порядка осуществляют повышение уровня эффективности их использования.

1. Технологические методы упрочнения

Упрочнение в машиностроении – это повышение сопротивляемости материала заготовки или изделия разрушению или остаточной деформации.

Упрочнение материала изделий достигается следующими методами:

1. Механическими;
2. Термическими;
3. Химическими;
4. Комбинированными способами.

Наиболее распространённый метод упрочнения – Поверхностное пластическое деформирование – простой и эффективный способ повышения надежности и функционирования деталей машин.

Исходя из различных характеристик детали (свойства материала, геометрической формы, характеристик нагрузки) применяются различные виды ППД:

1. Накатка роликами и шариками (рис. 1)



Рис. 1. Накатка роликом

2. Обкатка зубчатыми валиками (рис. 2)

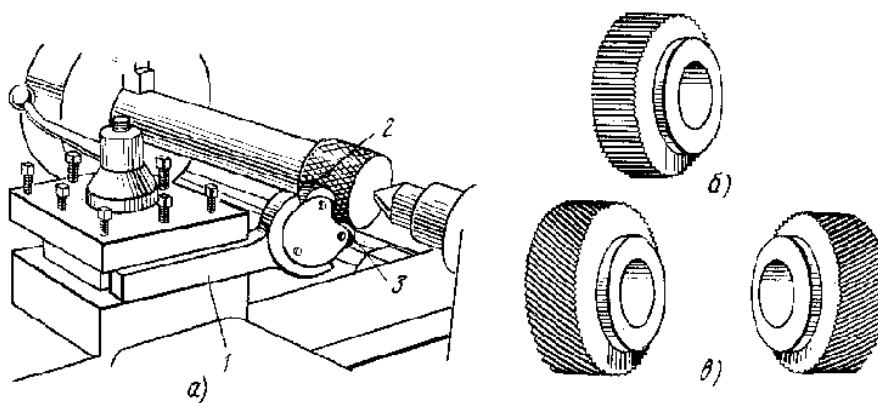


Рис. 2. а) обкатка зубчатыми валиками, б) прямозубый валик, в) косоозубые валики

3. Алмазное выглаживание (рис. 3)



Рис. 3. Алмазное выглаживание

4. Дорнование (рис. 4)

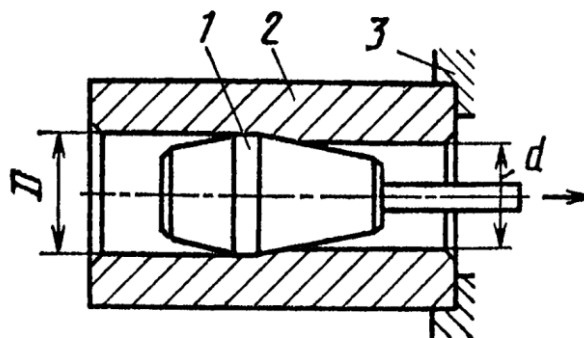


Рис. 4. Обработка дорнованием 1 – дорн; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – упорная плита станка

5. Гидроабразивная обработка (рис. 5)



Рис. 5. Гидроабразивная обработка

6. Дробеструйная обработка (рис. 6)



Рис. 6. Дробеструйная обработка

В свою очередь ГПД, за исключением упрочнения, значительно увеличивает износостойкость, совершенствует визуальный вид и уменьшает шероховатость.

В процессе термической обработки, упрочнение металлов обеспечивается, в целом, при закалке с последующим отпуском. Улучшению прочностных свойств в значительной степени способствуют и определённые виды термомеханической обработки (в т. ч. горячий и холодный наклёп) [2].

Упрочнение химико-термическим методом осуществляется путём азотирования, цианирования, цементации, диффузионной металлизации.

Современный и перспективный метод упрочнения – это лазерное упрочнение, сущность процесса состоит в том, что для плавления поверхностного слоя металла используется лазер, лазер с большой скоростью нагревает поверхность металла до точки плавления, и с последующим резким охлаждением, металл охлаждают за счет отвода тепла в основной объем металла.

Зачастую эти методы являются непригодными из-за неоднородности нагрева. В крупногабаритных деталях необходимо многократно закалить только часть поверхности, а не весь объем детали. В большинстве случаев используют обработку без оплавления с сохранением исходной шероховатости $R_a=0,16 - 1,25$ мкм. Величина допустимого линейного износа определяет глубину упрочняемого слоя металла [2].

Производительность лазерного упрочнения определяется формулой:

$$G_{\text{лаз.упр}} = K_n V d_0 \text{ [2]}$$

где: K - коэффициент перекрытия;

V - скорость движения луча;

d_0 - диаметр пучка.

Применение: коленчатые валы двигателей, гильзы цилиндров, зубчатые колеса, детали химического, нефтяного и бурового оборудования.

Азотирование – технологический процесс химико–термической обработки, при которой поверхность различных металлов (сплавов) насыщают азотом в специальной азотирующей среде.

Азотация проводится в газовой среде, которая наполнена концентрированным аммиаком (рис. 7).

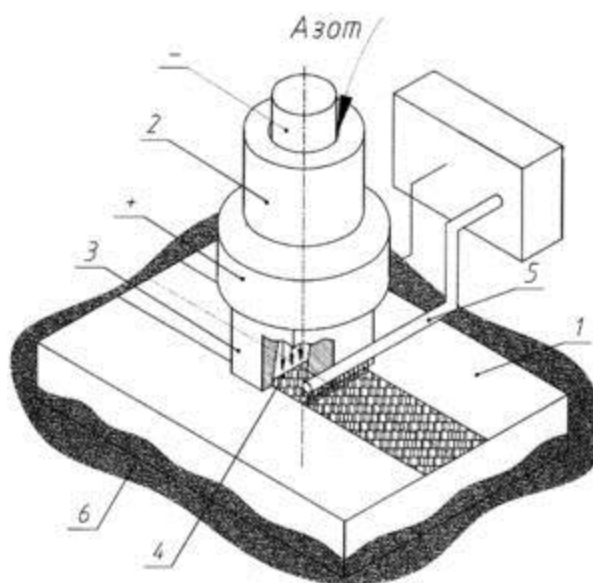


Рис. 7. Процесс азотирования

При насыщении поверхности азотом происходят следующие изменения:

- показатель твердости поверхности значительно повышается.
- Кроме этого, отмечается увеличение износостойкости;
- изделие обладает большой устойчивостью к усталостному сопротивлению;
 - за счет коррекции химического состава поверхностного слоя повышается и коррозионная стойкость. Стоит учитывать, что

коррозионная стойкость сохраняется при контакте стали или иного сплава.

В силу этого существенно расширяется область применения металла.

К особенностям процесса азотирования можно отнести нижеприведенные аспекты:

- рассматриваемая технология не предполагает высокое нагревание заготовки или изделия. Исходя из этого, исключается вероятность образования внутренних деформаций, в дальнейшем приводящие к появлению трещин и иных дефектов [2];
- вопреки тому, что азотирование не приводит к перестроению кристаллической решетки материала, твердость поверхности существенно возрастает. При этом неважно, какой металл обрабатывается [2];
- размеры обрабатываемой детали при азотировании остаются практически неизменными. Этот аспект подчеркивает возможность сопровождать процесс насыщения структуры поверхностного слоя уже после проведения закалки с отпуском и финишной обработки [5];
- впоследствии проведения азотирования часто выполняется шлифовка или другая подобная обработка.

Физико-механические свойства азотированного слоя содержат повышенный уровень износостойкости, что, в первую очередь, определяет его применение при процессе производства коленчатых валов. Однако он имеет очень маленькую глубину азотированного слоя, вследствие этого возникают определенные организационно-технические трудности при обеспечении эффективности ремонтных воздействий. Во-первых, усложняется сам процесс перешлифовки шеек в ремонтный размер за счет высокой твердости поверхностного слоя, а во-вторых, возникает необходимость повторного проведения процесса азотации после каждой перешлифовки. [4]

Отнюдь не каждое специализированное ремонтное предприятие имеет установку для проведения работ по азотированию поверхностного

рабочего слоя, что создает еще и дополнительные затруднения логистического характера.

Таким образом, при сравнении двух распространенных методов упрочнения, можно сделать вывод: прогрессивные методы, такие как лазерное упрочнение, в скором времени полностью могут вытеснить методы азотирования, цементации и борирования.

В рыночной экономике одной из важнейших задач является обеспечение качества деталей машин, повышение их эксплуатационных показателей. Данные показатели определяются параметрами качества поверхностного слоя. Следовательно, одним из направлений обеспечения качества машин является повышение износостойкости их базовых и основных деталей, которое может быть достигнуто путем включения периода приработки в стадию изготовления за счет применения соответствующих технологических процессов изготовления. При процессе производства деталей машин, широко применяются различные методы поверхностного упрочнения, но для коренных и шатунных шеек коленчатых валов наиболее эффективным является метод лазерного упрочнения [2].

Список литературы

1. Захаров, Б.В. Прогрессивные технологические процессы и оборудование при термической обработке металлов / Б.В. Захаров, В.Н. Берсенева. – М.: Высшая школа, 1988. – 236 с.
2. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин / Т.Ю. Степанова, – Иваново, 2009 – 64 с.
3. Зуев, В.М. Термическая обработка металлов / В.М. Зуев. – М.: Высшая школа, 1986 – 448 с.
4. Никифоров, В.М. Технология металлов и конструкционные материалы / В.М. Никифоров. – М.: Высшая школа, 1968 – 220 с.
5. Самохоцкий, А.И. Технология термической обработки металлов / А.И. Самохоцкий, Н.Г. Парфеновская – М. Машиностроение, 2009 – 130 с.
6. URL <http://www.bibliofond.ru> (дата обращения 05.02.2019) [Электронный ресурс]

7. URL <http://mirknig.com> (дата обращения 13.03.2019) [Электронный ресурс]

References

1. Zaharov, B.V., Berseneva V.N. Progressivnye tekhnologicheskie processy i oborudovanie pri termicheskoy obrabotke metallov (Progressive technological processes and equipment for heat treatment of metals), Moscow: Vysshaya shkola, 1988, 236 p.
2. Stepanova T.YU. Tekhnologii poverhnostnogo uprochneniya detalej mashin (Technologies of surface hardening of machine parts), Ivanovo, 2009, 64 p.
3. Zuev V.M. Termicheskaya obrabotka metallov (Heat treatment of metals). Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 448 p.
4. Nikiforov V.M. Tekhnologiya metallov i konstrukcionnye materialy (Metal technology and structural materials. Moscow: Vysshaya shkola, 1968, 220 p.
5. Samohockij, A.I. Parfenovskaya N.G. Tekhnologiya termicheskoy obrabotki metallov (Technology of heat treatment of metals). Moscow: Mashinostroyeniye, 2009, 130 p.
6. URL <http://www.bibliofond.ru>
7. URL <http://mirknig.com>