

Одним из основных параметров, определяющих технический уровень создаваемых машин, является долговечность. Повышение надежности и долговечности деталей машин является одной из важнейших задач современного машиностроения.

При восстановлении и упрочнении деталей машин используются различные способы нанесения покрытий, позволяющие получать поверхность с требуемыми химическим составом, высокой твердостью и износостойкостью.

Методы термомеханического упрочнения и восстановления поверхностей детали относятся к процессам твердофазного нанесения покрытий при непосредственном контакте с металлической поверхностью наносимого материала, нагрева его до пластического состояния и деформирования. Происходящие при этом диффузионные процессы обеспечивают высокую прочность сцепления наносимых материалов с металлом основы [1 – 5].

На основании исследования процессов термомеханического упрочнения деталей в электромагнитном поле предложено для повышения производительности процесса и увеличения переноса материала ферропорошка использовать метод упрочнения деталей ферропорошками в пульсирующем магнитном поле при вибрации полюсного наконечника. Определены основные взаимосвязи комплекса технологических факторов, определяющих производительность и качество упрочняющей обработки.

Изучена полярность процесса упрочнения деталей ферропорошками в электромагнитном поле, учитывающая взаимную направленность векторов тока разряда, магнитной индукции и ее градиента. Показано, что по изменению массы образцов «анода» и «катода», по толщине и микротвердости упрочненного слоя и слоя термического влияния на образцах «катода» оптимальная схема полярности процесса однозначно не определяется. Предложена конструкция экспериментальной установки, обеспечивающей автоматическую синхронизацию изменения магнитного потока в рабочем зазоре с виброперемещением полюсного наконечника. Разработано электромагнитное вибрационное бункерное дозирующее устройство, регулирующее во времени и по ширине полюсного наконечника подачу ферропорошка.

Установлены рациональные режимы термомеханического упрочнения деталей в электромагнитном поле. Показано, что увеличение силы тока короткого замыкания от 150 до 300 А приводит к росту переноса материала ферропорошка на поверхность образцов «катода» и соответственно толщины поверхностного слоя, однако при этом происходит снижение микротвердости поверхности. Определена оптимальная геометрия полюсного наконечника электромагнита: высота рабочего торца – 5 мм и величина угла заострения 5°.

Литература

1. Полевой С. Н., Евдокимов В. Д. Упрочнение машиностроительных материалов. – М.: Машиностроение, 1994. – 496 с.
2. Зверев А. И., Ширивкер С. Ю., Астахов Е. А. Детонационное напыление покрытий. – Л.: Судостроение, 1979. – 232 с.
3. Каракозов Э. С. Соединение металлов в твердой фазе. – М.: Металлургия, 1976. – 263 с.
4. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электрохимической обработкой. – М.: Машиностроение, 1989. – 200 с.
5. Клименко Ю. В. Электроконтактная наплавка. – М.: Металлургия, 1978. – 127 с.

©ПГУ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Г. Б. ПРЕМЕНТ, Н. А. КУСАКИН, В. С. ТОЧИЛО

Influence of technological inheritance of physicomachanical and geometrical parameters of quality radical and basic surface of the bearing of sliding a cranked shaft of the engine of internal combustion UMZ 4173 is investigated, during machining. Recommendations on change of allowances and modes of processing of working surfaces of a cranked shaft are given

Ключевые слова: управление качеством продукции, физико-механические и геометрические параметры детали, технологическая наследственность

Обеспечение надежности и высокого качества продукции на этапе создания и освоения производства изделий заключается в организации такой технологической подготовки и осуществлении производства, при которых продукция соответствовала бы требованиям конструкторской документации и не имела бы вредных последствий от технологических методов обработки. Поэтому все операции и их технологические переходы следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как конечные характеристики формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются при эксплуатации машины, ее техническом обслуживании и ремонте [1, 2].

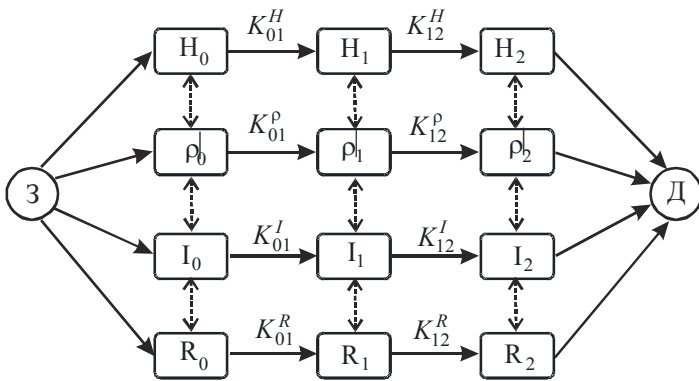


Рис. 1 Развернутый граф технологического наследования, учитывающий комплекс эксплуатационных параметров качества

ских факторов [3, 4].

В технологической цепочке существуют своего рода «барьеры». Некоторые технологические факторы преодолеть эти «барьеры» не могут и в таком случае их влияние на конечные свойства объекта отсутствуют. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо [1, 3]. Самым существенным «барьером» являются термические операции, а также операции, сопровождающиеся поверхностным деформированием и упрочнением, так как они изменяют микроструктуру обрабатываемого материала, микрогеометрию формируемой поверхности, приводят к короблению детали и искажению ее формы. В ходе этих операций различные пороки поверхности, такие как структурная неоднородность, поры, микротрещины, могут развиваться или «залечиваться». Следовательно, процессом технологического наследования можно управлять, с тем, чтобы свойства, положительно влияющие на качество детали, сохранить в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно, – ликвидировать в его начале [2, 4].

Технологический процесс изготовления детали может быть представлен в виде графа, выделяющего заготовительные, черновые операции, а также чистовые и отделочные операции [2]. Граф, как правило, является ориентированным, а параметры качества взаимосвязаны между собой (рис. 1).

Начальная вершина графа при описании технологического процесса представляет собой заготовку (З). Конечная вершина технологического процесса – готовая деталь (Д). Ориентированные ребра графа показывают передачу эксплуатационных свойств детали при обработке. Передача ребра описывается коэффициентом наследования K , показывающим количественное изменение свойства и равным отношению предыдущих S_j и последующих S_{j+1} значений свойства [4]

$$K = S_j / S_{j+1}$$

Помимо прямой передачи свойств (рис. 1) при технологическом наследовании целесообразно оценивать их взаимовлияние (рис. 2).

Общую структуру технологического процесса можно представить как сложную многомерную систему, в виде последовательности изменения основных параметров качества детали [2].

На вход технологической системы обработки поступают различные характеристики заготовки $\{S_{10}, S_{20}, \dots, S_{m0}\}$, а на ее выходе обеспечивается соответствующий набор тех же характеристик для готовой детали $\{S_{1p}, S_{2p}, \dots, S_{mp}\}$. Эти изменения определяются действием совокупности технологических $\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$ факторов для каждой операции φ_1 технологического процесса [3].

Так для параметра качества S после окончательной обработки [2]:

$$S_p = a_p S_{p-1}^{b_p}$$

Количественные связи технологической наследственности, зависящие от выбора метода обработки, определяются коэффициентами b , а основные условия обработки внутри этого метода – коэффициентами a .

Выполнив преобразования с уравнениями для предшествующих операций $\varphi_{p-1}, \varphi_{p-2}, \dots, \varphi_1$ получают общую математическую модель изменения параметра качества для всего технологического процесса:

$$S_p = a_p a_{p-1}^{b_p} a_{p-2}^{(b_p b_{p-1})} \dots a_1^{(b_p b_{p-1} \dots b_2)} S_0^{(b_p b_{p-1} \dots b_1)}$$

Коэффициент наследственности a_i описывает влияние технологических факторов $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}$ на рассматриваемый параметр качества S_j для операции φ_i и может быть представлен [3]:

$$a_i = k_{i0} t_{i1}^{k_{i1}} t_{i2}^{k_{i2}} \dots t_{in}^{k_{in}}$$

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин [2, 3]. Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических

где $k_{i0}, k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{in}$ – эмпирические коэффициенты влияния технологических факторов.

Анализ зависимостей показывает, что весь технологический процесс может быть выражен в виде суммы действия окончательной операции и некоторой доли влияния предшествующих операций на исходное состояние заготовки S_0 , которые определяются коэффициентами наследственности b_1, b_2, \dots, b_p . Если на какой-либо операции φ коэффициент технологической наследственности $b_1 = 0$, то это означает отсутствие влияния исходного качества состояния заготовки на окончательное состояние после данной операции, что может служить интерпретацией действия операции φ как непреодолимого «технологического барьера» [2, 4].

Для описания технологического наследования эксплуатационных свойств коленчатого вала двигателя УМЗ-4173 в процессе механической обработки (рис 1 и 2) рассматривалась совокупность физико-механических и геометрических свойств: твердости (H), отклонений формы (ρ), точности размеров (I) и рельефа поверхности (R).

Для этого в качестве определяющего свойства поверхностей коренных шеек принималась физико-механическая характеристика – твердость по Бринелю (HB). Так как твердость является одним из наиболее распространенных и общедоступных интегральных критериев оценки свойств материалов, позволяющая судить о прочностных и триботехнических характеристиках материалов. В качестве зависимых от твердости параметров последовательно рассматривались отклонения формы поверхностей (биение ρ), точность размеров (квалитет IT) и шероховатость поверхности (среднеарифметическое отклонение профиля Ra).

Рассматривается типовой технологический маршрут состоящий из следующих операций:

1) контрольная; 2) правка погнутости вала; 3) снятие фаски в отверстии фланца; 4) точение пяти коренных шеек; 5) точение торца фланца; 6) фрезерование сегментного паза; 7) фрезерование призматического шпоночного паза; 8) шлифование предварительное четырех шатунных шеек; 9) сверление четырех отверстий маслопроводных каналов; 10) сверление двух технологических отверстий во фланце вала; 11) сверление четырех отверстий под пробки; 12) термическая; 13) шлифование предварительное и окончательное пяти коренных шеек; 14) шлифование предварительное и окончательное четырех шатунных шеек; 15) точение на чисто отверстия во фланце; 16) слесарная; 17) балансировочная; 18) полирование предварительное и окончательное коренных и шатунных шеек.

Эксплуатационные параметры качества коренных шеек коленчатого вала (HB, ρ, IT, Ra) измерялись после технологических операций механической обработки: точения, шлифования и полирования.

Измерения твердости HB , отклонений формы ρ , точности размеров IT и рельефа поверхности Ra проводились на партии из пятидесяти деталей. При этом партия разбивалась на десять групп, а в качестве расчетного значения принималось среднеарифметическое в группе. На основании расчетных результатов определялись коэффициенты передачи наследования K^H, K^p, K^I, K^R для графа на рис.1 и коэффициенты взаимовлияния технологического наследования $K^{Hp}, K^{HI}, K^{HR}, K^{pI}, K^{pR}, K^{IR}$ для графа на рис.2. Коэффициенты взаимовлияния рассчитывались как передача K для геометрических параметров качества K^{pI}, K^{pR}, K^{IR} , или как величина обратная передаче $1/K$ для взаимовлияния физико-механических и геометрических параметров.

Для оценки наследования по технологическому маршруту рассчитывались результирующие коэффициенты K_p , равные произведению соответствующих коэффициентов для эксплуатационных параметров качества по всей последовательности операций. Для определения степени влияния наследования на различных технологических операциях рассчитывались коэффициенты сравнения K_c , равные отношению коэффициентов взаимовлияния на предшествующих и последующих операциях.

Изучение экспериментальных данных в процессе производства позволило определить основные зависимости технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества коленчатого вала двигателя УМЗ – 4173 (табл. 1 и 2).

При механической обработке в процессе изготовления детали (табл. 1), как и требуется для рационально построенного технологического процесса [2, 4], на начальных операциях устраняется вредное влияние технологической наследственности, т.е. коэффициенты велики ($K \gg 1$) для геометрических и малы для физико-механических ($1 > K > 0$) параметров качества, а на заключительных операциях они стабилизируются ($K \rightarrow 1$).

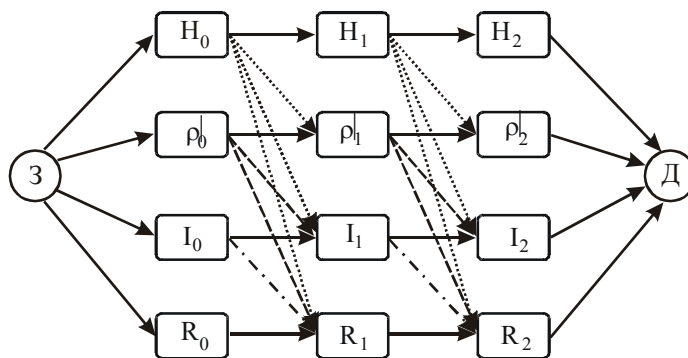


Рис.2. Граф технологического наследования, отражающий взаимовлияние физико-механических и геометрических параметров качества рабочих поверхностей детали

Таблица 1. Коэффициенты передачи технологического наследования K и результирующие коэффициенты K_p твердости H , отклонений формы ρ , точности размеров I и рельефа поверхности R коленчатого вала двигателя УМЗ - 4173

Операции изготовления изделия	Коэффициенты передачи технологического наследования			
	K^H	K^p	K^I	K^R
Точение – шлифование (K_1)	1,01	0,95	15,15	672,41
Шлифование – полирование (K_2)	0,99	1,02	1,18	1,73
$K_p = K_1 \cdot K_2$	0,999	0,969	17,877	1163,2

Таблица 2. Коэффициенты взаимовлияния K и сравнения K_c при передаче физико-механических H и геометрических ρ, I, R параметров качества поверхностей коленчатого вала двигателя УМЗ - 4173

Операции изготовления изделия	Коэффициенты взаимовлияния технологического наследования					
	K^{Hp}	K^{HI}	K^{HR}	K^{pI}	K^{pR}	K^{IR}
Точение – шлифование (K_1)	8084,5	12084,21	1675,91	1,42	0,19	1,66
Шлифование – полирование (K_2)	8170,5	14196,25	2875,18	1,77	0,35	0,24
$K_c = K_1/K_2$	0,98	0,85	0,58	0,8	0,54	6,91

Коэффициенты взаимовлияния (табл. 2) позволяют оценить значимость как технологических операций, так и технологических факторов и параметров на отдельных операциях. Твердость материала (HV) существенно влияет на геометрические параметры. Для отклонений формы (ρ), точности (IT) и шероховатости поверхности (Ra) это влияние важно как на черновых, так и на чистовых операциях и стабильно с небольшим возрастанием по всем технологическим переходам.

Геометрические параметры поверхности, такие, как точность размеров (IT) и шероховатость поверхности (Ra), после черновой обработки наследуются более заметно, чем после чистовых операций доводки коренных шеек коленчатого вала (табл. 1 и 2).

Анализ зависимостей влияния технологических факторов на наследование эксплуатационных параметров качества дал возможность выявить определяющие процессы передачи свойств при изготовлении коленчатого вала двигателя УМЗ – 4173.

При шлифовании и полировании на физико-механические и геометрические параметры качества поверхности влияют радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, которые определяются глубиной резания и подачей инструмента, а также скоростями вращения круга и заготовки. Поэтому при управлении качеством обработки главное внимание следует уделить припуску под механическую обработку, скорости вращения и подаче круга.

При точении на параметры качества поверхности наиболее сильно влияет тангенциальная составляющие силы резания, которая определяется глубиной резания и подачей инструмента. Поэтому при управлении качеством обработки главное внимание следует уделять припуску под точение и подаче инструмента.

В результате при точении следует применять ширококромочный резец с малыми подачами инструмента, а при шлифовании снизить подачу шлифовального круга и регулярно осуществлять его правку.

Полученные рекомендации использованы в технологическом процессе механической обработки коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания УМЗ – 4173 на Полоцком заводе «Проммашремонт» при назначении припусков и режимов резания.

Литература

1. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / П. И. Яцерицын, М. Л. Хейфец, Б. П. Чеминов и др. – Новополоцк: ПГУ, 1996. – 136с.
2. Технологические основы управления качеством машин / А. С. Васильев, А. М. Дальский, С. А. Клименко и др. - М.: Машиностроение, 2003. – 256с.
3. Яцерицын П. И., Рыжов Э. В., Аверченков В. И. Технологическая наследственность в машиностроении. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256с.
4. Дальский А. М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин.– М.: Машиностроение, 1975. – 223с.