

УДК 658.512:621.9:621.7

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

*д-р техн. наук, проф. М.Л. ХЕЙФЕЦ, В.С. ТОЧИЛО, М.В. ПОДОСЕТНИКОВ, Г.Б. ПРЕМЕНТ
(Полоцкий государственный университет)*

Изучено влияние технологического наследования физико-механических и геометрических параметров качества коренных и шатунных шеек коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания УМЗ-4173 в процессе механической обработки. Даны рекомендации по изменению припусков и режимов обработки рабочих поверхностей коленчатого вала.

Обеспечение высокого качества продукции на этапе создания и освоения 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].

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 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 –

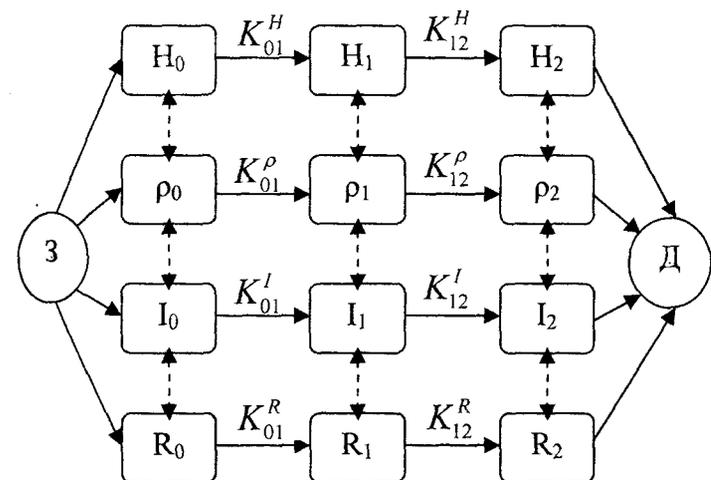


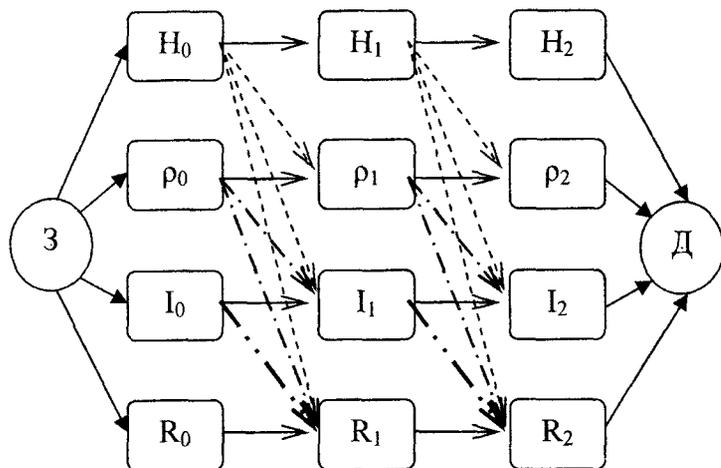
Рис. 1. Развернутый граф технологического наследования, учитывающий комплекс эксплуатационных параметров качества

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 (см. 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 её 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_1 описывает влияние технологических факторов $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}$ на рассматриваемый параметр качества S_j для операции φ_1 и может быть представлен [3] в виде

$$a_1 = k_{10} t_{11}^{k_{11}} t_{12}^{k_{12}} \dots t_{1n}^{k_{1n}},$$

где $k_{10}, k_{11}, k_{12}, \dots, k_{1n}$ – 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_1 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_1 как непреодолимого «технологического барьера» [2, 4].

Для описания технологического наследования эксплуатационных свойств коленчатого вала двигателя УМЗ-4173 в процессе механической обработки (см. рис. 1, 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 Бринеллю ($HВ$), так как твердость является одним из наиболее распространенных и общедоступных интегральных критериев оценки свойств материалов, позволяющим судить о прочностных и триботехнических характеристиках материала. В качестве зависимых от твердости параметров последовательно рассматривались отклонения формы поверхностей (биение ρ), точность размеров (калитет ИТ) и шероховатость поверхности (среднеарифметическое отклонение профиля R_a).

Рассматривается типовой технологический маршрут, состоящий из следующих операций:

- контрольной операции;
- правки погнутости вала;
- снятия фаски в отверстии фланца;
- точения пяти коренных шеек;
- точения торца фланца;

- фрезерования сегментного паза;
- фрезерования призматического шпоночного паза;
- шлифования предварительного четырех шатунных шеек;
- сверления четырех отверстий маслопроводных каналов;
- сверления двух технологических отверстий во фланце вала;
- сверления четырех отверстий под пробки;
- термической операции;
- шлифования предварительного и окончательного пяти коренных шеек;
- шлифования предварительного и окончательного четырех шатунных шеек;
- точения чистового отверстия во фланце;
- слесарной операции;
- балансировочной;
- полирования предварительного и окончательного коренных и шатунных шеек.

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

Измерения твердости НВ, 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 $p\Gamma$, K^I , K^I , K^{II} для графа на рис. 1 и коэффициенты взаимовлияния технологического наследования $K^{I\Gamma}$, K^{*II} , $K^{II\Gamma}$, K^{II} , $K^{I\Gamma}$, $K^{I\Gamma}$ для графа на рис. 2.

Коэффициенты взаимовлияния рассчитывались как передача K для геометрических параметров качества $K^{?I}$, $K^{?II}$, K^{IR} , или как величина, обратная передаче $1/K$ для взаимовлияния физико-механических и геометрических параметров $K^{f.I}$, $p\Gamma$, K^{HR} , K^I , K^{pII} , K^{III} .

Для оценки наследования по технологическому маршруту рассчитывались результирующие коэффициенты $K^?$, 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^I , 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. 1,2).

Таблица 1

Коэффициенты передачи технологического наследования K и результирующие коэффициенты K^p твердости Н, отклонений формы ρ , точности размеров I и рельефа поверхности R коленчатого вала двигателя УМЗ-4173

Операции изготовления изделия	Коэффициенты передачи технологического наследования			
	K^{HP}	K^p	K^I	K^{RR}
Точение-шлифование (K_1)	1,01	0,95	15,15	672,41
Шлифование-полирование (K_2)	0,99	1,02	1,18	1,73
$K^p = K_1 K_2$	0,999	0,969	17,877	1163,2

Таблица 2

Коэффициенты взаимовлияния K и сравнения K_c при передаче физико-механических Н 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^{RR}
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
$K^p = K_1 K_2$	0,98	0,85	0,58	0,8	0,54	6,91

При механической обработке в процессе изготовления детали (см. 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 геометри-

ческих и малы ($1 > K > 0$) для физико-механических параметров качества, а на заключительных операциях они стабилизируются ($K \rightarrow 1$).

Коэффициенты взаимовлияния (см. табл. 2) позволяют оценить значимость как технологических операций, так и технологических факторов и параметров на отдельных операциях. Твердость материала (НВ) существенно влияет на геометрические параметры. Для отклонений формы (r), 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 (см. табл. 1, 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 составляющая 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. Это позволило повысить качество обработки и снизить на 30 % расход инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

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