

Закключение. Полученные значения коэффициентов уравнений регрессий для отдельных технологических модулей позволяют установить степень и характер взаимного влияния различных параметров качества друг на друга, а также технологических факторов на выходные параметры качества поверхности при определенной последовательности расположения технологических модулей, представленных в виде технологических эскизов. Это позволяет более наглядно представить технологическую цепочку обработки деталей на всем заводе и более оперативно использовать средства ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривко Г.П. Основы совершенствования способов и технологических процессов механической обработки деталей подшипников. – Мн.: Технопринт, 2001. – 219 с.
2. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифовальных поверхностей. – Мн.: Наука и техника, 1971. – 210 с.

УДК 620.178.162.43

Ж.А.МРОЧЕК, Г.Ф.ШАТУРОВ, И.В.СПАСКИЙ

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Белорусская государственная политехническая академия

Минск, Беларусь

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Обработка большинства ответственных деталей машиностроения, работающих на износ, оканчивается такими финишными операциями как хонингование. К таким деталям относятся гильзы цилиндров тракторных и автомобильных двигателей. Повышение долговечности гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является первоочередной задачей в двигателестроении. Точность изготовления вышеуказанных деталей находится в пределах 6 и 7 квалитета точности. Погрешности геометрии поверхностей не должны превышать 0,01–0,06 мм. Если учесть, что детали представляют собой в большинстве своем тонкостенные втулки, то финишная обработка их рабочих поверхностей пластическим деформированием затруднена. Одновременно повышение в 1,5–3 раза эксплуатационных характеристик гильз цилиндров двигателей и поршневых колец может быть обеспечено путем размерно-чистой обработки их рабочих поверхностей методом ППД с одновременным получением полностью регулярного микрорельефа (ПРМ).

Последовательность технологических операций обработки в процессе получения износостойкого микрорельефа имеет большое значение. Так исследованиями на изнашивание, проведенными на стальных образцах, установлено, что образование квазирегулярного микрорельефа (КРМ) методом виброротационного накатывания (ВРН) на шлифованной и упрочненной поверхностях, по сравнению со шлифованной поверхностью, уменьшает износ соответственно на 27,8 и 86%, при этом в последнем случае на долю предварительного упрочнения обкатыванием приходится 44,4%, а на долю микрорельефа – 41,6% (рис. 1) [1].

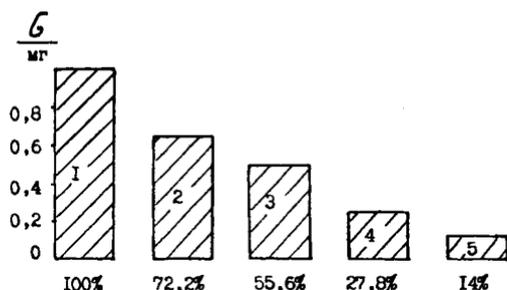


Рис. 1. Диаграммы зависимости изменения массы образцов при испытании на износостойкость от способа обработки поверхности (1 – шлифование; 2 – шлифование, ВРН; 3 – шлифование, обкатывание; 4 – шлифование, ВРН и обкатывание; 5 – шлифование, обкатывание, ВРН; $P = 0,6$ кН; $R_u = 0,51-0,56$ мкм; $F_k = 34\%$; материал образцов – сталь 45)

Таким образом, самая оптимальная технология создания микрорельефа будет та, при которой его образование осуществляется на предварительно упрочненной поверхности, что обеспечивает пологость формы микрорельефа при переходе от впадин к выступам.

Одним из методов создания микрорельефа на поверхности является метод импульсно-силового вибронакатывания (ИСВ) [2], при котором осевое или радиальное перемещение деформирующих шаров осуществляется с переменным усилием, выдерживая соотношение

$$\frac{\Delta\tau_0 V \cdot Z}{\pi D} = 1 \pm \Delta, \quad (1)$$

где $\Delta\tau_0$ – время чередования максимального импульса деформирующего усилия; V – скорость перемещения заготовки; z – число заходов канавок микрорельефа, $z = 1/n \Delta\tau_0$; D – диаметр заготовки; Δ – бесконечно малая величина, $\Delta < 1,0$; n – частота вращения заготовки.

Тогда шаг винтовой смазочной канавки будет равен

$$T_{CK} = S \left(\frac{1}{\Delta} + 1 \right), \quad (2)$$

где T_{CK} – шаг винтовой канавки микрорельефа; S – подача инструмента.

Способ импульсно-силового вибронакатывания позволяет предварительно упрочнить поверхность с одновременным последующим образованием периодического микрорельефа с глубиной Δh_k [3] и углом наклона α к вектору скорости обработки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{\pi D} \left(\frac{1}{\Delta} + 1 \right). \quad (3)$$

Возвратно-поступательные перемещения шара в направлении подачи обеспечивают получение периодического профиля рельефа, намного отличающегося от рабочего профиля деформирующего элемента. В таблице приведены сравнительные данные параметров микронеровностей рельефа после некоторых видов обработки.

Радиус закругления вершин r_B и угол наклона боковых сторон микрорельефа β_{II} влияют на контактную жесткость, время и скорость приработки, толщину масляной пленки и износ. Упрочняющие способы обработки обеспечивают по сравнению со шлифованными на порядок, а виброупрочняющие – на два порядка увеличение радиуса r_B . Получение малых углов β_{II} при больших значениях радиуса r_B определяет пологую, “обтекаемую” форму неровностей, способствующую удержанию масляной пленки на поверхности и повышению износостойкости (табл. 1).

Таблица 1

Геометрические характеристики микрорельефа поверхностей, полученных при различных способах обработки

Вид обработки	Характеристики поверхности						
	R_a , мкм	R_z , мкм	r_B , мкм	β_{II} , град	R_B , мм	Δh_k , мкм	b_k , мм
Точение	1,36	5,4	30	12,8	-	-	-
Круглое шлифование	1,25	6,8	12	8,6	-	-	-
Обкатывание	0,37	-	800	4	-	-	-
Вибронакатывание (ИСВ)	0,22...0,68	-	1000...3000	0,5...1,0	$10^2 \dots 10^3$	1...6	1...10

Гильзы цилиндров тракторных двигателей СМД-14, СМД-62 и КАМАЗ-740 изготавливаются из специального чугуна ($C = 3,2-3,5\%$). Заготовкой для гильз являются отливки, полученные методом литья в землю и центробежным способом. Твердость отливки НВ = 130–241.

В процессе обработки по действующей технологии гильза проходит ряд операций, в том числе термообработку внутренней поверхности: закалку ТВЧ до твердости

$HRC_3 = 38-42$ и последующее хонингование зеркала гильзы. Всего гильза проходит четыре хонинговальные операции и еще плюс одну операцию – выборочную хонинговку 20% деталей в партии. Время, необходимое для хонингования зеркала гильзы, составляет 4,8 минуты.

Гильзы цилиндров тракторных двигателей СМД-14, СМД-62 и КАМАЗ-740 изготавливаются из специального чугуна ($C = 3,2-3,5\%$). Заготовкой для гильз являются отливки, полученные методом литья в землю и центробежным способом. Твердость отливки $HB = 130-241$.

В процессе обработки по действующей технологии гильза проходит ряд операций, в том числе термообработку внутренней поверхности: закалку ТВЧ до твердости $HRC_3 = 38-42$ и последующее хонингование зеркала гильзы. Всего гильза проходит четыре хонинговальные операции и еще плюс одну операцию – выборочную хонинговку 20% деталей в партии. Время, необходимое для хонингования зеркала гильзы, составляет 4,8 минуты.

Гильзы цилиндров обрабатывались по серийной и новой технологии, предусматривающей ИСВ внутренней незакаленной поверхности с предварительным упрочнением последующим образованием периодического рельефа ГУ вида. Заготовка гильзы вставлялась во внутрь резиновой диафрагмы и закреплялась в процессе работы воздухом, подаваемым во внутрь корпуса, установленного вместо резцедержателя на суппорте токарного станка ИК62. Это обеспечивало самоустановку заготовки в процессе работы по виброголовке, закрепленной в шпиндель станка. Обработка гильз цилиндров диаметром 120 мм на режимах: $n = 800$ об/мин ($V \approx 5,0$ м/с), $S = 0,21$ мм/об, натяг $i = 0,1-0,12$ мм обеспечила овальность и конусность изготовления гильзы в пределах 0,04–0,05 мм. Перед вибронакатыванием гильзы обрабатывались на расточном станке с погрешностью, не превышающей 0,03 мм и припуском под накатывание равным 0,02–0,03 мм. Шероховатость поверхности после ИСВ составляла $R_a = 0,32-0,68$ мкм. Глубина упрочненного слоя измерялась в трех сечениях по длине гильзы и равна $h = 0,03-0,05$ мм. Микротвердость упрочненного слоя $H_v = 4580-5200$ МПа при исходной $H_v = 2200-3060$ МПа.

Гильзы серийные и обработанные ИСВ были установлены на двигатель, который был испытан в условиях ГСКДБ (г. Харьков) на топливе с содержанием 2,5% присадки АЛП-2 в течение 20 часов. В результате испытаний установлено (рис. 2), что в равных условиях износ серийных гильз цилиндров составил 0,06–0,07 мм, сырых гильз с вибронакаткой 0,02–0,04 мм. Таким образом, износ сырых гильз с вибронакаткой в 2–3 раза меньше износа гильз, изготовленных по серийной технологии.

Износ поршневых компрессионных колец по радиальной толщине при работе в сырой гильзе с вибронакаткой значительно меньше, чем при работе с серийными закаленными гильзами. Так максимальный износ колец, оцениваемый по увеличению зазора в замках, в серийной гильзе составил 1,0 мм, в сырой гильзе с вибронакаткой – 0,55 мм.

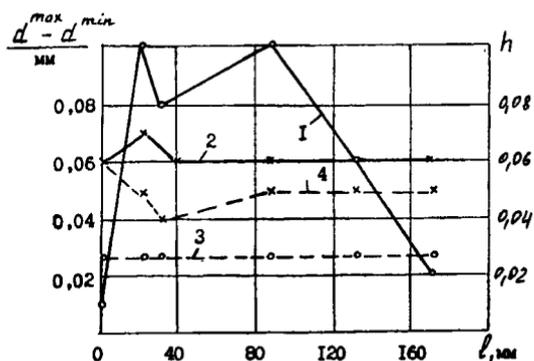


Рис. 2. Величины износа h тракторных гильз после 20 часов испытаний и их распределение по длине для серийных (1) и обработанных импульсно-силовым вибронакатыванием (2) (3 – геометрия серийных и 4 – вибронакатанных до испытаний)

Партия гильз цилиндров отлитых центробежным способом и обработанных методом ИСВ испытывалась на дизельном двигателе КАМАЗ-740 на заводе двигателей (г. Набережные Челны). На рис. 3 представлены профилограммы рабочей поверхности гильзы после 1000-часовых испытаний в районе установка I-го компрессорного кольца в верхней мертвой точке нагруженной стороны.

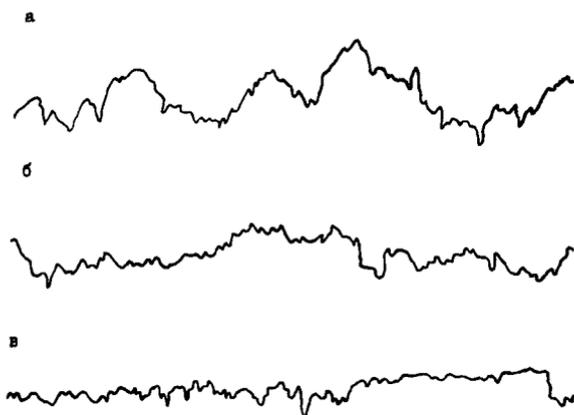


Рис. 3. Профилограммы рабочей поверхности гильзы КАМАЗ-740: а – до испытаний, $R_a = 1,1$ мкм; б – после 50 часов испытаний, $R_a = 0,64$ мкм; в – после 1000-часовых испытаний, $R_a = 0,33$ мкм; вертикальное увеличение – 5000; горизонтальное увеличение – 50

В результате испытаний установлено, что износ гильз цилиндров, обработанных методом ИСВ, после 1000-часовых испытаний по данным микрометража в среднем составляет 10 мкм, что в 2–3 раза меньше износа серийных гильз. Износ поршневых колец, работавших в паре с гильзами, обработанных ИСВ и серийными, одинаковый. Расход масла на угар составляет 0,35% при допустимой норме 0,6%.

Таким образом, новая технология обработки рабочей поверхности гильз цилиндров исключает операции термообработки и хонингования и обеспечивает увеличение их долговечности в 2–3 раза с улучшением эксплуатационных характеристик двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шатуров Г.Ф., Лачев Б.М., Дребушевич И.Я. Повышение износостойкости поверхностей путем нанесения канавочных микро рельефов / Ред. журн. «Известия АН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук», – Минск, 1988. – 12 с. – Деп. в ВИНТИ 02.09.88, № 6830. 2. А.с. 621556 СССР, МКИ В 24 В 39/00. Способ упрочнения поверхности металлических деталей / Г.Ф. Шатуров, В.Н. Подураев (СССР). – № 2345711/25-08; Заявлено 07.04.76; Оpubл. 30.08.78, Бюл. № 32. – 2 с. 3. Лачев Б.М., Шатуров Г.Ф. Связь между параметрами процесса пластического деформирования / Ред. журн. «Известия АН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук», – Минск, 1992. – 19 с. – Деп. в ВИНТИ 25.05.92, № 1727.

УДК 621.357.6

А.К. Новиков, С.С. Клименков

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

*Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь*

Применение чистых гальванических покрытий широко известно. Они используются как декоративные покрытия, для защиты металла от коррозии, металлизации диэлектриков и повышения стойкости материала к истиранию. В последнем случае, когда особых требований к внешнему виду покрытий не предъявляется, предпочтительней использовать композиционные гальванические покрытия. Эти покрытия используют для работы в экстремальных условиях: высокие температуры, нагрузка. От чистых гальванических покрытий они отличаются наличием упрочняющей фазы, в качестве которой используют карбиды, оксиды и интерметаллиды, имеющие высокую инертность по отношению к матрице, прочность и температуру плавления. Композиционные гальванические покрытия (КГП) отличаются тем, что высокая проч-