

УДК 623.001.4

Анализ современных способов восстановления ресурса деталей автомобилей и сельхозмашин

Инж. А. Ю. КОТЛЯРОВ, д-р техн. наук С. С. КУТОВОЙ, канд. техн. наук В. В. ЕФРЕМОВ
(Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт), kotlyarov-au@ya.ru)

Аннотация. Рассмотрена проблема выбора метода и условий шлифования восстановленных поверхностей с целью повышения точности геометрических параметров формы деталей машин.

Ключевые слова: восстановленные поверхности, шлифование, точность геометрических параметров, надежность деталей.

Analysis of contemporary methods of service life extension for parts of cars and agricultural machines

A. Yu. KOTLYAROV, S. S. KUTOVOY, V. V. YEFREMOV (Ryazan Higher Airborne Command School (Military Institute), kotlyarov-au@ya.ru)

Summary. The article describes the problem of selection of method and conditions of recovered surfaces grinding for increase of accuracy of parts' geometric parameters.

Keywords: recovered surfaces, grinding, accuracy of geometric parameters, reliability of parts.

В процессе эксплуатации автомобилей и сельхозмашин надежность, заложенная в них при конструировании и производстве, снижается вследствие износа деталей, задиоров, деформации, коррозии, усталости и старения материалов и прочих причин. Для поддержания автомобилей и сельхозмашин в работоспособном состоянии выполняются техническое обслуживание и ремонт (текущий, капитальный).

По нормативно-технической документации после капитального ремонта ресурс работы агрегатов должен составлять более 80 % ресурса новых агрегатов. Обеспечить такое качество можно только на специализированных ремонтных предприятиях.

Одна из основных причин потери работоспособности двигателей — износ деталей сопряжений, валов агрегатов трансмиссии, из-за которого снимается с эксплуатации около 80 % двигателей как до, так и после капитального ремонта, а также от 65 до 97 % других агрегатов. После капитального ремонта в два и более раз увеличивается количество поломок коленчатого вала, которые составляют до 14,7 % от общего числа неисправностей. Низкий ресурс деталей агрегатов после капитального ремонта позволяет сделать вывод о том, что используемое в ремонтном производстве станочное оборудование и применяемые способы восстановления деталей машин недостаточно эффективны [1].

В современных условиях ремонт деталей путем нанесения на их поверхность износостойких покрытий,

когда требуемых геометрических параметров формы уже невозможно достичь за счет обработки до очередного ремонтного размера, — один из наиболее эффективных и перспективных способов. Это подтверждают проведенные научной школой академика Н. Н. Рыкалина исследования активного использования низкотемпературной плазмы для получения перспективных материалов с уникальными свойствами. Для восстановления шеек коленчатых валов дизельных двигателей рекомендован порошок ПН85Ю15 следующего химического состава, %: Fe — 0,2; Cr — 0; Ni — 86,5; Al — 12–15; C — 0,07; Mb — 0; V — 0; N — 0,08; Mn — 0; S — 0; P — 0; As — 0.

Анализ работ ученых, проводивших исследования в этом направлении, показывает, что увеличение производства высокопрочных, износостойких и вместе с тем труднообрабатываемых материалов приводит к необходимости совершенствования процесса шлифования, в результате которого окончательно формируется поверхностный слой, во многом определяющий эксплуатационные свойства детали. Необходимость повышения ресурса восстановленных деталей требует ответственного подхода к выбору способа шлифования.

Для придания напыленному слою заданных конструктором свойств покрытие подвергается механической обработке, при которой на ресурс детали и всего агрегата в целом влияют главным образом параметры точности восстановленной поверхности. В ремонтном производстве они обеспечиваются выбором способа

Технологический режим шлифования коленчатого вала КамАЗ-740.10, восстановленного плазменным напылением

Характеристика шлифовального круга	Размер круга	Параметры режима шлифования поверхности				
		Частота вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	Частота вращения детали, мин ⁻¹	Продольная подача круга, м/мин	Поперечная подача круга, мм/ход	Способ подачи и количество СОЖ, л/с
КАЗ 24А40СМ15К5	ПП 600 × 305 × 63	730	63	1,15	0,01	Комбинированный 0,2

окончательной механической обработки покрытия, характеристик инструмента и режимов резания.

Для решения задачи управления точностью обработки покрытия следует учитывать, что [2]:

— напыленные материалы имеют ограничения по прочности соединения с основным материалом (подложкой);

— покрытие состоит из нескольких промежуточных слоев, полученных за несколько проходов плазменного напыления;

— покрытие состоит из множества деформированных и закристаллизовавшихся частиц, удерживаемых силами когезионных связей;

— в структуре покрытия содержатся поры, поверхности раздела между частицами и слоями, твердые включения, которые при обработке становятся источниками появления микро- и макротрещин;

— напыленные материалы обладают значительными внутренними напряжениями, которые концентрируются на поверхности раздела и в дефектах строения покрытия.

В связи с этим решение поставленной задачи требует глубокого анализа способов обработки с целью выявления перспективных направлений в данной области.

Для повышения износостойкости трибосопряжения "шейка — вкладыш" В. В. Ефремовым [3] с учетом особенностей напыленного слоя разработаны организационно-технологические рекомендации по назначению режима обработки, параметры которого приведены в табл. 1.

Наряду с износостойкостью на качество изделий с покрытием (табл. 2) в ремонтном производстве влияет точность восстановления деталей по размерам и геометрической форме рассматриваемых поверхностей. В процессе ремонта детали не только ее размер, но и форма поверхностей не может быть выполнена идеально. Из-за погрешностей станка, износа инструмента, деформации упругой системы "станок — приспособление — инструмент — деталь", неравномерности снимаемого с поверхности припуска и многих других причин заданная по чертежу форма детали искажается. Такое искажение формы крайне нежелательно, так как в процессе эксплуатации деталей оно становится причиной возникновения их интенсивного износа, неопределенности базирования, изменения характера посадки, быстрого выхода из строя деталей трибосопряжений. Поэтому очень важно выдержать заданную конструктором форму детали. Если же избежать ее искажения невозможно, то

необходимо задавать определенный допуск на это искажение.

В технологии машиностроения существует много способов и технических средств управления процессом формообразования, есть резервы для дальнейшего развития. Теоретические основы управления точностью и построения эффективных способов заложены в трудах российских ученых [5–8].

С точки зрения кибернетики процессы образования поверхностей условно можно разделить на управляемые, проводимые по замкнутой схеме с возможностью внесения необходимой коррекции, и неуправляемые, не позволяющие влиять на результат уже начатого процесса.

В управляемых технологиях точность изготовления детали достигается за счет создания систем с обратными связями (адаптивных), базирующихся на информации об энергетических характеристиках процесса (мощности, силе, упругих и температурных деформациях). Значительный вклад в исследование и создание систем адаптивного управления станками с числовым программным управлением сделан советскими учеными [6, 7]. Разработанная ими теория позволила подойти к воз-

Таблица 2

Показатели качества деталей с плазменным покрытием [4]

Параметр	Обозначение	Значения	
		После нанесения	Требуемые
Точность размера	IT	11–12	7–9
Отклонения формы, мм	Δ_f	0,1–0,2	0,02–0,05
Волнистость поверхности, мкм	W_z	300–400	5–10
Шероховатость, мкм	R_a	50–200	0,16–0,63
Толщина покрытия, мм	$P_{\text{пок}}$	0,5–0,9	0,3–0,5
Прочность сцепления, МПа	$\sigma_{\text{сц}}$	0,19	
Когезионная прочность, МПа	$\sigma_{\text{ког}}$	22–26	
Пористость, %	—	8–10	

действию на процесс обработки с качественно новых позиций.

Известен также способ управления геометрическими параметрами формы деталей с помощью оборудования, работающего по "жесткой программе". Суть такого управления состоит в том, чтобы использовать одни отрицательные факторы, сопутствующие любому процессу обработки, для устранения других и повышения эффективности процесса в целом. Так, вибрация, будучи отрицательным фактором, может при определенных условиях привести к улучшению технологических показателей (повысить точность, снизить шероховатость) [5]. Сообщение заготовке вынужденных колебаний при шлифовании позволяет повысить виброустойчивость процесса, снизить отрицательное влияние отклонения формы и волнистости инструмента на волнистость детали.

Кроме того, существует способ управления точностью, реализуемый не за одну, а за несколько операций. Так, например, повышение стойкости инструмента и точности формы в продольном сечении у детали с прямолинейной образующей происходит за счет того, что на предварительной операции образующей детали придают бочкообразную форму [а. с. СССР № 550273]. В другом случае [а. с. СССР № 848289] деталь предварительно нагревают, причем температура в каждом сочетании зависит от конечного профиля детали. При последующем шлифовании получается профиль нужной формы, при этом не требуется сложных относительных движений инструмента и заготовки.

Стратегия управления приведенных технологий и отдельных операций сводится к тому, чтобы результирующая погрешность детали лежала в пределах допуска. Поскольку составляющие погрешности — величины векторные, то нет необходимости уменьшать каждую из них, а достаточно выбрать такие сочетания, при которых минимальна (или лежит в пределах допуска) их сумма. Необходимо обеспечить такой закон съема материала с обрабатываемой детали, чтобы образовалась поверхность, имеющая минимальное (или в допустимых пределах) отклонение от задаваемого эталона. Такие способы управления точностью обработки в производственных условиях реализуются намного проще в сравнении с адаптивными системами управления и позволяют получить эффект при меньших затратах.

В металлообработке существует и множество способов снижения напряженности процесса шлифования. Один из них — снижение контактной температуры путем предварительного вымачивания шлифовальных кругов в подогретом содовом растворе. Бакелитовая связка при этом частично разрушается, и твердость круга снижается на одну—три степени [8]. Способ не нашел широкого применения ввиду трудоемкости подготовки, невозможности обеспечения конкретной необходимой твердости круга, весьма низкой размерной стойкости инструмента и повышенной опасности его разрушения во время работы вследствие снижения общей прочности.

Регулирование мощности теплообразования в зоне обработки осуществляют также импрегнированием стандартных абразивных кругов составами, содержащими поверхностно-активные или химически активные вещества [9]. Применение твердых смазок и импрегнирова-

ние кругов увеличивают их себестоимость вследствие усложнения технологического процесса изготовления инструмента и его подготовки к работе.

Повышение производительности бездефектного шлифования покрытий может быть достигнуто путем уменьшения количества абразивных зерен (элементарных источников тепла) на единице поверхности круга. Способ может быть реализован путем применения высокопористых кругов [а. с. СССР № 550273]. Однако вследствие относительно высокого процентного содержания пор в общем объеме такие абразивные инструменты обладают пониженной механической прочностью, что создает необходимость ограничивать скорость резания. Изготовление высокопористых кругов с добавлением мелкозернистых наполнителей позволяет избежать снижения прочности кругов, но при этом возрастет их стоимость.

Применение кругов с прерывистой рабочей поверхностью [а. с. СССР № 848289] на ряде машиностроительных заводов на операциях шлифования заготовок из сталей и сплавов, предрасположенных к прижомам и трещинам, резко сократило брак. В данных условиях представляется перспективным использование инструментов с прерывистой рабочей поверхностью, обеспечивающих, как показывает опыт их применения, высокую производительность при пониженных силах резания и заданном качестве обрабатываемой поверхности.

Перечисленные способы снижения напряженности процесса шлифования дают безусловный эффект, но не нашли широкого применения на операциях обработки покрытий по многим причинам. Одна из них — отсутствие рекомендаций, позволяющих обоснованно использовать тот или иной способ применительно к деталям с покрытиями.

Один из основных путей повышения качества и сокращения сроков проектирования новых технологий — комплексная автоматизация труда проектировщиков на базе средств вычислительной техники. В этой области накоплен большой теоретический и практический опыт по созданию систем автоматизированного проектирования [10].

Выводы

1. Среди всего многообразия существующих методов наиболее технологичный и универсальный — нанесение износостойких покрытий плазменным напылением. С точки зрения эксплуатации оно весьма эффективно и обладает рядом преимуществ: отсутствие ограничений по размерам и форме напыляемых деталей; возможность получения покрытий широкой гаммы конструкционных материалов; простота реализации операции нанесения покрытия.

2. В технологии ремонта много способов и технических средств управления процессами формообразования, и есть резервы для их дальнейшего развития. Выбор способов достижения параметров точности или проектирования новых — сложная многовариантная задача. Ее качественное решение позволит значительно повысить ресурс восстановленных деталей.

Литература и источники

1. **Черепанов С. С.** Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. Ч. 1. — М.: ГОСНИТИ, 1986.
2. **Кулагин С. П.** и др. Технологическое обеспечение качества изготовления деталей с износостойкими покрытиями. — Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1993.
3. **Ефремов В. В.** Обеспечение износостойкости трибосопряжений дизелей военной автомобильной техники на этапе шлифования деталей, восстановленных плазменным напылением: Дис. ... канд. техн. наук. — Рязань, 2005.
4. **Исследование** надежности отремонтированных двигателей и разработка технологических мероприятий по повышению ресурса: Отчет о НИР (заключит.) № ГР 01850039931. — Алма-Ата: КАЗНИПИАТ, 1985.
5. **Ситников А. А.** Технологическое обеспечение точности изготовления деталей с износостойкими покрытиями на различных этапах жизненного цикла: Дис. ... д-ра техн. наук. — Барнаул, 2004.
6. **Балакшин Б. С.** Адаптивное управление станками / Под ред. Б. С. Балакшина. — М.: Машиностроение, 1973.
7. **Подураев В. И.** Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. — М.: Машиностроение, 1977.
8. **Клименко В. А.** Повышение эксплуатационных свойств абразивного инструмента импрегнированием. — М.: НИИНАвтопром, 1979.
9. **Дианов А. А.** Технологическое обеспечение качества деталей с износостойкими покрытиями за счет управления параметрами точности основы и покрытия: Дис. ... канд. техн. наук. — Барнаул, 2010.
10. **Соломцев Ю. М.** и др. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / Под ред. Ю. М. Соломцева, В. Г. Митрофанова. — М.: Машиностроение, 1986.