

УДК 631.3.004.67

УДАЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ПРОЧНО СВЯЗАННЫХ С ПОВЕРХНОСТЯМИ ДЕТАЛЕЙ

канд. техн. наук В.И. СЕМЕНОВ
(Полоцкий государственный университет)

Демонстрируются результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию процесса очистки деталей от прочных загрязнений на примере нагара. Показан процесс удаления прочносвязанных загрязнений с поверхностью деталей стеклянными шариками в струе сжатого воздуха. Разработана и внедрена в производство установка для очистки от нагара поршней двигателей внутреннего сгорания, срок окупаемости которой при внедрении на производстве составляет 1,5...2 года.

Одна из наиболее ответственных операций при ремонте агрегатов и машин сельскохозяйственной техники – очистка деталей от загрязнений. На ремонтных предприятиях под моечно-очистными участками занято до 12 % производственных площадей, на долю которых приходится 6...8 % от балансовой стоимости ремонтно-технологического оборудования [1]. Качественная очистка рабочих поверхностей деталей ремонтируемой техники существенно влияет на все технологические процессы ремонта и во многом обеспечивает надежность машин в процессе их последующей эксплуатации.

Вопросы удаления прочносвязанных загрязнений (нагара, накали, продуктов коррозии) с поверхностей деталей в настоящее время сосредоточены на исследовании рациональных способов – гидро- и пневмоабразивной очистке, а также на выборе абразивного материала в качестве реагента. Совершенствование способов пневмоабразивной очистки идет по пути замены абразивных групп – металлического реагента (дроби, металлической стружки), органической (косточковой крошки, дробленой скорлупы орехов) и горных пород (гранита, кварца) – искусственными: карборундом, стеклянными шариками, электрокорундом.

Из группы искусственных абразивов наиболее перспективным реагентом являются стеклянные шарики как характеризующиеся наибольшим значением коэффициента восстановления при ударе (15/16), при этом при ударе о поверхность эти шарики не оставляют на ней следа. В связи с этим разработка технологического процесса и устройства для очистки поверхностей деталей от прочносвязанных загрязнений движущимися стеклянными шариками является актуальной задачей.

В настоящей работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса удаления прочносвязанных загрязнений с поверхностей деталей стеклянными шариками в струе сжатого воздуха.

При пневмоабразивной очистке поверхностей деталей измельченный абразив (металлическая стружка, дробь и т.п.) вводится в воздушный поток, который направляется на очищаемую поверхность. При этом приобретенная кинетическая энергия расходуется на удаление загрязнения, а также на деформирование поверхностного слоя металла, что вызывает изменение размеров и шероховатости поверхности. Кроме того, на поверхности появляются царапины. Применение в качестве абразива стеклянных шариков устраняет указанные недостатки [2].

Первое решение задачи о сьеме загрязнения струей сжатого воздуха с примесью частиц абразива изложено в работе [3]. В основу математической модели [3] положен общий характер процессов разрушения потоком абразивных частиц высокой плотности и резания металла внедряющимся клином, и принята гипотеза о линейном сьеме материала за некоторый промежуток времени. Отметим, что в [3] получена обратная экспоненциальная зависимость сьема от времени. Это означает, что полный сьем загрязнения с детали достигается при времени $t \rightarrow \infty$, что лишено физического смысла. Этот факт объясняется тем, что в решении не учтены силы инерции.

Рассмотрим эту задачу на основе второго закона Ньютона, оставаясь в рамках предположений [3].

Задача сводится к решению обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка

$$\frac{d^2x}{dt^2} + k^2x = 0, \quad (1)$$

где x – координата, отсчитываемая вглубь слоя загрязнения от его поверхности по нормали; $k^2 = \frac{c\sigma_6}{\mu m_q}$ –

коэффициент разрушения; σ_6 – предел прочности при сжатии; m_q – масса частиц абразива, соударяющихся

с поверхностью в единицу времени; c – коэффициент жесткости загрязнения; $\mu = \frac{m_q v_q}{F}$ – удельный им-

пульс потока абразивных частиц; $m_q v_q$ – импульс абразивных частиц, вызывающих разрушение; v_q – средняя скорость частиц абразива в момент соударения с очищаемой поверхностью; F – площадь следа струи.

Начальные условия задачи:

при $t = 0 \quad x = 0 \quad \text{и} \quad \frac{dx}{dt} = 0.$ (2)

Уравнение (1) представляет собой уравнение свободных гармонических колебаний материальной точки [4] и с учетом граничных условий (2) имеет следующее решение:

$$x = \frac{v_q}{k} \sin kt, \quad (3)$$

или в безразмерном виде (в относительных координатах)

$$\bar{x} = \sin \frac{\pi}{2} \bar{t}, \quad (4)$$

где $\bar{x} = \frac{x}{\delta}$; $\bar{t} = \frac{t}{t_\delta}$; δ – толщина слоя нагара; t_δ – время полной очистки поверхности от нагара.

Таким образом, получен закон изменения толщины текущего съема загрязнения толщиной x от времени t (3), или то же самое – в относительных (безразмерных) координатах $\bar{x}$ и $\bar{t}$ (4).

Определяли оптимальное время очистки партии поршней в количестве 100 единиц двигателей внутреннего сгорания ЗМЗ-53 стеклянными шариками диаметром 0,5 – 0,8 мм в струе сжатого воздуха [5].

На диаграмме (рис. 1) представлены результаты анализа степени загрязнения группы поршней двигателей ЗМЗ-53, которая оценивалась по толщине слоя нагара на днище поршня δ ($\delta > 0,1$ мм). Видно, что наибольшее количество поршней имеют толщину слоя нагара от 0,1 до 0,5 мм и одна треть исследованных поршней (32 %) имеют толщину слоя нагара 0,2...0,5 мм.

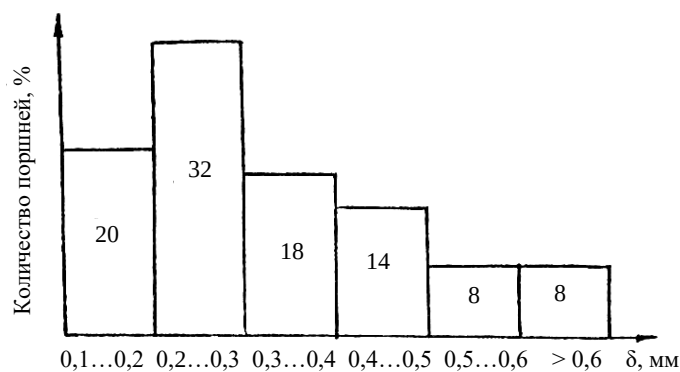


Рис. 1. Распределение количества поршней в зависимости от толщины нагара δ

На рисунке 2 представлены результаты определения оптимального времени очистки шести групп поршней в количестве 100 шт. каждая. В качестве очищенного поршня считался такой поршень, толщина слоя нагара на днище которого не превышала 0,02 мм.

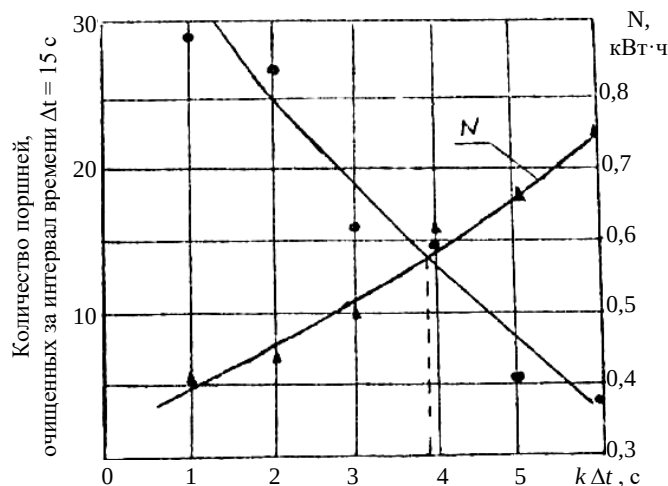


Рис. 2. Определение оптимального времени очистки поршней двигателя ЗМЗ-53 стеклянными шариками в струе сжатого воздуха

На графике (см. рис. 2) по оси абсцисс отложены интервалы времени $k \Delta t$ ($\Delta t = 15$ с, $k = 0,1, \dots, 6$), за которые проводилась очистка группы поршней. После каждого интервала времени проводились очистка группы поршней и измерения толщин неочищенного слоя нагара. Очищенные поршни направлялись на следующую операцию ремонта. Остальные поршни подвергались заново очистке в течение следующего интервала времени и т.д. По оси ординат на графике отложено количество поршней, очищенных за следующий интервал времени Δt , и мощность N , необходимая для очистки этих поршней. Из рисунка видно, что при увеличении интервалов времени от 1 до 6 мощность, затрачиваемая на очистку поршней, увеличивается в два раза, в то же время количество очищенных поршней резко уменьшается; оптимальное время очистки группы поршней соответствует $t = 60$ с ($k \Delta t = 4$).

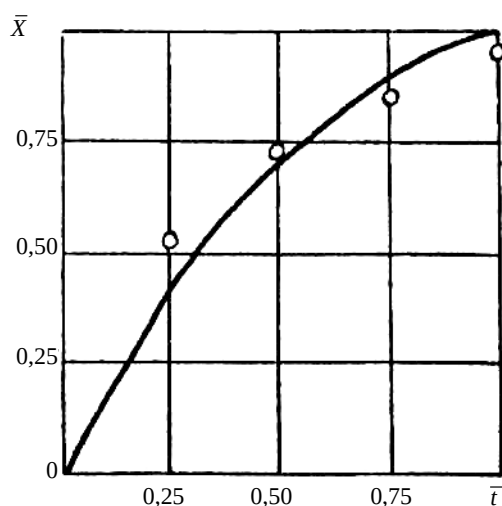


Рис. 3. Изменение относительной толщины слоя нагара $\bar{X}$ от относительного времени $\bar{t}$ при очистке поршней стеклянными шариками в струе сжатого воздуха

На рисунке 3 точками представлены результаты изменения относительной толщины слоя нагара от относительного времени; сплошной линией проиллюстрирована зависимость (4). Результаты измерений с достаточной степенью точности соответствуют аналитическому решению (4).

Очистка деталей стеклянными шариками в струе сжатого воздуха внедрена в производство. Этот вид очистки по сравнению с очисткой деталей косточковой крошкой более производительный, здесь меньшая стоимость очистного агента, машина имеет меньшие габариты, а процесс легче механизмуется.

Установка для очистки от нагара поршней двигателей внутреннего сгорания (рис. 4) включает корпус 1 с приводом, камеры 7 и сборник-фильтр 10.

На корпусе 1 установлены все узлы установки. Электродвигатель 2 посредством клиноременной передачи 3 приводит в движение червячный редуктор 4, который, в свою очередь, клиноременной передачей 5 соединен с двумя шкивами, установленными на валах 6. На других концах валов закреплены стаканы, в которые устанавливают очищаемые детали.

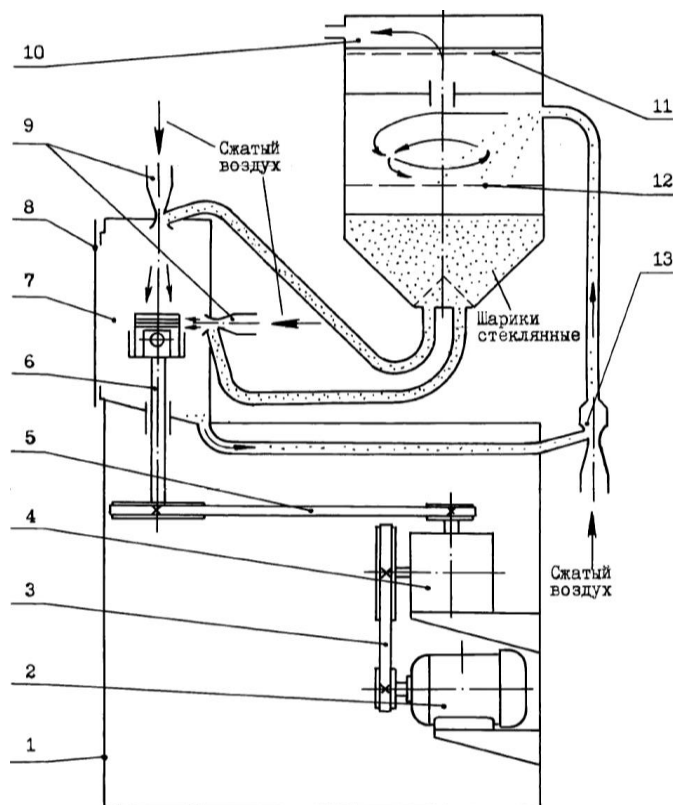


Рис. 4. Машина для очистки деталей потоком стеклянных шариков

В сборнике-фильтре 10 находится запас стеклянных шариков, матерчатый фильтр 11 и фильтрующая сетка 12. Шланги для подачи шариков к эжекционным форсункам 9 подключены к основанию конусного дна сборника. Патрубок, по которому шарики возвращаются в сборник-фильтр, расположен тангенциально его корпусу.

В два стакана на валах 6 устанавливаются очищаемые детали и закрываются двери 8 камер 7. Эжекционные форсунки создают разрежение в подводных шлангах, что приводит к поступлению шариков к форсункам. Шарики из фильтра-отстойника попадают в струю сжатого воздуха и приобретают необходимую энергию для разрушения нагара в момент соударения с загрязнением. Верхние форсунки, установленные в камерах 7, очищают днище поршня, а боковые форсунки – канавки под поршневые кольца.

Шарики после соударения с нагаром попадают вместе с частицами загрязнений на наклонное дно камеры, а затем за счет работы эжектора 13 – в сборник-фильтр. Шарики просыпаются через сетку 12, на которой задерживаются частицы загрязнения. Отработавший воздух через фильтр 11 выходит в атмосферу в очищенном состоянии.

Выводы:

1) применение стеклянных шариков в качестве реагента при пневмоабразивной очистке поверхностей от прочносвязанных загрязнений в отличие от других реагентов позволяет очистить поверхность без ее деформации, сохранить заданные размеры и избежать следов от абразива;

2) аналитическое решение задачи о съеме загрязнения с поверхности детали струей воздуха с примесью абразива позволяет определить зависимость толщины слоя съема загрязнения от времени с учетом физико-механических свойств абразива и критического напряжения разрушения загрязнения;

3) на основе анализа экспериментальных исследований степени загрязнения поршней двигателей внутреннего сгорания установлено, что наибольшее количество поршней имеет толщину слоя нагара 0,1 ... 0,5 мм. Из них около 32 % имеют толщину слоя нагара 0,2 ... 0,5 мм;

4) оптимальное время очистки днища поршней двигателей ЗМЗ-53 от нагара струей воздуха со стеклянными шариками не превышает 1 мин;

5) процесс и установка для очистки поршней от нагара струей воздуха со стеклянными шариками внедрены в производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коробко, В.И. Технологическое оснащение ремонтного производства / В.И. Коробко, В.П. Иванов, В.И. Семенов. – Минск: Універсітэцкае, 1994. – 140 с.
2. Бабаджанов, С.К. Беспылевое удаление старых лакокрасочных покрытий с деталей машин при их ремонте: автореф ... дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / С.К. Бабаджанов; ГОСНИТИ. – М., 1990. – 20 с.
3. Проволоцкий, А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей и машин / А.Е. Проволоцкий. – Киев: Техника, 1989. – 177 с.
4. Бухольц, Н.Н. Основной курс теоретической механики / Н.Н. Бухольц. – Ч. 1. – М.: Наука, 1990. – 364 с.
5. Семенов, В.И. Удаление прочносвязанных загрязнений с деталей машин при ремонте: автореф ... дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / В.И. Семенов; ГОСНИТИ. – М., 1990. – 15 с.

Поступила 11.07.2013

REMOVAL OF POLLUTION SOLIDLY CONNECTED WITH THE SURFACES OF COMPONENTS

V. SEMENOV

The results of theoretical and experimental studies to validate the cleaning process of parts of stubborn dirt on the example of a deposit are demonstrated. The process of removal of solidly connected pollution from the surface of components by glass balls in the spurt of compressed air. Plant for cleaning of soot piston from internal combustion of engines is developed and implemented in the production. The payback period for the implementation of the production is within 1.5...2 years.