

УЛУЧШЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ С ГИДРОПРИВОДОМ ВВЕДЕНИЕМ НАНОУГЛЕРОДОВ В ЗОНУ ОБРАБОТКИ.

В.Н. Беляев, А.С. Жарков, Е.Ю. Татаркин

Исследовано влияние алмазоуглеродных (наноуглеродных) частиц детонационного синтеза на шероховатость и твердость поверхностного слоя деталей при обкатывании с гидроприводом. Установлены зависимости параметров качества поверхностного слоя от режимов обработки и количества алмазоуглеродных частиц в рабочей жидкости.

Ключевые слова: обкатывание с гидроприводом, наноуглероды, шероховатость, твердость, поверхность.

Введение

Одним из методов повышения качества поверхностного слоя деталей является поверхностно-пластическое деформирование слоя при обкатывании, при котором усилие деформирования обеспечивается деформирующим шаром, воздействующим на деталь под давлением рабочей жидкости от гидростанции – обкатывание с гидроприводом (рисунок 1). При данном методе разделение поверхности деформирующего шара и обрабатываемой детали слоем рабочей жидкости может обеспечить [1]:

- наличие в очаге деформации высокого гидростатического давления, обеспечивающего улучшение условий пластического истечения и свойств материалов;
- уменьшение сил трения между металлом и инструментом;
- повышение равномерности деформации изделия;
- при наличии квазигидростатического давления создание более благоприятных условий для протекания сдвиговых деформаций;
- обеспечение условий для залечивания пор и дефектов в поверхностном слое деталей.

Из литературных источников известно, что изменения процесса фрикционного контакта пар трения можно достичь введением в смазочные материалы модификаторов трения, в качестве которых используют органические добавки, порошки металлов и неметаллов (графит, дисульфид молибдена, медь и др.). Одним из видов твердых антифрикционных материалов, эффективно влияющих на процессы трения, являются алмазоуглеродные порошки детонационного синтеза [2], представляющие собой агломераты с разме-

ром первоначальных частиц 4 – 20 нм (рисунок 2).

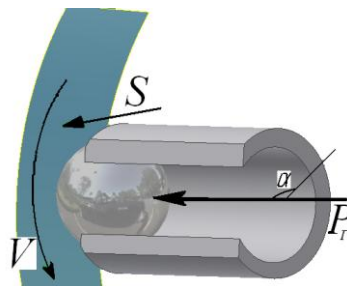


Рисунок 1 – Схема накатывания с гидроприводом

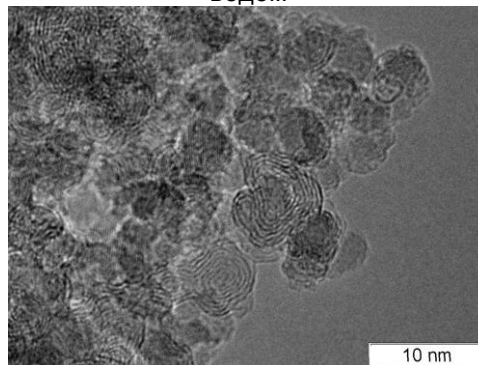


Рисунок 2 – Алмазоуглеродные частицы детонационного синтеза

Отсутствие информации о влиянии режимов обкатывания и состава рабочей жидкости, содержащей алмазоуглеродные порошки, на шероховатость и твердость обработанной поверхности определило актуальность исследований в данной области.

Методы и средства исследований

В качестве матрицы рабочей жидкости использовалось промышленное масло И-

40А. Экспериментальные исследования проводились на токарно-винторезном станке модели 16К20Ф3 при варьировании: подачи инструмента от 0,05 до 0,2 мм/об., скорости обработки от 40 до 165 м/мин., давления в гидросистеме от 3 до 5 МПа, концентрации алмазоуглеродных частиц (наноуглеродов) в рабочей жидкости от 0 до 1% масс. Исследования проводились на роликах из стали 45 ГОСТ 1050-88.

Оценка шероховатости проводилась профилографом–профилометром модели 250 завода «Калибр» в соответствии с ГОСТ 19300-86. Также топография и шероховатость поверхности изучалась на приборе Zygo NewViewTM 730. Измерение твердости по Виккерсу проводилось в соответствии с ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 и ГОСТ 8.063-2007 при помощи твердомера Константа ТУ.

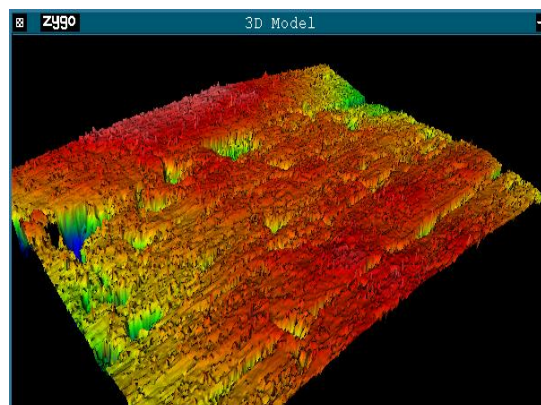
В качестве наноуглеродных частиц использовался продукт УДАГ–С производства ОАО «ФНПЦ «Алтай», характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства УДАГ-С

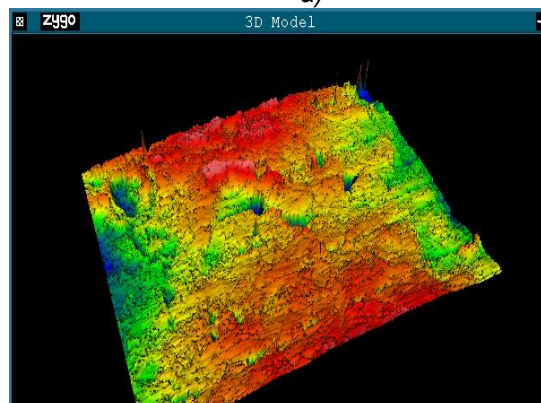
Свойства	Значение	Метод измерения
Размер первичных частиц, нм	4 - 20	Рентгенофазовый анализ
Размер агломератов, нм	4 - 600	Сканирующий электронный микроскоп
Плотность, г/см ³	2,7±0,1	Пикнометрия
Удельная поверхность, м ² /г	440±30	Метод БЭТ
Содержание алмазной фазы, %	25,0 - 50,0	Химический анализ
Массовая доля несгораемых примесей в твердой фазе, %, не более	5,0	Метод сжигания

Результаты и обсуждения

Проведенные исследования, оценка и обработка полученных результатов, в том числе топографий поверхности (рисунок 3), позволили получить зависимости шероховатости поверхностного слоя от режимов обработки деталей обкатыванием с гидроприводом при введении наноуглеродов в зону обработки, представленные на рисунках 4 – 6.



а)



б)

Рисунок 3 – Топография поверхности обработанных образцов: а) $C_{НУ}=0\%$; б) $C_{НУ}=1\%$

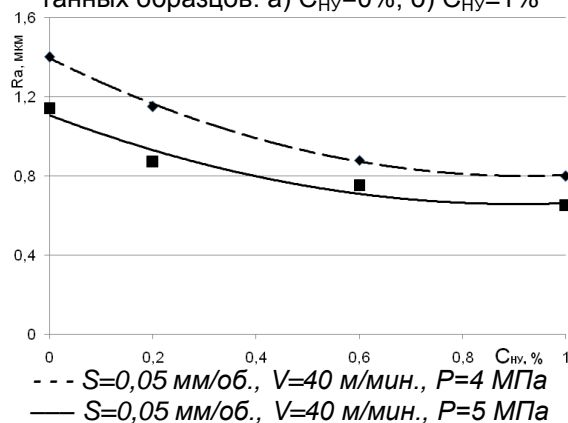


Рисунок 4 – Зависимость шероховатости поверхности от концентрации наноуглеродов

Анализ полученных топографий поверхности показал, что наличие наноуглеродов обеспечивает формирование при поверхностно-пластическом деформировании поверхности с меньшей шероховатостью, большей опорной площадью неровностей.

УЛУЧШЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ С ГИДРОПРИВОДОМ ВВЕДЕНИЕМ НАНОУГЛЕРОДОВ В ЗОНУ ОБРАБОТКИ

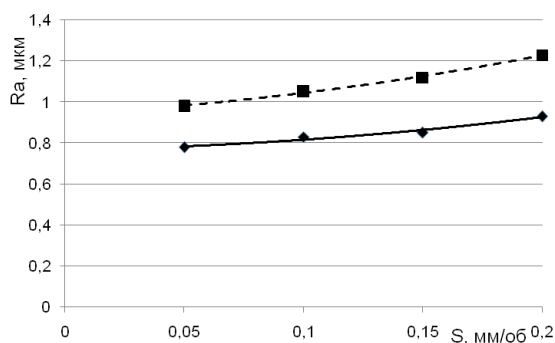


Рисунок 5 – Зависимость шероховатости поверхности от подачи инструмента
 --- $V=165$ м/мин., $P=5$ МПа, $C_{нУ}=0\%$ масс.
 — $V=165$ м/мин., $P=5$ МПа, $C_{нУ}=1\%$ масс.

Полученные данные показывают, что увеличение концентрации частиц в рабочей жидкости приводит к уменьшению шероховатости обработанной поверхности, что можно объяснить увеличением числа смятий элементами алмазоуглеродных частиц неровностей при течении жидкости с частицами относительно обрабатываемой поверхности. Из рисунка 4 следует, что при эксперименте еще не достигнут оптимум концентрации, после которого следует ожидать увеличения шероховатости в связи с достижением так называемого «сухого трения» при недостаточном количестве жидкого компонента в зоне деформации. При увеличении подачи увеличивается расстояние между вершинами выступов обрабатываемых неровностей за счёт уменьшения кратности приложения давления на единицу площади очага деформации, что приводит к снижению уровня пластической деформации из-за уменьшения воздействия деформирующего шара на выступы неровностей. Влияние подачи на шероховатость обработанной поверхности связано с тем, что при обработке происходит пластическое течение металла не только в направлении подачи (прямое пластическое течение), но и в обратном направлении (обратное пластическое течение) [3]. Следствием обратного пластического течения является подъём металла во внеконтактной зоне после деформирующего шара и образование в связи с этим новых неровностей $Ra_{КОН}$. С увеличением подачи увеличивается значение $Ra_{КОН}$ и образуется винтовой след на обрабатываемой поверхности. Оба эти фактора ведут к увеличению шероховатости. Увеличение шероховатости обработанной поверхности при увеличении подачи объясняется ещё и тем, что увеличение подачи вызывает увеличение осевой составляющей усилия P_x и уменьше-

ние радиальной составляющей P_y . Изменение режимов обработки в сторону увеличения отношения P_x/P_y приводит к увеличению пластической деформации металла в осевом направлении (в том числе и в обратном направлении с образованием увеличенного значения $Ra_{КОН}$) и к снижению пластической деформации в радиальном направлении.

В исследуемом диапазоне увеличение давления рабочей жидкости в гидросистеме приводит к больше деформации металла и снижению шероховатости обработанной поверхности. Скорость обработки практически не влияет на значения шероховатости (рисунок 6).

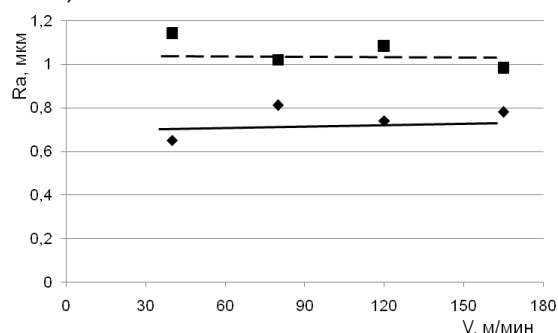


Рисунок 6 – Зависимость шероховатости поверхности от скорости обработки
 --- $S=0,05$ мм/об., $P=5$ МПа, $C_{нУ}=0\%$ масс.
 — $S=0,05$ мм/об., $P=5$ МПа, $C_{нУ}=1\%$ масс.

Полученные зависимости твердости поверхностного слоя от режимов обкатывания с гидроприводом представлены на рисунках 7 – 9.

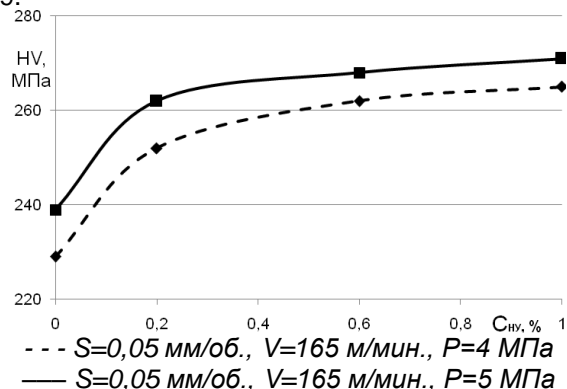


Рисунок 7 – Зависимость твердости от концентрации наночастиц
 --- $S=0,05$ мм/об., $V=165$ м/мин., $P=4$ МПа
 — $S=0,05$ мм/об., $V=165$ м/мин., $P=5$ МПа

Введение наночастиц в зону деформирования металла приводит к возрастанию твердости поверхностного слоя, что можно объяснить локализацией сдвиговых напряжений в тонком слое и увеличением нормальных напряжений, обеспечивающих большее

сжатие неровностей и упрочнение металла [4].

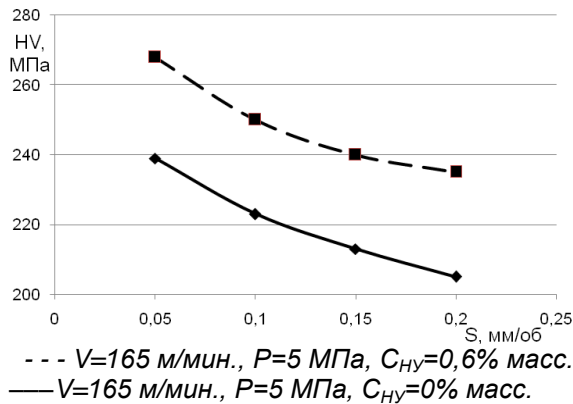


Рисунок 8 – Зависимость твердости поверхности от подачи инструмента

Уменьшение твердости обработанной поверхности с увеличением подачи можно объяснить снижением кратности приложения нагрузки на обрабатываемую зону образца.

Проведенные исследования показали, что скорость обработки не оказывает значительного влияния на значения твердости поверхности деталей при обкатывании с гидроприводом (рисунок 9).

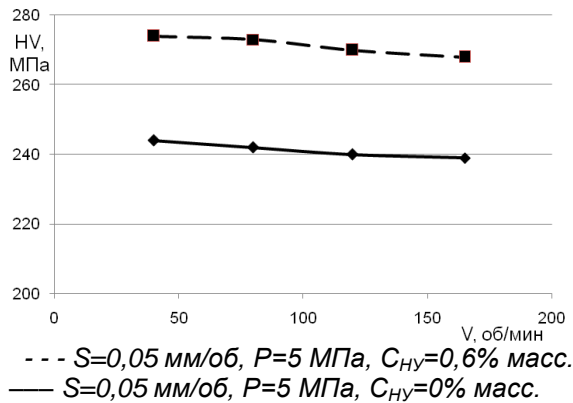


Рисунок 9 – Зависимость твердости поверхности от скорости обработки

Увеличение давления рабочей жидкости обеспечивает большую пластическую деформацию металла и упрочнение материала, как следствие возрастание твердости поверхностного слоя.

Выводы

1. Практически показана эффективность введения нанокремнекислот в рабочую жидкость при обкатывании с гидроприводом, что обеспечивает улучшение параметров качества поверхности деталей;

2. Установлены зависимости шероховатости и твердости поверхностного слоя от режимов обработки деталей обкатыванием с гидроприводом при введении различных концентраций нанокремнекислот в зону деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прозоров Л.В. Прессование металлов жидкостью высокого давления. М.: Машиностроение, 1972. 152 с.
2. Сакович Г.В. и др. Получение алмазных кластеров взрывом и их практическое использование // ЖВХО им. Д.И. Менделеева. 1990. Т.35. №5. С.600-602.
3. Шнейдер Ю.Г. Чистовая обработка металлов давлением. М.; Л.: Машгиз. 1963. 269с.
4. Колесников И.М., Гусев К.А. Механическое выглаживание поверхностей деталей. «Машиностроитель». №9. 1966. С. 11.

Беляев В.Н., к.т.н., доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, начальник лаборатории ОАО «ФНПЦ «Алтай»
e-mail: tmp-bti@ya.ru

Жарков А.С., член-корр. РАН, д.т.н., профессор, генеральный директор ОАО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», г. Бийск,

Татаркин Е.Ю., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Общая технология машиностроения» ФГБОУ ВПО АлтГТУ им. И.И. Ползунова
e-mail: agtu-otm2010@mail.ru