

УДК 621.7.011

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ КИНЕМАТИКИ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА КАЧЕСТВО ВАЛОВ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Нго Као Кыонг^{1,a}, аспирант

Зайдес Семен Азикович^{1,b}, доктор техн. наук, профессор

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.
e-mail: ^acuong.istu@gmail.com, ^bzsa@istu.edu

Введение. Для повышения долговечности различных деталей в промышленности широко применяют технологии поверхностного пластического деформирования (ППД). Отделочно-упрочняющие методы обработки ППД просты в реализации, экономичны, производительны, обеспечивают формирование низкой шероховатости, заданной глубины и степени упрочнения, остаточных напряжений сжатия в поверхностных слоях, мелкозернистой структуры и других показателей качества поверхностного слоя обработанных деталей [1 - 3].

В настоящее время методы ППД исчерпали свои технологические возможности. Продолжаются работы по поиску новых схем нагружения, совершенствованию существующих способов и разрабатываются новые, более эффективные на базе создания оригинальных конструкций упрочняющего инструмента и оборудования. Наиболее эффективное упрочнение сталей и сплавов может быть реализовано путем целенаправленных технологических воздействий на структуру металлов для увеличения плотности дислокаций и создания дислокационной субструктуры для увеличения сопротивления сдвига.

Целью данной работы является оценка качества упрочненного слоя при обработке новым технологическим схемам ППД и сравнение экспериментальных результатов с данными, полученные при обработке обычным цилиндрическим роликом.

Схемы поверхностного пластического деформирования. В практике ППД известно и широко используют локальный упрочняющий метод обкатки роликом. Процесс локального пластического деформирования представлен цилиндрическим роликом, вращающимся относительно горизонтальной оси. Перемещаясь в осевом направлении по поверхности вращающегося цилиндрического образца деформирующий ролик создает винтовую траекторию пластического следа на обрабатываемой поверхности. При оценке этой схемы упрочнения с точки зрения деформационного искажения микроструктуры, то обработка по схеме качения незначительно эффективна.

Техническая идея по интенсификации напряженного состояния в очаге деформации заключается в изменении кинематики рабочего инструмента, которая будет усиливать искажение зеренной структуры материала. Новый способ ППД наружных цилиндрических поверхностей деталей машин, отличающийся тем, что деформирующий элемент инструмента является

индентором с двумя рабочими профильными радиусами, при этом инструменту дополнительно сообщают вращательное движение относительно оси, проходящей через плоскость, соединяющей два ролика и перпендикулярно к оси заготовки [4]. При вращении ролика вокруг вертикальной оси у–у происходит наложение пластических полей разных ориентаций по направлению, что должно способствовать «перемешиванию» структуры в поверхностном слое и эффективность обработки должна быть еще выше.

Методика экспериментальных исследований. Исследования проведены на цилиндрических образцах диаметром 16 мм, изготовленных из стали 45 на токарном станке 1К62. Для локального упрочнения использовали цилиндрический ролик из стали У10А, диаметром 30 мм с радиусом профиля $r = 5$ мм. В качестве технологической смазки использовали масло И-40А. Режим обработки: подача $s = 0,21$ мм/об, глубина внедрения ролика (натяг) 0,1 мм, частота вращения заготовки $n = 125$ мин⁻¹.

Обкатывание двухрадиусным роликом выполнено на токарном обрабатывающем центре DMG NEF400 с глубиной внедрения также 0,1 мм. Подача и частота вращения инструмента приняты соответственно $s = 0,2$ мм/об, $n_z = 100$ мин⁻¹, $n_{инс} = 1200$ мин⁻¹. Инструмент изготовлен из стали У10А.

Результаты эксперимента. Ниже показано влияние приведенных выше схем упрочнения на основные характеристики качества поверхностного слоя: шероховатость, поверхностная твердость, остаточные напряжения, микроструктура и глубина наклепа.

- **Шероховатость.** На рисунке 1 показана профилограмма шероховатости при обкатке двухрадиусным роликом и при обкатке роликом, из которого видно, что высота и степень заполнения впадин микронеровностей лучше получены при обработке двухрадиусным роликом. На рисунке 2 показаны зависимости показателей шероховатости от схемы обработки. Величины показателей шероховатости перед упрочнением образцов имели следующие значения: $R_a = 1,7$ мкм, $R_z = 13$ мкм. После обкатки роликом величины R_z и R_a снижаются соответственно в 2 и 2,2 раза. Наилучшую шероховатость получили при обкатке двухрадиусным роликом. При этом R_z уменьшилось в 2,9 раз, R_a – в 3,5 раза.

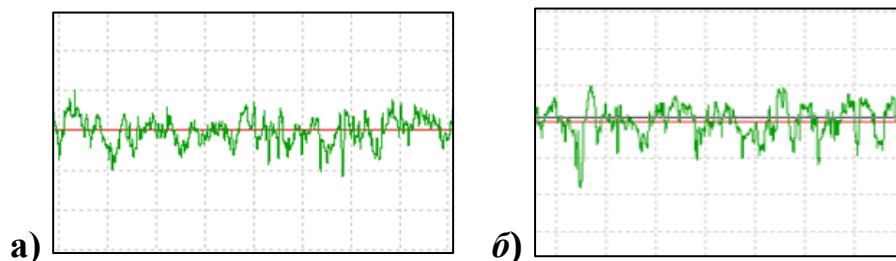


Рисунок 1 - Профилограмма шероховатости при обкатке двухрадиусным роликом (а) и обкатке роликом (б)

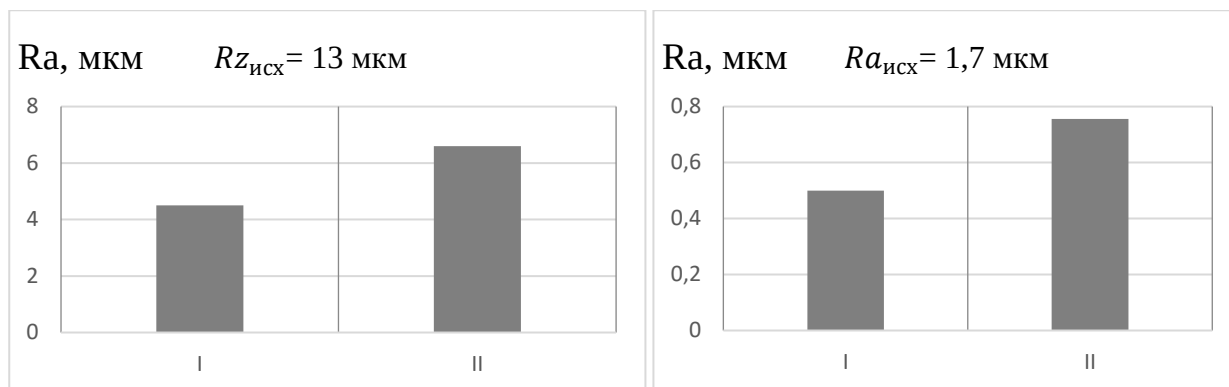


Рисунок 2 - Зависимость показателей шероховатости Rz и Ra от способа обработки: I - обкатка двухрадиусным роликом, II - обкатка роликом

• **Поверхностная твердость.** На рисунке 3 показана зависимость поверхностной твердости от способа обработки. При обкатке двухрадиусным роликом поверхностный слой деформируется многократно и в большей мере, чем при обкатке цилиндрическим роликом. В результате твердость увеличивается соответственно на 9,4% и 3,5% по сравнению с исходной твердостью.

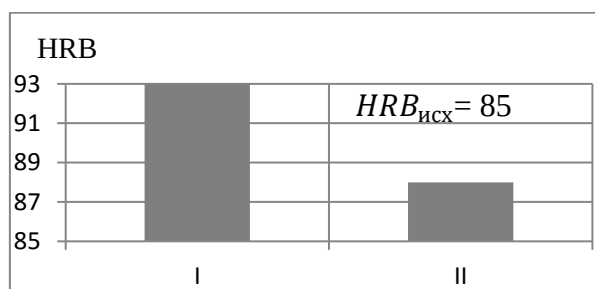


Рисунок 3 - Поверхностная твердость в зависимости от способов обработки:

I - обкатка двухрадиусным роликом, II - обкатка роликом

• **Остаточные напряжения.** Результаты измерения остаточных напряжений рентгеновским способом показаны на рисунке 4, из которого видно, что остаточные осевые напряжения имеют большие значения, чем остаточные тангенциальные. При обкатке двухрадиусным роликом значение поверхностных остаточных напряжений повышается в 1,2 – 1,5 раза по сравнению с обкаткой цилиндрическим роликом. При этом отношение осевых и тангенциальных напряжений составляет 1,7 – 2, что согласуется с литературными данными [5].

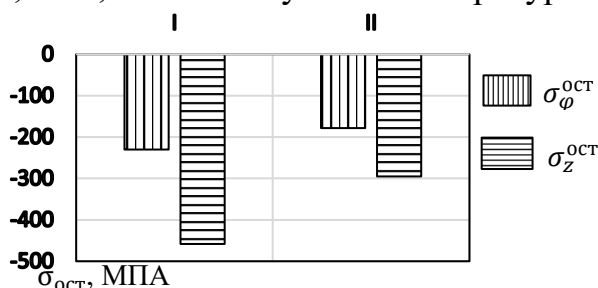


Рисунок 4 - Остаточные напряжения на цилиндрической поверхности при различных схемах обработки: I - обкатка двухрадиусным роликом, II - обкатка цилиндрическим роликом

• **Микротвердость и глубина наклепа.** На рисунке 5 показано распределение микротвердости по поперечному сечению в зависимости от способов обработки.

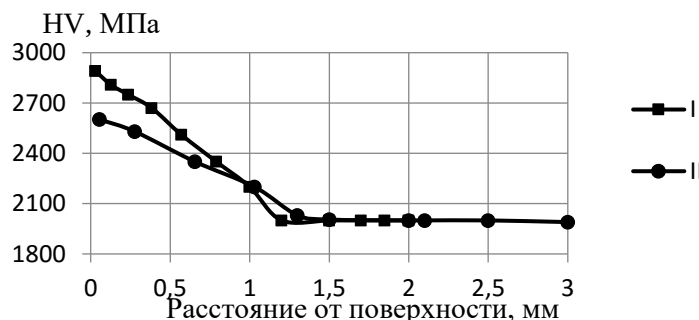


Рисунок 5 - Распределение микротвердости по поперечному сечению образцов в зависимости от способов обработки: I - обкатка двухрадиусным роликом, II - обкатка роликом

Локальный процесс упрочнения двухрадиусным роликом по сравнению с обкаткой цилиндрическим роликом позволяет получить меньше глубину пластической зоны и больше градиент изменения и значение микротвердости.

Выводы.

1. Обкатка двухрадиусным роликом дает наилучшую шероховатость (уменьшается в 2,9 - 3,5 раза) и поверхностную твердость (повышается на 8,2%) по сравнению с другими схемами обработки. Но при этом получена наименьшая глубина наклепа (1,2 мм).

2. Результаты экспериментальных исследований позволяют выбрать способ упрочнения для получения заданных характеристик качества поверхностного слоя деталей машин. Полученные результаты дают основание для разработки комбинированных способов ППД для получения высокого качества поверхности по ряду показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.

2. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000. 320 с.

3. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В.М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. М.: Машиностроение, 2007. 399 с.

4. Зайдес С.А., Нго К. К. Повышение напряженного состояния в очаге деформации при поверхностном пластическом деформировании цилиндрических деталей// Известие высших учебных заведений. Машиностроение. 2017. № 5. С. 52–59.

5. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2002. 300 с.