

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-48-12-14>

ОЦЕНКА ИЗГИБНОЙ ЖЁСТКОСТИ ДЕТАЛЕЙ, УПРОЧНЁННЫХ РЕВЕРСИВНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

Нгуен Ван Чунг¹, Нгуен Хыу Хай¹, Зайдес С.А.²

¹*Офицерское училище Военно-Воздушных Сил, Нячанг, Вьетнам;*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия*

Ключевые слова: реверсивное выглаживание, изгибная жёсткость, тороидальный ролик, механические свойства материалов, поверхностная пластическая деформация, обкатывание.

Аннотация. В работе представлено экспериментальное исследование влияния реверсивного выглаживания на механическую жёсткость деталей типа валов и осей. Сравнительный анализ проведён между неупрочнёнными образцами, образцами после обкатки тороидальным роликом и образцами после реверсивного выглаживания. Результаты испытаний показали значительное повышение изгибной жёсткости при применении реверсивного выглаживания.

EVALUATION OF THE BENDING STIFFNESS OF COMPONENTS STRENGTHENED BY REVERSIBLE BURNISHING

Nguyen Van Chung¹, Nguyen Huu Hai¹, Zaides S.A.²

¹*Air Force Officer College, Nha Trang, Viet Nam;*

²*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

Keywords: reversible burnishing, bending stiffness, toroidal roller, mechanical properties of materials, surface plastic deformation, roller burnishing.

Abstract. This study presents an experimental investigation into the effect of reversible burnishing on the mechanical stiffness of shaft- and axle-type components. A comparative analysis was carried out between untreated specimens, specimens processed with a toroidal roller, and those subjected to reversible burnishing. The results of the bending tests demonstrated a significant increase in flexural stiffness when reversible burnishing was applied.

Повышение эксплуатационной надёжности и долговечности деталей машин остаётся одной из приоритетных задач современного машиностроения [1]. Особенно остро она стоит при обработке длинномерных, гибких деталей, таких как валы и оси, где традиционные методы термического упрочнения оказываются либо недостаточно эффективными, либо технологически сложными и дорогостоящими.

Одним из перспективных направлений является применение методов поверхностной пластической деформации (ППД), которые позволяют не только улучшить механические свойства поверхностного слоя, но и повысить общую жёсткость детали без значительного увеличения массы и изменения геометрии. Среди них всё большее внимание привлекает способ реверсивного выглаживания [2], сочетающий локальное пластическое воздействие с колебательным нагружением.

Ранее выполненные исследования показали, что реверсивное выглаживание позволяет получить поверхностный слой упрочнённых деталей

с высоким качеством: существенно уменьшить размеры зеренной структуры материала, повысить степень упрочнения и глубину наклепанного слоя, сформировать сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое [3]. Однако вопрос влияния этого способа упрочнения на изгибную жёсткость упрочнённых деталей, особенно в сравнении с традиционным обкатыванием, требует дополнительного экспериментального исследования.

Целью настоящей работы является экспериментальная оценка изгибной жёсткости цилиндрических образцов, обработанных различными способами ППД, с акцентом на сравнительный анализ эффективности реверсивного выглаживания.

Экспериментальные исследования. Методики проведения процессов поверхностной пластической деформации, включая реверсивное выглаживание и обкатывание тороидальным роликом, подробно изложены в ранее опубликованной работе [4]. В настоящем исследовании основное внимание уделяется анализу экспериментальных результатов, полученных при сравнении изгибной жёсткости деталей, обработанных указанными способами.

В рамках эксперимента использовали цилиндрические образцы из стали 45 диаметром 18 мм и длиной 350 мм. Для оценки механической жёсткости при изгибе проводили испытания на универсальной двухколонной машине INSTRON модели 5980. Образцы устанавливали на опоры с пролётом 300 мм и нагружались сверху цилиндрическим индентором. Максимальная нагрузка составляла 1,9 кН и прикладывалась ступенчато.

После каждого этапа нагружения измерялся максимальный прогиб образца ($f_{\max}$), на основании чего рассчитывался коэффициент изгибной жёсткости (λ) по формуле $\lambda = F_{\max} / f_{\max}$, где $F_{\max}$ – приложенная нагрузка.

На рисунке 1 приведены усреднённые значения жёсткости для типов обработки. Сравнительный анализ показал, что реверсивное выглаживание обеспечивает наибольшую сопротивляемость изгибной деформации. В сравнении с неупрочнёнными образцами, жёсткость увеличивалась в среднем на 67,5%, а по сравнению с традиционным обкатыванием – на 47,5%. Это указывает на более глубокое упрочнение при использовании реверсивных колебаний и более благоприятное распределение остаточных напряжений в поверхностном слое.

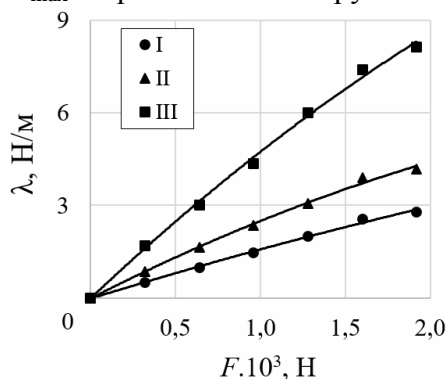


Рис. 1. Влияние различных способов поверхностной пластической деформации на коэффициент изгибной жёсткости: I – образцы без обработки; II – упрочнение обкаткой тороидальным роликом; III – реверсивное выглаживание

Заключение

Экспериментально установлено, что реверсивное выглаживание значительно повышает изгибную жёсткость стальных деталей типа валов. Это подтверждает перспективность способа для повышения прочностных характеристик в машиностроении, особенно при обработке длинномерных гибких заготовок.

Список литературы

1. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
2. Патент №2758713 РФ. Способ поверхностного пластического деформирования наружных поверхностей тел вращения / С.А. Зайдес, Хыу Хай Нгуен. – Заявка №2021100553 от 14.01.2021; опубл. 01.11.2021, Бюл. №31.
3. Зайдес С.А., Нгуен Хыу Хай. Влияние реверсивного поверхностного пластического деформирования на изменение зеренной структуры углеродистой стали // Черные металлы. – 2023. – №6. – С. 61-70. – doi.org/10.17580/chm.2023.06.09.
4. Зайдес С.А., Нгуен Хыу Хай. Анализ и выбор способа поверхностного пластического деформирования для повышения эффективности упрочнения цилиндрических деталей машин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2025. – №3(780). – С. 77-85.

References

1. Odintsov L.G. Strengthening and finishing of parts by surface plastic deformation. – M.: Mechanical Engineering, 1987. – 328 p.
2. Patent No. 2758713 RU. Method of surface plastic deformation of outer surfaces of bodies of revolution / S.A. Zaides, Huu Hai Nguyen. – Appl. No. 2021100553 from 14.01.2021; publ. 01.11.2021, Bul. No. 31.
3. Zaides S.A., Nguyen Huu Hai. Influence of reversible surface plastic deformation on the grain structure change of carbon steel // Ferrous Metals. 2023, no. 6, pp. 61-70. doi.org/10.17580/chm.2023.06.09.
4. Zaides S.A., Nguyen Huu Hai. Analysis and selection of a surface plastic deformation method to improve the strengthening efficiency of cylindrical machine parts // Proceedings of Higher Educational Institutions. Mechanical Engineering. 2025, no. 3(780), pp. 77-85.

Нгуен Ван Чунг – кандидат технических наук, декан факультета базовой техники	Nguyen Van Chung – candidate of technical sciences, dean of the Faculty of basic engineering
Нгуен Хыу Хай – кандидат технических наук, преподаватель	Nguyen Huu Hai – candidate of technical sciences, lecturer
Зайдес Семен Азикович – доктор технических наук, профессор nquan6799@gmail.com	Semyon Azikovich Zaides – doctor of technical sciences, professor

Received 25.06.2025