

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-49-20-23>

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ, УПРОЧНЁННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Нгуен Тхань Ван, Нгуен Хыу Хай

Офицерское училище Военно-Воздушных Сил, Нячанг, Вьетнам

Ключевые слова: реверсивное выглаживание, коррозионной стойкости, тороидальный ролик, шероховатость, поверхностное пластическое деформирование, серная кислота.

Аннотация. В статье представлена оценка коррозионной стойкости деталей, упрочнённых различными методами поверхностной пластической деформации, в агрессивных средах на основе серной кислоты. Исследовано влияние способов поверхностной пластической деформации, включая обкатку тороидальным роликом, обкатку вращающимся двухрадиусным роликом и реверсивное выглаживание, на скорость коррозии поверхности при различных концентрациях H_2SO_4 (от 0 до 60%) и температуре 25°C. Экспериментальные данные демонстрируют, что реверсивное выглаживание обеспечивает наименьшую скорость коррозии, снижая ее на 64% по сравнению с неупрочнёнными образцами. Результаты испытаний показали значительное повышение коррозионной стойкости при применении реверсивного выглаживания.

EVALUATION OF THE CORROSION RESISTANCE OF PARTS STRENGTHENED BY VARIOUS METHODS OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION

Nguyen Thanh Van, Nguyen Huu Hai

Air Force Officer College, Nha Trang, Viet Nam

Keywords: reversible burnishing, corrosion resistance, toroidal roller, surface roughness, surface plastic deformation, sulfuric acid.

Abstract. The article presents an assessment of the corrosion resistance of components strengthened by various methods of surface plastic deformation in aggressive media based on sulfuric acid. The influence of surface plastic deformation techniques – including toroidal roller burnishing, rotating two-radius roller burnishing, and reversible smoothing – on the surface corrosion rate was investigated at different H_2SO_4 concentrations (from 0 to 60%) and at a temperature of 25°C. Experimental data demonstrate that reversible smoothing provides the lowest corrosion rate, reducing it by 64% compared to unstrengthened samples. The test results indicate a significant improvement in corrosion resistance when reversible burnishing was applied.

Коррозия представляет собой один из наиболее опасных и широко распространённых процессов деградации металлических материалов, активно применяемых в промышленности. Под воздействием химических и электрохимических реакций происходит постепенное разрушение поверхности металла, что ведёт к снижению прочности и полной утрате эксплуатационных свойств деталей машин и конструкций [1]. Последствия коррозионного износа выражаются не только в преждевременном выходе из строя отдельных узлов и агрегатов, но и в возникновении аварийных ситуаций, связанных с потерей надёжности оборудования. По оценкам

специалистов, мировые потери металла вследствие коррозионных процессов ежегодно составляют до 10% от объёма его добычи, что оказывает серьёзное влияние на экономику и безопасность производства.

В связи с этим актуальной задачей современного машиностроения является поиск эффективных методов повышения стойкости металлических деталей к воздействию коррозионной среды. Одним из наиболее перспективных направлений является поверхностное пластическое деформирование (ППД), которое позволяет упрочнять поверхностный слой, увеличивать твёрдость и износостойкость, формировать остаточные сжимающие напряжения, снижать микронеровности поверхности и повышать сопротивление коррозионной усталости [2]. Существует несколько способов ППД, таких как роликовое упрочнение, торцевое протяжение и реверсивное выглаживание. Среди них способ реверсивного выглаживания с применением тороидального ролика представляет особый интерес, поскольку, по данным предыдущих исследований, он способен модифицировать структуру поверхностного слоя и формировать равномерный поверхностный слой деталей [3].

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

Экспериментальные исследования. Подробное описание методик проведения поверхностной пластической деформации, в том числе реверсивного выглаживания, обкатка вращающимся двухрадиусным роликом, обкатывания тороидальным роликом, представлено в ранее опубликованной работе [4]. В данной работе основной акцент сделан на анализе экспериментальных данных, полученных при сравнении изгибной жёсткости деталей, обработанных указанными способами.

Для оценки коррозионной стойкости металлических образцов применялась серная кислота (H_2SO_4) с массовыми концентрациями 20%, 40% и 60%. Выбор кислоты обусловлен её широким применением в лабораторных исследованиях коррозионной активности и возможностью моделирования агрессивных условий эксплуатации. Средняя скорость коррозии V_{cp} рассчитывалась за время опыта τ по стандартной формуле:

$$V_{cp} = \Delta m / (S \cdot \tau),$$

где Δm – изменение массы образца в ходе эксперимента; S – площадь поверхности образца, m^2 . Данный метод является общепринятым для количественной оценки коррозионной активности материалов.

Перед началом испытаний образцы проходили процедуру обезжиривания и сушки, что исключало влияние загрязнений и обеспечивало достоверность результатов. Масса каждого образца измерялась на аналитических весах HR-150AR с точностью до 0,0001 г, что соответствует требованиям стандартов точных измерений в металлургических исследованиях.

После первичного взвешивания образцы аккуратно погружали в стаканы с подготовленными растворами серной кислоты, фиксируя время начала опыта для каждого образца. Все коррозионные испытания проводились в вытяжном шкафу, обеспечивающем безопасные условия работы с агрессивными химическими реагентами. По истечении заданного времени выдержки образцы извлекались, промывались дистиллированной водой, сушились и повторно взвешивались для определения массы после воздействия коррозионного агента.

На рисунке 1 представлена зависимость скорости коррозии поверхности деталей, упрочненных различными способами поверхностной пластической деформации (ППД), от концентрации серной кислоты в растворе при температуре 25°C. Как видно из графика, увеличение содержания H_2SO_4 приводит к интенсификации коррозионных процессов для всех анализируемых способов ППД, при этом кривые имеют нелинейный возрастающий характер с тенденцией к асимптотическому приближению к максимальным значениям при концентрациях свыше 40-50%.

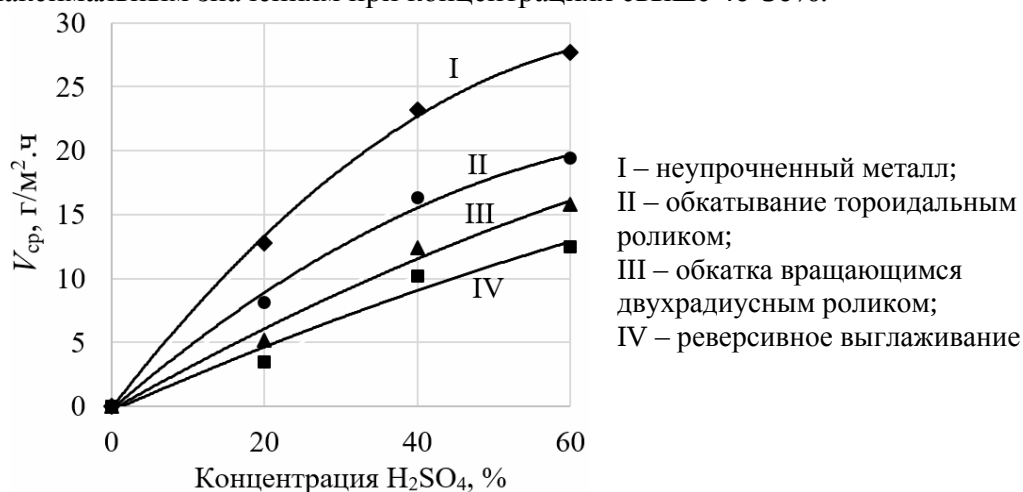


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии поверхности деталей, упрочненных различными способами поверхностной пластической деформации, от концентрации серной кислоты в растворе при температуре 25°C

Среди рассмотренных способов ППД наименьшая интенсивность коррозии наблюдается при реверсивном выглаживании (кривая IV), где скорость разрушения поверхности существенно ниже по сравнению с другими вариантами. В частности, относительно неупрочненного металла (кривая I) применение обкатки тороидальным роликом (кривая II) позволяет снизить скорость коррозии примерно на 34%, обкатки вращающимся двухрадиусным роликом (кривая III) – на 51%, а реверсивного выглаживания (кривая IV) – на 64 %. Данные различия особенно проявляются в области средних и высоких концентраций кислоты, что подчеркивает эффективность реверсивного выглаживания для повышения коррозионной стойкости в агрессивных средах.

Закключение

Экспериментально показано, что реверсивное выглаживание значительно повышает коррозионную стойкость стальных деталей. Полученные результаты подтверждают перспективность данного способа для улучшения эксплуатационных 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. Зайдес С.А., Нгуен Хью Хай. Влияние параметров реверсивного поверхностного пластического деформирования на шероховатость упрочненных деталей // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19, №1. – С. 120-130.
3. Зайдес С.А., Нгуен Хью Хай. Механические свойства упрочненного слоя при реверсивном поверхностном пластическом деформировании // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 19, №7(223). – С. 304-311.
4. Зайдес С.А., Нгуен Хью 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. Zaides S.A., Nguyen Huu Hai. Influence of reversible surface plastic deformation parameters on the roughness of strengthened parts // Bulletin of Voronezh state technical university. 2023, vol. 19, no. 1, pp. 120-130.
3. Zaides S.A., Nguyen Huu Hai. Mechanical properties of the strengthened layer under reversible surface plastic deformation // Strengthening technologies and coatings. 2022, vol. 19, no. 7(223), pp. 304-311.
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 // News of higher educational institutions. Mechanical Engineering. 2025, no. 3(780), pp. 77-85.

Нгуен Тхань Ван – преподаватель	Nguyen Thanh Van – lecturer
Нгуен Хью Хай – кандидат технических наук, преподаватель	Nguyen Huu Hai – candidate of technical sciences, lecturer
nquan6799@gmail.com	

Received 15.09.2025