

Mashinostroenie, 1975. – 343 p. (Rus.)

6. Novikov F.V. Energy approach to the estimation of surface roughness in diamond abrasive machining / F.V. Novikov, V.P. Tkachenko // Bulletin NTU «KPI». Collected papers. Thematic Issue: Engineering Technologies. – Kharkiv: NTU «KPI», 2002. – № 19. – P. 142-145. (Ukr.)

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 18.04.2014

УДК 621.791.052.620.18

© Самотугин С.С.¹, Гагарин В.А.²

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ПОВЕРХНОСТНЫМ УПРОЧНЕННЫМ СЛОЕМ ПОСЛЕ АБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ

Представлены результаты исследований изменения шероховатости поверхности после плазменного упрочнения и последующего изнашивания. Проверялось влияние размещения упрочненных зон на поверхности по отношению к направлению взаимного скольжения деталей на изменение шероховатости после изнашивания.

Ключевые слова: плазменное упрочнение, дискретная обработка, микрорельеф, износостойкость.

Самотугін С.С., Гагарін В.О. Дослідження мікрорельєфу поверхні деталей з поверхневим зміцненим шаром після абразивного зношування. Представлені результати досліджень зміни шорсткості поверхні після плазмового зміцнення і подальшого зношування. Перевірявся вплив розміщення зміцнених зон на поверхні по відношенню до напрямку взаємного ковзання деталей на зміну шорсткості після зношування.

Ключові слова: плазмове зміцнення, дискретна обробка, мікрорельєф, зносостійкість.

S.S. Samotugin, V.O. Gagarin. Research of details surface micro-relief with the superficial work-hardened layer after an abrasive wear. The results of researches of surface roughness changes are presented after the plasma work-hardening and subsequent wear. Influence of placing of the work-hardened zones was checked up on surfaces in relation to direction of the mutual skidding of details on the change of roughness after a wear.

Keywords: plasma work-hardening, discrete treatment, micro-relief, wear resistance.

Постановка проблемы. Одним из наиболее перспективных направлений развития упрочняющих технологий в машиностроении является поверхностное упрочнение сталей и сплавов высококонцентрированными источниками нагрева (ВКИН) – лазерным лучом, электронным лучом, плазменной струей. Благодаря локальному и сверхскоростному тепловому воздействию создаются возможности получения более высоких значений твердости, прочности, вязкости разрушения в сравнении с объемной обработкой или традиционными способами поверхностного упрочнения. Это обусловлено прежде всего образованием в поверхностном слое высокодисперсной мартенситной структуры с намного более высокой плотностью дислокаций. Из способов упрочнения ВКИН более экономичным, производительным и доступным является плазменное упрочнение [1].

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, gagarin_v_a@ukr.net

Известно, что одним из основных свойств фрикционного контакта является его дискретность (несплошность). При сближении тел под действием нагрузки их контакт происходит по отдельным пятнам с высоким давлением, оказывающим существенное влияние на все процессы контактного взаимодействия и изнашивания поверхностей [2]. Объем межконтактного пространства определяет максимальное количество смазочного материала, удерживаемого в контакте, при отсутствии гидростатических и гидродинамических эффектов.

Отклонения от правильной формы поверхности имеют большое влияние на характер работы контактирующих поверхностей. От волнистости зависит площадь контакта и, соответственно, контактные напряжения. От шероховатости зависит коэффициент трения, плавность перемещений, время приработки, износостойкость. Поверхности, которые подвергались поверхностному упрочнению, приобретают новые свойства повышающие ресурс машин, но при этом нужно учитывать множество факторов возникающих в процессе эксплуатации.

Волнистость поверхности влияет на износостойкость. Возрастание интенсивности изнашивания с увеличением высоты волны объясняется тем, что при постоянном шаге волны при увеличении ее высоты радиус кривизны вершины убывает. Отсюда следует увеличение контактных напряжений. Увеличение шага волн имеет двойное влияние. С одной стороны уменьшается контактная площадь за счет уменьшения количества волн. С другой стороны, увеличивается радиус вершин волн и, следовательно, уменьшается контактное напряжение. Суммарное влияние на износостойкость шага волн и радиуса кривизны волны зависит от результирующего влияния этих факторов.

Упрочненные зоны имеют площадку с постоянной твердостью и после периода приработки, когда мягкие участки изнашиваются, зоны контакта будут иметь форму близкую к плоской (рис. 1). Т.е. при работе таких поверхностей контакт будет происходить на площади заданной шириной упрочненных зон и их шагом.

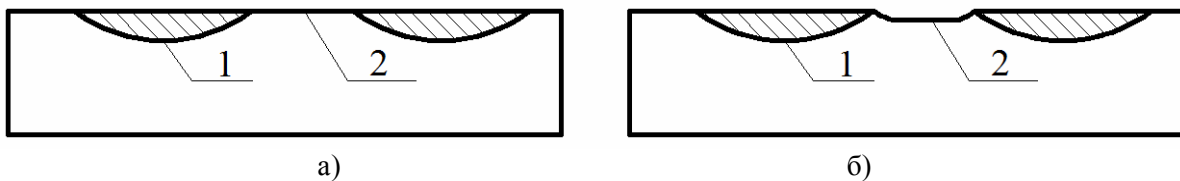


Рис. 1 – Схема образца с упрочненными зонами: а – до приработки; б – после приработки; 1 – упрочненная зона, 2 – неупрочненная зона

Согласно нормативам, в сопряжении, деталь длина которой больше (направляющие стонков), должна иметь более высокую твердость. Неровности рельефа таких деталей, при наличии значительной шероховатости, могут отпечататься на более мягкой сопряженной поверхности.

Острые, твердые вершины неровностей могут выступать как режущие кромки и, в зависимости от ориентации, определяемой видом и направлением обработки, врезаться в сопряженную поверхность. В случае откола такие неровности будут работать подобно абразиву.

Для уменьшения такого явления необходимо уменьшать высоту и радиус вершин микронеровностей. Для предотвращения образования следов от регулярного рельефа дискретно упрочненных поверхностей необходимо обеспечить нанесение упрочненных зон под углом к направлению взаимного перемещения деталей.

При трении скольжения, независимо от изменения в относительно широких пределах исходной шероховатости рабочих поверхностей тел, к концу приработки устанавливается для каждой из поверхностей пары скольжения определенная, свойственная данному сочетанию материалов и условиям трения шероховатость, сохраняющая стабильность при дальнейшем постоянном режиме трения [2].

Анализ последних исследований и публикаций. В процессе трения и износа деталей машин микрогеометрия поверхностей претерпевает значительные изменения. При этом наибольшие изменения испытывает более мягкая из сопрягаемых поверхностей. Ее шероховатость приближается к шероховатости твердого контртела до тех пор, пока не достигнет некоторого оптимального значения, характерного для данного режима трения. Изменение шероховатости

поверхности происходит при трении и изнашивании вследствие процессов пластического отеснения, усталостного разрушения и, в некоторых случаях, микрорезания и глубинного вырывания. Поскольку шероховатость поверхности оказывает существенное влияние на все процессы, протекающие в области контакта взаимодействующих тел, включая их деформирование, трение и изнашивание, большое внимание в трибологии уделяется разработке методов измерения шероховатости и способов количественного описания топографии поверхности [3].

Исследования поверхностно-упрочненных деталей и инструмента показывают, что нанесение упрочненных зон градиентного строения и чередующимися твердыми и мягкими участками [4] с шагом, превышающим ширину зоны, не только не уменьшает износостойкость, но и позволяет ее увеличить.

Цель статьи – выяснить влияние шероховатости на износостойкость упрочненной поверхности дискретного строения.

Изложение основного материала. Образцы для испытаний размером 50x40x15мм из стали 90ХФ фрезеровались, затем подвергались плазменной поверхностной закалке без оплавления. Обработка производилась с зазором между упрочненными зонами, равными половине ширины упрочненной зоны (рис. 2). Средняя высота микронеровностей поверхности образцов после фрезерования 20 мкм.

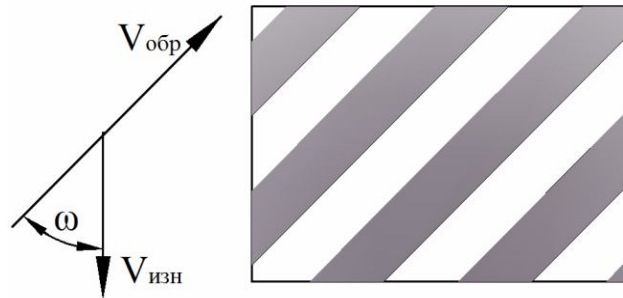


Рис. 2 – Схема расположения упрочненных зон на образце ($V_{изн}$ – направление изнашивания, $V_{обр}$ – направление обработки)

Образцы истирались на установке трения по методу абразивной прослойки. В качестве абразива использовался морской песок с фракцией 0.5мм. После окончания испытаний проводилось измерение шероховатости при помощи профилограф-профилометра мод. 201 завода «Калибр».

Профилограммы шероховатости поверхности исходного материала, упрочненной поверхности и после изнашивания представлены на рис. 3.

Исследования показали, что после плазменной обработки без оплавления шероховатость не ухудшается [2]. Наоборот, за счет микрооплавления вершин микронеровностей получающих наибольшее тепловложение и имеющие минимальный объем, шероховатость незначительно снижается, вершины неровностей скругляются (рис. 3(б)). Происходит значительное увеличение радиусов кривизны микронеровностей, отношение высоты неровностей к радиусу уменьшается. Абразивные элементы, вследствие большей пологости микронеровностей будут меньше деформировать поверхностные слои упрочненной детали. В свою очередь микронеровности поверхностно упрочненной детали ввиду больших радиусов вершин не будут столь же интенсивно царапать сопряженную поверхность, а в случае отколов, микрочастицы будут иметь меньше острых кромок.

После изнашивания упрочненной поверхности средняя высота микронеровностей находится в пределах 40 мкм (рис. 3(в)). Это объясняется высокой износостойкостью упрочненной поверхности, которая обуславливается высокой твердостью, высокодисперсной метастабильной структурой с намного более высокой плотностью дислокаций. Изнашивание такой поверхности происходит крайне медленно, в основном за счет микрорезания. При этом, в первую очередь, будут изнашиваться вершины микронеровностей поверхности. В то же время, в период приработки интенсивно изнашиваются неупрочненные участки материала, средняя высота микроне-

ровностей которых достигнет 160мкм (рис. 3(г)). Образовавшиеся карманы будут служить для удержания смазки и по ним могут сходиться продукты износа.

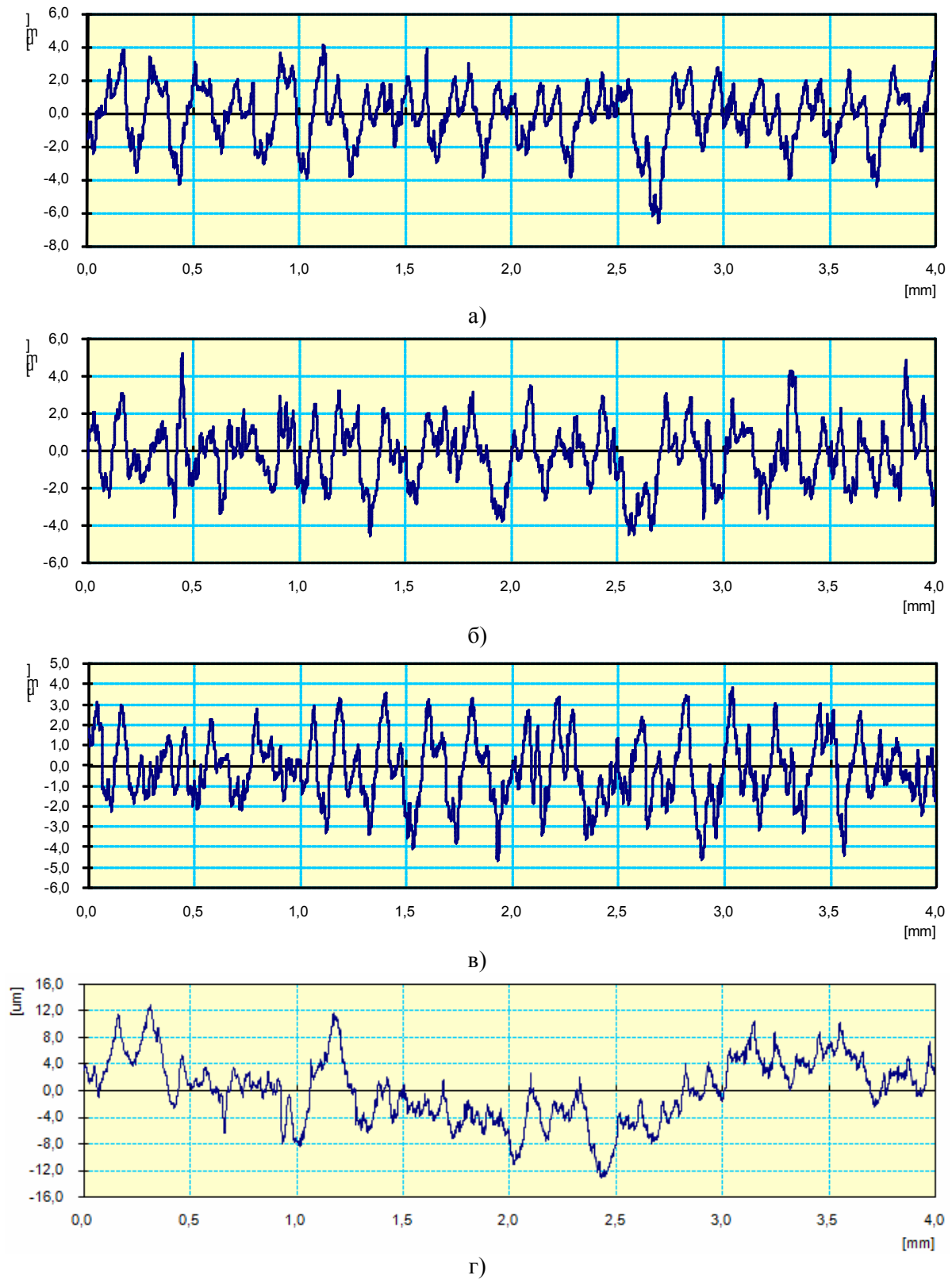


Рис. 3 – Профиллограммы образцов: а- исходное состояние, б – плазменная обработка, в – изношенная упрочненная поверхность, г – изношенная неупрочненная поверхность

При нанесении упрочненных зон на опытные образцы изменяли угол ω наклона зоны относительно направления изнашивания. Измерения показали, что максимальная шероховатость после изнашивания отмечается при совпадении направления изнашивания и упрочненных зон (рис. 4).

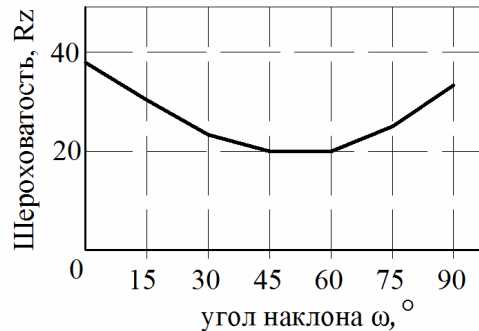


Рис. 4 – Зависимость шероховатости поверхности после изнашивания от угла наклона упрочненных зон

Независимо от вида трения, в процессе приработки исходная шероховатость поверхностей переходит в эксплуатационную, т.е. ту, при которой длительно работают эти поверхности. Приработка пары трения для перехода в установившуюся стадию изнашивания минимизировалась, если бы удалось механически обработать контактирующие поверхности так, чтобы по микрогеометрии и другим показателям они совпали с приработанными поверхностями. Опыт показывает, что продолжительность приработки тем короче и объем изношенного металла тем меньше, чем ближе исходная шероховатость трущихся поверхностей к шероховатости их после приработки.

При абразивном изнашивании трущихся деталей их приработка непродолжительна, и метод их окончательной обработки должен выбираться исходя из технико-экономических соображений [3]. Поэтому плазменная поверхностная обработка может успешно применяться для обеспечения требуемых эксплуатационных параметров – как прочностных, так и геометрических.

Выводы

1. Установлено, что плазменное упрочнение поверхности позволяет обеспечить сохранение шероховатости, образованной предшествующей механической обработкой. Упрочненные зоны, при нанесении их с определенным зазором, сохраняют заданную шероховатость в процессе изнашивания, что позволяет сохранять стабильные условия работы в контакте и обеспечивать высокую износостойкость сопряженных деталей.
2. Поверхностная закалка позволяет получить более высокую износостойкость и сохранить шероховатость близкую к исходной, если наносить упрочненные зоны под углом ω к направлению изнашивания. При этом, при значении угла $\omega = 45..60^\circ$ показатель шероховатости поверхности на упрочненных участках снижается почти в 2 раза.

Список использованных источников:

1. Самогугин С.С. Плазменное упрочнение инструментальных материалов / С.С. Самогугин, Л.К. Лещинский. – Донецк: Новый мир, 2002. – 338 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): Учебник. - 5-е изд., перераб. и доп. / Д.Н. Гаркунов. – М.: «Издательство МСХА», 2002. – 632 с, ил. 250.
3. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учебник для технических вузов. 2-е изд. перераб. и доп. / А.В. Чичинадзе [и др.]; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2001. – 664с., ил.
4. Оценка влияния градиентной плазменной модификации на напряженное состояние поверхности стальных изделий / С.С. Самогугин [и др.] // Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2012. – Вип.13. – С. 121-124.

Bibliography:

1. Samotugin S.S. Plasma work-hardening of instrumental materials / S.S. Samotugin, L.K. Leschinskiy. – Donetsk: Noviy mir, 2002. – 338 p. (Rus.)
2. Garkunov D.N. Tribotechnics (constructing, making and exploitation of machines): Textbook. - 5th publ., processed and complemented / D.N. Garkunov. – М.: «Izdatelstvo MSHA», 2002. – 632 p. (Rus.)
3. Bases of tribology (friction, wear, greasing) : textbook for technical institutions of higher learning. 2th publ. of перераб. and доп. / A.V. Chichinadze [and other]; under general release. A.V. Chichinadze. – М.: Engineer, 2001. – 664 p. (Rus.)
4. Estimation of influence of gradient plasma modification on the tense state of surface of steel-works / Samotugin S.S. [and other] // Protecting of metallurgical machines is from breakages: un. sience.works. – Mariupol: SHSE «PSTU», 2012. – pr.13. - P. 121-124. (Rus.)

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 30.04.2014

УДК 621.921

© Андилахай А.А. *

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СВОБОДНОГО АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА ПОД ОСТРЫМ УГЛОМ К ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Получены аналитические зависимости для определения энергоемкости резания при внедрении абразивного зерна под острым углом к обрабатываемой поверхности. Обоснованы условия уменьшения энергоемкости абразивной обработки свободным абразивным зерном.

Ключевые слова: струйно-абразивная обработка скорость абразивного зерна, плоскость сдвига, касательное напряжение, качество обработки, коэффициент абразивного резания.

Анділахай О.О. Визначення енергоємності при впровадженні вільного абразивного зерна під гострим кутом до оброблюваної поверхні. Отримано аналітичні залежності для визначення енергоємності різання при впровадженні абразивного зерна під гострим кутом до оброблюваної поверхні. Обґрунтовано умови зменшення енергоємності абразивної обробки вільним абразивним зерном.

Ключові слова: струменево-абразивна обробка, швидкість абразивного зерна, площину зсуву, дотичне напруження, якість обробки, коефіцієнт абразивного різання.

O.O. Andilakhay. Definition of energy consumption at implementation of free abrasive grains at an acute angle machined surfaces. Analytical dependences were obtained to determine the energy consumption in the implementation of cutting abrasive grain at an acute angle to the work surface. Justified by the condition of decreasing energy intensity abrading free abrasive grain.

Keywords: abrasive blast treatment, the rate of abrasive grains, the shear plane, the shear stress, the quality of treatment, the ratio of the abrasive cutting.

Постановка проблеми. В приборостроении и электротехнической промышленности получил применение метод абразивной обработки деталей затопленными струями, являющийся наиболее перспективным методом струйно-абразивной обработки мелких деталей малой жест-

* д-р техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, andilakhay@mail.ru