

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ТОНКОМ ШЛИФОВАНИИ

Богуцкий В.Б.

Севастопольский государственный университет, г.Севастополь

Ключевые слова: тонкое шлифование, микротвёрдость, остаточные напряжения.

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния абразивной обработки мелкозернистыми кругами на распределение по глубине поверхностного слоя детали микротвёрдости и остаточных напряжений. Показано, что возникновение в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений положительно сказывается на эксплуатационных характеристиках деталей.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL STATE OF THE SURFACE LAYER AT THIN GRINDING

Bogutsky V.B.

Sevastopol State University, Sevastopol

Keywords: thin grinding, microhardness, residual stresses.

Abstract. The article presents the results of experimental studies of the influence of abrasive treatment with fine-grained circles on the distribution of the microhardness and residual stresses along the depth of the surface layer of the part. It is shown that the occurrence of compressive residual stresses in the surface layer positively affects the operational characteristics of the parts.

В настоящее время на предприятиях машино- и приборостроения достаточно остро стоит проблема обеспечения качества выпускаемой продукции. Характеристики качества поверхности деталей, как правило, формируются при финишной обработке, такой как шлифование, которое является одним из распространенных технологических процессов [1-3 и др.].

Технологические процессы чистового и тонкого шлифования, проектируемые из условия получения заданной шероховатости, должны обеспечивать требуемое качество поверхностного слоя. При проведении исследований качество поверхностного слоя оценивалось распределением по глубине микротвёрдости и остаточных напряжений в кольцах из закаленной стали 9Х2 (HRC 55...60).

Остаточные напряжения определяли на четырех партиях колец, шлифованных кругами 24AF60L7V, 63CF70K7B и 63CF100H7BE с режимами $V_n=0,3$ м/с, $S_x=4$ мм/с, $S_t=4$ мкм/ход, снимаемый припуск при обработке – 0,03...0,04 мм. Остаточные напряжения рассчитывали по деформации колец после разрезки и снятия слоя с наружной поверхности электрополированием. Для электрополирования образец 1 (рисунок 1, а), покрытый с внутренней стороны эпоксидной смолой, на специальной державке 2 вместе с эталонным кольцом 3, покрытым со всех сторон эпоксидной смолой, погружали в ванну 4, заполненную электролитом: серная кислота – 15%, ортофосфорная кислота – 65%, хромовый ангидрид – 5%, вода – 15%. Для стравливания поверхностного слоя к полируемому

образцу 1 и катоду 5 подводили постоянный ток. Плотность тока при электрополировании поддерживали равной 2500 а/м^2 , температуру ванны в пределах $28...30 \text{ }^\circ\text{C}$. Для непрерывной регистрации деформаций кольца при его электрополировании на рабочее и эталонное кольцо наклеивали тензодатчики сопротивлением 200 Ом, которые по схеме моста подключались к тензостанции. Обработку результатов измерений проводилась на компьютере.

Исследование распределения микротвердости в поверхностных слоях выполняли на образцах, шлифованных кругами 63CF70K7В и 63CF100Н7ВЕ. Микротвёрдость замерялась на приборе ПМТ-3 с 10...15-ти кратной повторяемостью при нагрузке 20 г. После каждого замера с образца стравливали $1,5...3 \text{ мкм}$. Величину слоя определяли по записям профилограммы поверхности, и на профилографе-профилометре модели 201, для чего часть её перед травлением покрывали резиновым клеем. Пример определения толщины стравленного слоя по профилограмме приводится на рисунке 1, б).

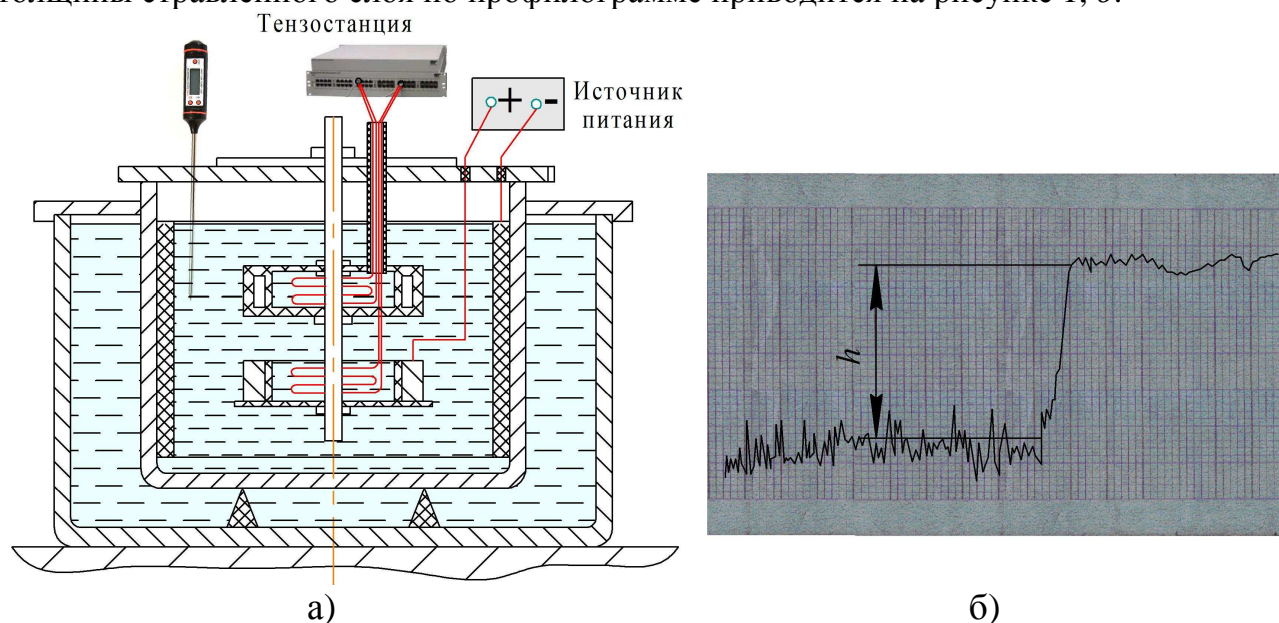


Рис. 1. Схема установки для электрополирования колец при определении остаточных напряжений (а) и пример определения глубины стравленного слоя по профилограмме поверхности (б)

Результаты проведенных экспериментов показали, что в тончайших поверхностных слоях деталей, шлифованных мелкозернистыми кругами, повышается микротвёрдость (рисунок 2, а) и появляются остаточные напряжения сжатия (рисунок 2, б).

Особенностью изменений физико-механических свойств по глубине является отсутствие слоя с пониженной микротвердостью. При шлифовании кругами с зернистостью F36...F70 его появление обусловлено структурными изменениями, возникающими при высоких температурах в зоне контакта шлифовального круга с деталью. При обработке мелкозернистыми кругами F100 и F180 максимальная глубина микрорезания снижается до $0,002...0,004 \text{ мм}$, размер зоны контакта до $0,15...0,2 \text{ мм}$, время контакта поверхности с инструментом до $1,8 \times 10^{-4}...4,2 \times 10^{-4} \text{ с}$., скорость нагрева и охлаждения поверхностного слоя до $1,9 \times 10^6...4,1 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C/с}$. При таких скоростях термических процессов возникновение отпущенного слоя маловероятно. По данным [4-6 и др.], его возникновение возможно только в узком диапазоне температур (при шлифовании стали $710...760 \text{ }^\circ\text{C}$).

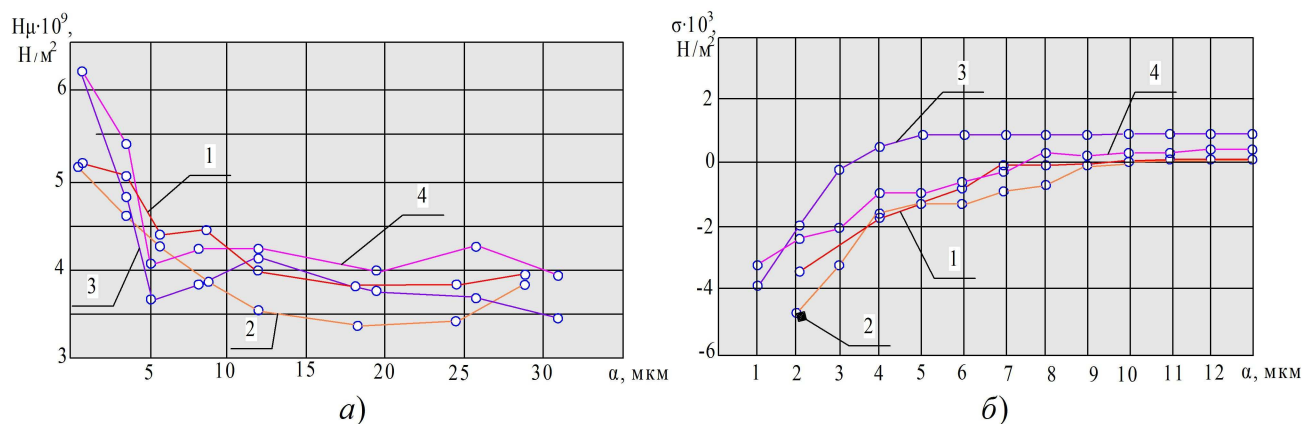


Рис. 2. Распределение микротвердости (а) и эпюры остаточных напряжений (б) в поверхностных слоях образцов из закаленной стали 9Х2 при шлифовании кругами: 1, 2 – 63CF100Н7ВЕ; 3, 4 – 63CF70К7В при $V_n=0,3$ м/с, $S_x=4,2$ мм/с, $S_t=2$ мкм/ход

Снижение шероховатости поверхности и возникновение в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений положительно сказываются на эксплуатационных характеристиках деталей. Так, например, испытания проведенные на АО «ЗАВОД «ФИОЛЕНТ» показали, что применение чистового шлифования для финишной обработки шеек роторов ручного электроинструмента позволило повысить стойкость узла шейки ротора – подшипник скольжения на 12%.

Список литературы

1. Зубарев Ю.М., Кремень З.И., Ермаков Ю.М., Степанов Ю.С. Современные конкурентноспособные технологии абразивно-алмазной обработки заготовок // Справочник. Инженерный журнал. 2011. №5. С. 39-42.
2. Ioan D. Marinescu, Mike P. Hitchiner. Handbook of Machining with Grinding Wheels. Second Ed. CRC Press, 2016. – 750 p.
3. Богущий В.Б. Направления развития процесса абразивной обработки для обеспечения качества поверхностного слоя деталей // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2019. №7. С. 117-119.
4. Tsunemoto K., Katsuo S. Grinding temperature within contact arc between wheel and workpiece in high-efficiency grinding of ultrahard cutting tool materials // Journal of materials processing technology. 2003. Vol. 136. P. 39-47.
5. Евсеев Д.Г. Формирование свойств поверхностных слоев при абразивной обработке. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1975. – 127 с.
6. Богущий В.Б. Сравнительный анализ процесса шлифования плоских поверхностей кругами с прерывистым и сплошным рабочим профилем // Вестник современных технологий. 2019. №4(16). С. 36-41.

Сведения об авторе:

Богущий Владимир Борисович – к.т.н., СевГУ, г. Севастополь.