

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Гордеева Э.С.

Севастопольский государственный университет, г.Севастополь

Ключевые слова: износостойкость, поверхностный слой, методы упрочнения, электромеханическая обработка, структурные и фазовые превращения, температура отпуска, микротвердость.

Аннотация. Показаны основные процессы изменения структуры и свойств поверхностного слоя стали при электромеханической обработке. Проведены исследования, которые позволили проанализировать влияние температуры отпуска на интенсивность износа, и установлены закономерности изменения износостойкости. Сделаны выводы о необходимости назначения оптимальных режимов электромеханической обработки.

INFLUENCE OF ELECTROMECHANICAL TREATMENT ON THE WEAR RESISTANCE OF CARBON STEELS

Gordeeva E.S.

Sevastopol State University, Sevastopol

Keywords: wear resistance, surface layer, hardening methods, electromechanical processing, structural and phase transformations, tempering temperature, microhardness.

Abstract. The main processes of changing the structure and properties of the surface layer of steel during Electromechanical processing are shown. Studies were carried out that allowed us to analyze the effect of the tempering temperature on the intensity of wear and established patterns of change in wear resistance. Conclusions are drawn about the need to assign optimal modes of Electromechanical processing.

Состояние поверхностного слоя зависит от сопротивления материалов изнашиванию и условий эксплуатации [1,2]. Целенаправленное формирование в поверхностном слое металла определенного комплекса свойств способствует созданию благоприятной внутренней напряженности повышенной твердости, структурно-однородного мелкокристаллического строения материала и повышению эксплуатационной эффективности деталей машин. Различные методы упрочняющих обработок оказывают существенное влияние на качество поверхностного слоя. В последнее время изучаются методы упрочнения, формирующие в поверхностном слое специфические структуры – «белые слои», посредством трения или электромеханической обработки (ЭМО) [1].

Процесс электромеханической обработки сопровождается одновременным воздействием на материал силового и теплового факторов. Материалу сообщается энергия, необходимая для протекания структурных и фазовых превращений. Происходит локальный нагрев зоны контакта до высоких температур ($\geq 1000^{\circ}\text{C}$) с одновременной пластической деформацией и последующим быстрым отводом тепла вглубь обрабатываемой детали. Это позволяет получать даже для мягких сталей весьма высокую твердость, порядка 900 МПа [1], т.е. существенно увеличить сопротивление износу [1,2].

На рисунке 1,а представлены графики изменения диаметров образцов, прошедших ЭМО и подвергнутых отпуску в широком интервале температур в процессе испытания на износ. Если интенсивность износа оценивать первой производной $\frac{(\Delta D)}{dt}$, определяемой тангенсом угла α наклона кривых $\Delta D = \Delta D(t)$ (абсолютный износ) к оси абсцисс, то весь процесс износа (время износа) упрочненных образцов можно разделить на два периода: первый характеризуется повышенной износостойкостью, а второй – повышенным износом ($\tan \alpha_1 < \tan \alpha_2$). Последний период обуславливается входом в износ «подслоя», причем переход от одного к другому периоду происходит достаточно резко, что указывает на отсутствие плавного изменения свойств материала по глубине упрочненного слоя.

Для установления влияния температуры отпуска на кинетику износа рассмотрим зависимость относительной износостойкости $\frac{\Delta D_3}{\Delta D} = f(t)$ от температуры отпуска (ΔD_3 – изменение диаметра эталонного образца, за который был принят наиболее износостойкий образец, подвергнутый только ЭМО без отпуска).

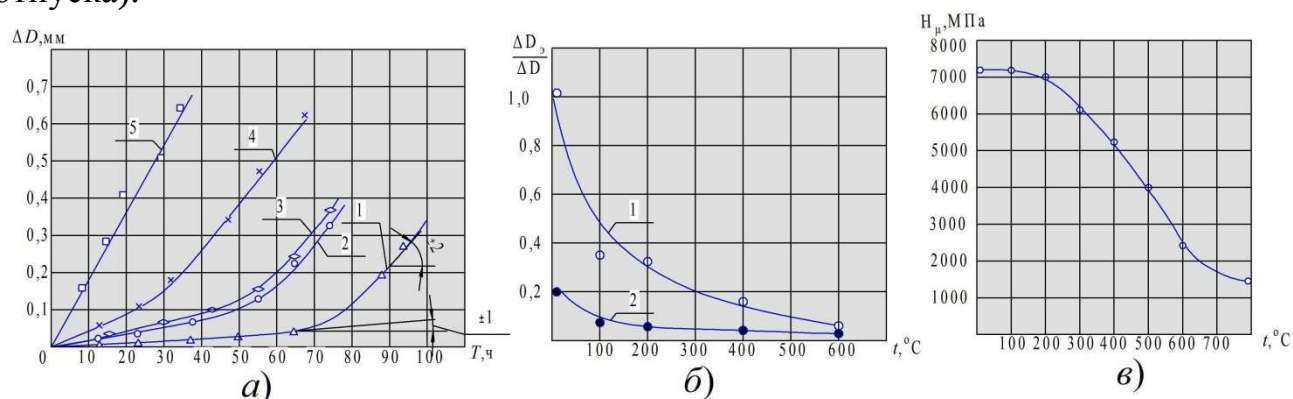


Рис. 1. Графики зависимости: а) износа стали 45, упрочненной ЭМО, от времени износа при различных температурах отпуска (1 – исходное состояние; 2 – 100 °C, 3 – 200 °C; 4 – 400 °C; 5 – 600 °C); б) относительной износостойкости от температуры отпуска (в первом 1 и во втором 2 периодах износа); в) микротвердости поверхностного слоя от температуры отпуска

На рисунке 1,б представлены графики зависимости относительной износостойкости от температуры отпуска для обоих периодов износа. С увеличением температуры отпуска их кривые асимптотически приближаются друг к другу, характеризуя износостойкость «подслоя», а затем и основного металла с низкими свойствами на износ. Из графиков видно, что сопротивление изнашиванию наиболее интенсивно падает в области относительно малых температур отпуска (порядка 100...200 °C). Такое anomalous изменение сопротивления износу заставило обратиться к исследованию прочностных свойств материала и его упрочненного поверхностного слоя, подвергнутого последующему отпуску.

На рисунке 1,в приведен график, влияния отпуска в широком диапазоне температур на прочностные свойства «белого слоя», оцениваемые

микротвердостью. С повышением температуры отпуска прочностные свойства поверхностного слоя изменяются неравномерно: вначале, в интервале температур 100...200 °С, микротвердость упрочненной поверхности остается практически постоянной, а затем, с последующим повышением температуры отпуска – непрерывно уменьшается и, наконец, при достижении температуры 600...700 °С твердость «белого слоя» становится практически равной твердости исходного материала, т.е. наблюдается полный возврат начальных свойств.

При сравнении графиков, приведенных на рисунках 1,б и 1,в видно явно выраженное несоответствие между изменением твердости (косвенной характеристикой прочности) и резким падением износостойкости, особенно в области действия невысоких температур (100-200°С). Более существенное падение износостойкости при низких температурах отпуска, чем твердости, указывает на то, что хотя прочностные свойства и являются ведущими параметрами, характеризующими износостойкость материала, но превалирующее значение остается за структурным состоянием материала. Изменения в тонкой структуре «белого слоя», происходящие при относительно низких температурах отпуска, оказываются достаточными для резкого уменьшения износостойкости поверхностного слоя, несмотря на то, что структурные изменения еще не отражаются заметно на его твердости. Дальнейшее повышение температуры (до 300-600°С) ведет к одновременному снижению как твердости, так и сопротивления абразивному износу, но с различной интенсивностью (кривые, представленные на рисунках 1,б и 1,в имеют различную направленность выпуклостей).

По результатам исследований установлены закономерности изменения износоустойчивости «белого слоя», сформировавшегося при проведении упрочняющей ЭМО, в процессе последующего воздействия на материал высоких температур. Показано, что уменьшение износостойкости с ростом температуры отпуска зависит не только от изменения прочностных свойств упрочненного слоя, но и от изменений в тонкой структуре «белого слоя», которые более интенсивны в области относительно низких температур отпуска. Это заставляет обращать внимание на структурное состояние «белого слоя» и при отработке ЭМО контролировать оптимальные режимов и их изменения.

Список литературы

1. Багмутов В.П., Паршев С.Н. и др. Электромеханическое упрочнение металлов и сплавов: моногр. Волгоград: ВолГТУ, 2016. 460 с.
2. Гордеева Э.С., Ростовцев П.А. Анализ технологических методов повышения износостойкости режущего инструмента // Актуальные вопросы в науке и практике. Уфа: Изд-во Дендра, 2018. С.71-76.

Сведения об авторе:

Гордеева Элеонора Сергеевна – старший преподаватель, СевГУ, г. Севастополь.