КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Кокорева Ольга Григорьевна
Доцент, к.т.н., доцент кафедры «Портовых подъемно-транспортных машин и робототехники», Московская государственная академия водного транспорта, филиал ФГБОУ ВО ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, Москва

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследования микроструктуры лабораторным и производственным способами. Выполнена количественная оценка микроструктуры упрочненных образцов по глубине поверхности. Проведен сравнительный анализ микроструктуры изменения твердости по глубине поверхности. Выполнены исследования микроструктуры в зависимости от режимов упрочнения поверхности деталей машин.

ABSTRACT

The results of microstructure research by laboratory and production methods are presented. A quantitative evaluation of the microstructure of hardened samples on the depth of the surface has been performed. A comparative analysis of the microstructure of the hardness variation in the depth of the surface is carried out. Microstructure studies have been performed depending on the conditions for hardening the surface of machine parts.

Ключевые слова: микроструктура, деформация, статико-импульсная обработка, глубина упрочнения, размер зерна, высокомарганцовистая сталь.

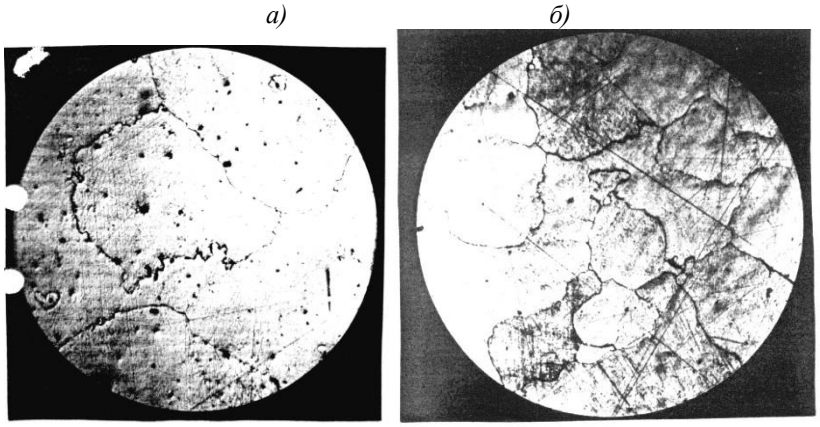
Keywords: microstructure, deformation, static impulse treatment, hardening depth, grain size, high manganese steel.

Введение

Выполнен анализ микроструктуры поверхности образцов из высокомарганцовистой стали (ВМС) методом просмотра травленных микрошлифов на металлографическом микроскопе и сравнение с эталонными изображениями по ГОСТу 5639-82. При этом сновными элементами, контролируемыми металлографическим способом, являются зерно аустенита, карбидная составляющая, неметаллические включения (силикаты, оксиды, нитриды и т.д.), микропоры, продукты дисперсионного твердения. [3] Зерна могут объединять по несколько ячеек, а их границы совпадать с границами ячеек. При этом межзеренный износ высокомарганцовистой стали демонстрирует своеобразное строение границ зерна, они являются волнистыми, повторяя очертания границ ячеек. Поэтому повышенное упрочнение приобретают области вдоль границ зерен и линий скольжения [1].

Количественная оценка микроструктуры высокомарганцовистой стали произведена по десятибалльной шкале. Отмечается, что микроструктура образца из ВМС до упрочнения статико-импульсной обработкой (СИО) - это чистый аустенит, неравномерное зерно, которое соответсвует 2...3 баллам по шкале ГОСТа 5639-82 с ударной вязкостью 1,95 МДж/м^2 и твердостью НВ 284.

а) *б)*



В *) г)*

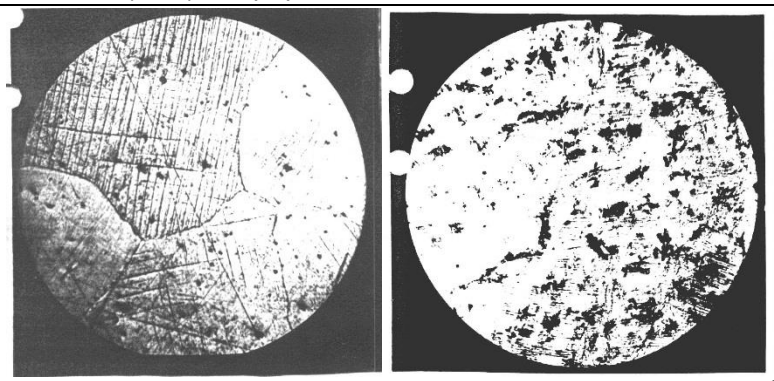


Рис. 1. Микроструктура термообработанной ВМС: а) – закалка при температуре 1050^0 С, охлаждение на воздухе, аустенит и вторичные карбиды по границам зерна; б) – закалка: охлаждение в воде, при t^0 30^0 С аустенит и вторичные карбиды по границам зерна; в) закалка при температуре 950^0 С, аустенит и первичные карбиды; г) – закалка при температуре 1050^0 С, охлаждение в проточной воде, аустенит.

Структура образцов определенно разнозернистая: мелкое зерно типа А4...А5 отмечается у поверхности, далее, удаляясь от поверхности, увеличивается размер зерна от А4...А3 – на глубине 4,5...7,5 мм, до А2...А1 – на глубине 8...10 мм по сечению образца. У поверхности наблюдаются самая большая степень твердости (НВ 570…620), это соответствует более мелкому зерну ВМС. При микроструктурном исследовании ВМС, которая упрочнена СИО, определяли среднюю площадь, средний диаметр зерна и число зерен на единице поверхности шлифа (1 мм^2). В данном случае для образцов, которые упрочнены СИО и шлифов неупрочненных образцов, имеем число зерен 68 и 116 на площади 1 мм^2, средний диаметр зерна 0,125 и 0,044 мм, среднюю площадь сечения 0,0147 и 0,00862 мм^2, размер зерна от 2…3 баллов до 4…5 баллов. Проведенные исследования наглядно показали, что в результате СИО образцов из высокомарганцовистой стали отмечается формирование мелкозернистой структуры, что в свою очередь предполагает улучшение их прочностных характеристик [2].

Повышение твердости упрочненных образцов объясняется так же увеличением степени деформации зерна, об этом свидетельствуют данные проведенных микроструктурных исследований (табл. 1).

Таблица 1 - Данные проведенных микроструктурных исследований

Твердость	Распределение твердости по глубине, мм	Глубина влияния по микроструктуре, мм	Оценка размера зерна в баллах
620...540	0...0,42	4,65	5
540...460	0,42...5,28	6,18	4
460...420	5,28...6,96	7,52	3
420...350	6,96...8,73	8,95	2

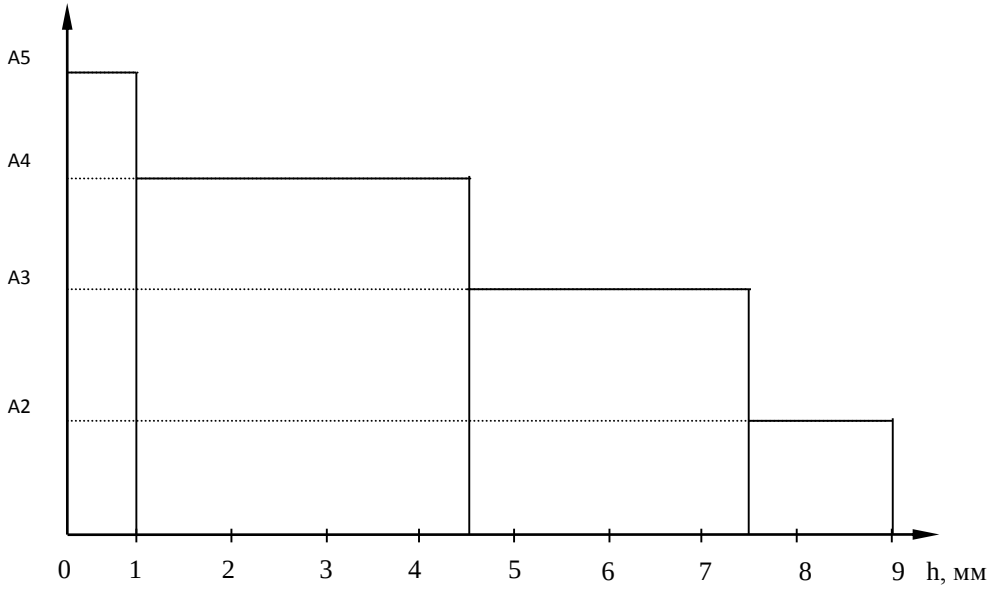


Рис. 2. Распределение размера зерна ВМС по глубине упрочненного слоя

Результаты измерения размера зерна ВМС представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты измерения размера зерна ВМС

Номер зерна А	Площадь сечения зерна, мм^2	Число зерен по площади 1мм^2, м	Диаметр зерна d_m, мм
2	0,0156	64	0,177
3	0,00781	128	0,125
4	0,00390	256	0,088
5	0,00195	512	0,062

Лабораторные исследования показали, что при увеличении энергии удара до 18 Дж происходит пропорциональное уменьшение размера зерна. В результате СИО деформация распространяется на определенную глубину при соответствующем энергетическом воздействии (табл. 3).

Таблица 3 – Распространение деформация на определенную глубину в зависимости от величины энергии удара при СИО.

Номер диаметра отпечатка индентора	Глубина распределения деформации, мм	Энергия удара, Дж
1	0...2,7	2,4
2	2,7...3,0	4,8
3	3,0...3,2	7,2
4	3,2...3,4	9,6
5	3,4...3,9	12

Результаты металлографических исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты металлографических исследований

Энергия удара, Дж	Распределение размера зерна D, мм по глубине h, мм				
	0	2	5	8	10
6	0,078	0,082	0,094	0,115	0,136
12	0,067	0,079	0,088	0,107	0,125
18	0,042	0,063	0,077	0,095	0,118

Для оценки влияния энергии обработки на размер зерна аустенита, введем экспериментальный коэффициент, который характеризует эффективность статико-импульсного упрочнения:

$$К_{ЭФ} = \frac{d_m}{E} \quad (1)$$

где d_m– средний диаметр зерна, мм;

Е – энергия при СИО.

Проведенный расчет коэффициента упрочнения сводим в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчет коэффициента упрочнения

Энергия удара, Дж	Распределение по глубине сечения коэффициента эффективности упрочнения $К_{ЭФ}$				
	0	2	5	8	10
6	0,0111	0,0117	0,0134	00165	0,0194
12	0,00500	0,00718	0,00782	0,00972	0,0113
18	0,00428	0,0042	0,00513	0,00633	0,00786

Таким образом, в результате микроструктурных исследований образцов из ВМС, упрочненных СИО, в металлографической лаборатории удалось установить, что существенное влияние на распределение и характеристики полос скольжения оказывают скорость и усилие СИО.

Список литературы:

1. Кокорева, О.Г. Повышение долговечности сердечников крестовин стрелочных переводов статико-импульсной обработкой: Диссертация на соискание уч. ст. к.т.н. – Москва: МИИТ, 1999. – 260 с.

2. Лазуткин, А.Г., Лазуткин, С.Л., Кокорева, О.Г. Оценка процесса статико-импульсного упрочнения деталей машин: Тез. докл. научн.- техн. конф. Ресурсосберегающие технологии в промышленности. - Одесса, 1996.

3. Смелянский, В.М. Механика упрочнения поверхностного слоя деталей машин в технологических процессах поверхностного пластического деформирования. - Москва: Машмир, 1992. - 283 с.