

УДК 621.8

Результаты металлографических исследований при статико-импульсном упрочнении тяжело нагруженных поверхностей деталей машин

Кокорева О.Г., Шлапак Л.С.

Представлены результаты микроструктурных исследований в виде сравнительного количественного анализа микрошлифов образцов из стали 110Г13Л, упрочнённых статико-импульсной обработкой. Исследования проводились на базе центральной заводской лаборатории АО «Муромский стрелочный завод». Размер зерна определяется в соответствии со стандартными значениями по ГОСТ 5639-82. Проведена количественная оценка характеристик микроструктуры образцов в зависимости от режимов статико-импульсного упрочнения. Рассмотрена динамика размеров зерна микроструктуры по глубине упрочнённой поверхности исследуемых образцов. Выполнены микроструктурные исследования подтверждающие теоретические гипотезы в рамках разработки механизма упрочнения поверхности поверхностно-пластическим методом. Исследован механизм структурных изменений, происходящих в образцах из ВМС при статико-импульсной обработке. Исследования показали, что причиной упрочнения является дробление зерен аустенита на более мелкие блоки и двойникование зерен.

Ключевые слова: микроструктура, размер зерна, тяжело нагруженная поверхность, статико-импульсная обработка, упрочнение поверхности, долговечность, глубина упрочнённого слоя.

Metallographic study results in static-pulsed hardening of heavy duty machine parts surfaces

Kokoreva O.G., Shlapak L.S.

The paper presents the results of microstructural studies as a comparative quantitative analysis of sample micro-sections produced of 110G13L steel grade and hardened by the static-pulsed treatment. The research was done at the central laboratory of «Murom Switch Works». The grain size is determined in accordance with GOST 5639-82 standard values. A quantitative assessment of sample microstructure characteristics depending on the static-pulsed mode hardening is presented. Microstructure grain size dynamics on the sample hardened surface depth is considered. Microstructural study confirming theoretical hypotheses within the surface hardening mechanism development by means of the surface-plastic technique is performed. Structural changes mechanism in the samples produced of HMS in static-pulsed treatment is studied. The research proves that the reason for hardening is austenite grain fragmentation into smaller blocks and grain twinning.

Keywords: microstructure, grain size, heavy-loaded surface static-pulse treatment, surface hardening, durability, depth of the hardened layer.

Введение

Разработанный способ статико-импульсной обработки сочетает в себе достоинства статических и динамических способов ППД. Известно, что эффективным средством борьбы с интенсивным износом деталей является их упрочнение.

Цель исследований – сравнительный анализ микрошлифов образцов литой высокомарганцевистой стали (ВМС), термообработанных образцов и образцов упрочнённых статико-импульсной обработкой (СИО).

Результаты исследования

Проведена оценка микроструктуры методом просмотра травленных микрошлифов на металлографическом микроскопе и сравнение с эталонными изображениями по ГОСТу 5639-82. Количественную оценку микроструктуры ВМС проводили по десятибалльной шкале. Установлено, что микроструктура образца из ВМС до упрочнения СИО - чистый аустенит, зерно неравномерное, соответствующее 2...3 баллам по шкале ГОСТа 5639-82 с твердостью НВ 284 и ударной вязкостью 1,95 МДж/м².

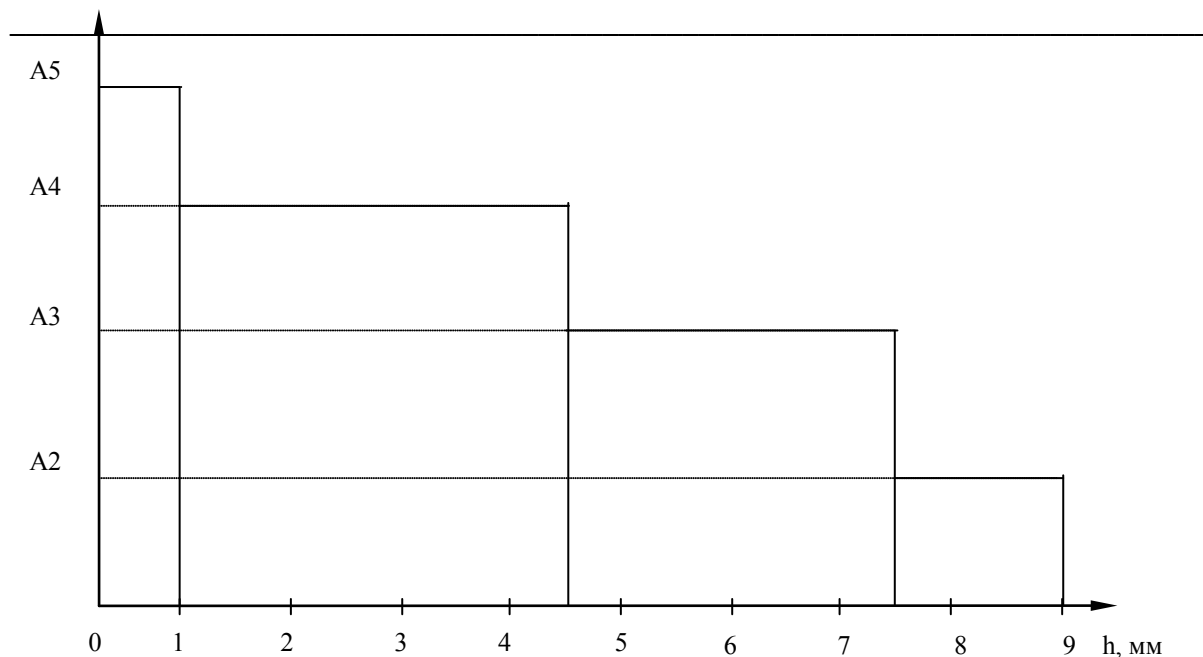


Рис. 1. Распределение размера зерна высокомарганцевистой стали по глубине упрочненного слоя.

Структура исследуемых образцов разнo-зернистая: у поверхности мелкое зерно типа A4...A5, по мере удаления от поверхности наблюдается увеличение размера зерна от A4...A3 – на глубине 4,5...7,5 мм, до A2...A1 – на глубине 8...10 мм по сечению образца (рис. 5 - 9). У поверхности отмечаются наибольшая степень деформации и твердости (НВ 570...620), что соответствует более мелкому зерну ВМС. При микроструктурном исследовании ВМС, упрочненной СИО, подсчитывали количество зерен на единице поверхности шлифа (1 мм^2), а также среднюю площадь и средний диаметр зерна. В нашем случае для шлифов неупрочненных образцов и для образцов упрочненных СИО имеем количество зерен на площади 1 мм^2 68 и 116, 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 соответственно (табл. 1). Проведенные исследования показали, что в результате статико-импульсного упрочнения ВМС наблюдается формирование мелкозернистой структуры, что предполагает улучшение прочностных характеристик высокомарганцевистой стали.

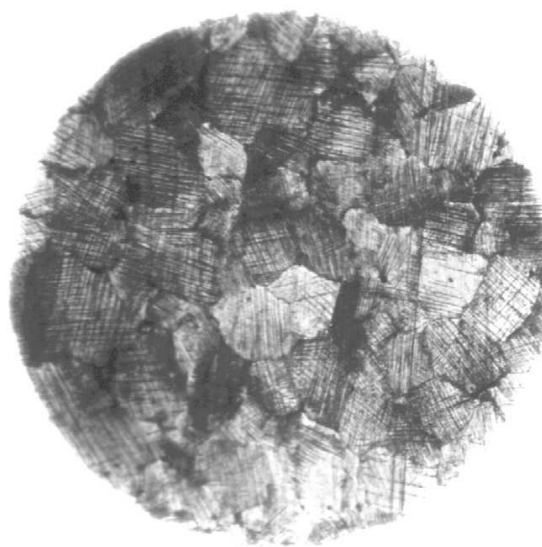


Рис. 2. Структура высокомарганцевистой стали, упрочненной статико-импульсной обработкой на поверхности образца.

Лабораторные исследования показали, что при увеличении энергии удара до 18 Дж происходит практически пропорциональное уменьшение размера зерна. В результате статико-импульсной обработки деформация распространяется на определенную глубину при соответствующем энергетическом воздействии (табл. 2).

Таблица 1

№ зер-на	Средняя площадь сечения зерна а, мм ²	Число зерен на площади 1 мм ² m			Среднее число зерен в 1 мм ² N _v	Средний диаметр зерна d _m , мм	Средний условный Диаметр зерна d _L , мм
		Минимальное	Среднее	Максимальное			
-3	1	0,75	1	1,5	1	1,0	0,873
-2	0,5	1,5	2	3	2,8	0,707	0,630
-1	0,25	3	4	6	8	0,5	0,444
0	0,125	6	8	12	22,6	0,353	0,313
1	0,0625	12	16	24	64	0,250	0,222
2	0,0312	24	32	48	181	0,177	0,137
3	0,0156	48	64	96	512	0,125	0,111
4	0,00781	96	128	192	1448	0,088	0,0783
5	0,00390	192	256	384	4096	0,062	0,0559
6	0,00195	384	512	768	11535	0,044	0,0291
7	0,00098	768	1024	1536	32768	0,031	0,0267
8	0,00049	1336	2048	3072	92582	0,022	0,0196
9	0,00024	3075	4096	6114	262141	0,015	0,0198
10	0,00012	6140	8192	12288	741485	0,011	0,0098

Таблица 2

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

Заключение

Установлено увеличение микротвердости образцов из ВМС при упрочнении СИО в 2,0...2,3 раза.

На основании анализа результатов измерения твердости и износа образцов из стали 110Г13Л ВМС, упрочненных СИО, по глубине сечения установлено наличие упрочненного слоя в 8...9 мм.

Выявлено, что скорость изнашивания образцов, упрочненных СИО, на 25...30% меньше, чем термообработанных и на 20% по сравнению с образцами, упрочненными взрывом. Проведена количественная оценка микроструктуры образцов, упрочненных СИО, которая показала, что происходит уменьшение размеров кристаллов от 2...3 баллов до 4...5 баллов по шкале ГОСТ 5639-82.

В ходе анализа микроструктуры по сечению упрочненного образца установлено, что на глубине 9 мм наблюдается микроструктура неупрочненной ВМС. Это свидетельствует о наличии упрочненного слоя в 8...9 мм.

Установлено изменение степени деформации зерна по сечению от поверхности к центру, при этом, с увеличением степени деформации происходит рост упрочнения. Это связано с понижением подвижности дислокаций и увеличением их плотности в 1,5...2 раза.

Исследован механизм структурных изменений, происходящих в образцах из ВМС при статико-импульсной обработке. Проведенные исследования показали, что причиной упрочнения является дробление зерен аустенита на более мелкие блоки и двойникование зерен.

Литература

1. Киричек А.В., Кокорева О.Г., Лазуткин А.Г., Соловьёв Д.Л. Статико-импульсная обработка и оснастка для её реализации // СТИН, 1999, № 6. – С. 20-24.
2. Киричек А.В., Соловьёв Д.Л. Способы динамического упрочнения поверхностным пластическим деформированием // Кузнечно-штамповочное производство, 2001, №7. – С. 28-32.
3. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
4. Лазуткин А.Г., Кокорева О.Г. Упрочнение и формообразование поверхностей статико-импульсной обработкой // Точность технологических и транспортных систем: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 1998. Ч. 2. – С. 124-126.
5. Кокорева О.Г. Технологические возможности статико-импульсной обработки // Техника машиностроения, 2001, №2. – С. 12-15.
6. Кокорева О.Г. Результаты исследования тяжело нагруженных поверхностей, упрочнённых статико-импульсным методом // Вестник машиностроения, 2010, № 3.
7. Киричек А.В., Соловьёв Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхности пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2004.

Статья поступила в редакцию 10 ноября 2013 г.

Кокорева Ольга Григорьевна – кандидат технических наук, доцент Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: kokoreva_olga_2.11@mail.ru

Шлапак Людмила Сергеевна – ассистент Муромского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: tms@mivlgu.ru

Kokoreva Olga Grigorjevna – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: kokoreva_olga_2.11@mail.ru

Shlapak Lyudmila Sergeevna – Teacher, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: tms@mivlgu.ru

References

1. Kirichek A.V., Kokoreva O.G., Lazutkin A.G., Soloviev D.L. Static-pulse treatment and equipment for its implementation // STIN, 1999, № 6. – P. 20-24.
2. Kirichek A.V., Soloviev D.L. Ways of strengthening the dynamic surface plastic deformation // Forging and stamping production, 2001, № 7. – P. 28-32.
3. Smelyanskiy V.M. Mechanical hardening of surface plastic deformation. – Moscow: Mashinostroenie, 2002. – 300 p.
4. Lazutkin A.G., Kokoreva O.G. Strengthening and shaping surfaces static-pulse processing // Precision technology and transport systems: Proceeding of the International scientific and engineering Conference – Penza, 1998. Part 2. – P. 124-126.
5. Kokoreva O.G. Technological opportunities static-pulse processing // Engineering technique, 2001, № 2. – P. 12-15.
6. Kokoreva O.G. Results investigations of heavy-duty surfaces, hardened static-pulse method // Bulletin of mechanical engineering, 2010, № 3.
7. Kirichek A.V., Soloviev D.L., Lazutkin A.G. Technology and equipment to static-width surface treatment of plastic deformation. – Moscow: Mashinostroenie, 2004.