

**Influence laser marking on structure and properties steel
Sivenkov A.¹, Konovalov K.², Zverkova E.³ (Russian Federation)**

**Влияние лазерной маркировки на изменение структуры и свойств стали
аустенитного класса**

Сивенков А. В.¹, Коновалов К. И.², Зверькова Е. И.³ (Российская Федерация)

¹Сивенков Алексей Валентинович / Sivenkov Aleksey – доцент,
кафедра материаловедения и технологии художественных изделий, электромеханический факультет;

²Коновалов Кирилл Игоревич / Konovalov Kirill – студент,
кафедра разработки нефтяных и газовых месторождений, нефтегазовый факультет;

³Зверькова Елена Игоревна / Zverkova Elena – студент,
кафедра материаловедения и технологии художественных изделий, электромеханический факультет,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Аннотация: в данной работе рассмотрено влияние лазерной маркировки на структуру и свойства стали 08X18H10. Проведены испытания образцов с маркировкой на стойкость к межкристаллитной коррозии, воздействию растворов кислот, солей и щелочей, кипящей водопроводной воды. Проверено влияние лазерной маркировки на значение параметров шероховатости и микротвердости. Изучена структура поперечного микрошлифа с маркировкой.

Abstract: in the thesis is described to the influence laser marking on structure and properties steel AISI 304. The samples with marking were tested for stability to intercrystalline corrosion, influence on acid, salt, alkali and boiling tap water. Effect laser marking of the roughness and microhardness was registered. The transverse microsection was considered.

Ключевые слова: травматизм, критерий оценки, производственная безопасность.

Keywords: laser marking, QR-code, intercrystalline corrosion, roughness, microhardness.

Лазерная маркировка - развивающееся и очень перспективное технологическое направление. Для высокой эффективности и возможности внедрения лазерной маркировки в различные отрасли требуются полные и достоверные данные об изменении свойств и структуры маркируемых материалов [1, 46].

В работе использовалась система прецизионной лазерной маркировки «МиниМаркер2 – 20А4». Маркировка наносилась на холоднокатаные листы толщиной 1,5 мм из стали 08X18H10. При воздействии лазерного излучения на металлические материалы происходит интенсивный локальный нагрев с оплавлением и последующим окислением, что приводит к появлению отпечатка на участке воздействия.

В качестве примера лазерной маркировки наносился QR-код (рис. 1). В целях увеличения коэффициента поглощения под непосредственно маркировку наносилась «подложка». Это также обеспечивает лучшую считываемость кода с блестящей поверхности металла.

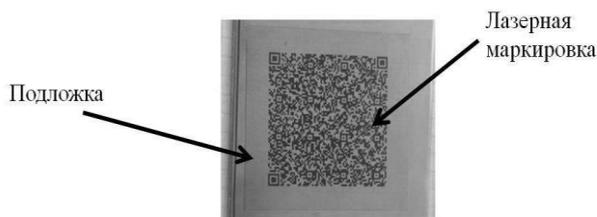


Рис. 1. Образец с нанесенной лазерной маркировкой

Для изучения поверхности и структур применялся современный металлографический микроскоп Leica DM ILM HC. Так как маркировка производилась растровым путем, при увеличении поверхности образца после нанесения маркировки наблюдается строчный рельеф поверхности (рис. 2). В начале каждого прохода расположен кратер с системой колец. Это объясняется тем, что энергия первого импульса, по данным разработчиков лазерного оборудования, примерно в 1,5 раза превышает последующие импульсы [2, 325].

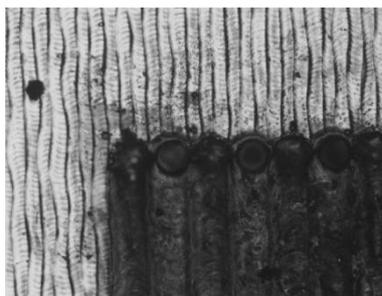


Рис. 2. Поверхность образца после нанесения маркировки ($\times 20$)

На образце до и после маркировки была измерена шероховатость с помощью портативного профилометра контактным методом. Среднеарифметическое отклонение профиля поверхности образца до нанесения лазерной маркировки (рис. 3а) составило $R_a = 0,112$ мкм, после нанесения маркировки $R_a = 0,977$ мкм (рис. 3б).

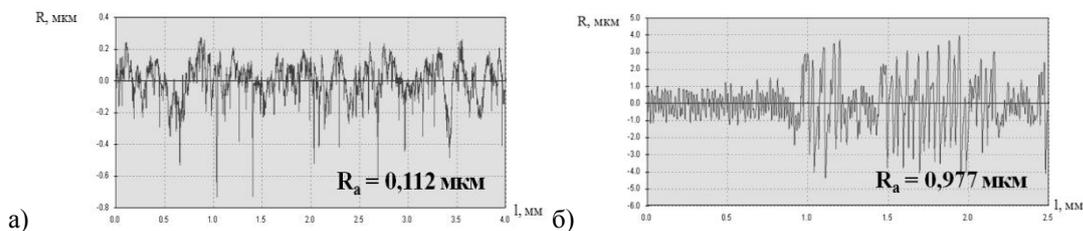


Рис. 3. Профилограмма поверхности образца до (а) и после (б) нанесения маркировки

При изучении поперечного микрошлифа установлено: общая глубина оплавления составляет около 0,8 мкм. Зона воздействия излучения на образец имеет четкие границы, обусловленные расплавлением металла. В приповерхностной зоне наблюдается слой, состоящий в основном из окислов железа и хрома. Затем мелкозернистая структура литого металла. Далее идет слой дендритной структуры, имеющей признаки направленной столбчатой кристаллизации (рис. 4) [3, 124].

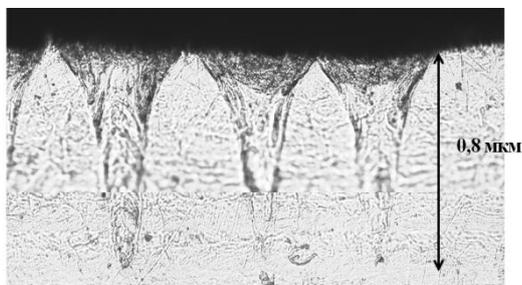


Рис. 4. Структура микрошлифа с лазерной маркировкой ($\times 50$)

Испытания на стойкость к МКК (межкристаллитной коррозии) проводились по методу АМУ ГОСТ 6032-2003. После изгиба прокипяченных образцов трещин обнаружено не было. Это свидетельствует о стойкости стали к МКК, а также о том, что нанесение лазерной маркировки не спровоцировало ее образование (рис. 5).



Рис. 5. Образец после испытаний на стойкость к МКК

Была проверена стойкость маркировки к воздействию кислот, солей и щелочей. Время выдержки при комнатной температуре составило 100 часов. В водных растворах уксусной кислоты (9%), гидроксида натрия (10%) маркировка сохранилась без изменений. В водном растворе поваренной соли (10%) на маркировке произошли коррозионные процессы. Водный раствор азотной кислоты (10%) вызвал осветление маркировки, а растворы соляной и серной кислоты (10%) - поверхностное растворение металла без сохранения маркировки.

Также образец с маркировкой выдерживался в течение 3 часов в кипящей водопроводной воде. В результате эксперимента сама маркировка не поменяла свой цвет, подложка немного потемнела, считываемость кода сохранилась. Однако, после просушки образца, по границам маркировки появилась коррозия.

Для измерения микротвердости в работе использовался ПМТ-3. Микротвердость образцов составила: подложка 2637,2 МПа, код 2953,7 МПа. То есть твердость оплавленной зоны при большей мощности лазера выше.

Перед внедрением изделий с лазерной маркировкой в промышленность требуется тщательный анализ среды работы данного изделия. По результатам проделанной работы можно судить о нежелательных режимах эксплуатации изделий с лазерной маркировкой (агрессивные среды в присутствии ионов хлора, кипящая вода).

Литература

1. *Бирюков В.* Лазерные технологии в машиностроении // Фотоника, 2013. № 2. С. 46-53.
2. *Дьюли У.* Лазерная технология и анализ материалов. М.: Мир, 1986. 504 с.
3. *Либенсон М. Н.* Взаимодействие лазерного излучения с веществом. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008 141 с.