

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ 40Х ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Лобанкова О. В.

Научные руководители: Зыков И. Ю., к. ф.-м. н., доцент, Мельников А.Г., к. т. н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: lobankovaov@gmail.com

Введение

В настоящее время на рынке представлено много мелких производственных фирм, предоставляющих услуги по лазерной гравировке, резке, термоупрочнению и так далее. В ответ на спрос рынка появляются в массовом производстве простые в обращении лазерные комплексы. Однако, в использовании каждого лазера, в его применении для обработки определенного материала существуют свои нюансы, с которыми многие фирмы, предоставляющие перечисленные услуги, не знакомы и не стремятся изучить. Вследствие чего качество изготавливаемой продукции получается ненадлежащего качества.

Среди востребованных услуг оказывается производство чеканных штампов (клише). При изготовлении лазерное излучение оказывает остаточное тепловое воздействие на материал, зачастую изменяющее его свойства, что затрудняет оптимизацию технологического процесса.

Данная работа посвящена изучению влияния лазерного теплового воздействия на материал.

Материал и методика исследования

В качестве материала для исследований была выбрана сталь марки 40Х (конструкционная легированная сталь с содержанием углерода 0,40% и менее 1,5% хрома). Выбор материала обусловлен востребованностью в данной сфере, ценой и широким распространением.

Термическая обработка

Нагрев под закалку и отпуск проводили в камерных электрических печах. Температура нагрева под закалку составляла 850°С, что позволило добиться максимальной твердости и прочности материала. После выдержки образцы охлаждались в воде. Далее производился низкотемпературный отпуск при температуре 200°С в течение 30 минут, что сделало образец более вязким.

Лазерная обработка

Выборка материала производилась посредством лазерного комплекса Минимаркер2-М20, оснащенного иттербиевым импульсным волоконным лазером при частоте следования импульсов 20 кГц, скорости перемещения луча 100 мм/с и средней выходной мощности лазера 20 Вт. Количество проходов лазерного луча и длительность импульса при этом варьировались.

Данный лазерный комплекс был выбран в связи с популярностью в использовании подобных

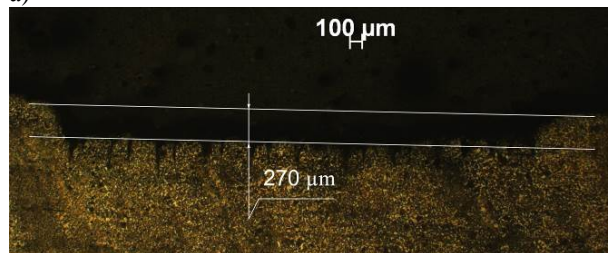
комплексов, высоким коэффициентом поглощения излучения с длиной волны 1,06 мкм металлами и высоким КПД волоконных лазеров (около 25 %).

Металлографический анализ

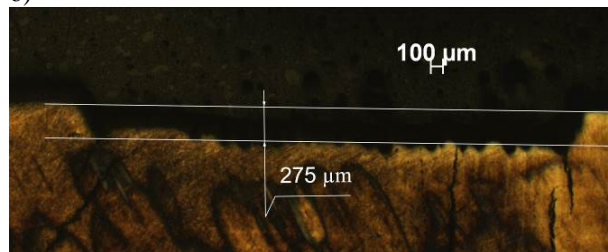
Для проведения микроанализа на образцах готовились металлографические шлифы с помощью шлифовальных шкурок с различным размером зерна абразива. Окончательную полировку проводили на сукне с применением алмазной пасты. Структуру выявляли травлением 4% раствором HNO_3 в этиловом спирте.

Анализ структуры выполняли с помощью исследовательского оптического микроскопа AxioObserver A1.m фирмы Carl Zeiss (Германия) в программном продукте AxioVision v.4.6.

а)



б)



в)

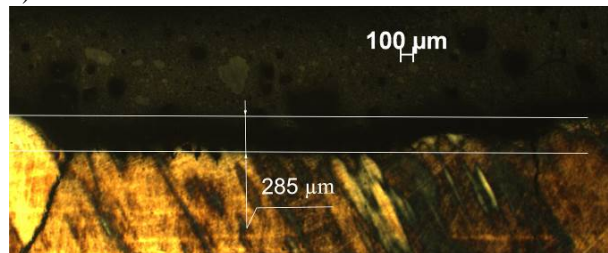


Рис. 1. Глубина испарения материала в продольном сечении по направлению луча при длительности импульса 200 нс на металле различной обработки: а – отожженный, б – закаленный, в – закаленный и отпущенный

Определение твёрдости и микротвёрдости

Твёрдость стали в исходном (отожжённом) состоянии, измеренная по методу Бринелля, составила HB=212-217. Твёрдость стали после закалки составила 60-62 HRC, после отпуска – 51-52 HRC.

Для определения микротвёрдости в материал вдавливалась алмазная пирамида под нагрузкой 50 г, и затем рассчитывалась твёрдость в микроскопически малых объемах.

Исследовательская часть

Рассмотрим самые глубокие лунки, образовавшиеся при 100 проходах лазерного луча длительностью 200 нс на рисунке 1.

Таким образом, можем сказать, что количество удаляемого материала не зависит от предварительной обработки металла, или зависит незначительно.

Теперь рассмотрим изменение структуры стали в зоне лазерного воздействия.

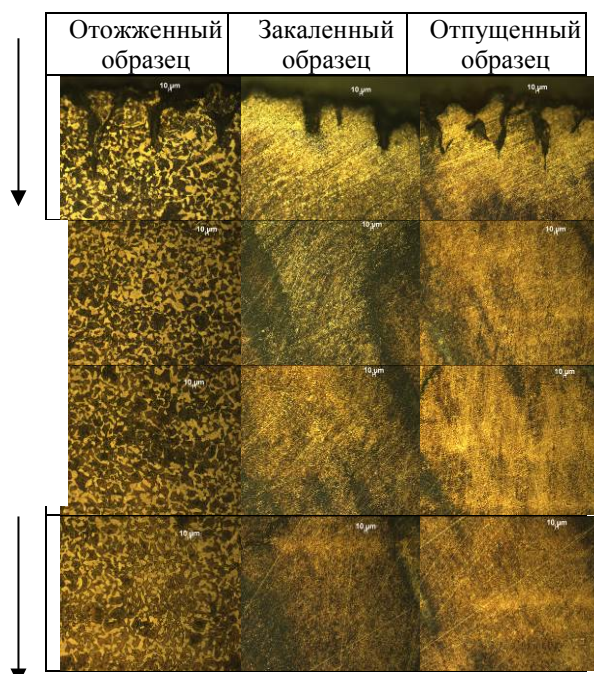


Рис. 2. Структура стали на различной глубине от зоны лазерного воздействия

На рисунке 2 видно, что под действием лазерного излучения не произошло изменение структуры стали всех трех образцов. Обработка лазерным комплексом Минимаркер2-М20 не влияет на изменение структуры, а, следовательно, и свойств материала. Значит, после выборки металла из лунки материал внутри канавки должен иметь такую же твердость. Для доказательства этого предположения была промерена микротвердость в направлении от места воздействия лазера к зоне, не подвергшейся воздействию. На рисунке 3 показано, что микротвердость материала не меняется в зоне лазерного воздействия.

Заключение

Установлено, что с увеличением длительности

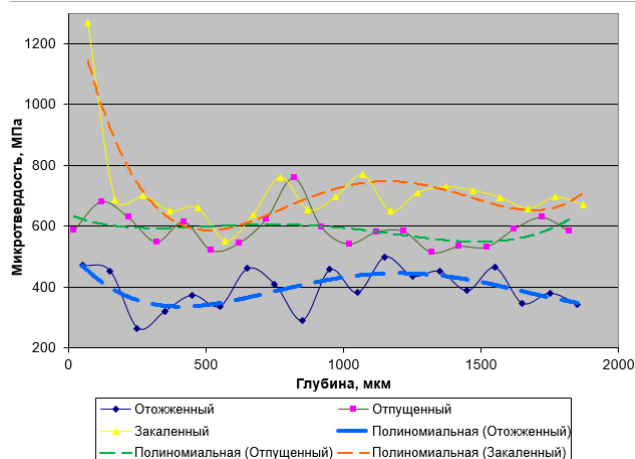


Рисунок 3. Изменение микротвердости стали на различной глубине от зоны лазерного воздействия

импульса кратер в сплаве также углубляется сильнее, хотя мощность излучения при длительном импульсе меньше. Предполагается, что это происходит вследствие «экранировки» излучения, то есть поглощения лазерного излучения образующейся при воздействии лучом плазмой.

Показано, что количество испаряемого лазерным излучением материала не зависит от твердости (способа предварительной обработки) материала.

Также выявлено, что исследуемая сталь 40Х не изменяет ни своей структуры, ни свойств при многократной выборке материала с помощью лазера. Это упрощает процесс изготовления клише на производствах, не требуя дополнительных исследований на изменение характеристик образцов. Однако, следует отметить, что данное заключение справедливо именно для стали марки 40Х при обработке ее итербиевым импульсным волоконным лазером со средней выходной мощностью 20 Вт. Ранее в сборнике научных трудов II Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием «Высокие технологии в современной науке и технике» в статье Лобанковой О. В. «Оценка термического влияния лазерного воздействия на структуру стали» указывалось, что структура стали 45 закаляется с оплавлением (с переходом в жидкую фазу) под воздействием такого же лазерного комплекса Минимаркер2-М20.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Григорьянц А. Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 300 с.
2. Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.
3. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: справ. / под ред. Н. Н. Рыкалина. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Лосев В. Ф., Морозова Е. Ю., Ципилев В. П. Физические основы лазерной обработки материалов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 199 с.