

УДК 621.789

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Ирина Артуровна Кельциева

Студент 4 курса

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: С. Ю. Шевченко⁽¹⁾, Л. В. Федорова⁽²⁾

⁽¹⁾ кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»

⁽²⁾ доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение»

Современные предприятия тяжелого машиностроения сталкиваются с рядом существенных проблем: энерго- и ресурсосбережения, повышения ресурса и надежности машин, снижения трудоемкости изготовления и восстановления деталей, защиты окружающей среды, и др. В связи с этим необходимо внедрять в технологический процесс изготовления деталей современных термических, химико-термических, термомеханических и комбинированных способов повышения физико-механических свойств поверхностного слоя деталей. Основными дефектами при традиционных способах обработки (ТО, ХТО) деталей являются: коробление и деформация деталей, окисление и обезуглероживание поверхностного слоя, макро- и микротрещины, формирование остаточных растягивающих напряжений, хрупкость.

Ввиду вышеизложенного, особый интерес представляют собой методы обработки высококонцентрированными источниками энергии, преимуществами которых являются: простота технологии, относительно низкая себестоимость и экологическая чистота процесса. В данной работе рассматривались два метода обработки:

- импульсная плазменная обработка (ИПО)
- электромеханическая обработка (ЭМО)

Процесс плазменной термообработки отличается подводом энергии с поверхности и распространением ее во внутренние слои металла за счет теплопроводности. При этом микрообъемы, находящиеся на разном расстоянии от поверхности, нагреваются до разных температур, причем скорости нагрева и охлаждения этих микрообъемов тоже разные. Параметры импульсно-плазменной обработки могут составлять: температура около 15000 К, времени воздействия одного импульса порядка 100 мкс, давление $P=100...500$ атм., примерная скорость охлаждения $V_{охл}=10^6...10^7$ °C/с. Особенность термического цикла плазменной закалки – отсутствие выдержки при постоянной температуре, вслед за подъемом температуры следует немедленное охлаждение [1]. Преимуществами данной обработки являются высокая производительность, простота технологии, относительно низкая себестоимость, экологическая чистота процесса, возможность обработки деталей различной конфигурации и габаритов.

Электромеханическое упрочнение основано на сочетании термического и силового воздействия на поверхностный слой обрабатываемой детали. Сущность этого способа заключается в том, что в процессе обработки через место контакта

инструмента с изделием проходит ток большой силы и низкого напряжения, вследствие чего поверхностный слой металла упрочняется. К особенностям теплообразования и термических процессов следует отнести: наличие двух основных источников тепла, создаваемых электрическим током и трением; локальный нагрев, сопровождающийся действием значительных давлений; термический цикл весьма кратковременный и измеряется долями секунды; высокая скорость охлаждения определяется интенсивным отводом теплоты внутрь детали. Эти особенности обуславливают получение особой мелкодисперсной и твердой структуры поверхностного слоя, обладающего высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами [2].

В работе рассматривали влияние ИПО и ЭМО на структуру, а также твердость поверхности углеродистых сталей 30, 35, 45, 55ПП, У8.

Для генерации потоков плазмы использовался импульсный плазматрон на основе сильноточного разряда магнитоплазменного компрессора в воздухе. Параметры импульсно-плазменной обработки для данных образцов: запасаемая в конденсаторах энергия 13,5 кДж ($U_0=3\text{кВ}$), плотность радиационных потоков до 330 кВт/см² (температура ударно сжатой плазмы на поверхности ~15 кК, давление плазмы ~150 бар), плотность энергии до 40 Дж/см²; характерное время воздействия – 120±10мкс. Диаметр зоны, модифицированной плазмой за один импульс облучения, близок к диаметру наружного электрода (анода) плазматрона и составляет ~40...50 мм, электрод – вольфрамовый. Режим обработки на протяжении всего эксперимента не менялся.

Микроструктуру сталей исследовали на оптическом микроскопе Olympus GX51 после травления 4%-ным раствором азотной кислоты.

На рисунке 1 представлены структуры поперечных срезов образцов сталей 30, 45, У8 после ИПО.

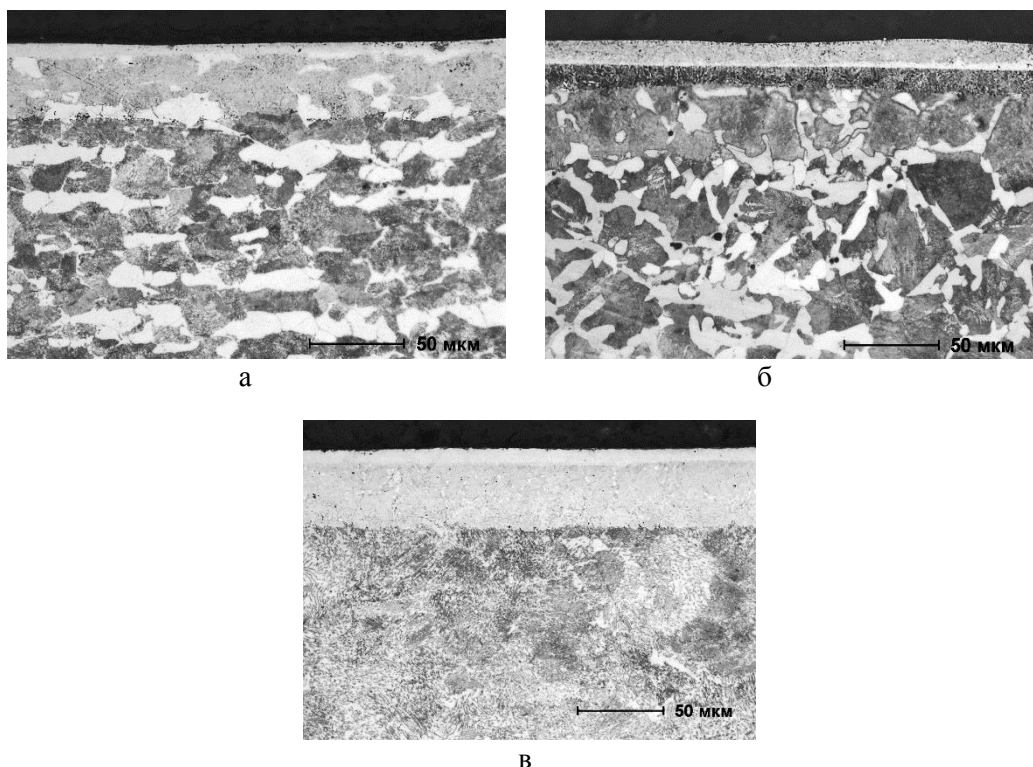


Рис. 1. Микроструктура образцов после ИПО: а – стали 30, б – стали 45, в – У8

Поверхностно-упрочненный слой состоит из двух зон термического влияния. Толщина первой зоны термического влияния составила: для стали 30 – около 10 мкм, для сталей 45 и У8 – около 20 мкм. Толщина второй зоны для сталей 30, 45 и У8 –

около 30 мкм. В первой зоне прошла полная закалка, она характеризуется однородной структурой, вторая зона подверглась неполной закалке, в результате чего часть элементов структуры осталась без изменений (зерна феррита в сталях 30, 45).

На рисунке 2 (а-в) представлено распределение твердости по толщине слоя для сталей 30, 45 и У8.

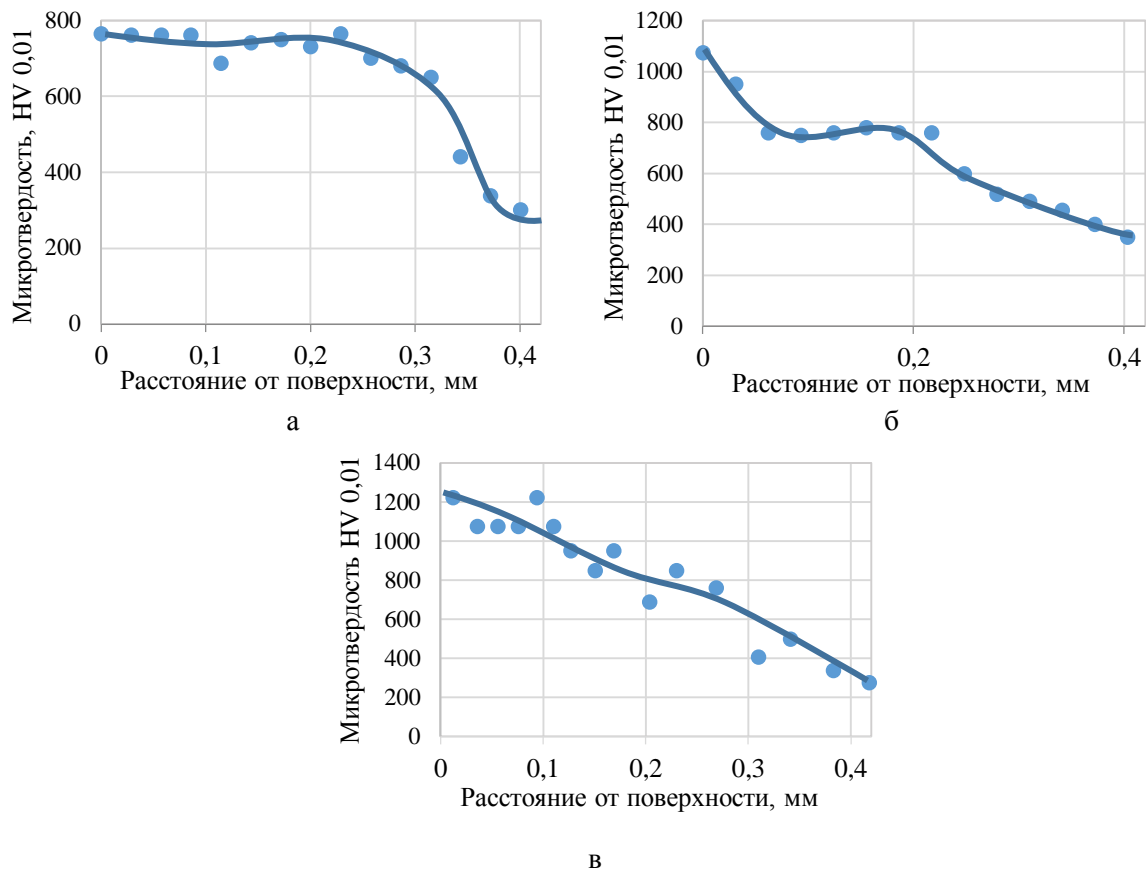


Рис.2. Распределение микротвердости образцов после ИПО сталей марок: а – стали 30, б- стали 45, в – У8

В процессе плазменного воздействия формируется большое количество дефектов кристаллического строения. Косвенно это наблюдение подтверждается высокими значениями твердости модифицированной поверхности образцов: для стали 30 – при микротвердости сердцевины 180 HV твердость обработанной плазменным потоком поверхности 780 HV, для стали 45 – микротвердость сердцевины 190 HV твердость обработанной плазменным потоком поверхности 1000 HV, для У8 – микротвердость сердцевины 220 HV, твердость обработанной плазменным потоком поверхности 1200 HV. Для сравнения, твердость стали 30 после закалки при 860 °С с последующим охлаждением в воде, составляет не более 200 HV, стали 45 после закалки при 840°С с последующим охлаждением в воде – не более 234 HV.

Электромеханическая обработка проводилась на токарном винторезном станке 1В62Г при следующих режимах: резьбовая подача станка 2 мм/об на длину 10-11 мм, сила тока во вторичной цепи 400-800 А, напряжение 1,5-3 В, усилие прижатия ролика 500 Н и частота вращения 10 об/мин.

На рисунке 3 представлены микроструктуры поперечных срезов образцов сталей 35, 55ПП и У8.

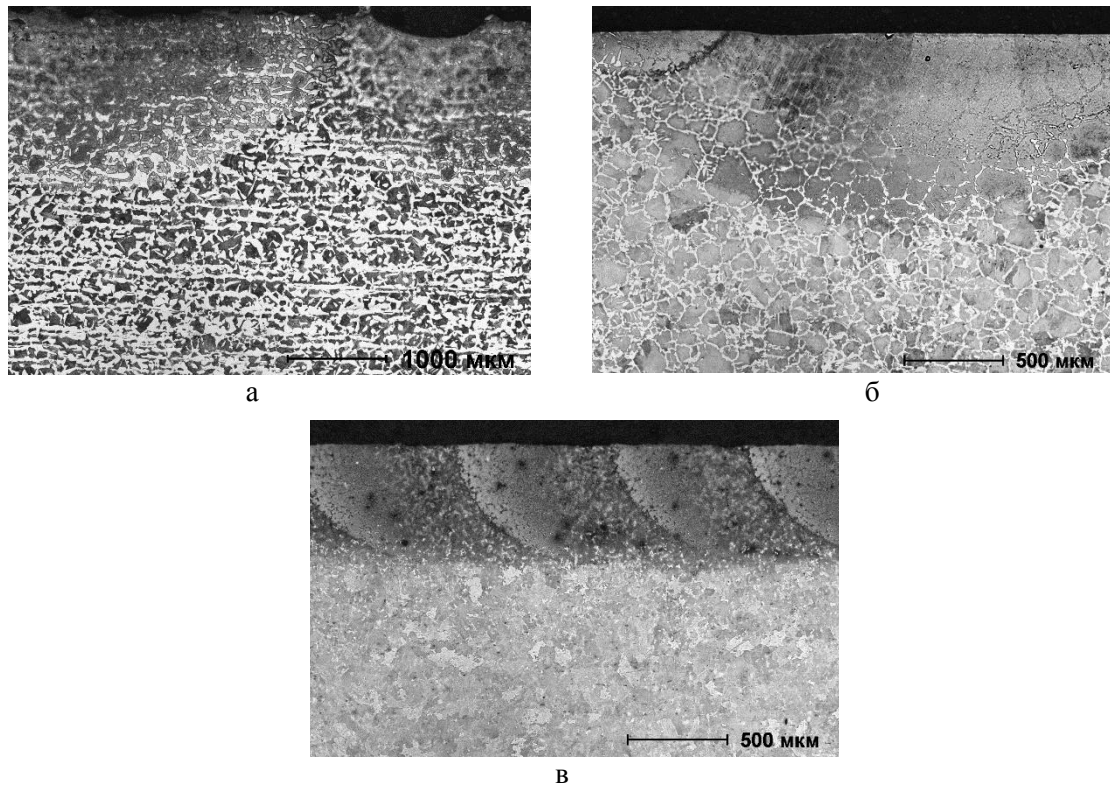
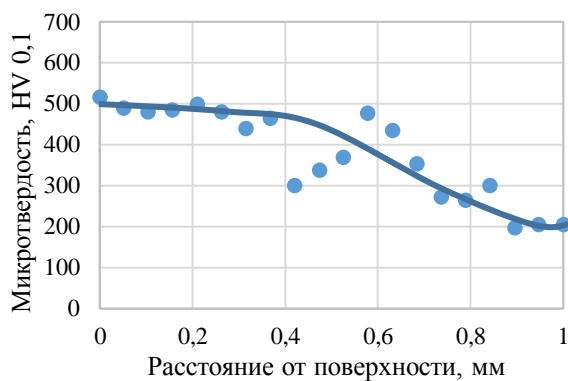


Рис.3. Микроструктуры образцов после ЭМО сталей марок: а – стали 35, б – 55ПП, в – У8

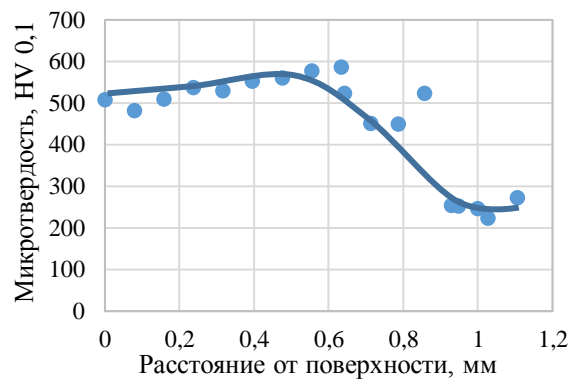
Толщина упрочненного слоя составила: для стали 35 – 1,8 мм, для 55ПП – 0,9 мм, для У8 – 0,56 мм. На поверхности сталей 55ПП и У8 образуется однородная мелкодисперсная структура мартенсита, которая почти не наблюдается в стали 35. В зоне термического влияния сталей 35 и 55ПП получается ферритно-мартенситная структура, которая образуется в результате неполной закалки.

На рисунке 4 (а-в) представлено распределение твердости по толщине слоя для сталей 30, 55ПП и У8.

Наблюдается увеличение микротвердости поверхности в 2-2,5 раза.



а



б

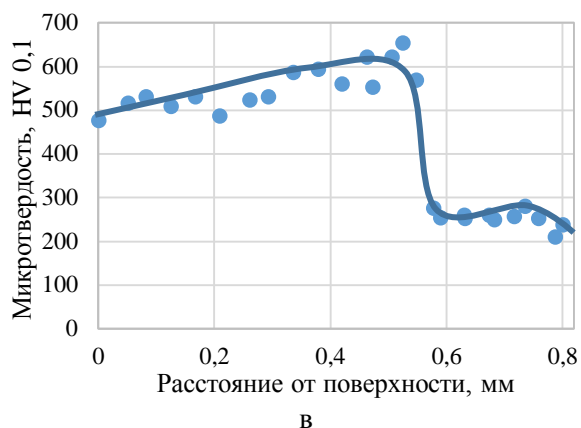


Рис. 4. Распределение микротвердости образцов после ЭМО: а – стали 35, б – 55ПП, в – У8

Вывод

Проведено сравнение микроструктуры и механических свойств углеродистых сталей после импульсной плазменной обработки (ИПО) и электрохимической обработки (ЭМО). Установлено, что толщина поверхностно-упрочненного слоя образцов после ЭМО в 10 раз больше. Измерение механических свойств показало, что твердость поверхности исследуемых образцов после ИПО в 1,5-2 раза превышает значение твердости образцов после ЭМО.

Литература

1. Петров С.В., Сааков А.Г. Плазма продуктов сгорания в инженерии поверхности. – К.: ТОПАС, 2000. – 220 с.
2. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин ЭМО. 3-е изд., перераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1989. – 197 с.