

УДК 621.793.74:621.791.927.55

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ
ПРОЦЕССОВ В ДЕТАЛЯХ МАШИН ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ
СПОСОБЕ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

В. О. Никонов (ВГЛТА)

Одним из эффективных методов упрочнения поверхностей деталей является плазменное нанесение покрытий с сопутствующей электромеханической обкаткой роликом. Вследствие нагрева обрабатываемой поверхности до высоких температур покрытие испытывает существенные внутренние растягивающие напряжения и может отслоиться или потрескаться. Для исключения повреждений покрытия, создания в нем сжимающих напряжений и для обеспечения оптимального температурного режима процесса требуется определить влияние способа и режима охлаждения на температурное поле обрабатываемой поверхности и детали.

Оценка данного влияния была сделана с помощью разработанной математической модели [1], позволяющей имитировать тепловые процессы, происходящие в детали и окружающей среде при комбинированном способе нанесения покрытия. Для этого были проведены пять компьютерных экспериментов для имитации основных вариантов работы системы плазменного напыления. На рисунке 1 показаны типичные тепловые картины для компьютерных экспериментов:

- 1) плазменное нанесение покрытия без электромеханической обработки и без охлаждения (карта распределения температуры приведена на рисунке 1, *а*);
- 2) плазменное нанесение покрытия без электромеханической обработки и с охлаждением струей воды (рис. 1, *б*);
- 3) плазменное нанесение покрытия с электромеханической обработкой и без охлаждения (рис. 1, *в*);
- 4) плазменное нанесение покрытия с электромеханической обработкой и с охлаждением струей воды после прохода пятна плазматрона;
- 5) плазменное нанесение покрытия с электромеханической обработкой и с охлаждением струями воды как после прохода пятна плазменного напыления, так и после прохода обкатывающего ролика (рис. 1, *г*) [1-3].

Результаты имитационного моделирования показали, что в случае отсутствия охлаждения деталь, и особенно ее поверхность, нагреваются до высоких темпера-

тур, около 600 °С (рис. 1, а, в).

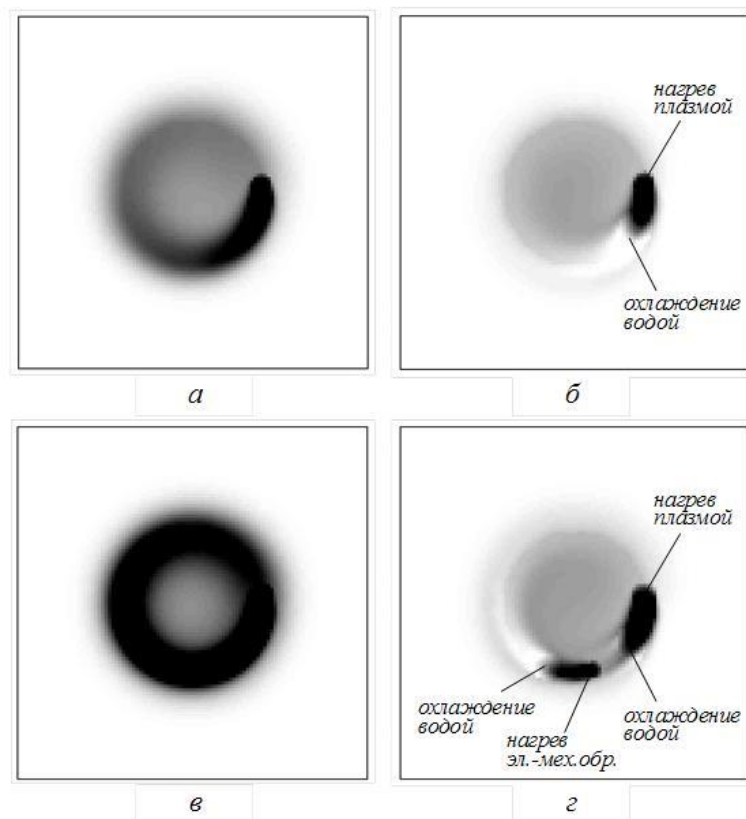


Рисунок 1 – Иллюстрация улучшения охлаждения поверхности детали: карты распределения температуры в поперечном сечении шейки коленчатого вала для случаев плазменного напыления: а, в – без водяного охлаждения; б, г – с охлаждением вала одной или двумя водяными струями; а, б – без электромеханической обработки

При этом охлаждение детали после нанесения покрытия может привести к растрескиванию и отслаиванию покрытия. Если же после прохода пятна плазмы по этой же линии направляется струя воды под высоким давлением, деталь в целом незначительно нагревается, а поверхность нагревается еще меньше, остывая после контакта с жидкостью до довольно низкой температуры около 200 °С (рис. 1, б). В случае же использования сопутствующей электромеханической обработки две струи воды (за пятном плазмы и за пятном контакта с роликом) также эффективно охлаждают поверхность детали до температур порядка 150 °С (рис. 1, г).

Для количественного анализа распределения температуры в детали построены серии профилей температуры (рис. 2-4).

Анализируя случаи нанесения покрытия без дополнительной электромеханической обработки (линии 1 и 2 на рисунках 2-4, а), можно сделать вывод, что охлаждение струей воды приводит к снижению средней температуры поверхности де-

тали вдоль линии движения плазмотрона на 50-200 °С.

В случае проведения дополнительной электромеханической обработки с пропуском значительных токов, нагрев детали существенно увеличивается.

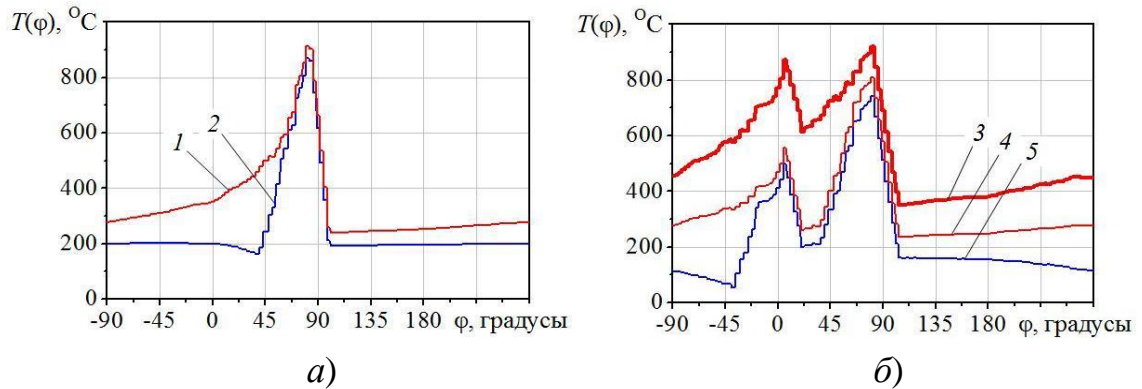


Рисунок 2 – Угловое распределение температуры по поверхности вала при плазменном нанесении покрытия без (а) и с дополнительной электромеханической обработкой (б): 1-5 – номер компьютерного эксперимента

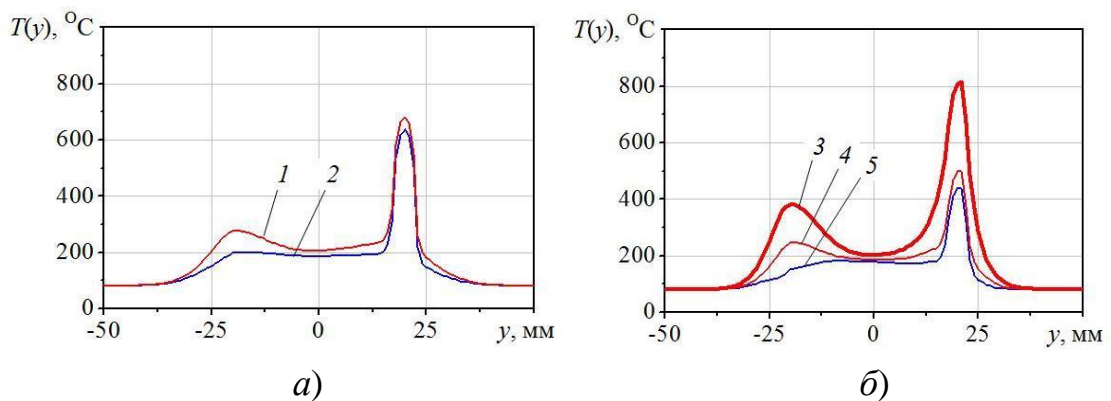


Рисунок 3 – Распределение температуры в поперечном сечении вала (в области "пятна нагрева плазмой") при плазменном нанесении покрытия без (а) и с дополнительной электромеханической обработкой (б): 1-5 – номер компьютерного эксперимента

В случае отсутствия водяного охлаждения средняя температура поверхности при электромеханической обработке приблизительно на 200 °С выше, чем в случае отсутствия таковой. В то же время, использование двух струй водяного охлаждения (как после прохода плазмотрона, так и после прохода обкатывающего ролика), позволяет поддерживать среднюю температуру детали на приемлемом уровне (около 150 °С). Такая довольно низкая средняя температура покрытия не приводит к образованию существенных внутренних напряжений в окончательно сформированном

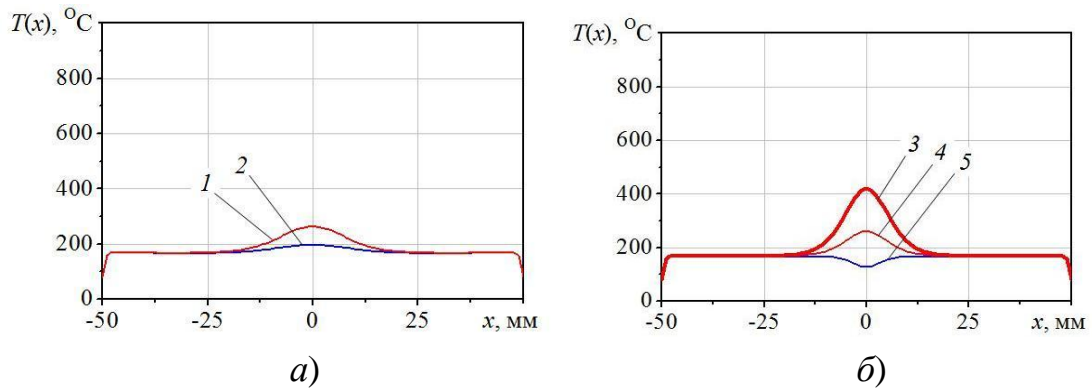


Рисунок 4 – Распределение температуры на поверхности вала в продольном направлении (с обратной стороны от пятна плазмотрона) при плазменном нанесении покрытия без (а) и с дополнительной электромеханической обработкой (б): 1-5 – номер компьютерного эксперимента

покрытия. Поэтому в данном случае вероятность отслоения и растрескивания покрытия гораздо ниже, чем в случае отсутствия одного или двух этапов охлаждения. Анализируя профили на рисунке 4 можно прийти к выводу, что каждая струя водяного охлаждения приводит к снижению средней температуры вдоль линии движения плазмотрона приблизительно на 150-200 °С.

Библиографический список

1 Кадырметов А. М. Компьютерное моделирование распространения тепла в детали в комбинированном процессе плазменного напыления и упрочнения покрытия / А. М. Кадырметов, В. О. Никонов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(88). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/23.pdf>, 0,750 у.п.л.

2 Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2013612101 от 14.02.13 г. Программа для моделирования способа комбинированного упрочнения поверхностей деталей [Текст] / В. О. Никонов, А. М. Кадырметов, В. И. Посметьев, В. В. Посметьев ; правообладатель ФГБОУ ВПО ВГЛТА. – № 2012661430; заявл. 21.12.2012 ; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 14.02.2013.

3 Кадырметов, А. М. Оценка эффективности охлаждения детали при способе комбинированного нанесения плазменного покрытия [Текст] / А. М. Кадырметов, В. О. Никонов, В. В. Посметьев, А. Ф. Мальцев, Е. В. Снятков // XVII-ой международной научно-технической интернет-конференции «Новые материалы и технологии в машиностроении» г. Брянск [Электронный ресурс] – <http://science-bsea.bgita.ru/>.