

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБЪЕМНОЙ И ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКОЙ

Сазонов М.И., Хвисевич В.М., Веремейчик А.И.

БрГТУ, г. Брест, Беларусь.
vai_mrtm@bstu.by

Обработка поверхности материалов к настоящему времени представляет собой одну из наиболее развивающихся областей науки о материалах. Методы, связанные с созданием на поверхности материалов модифицированных слоев, достаточно изучены [1-3]. Данные методы условно подразделяются на две большие группы: технологии, основанные на физических процессах, и технологии, основанные на химических процессах. Среди всех технологий обработки поверхности наиболее перспективными являются ионно-вакуумные технологии нанесения покрытий (PVD и CVD технологии). Полученные такими способами слои отличаются высокой адгезией, а температурное воздействие на материал, как правило, минимальное. В связи с этим настоящая работа направлена на изучение процессов, происходящих в поверхностном слое материала при воздействии сжатой плазменной струи в защитных средах аргона и азота и разработку процесса поверхностной плазменной закалки деталей из хромистых сталей для повышения их долговечности. Кроме того, после проведенной поверхностной закалки предполагается разработать основы технологии вакуумно-дугового осаждения тонких износ- и ударостойких покрытий с включением нитридов и карбидов циркония.

1. Установка для термоупрочнения

При пробивке отверстий в заготовках крепежных деталей различного назначения применяют цилиндрические и прямоугольные пуансоны из стали X12M. Во время эксплуатации пуансоны подвергаются интенсивному механическому изнашиванию вследствие возникновения больших давлений, неблагоприятного напряженного состояния и нагрева рабочих частей, и их ресурс составляет около трех тысяч пробивок. Визуальные обследования отработанных пуансонов показали, что происходил не только интенсивный износ их режущих частей, но и искривление цилиндрических пуансонов (иногда с разрушением), а также выламывание металла из режущей части прямоугольных пуансонов. Такой характер разрушения присущ деталям упрочненных объемной закалкой и обусловлен возникновением в металле значительных механических напряжений и охрупчивания стали.

Предварительно была проведена объемная закалка пуансонов при температуре 850 °С. Полученная закалка позволила достигнуть твердость 55 HRC. Типичная микроструктура приведена на рис. 1.

Для улучшения прочностных характеристик поверхностного слоя пуансона предложено с помощью движущейся плазменной дуги дополнительно закалить его рабочую поверхность до HRC 70. При этом необходимо оценить влияние параметров плазменной дуги на поверхность образцов, оптимизировать эти параметры, определить влияние параметров упрочнения на физико-механические свойства и износостойкость поверхностного слоя, изучить теплофизические процессы происходящие в стали в результате воздействия плазменной дуги, исследовать микрогеометрию поверхностного слоя в зависимости от параметров процесса.

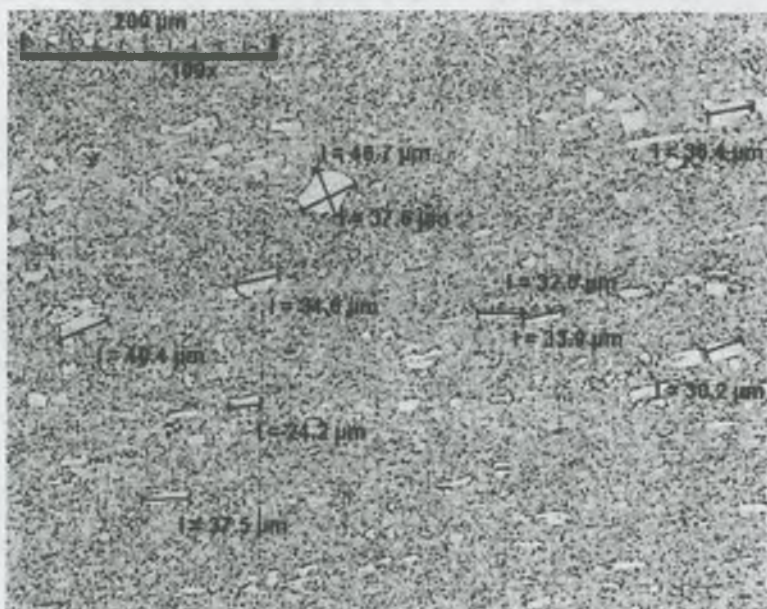


Рис. 1. Микроструктура стали X12M при твердости 55 HRC ($\times 500$)

Для исследования особенностей взаимодействия плазменного потока с твердым телом и разработки основ технологий упрочнения стальных изделий создана экспериментальная установка с механической системой перемещения и плазматрона и изделия (манипулятором). Эта установка состоит из плазматрона постоянного тока, силового источника питания дуги, устройства ВЧ-поджига дуги, щиток газоснабжения плазматрона аргоном и азотом, системы водоохлаждения плазматрона. Для перемещения плазматрона с заданной скоростью создана система устройств, реализующая плоско параллельное движение упрочняемой детали относительно плазматрона (рис. 2).

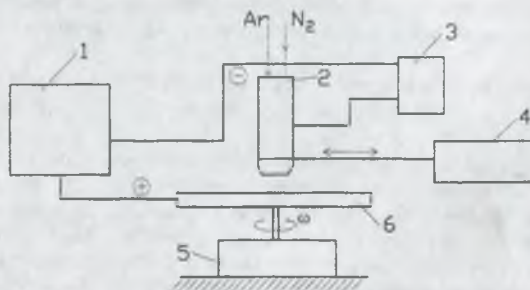


Рис. 2. Принципиальная схема установки для ППЗ.

1 – силовой источник питания; 2 – модернизированный плазматрон; 3 – высокочастотный генератор; 4 – манипулятор; 5 – манипулятор; 6 – упрочняемая деталь.

Силовой источник обеспечивает горение дуги при напряжениях 14 - 35 В при токах до 30А, а его напряжение холостого хода 60 В. При закалке различных деталей источник позволяет изменять ток от 30 А до 70 А. Напряжение дуги измеряется вольтметром типа М36, а ток амперметром типа АСШ-42.

Проведены исследования вольт - амперных характеристик дуги при токах 7 - 30А, при этом напряжение дуги составляет 14-36В в зависимости от соотношения расходов аргона и азота. Аргон и азот в плазмотроне подаются из баллонов высокого давления через редукторы и вентили. Измерение расходов аргона осуществляется при помощи расходомера типа РМ - 0.63 ГУЗ, а азота РМ - 0.063 ГУЗ. Измерения расхода воды производилось при помощи мерного сосуда и секундомера, а температура холодной и нагретой в плазмотроне воды ртутным термометром.

2. Режимы закалки

Плазменная закалка производилась при токах дуги $I = 6-32$ А. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон, причем в плазмотроне было применено обжимающее сопло с диаметром отверстия, равном 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 4 до 27 мм/с. В результате проведенных экспериментов и статической обработки их результатов были определены оптимальные параметры процесса поверхностного упрочнения: скорость перемещения плазмотрона $V = 9-13$ мм/с, ток дуги $I = 22$ А, расход защитного газа $Q_{N_2} = 3,1$ л/мин.

Типичное распределение микротвердости поверхностного слоя около режущей кромки образца по ширине «дорожки» приведено на рис. 3.

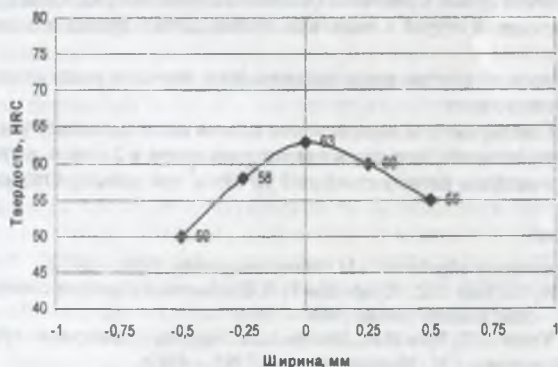


Рис. 3. Твердость по ширине дорожки 2 около кромки образца. $I = 7$ А, $V = 9$ мм/с

Кроме того, были проведены измерения твердости по длине дорожки при движении дуги по режущей кромке образца. График изменения микротвердости по длине дорожки приведен на рис. 4.

Предварительные исследования показали, что изменение расхода азота в пределах $Q = 3,6-1,8$ л/мин, незначительно влияет на величину микротвердости и глубину упрочнения, а при $Q = 1,2$ л/мин наблюдается резкое уменьшение области упрочнения.

Анализ результатов исследований показывает, что характер распределения микротвердости в этом случае подобен распределению микротвердости по глубине поверхностного слоя в двух рассмотренных выше случаях. Глубина упрочненного слоя достигает 0,55 мм и ее значения почти в 2 раза выше значений микротвердости материала в исходном состоянии.

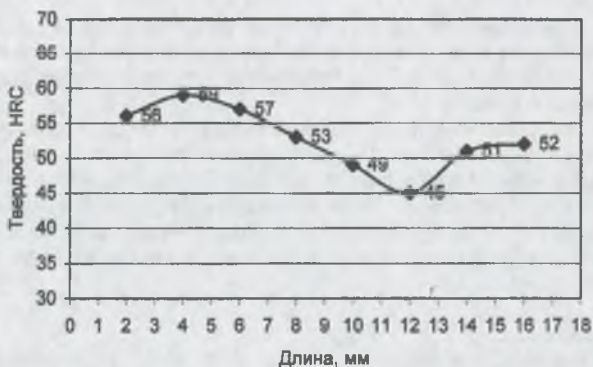


Рис. 4. Изменение твердости по длине дорожки 2. $I = 7A$, $V = 13$ мм/с

Следует заметить, что значительное увеличение твердости материала является результатом объемного влияния образующих фаз и главной фазы Fe_3N при незначительном влиянии других фаз, а также образованием в поверхностном слое азотистого мартенсита.

Проведены исследования фазового состава упрочненного слоя стали методом дифракции рентгеновских лучей. Сравнение фазового состава поверхностного слоя образцов обработанных плазменной струей в защитных средах азота и аргона показали значительное отличие.

Результаты фазового состава стали подтверждают причины роста микротвердости по глубине поверхностного слоя.

Проведенные эксперименты показали, что подача азота позволяет увеличить напряжение дуги и, соответственно, мощность плазматрона почти в 2 раза и достичь плотности теплового потока в анодном пятне в плотть до $6 \cdot 10^7$ Вт/м² при диаметре пятна 2,0 – 2,4 мм.

Список литературы

1. Райцес В.Б. Термическая обработка. – М.: Машиностроение, 1980. – 247 с.
2. Спиридонов Н.В., Кобяков О.С., Куприянов И.Л. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. – Мн.: Высшая школа, 1988. – 155 с.
3. Рыкалин Н.Н., Углов А.Л., Зуев И.В., Кокора А.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.