

– в ходе изучения шлифов сварного соединения было установлено, что при сварке без охлаждения – структура дендритная, при сварке с охлаждением – мелкозернистая, что более приемлемо;

– сварка с применением принудительного охлаждения твердым диоксидом углерода является весьма технологичным методом сварки, простым в исполнении и экономически дешевым. Таким образом, данный метод позволяет значительно снизить остаточные напряжения и деформации после сварки, причем сварное соединение получается с мелкодисперсной структурой и высокими механическими характеристиками.

Литература

1. Перспективные материалы и технологии: монография / под ред. В.В. Клубовича. Витебск, изд-во УО «ВГТУ». – 2013. – 655 с. – Пантелеенко, Ф.И. Минимизация деформаций при аргонодуговой сварке тонколистовой аустенитной стали локальным охлаждением высокотемпературной области / Ф.И. Пантелеенко, С.Н. Жизняков, А.Х. Монфаред. – С. 172 – 187.

УДК 621.791.72

ФОРМИРОВАНИЕ ДВУХСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СПЛАВА ПГ-12Н-01 И БРОНЗЫ ПГ-19М-01, ПОЛУЧАЕМЫХ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

**О. Г. Девойно, М. А. Кардаполова, Н. И. Луцко, А. С. Лапковский,
О. Н. Кавальчук**

Белорусский национальный технический университет, Минск

В связи с увеличением потребности промышленности в высокоизносостойких материалах и исчерпанием возможностей упрочнения одноконтентных материалов возрастает роль композиционных материалов, позволяющих значительно увеличить износостойкость.

Уникальные возможности создания композиционных износостойких покрытий предоставляет метод лазерной наплавки. Этот метод, при котором сочетаются небольшие размеры наплавляемых валиков и локальность нагрева, позволяет создавать полосчатые слои, состоящие из материалов, имеющих различные физико-механические свойства, когда один из материалов играет роль связующего, а второй – арматуры. Такие слои характеризуются не только высокой износостойкостью, но и анизотропией изно-

состоятельности в разных направлениях относительно наплавленных валиков. В настоящее время уже накоплен значительный научный задел в области формирования покрытий из порошковых материалов с использованием метода лазерной наплавки [1 – 3].

В данной работе изучалось распределение микротвердости по глубине и в продольном направлении (вдоль поперечного сечения слоя) в двухслойном композиционном покрытии, полученном методом лазерной наплавки чередованием валиков из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01. Покрытия наносились на технологическом комплексе на базе CO₂-лазера непрерывного действия типа «Комета» и системы числового программного управления на образцы из стали 45. Наплавка велась в четыре этапа. Схема наплавки двухслойного композиционного покрытия приведена на рис. 1.

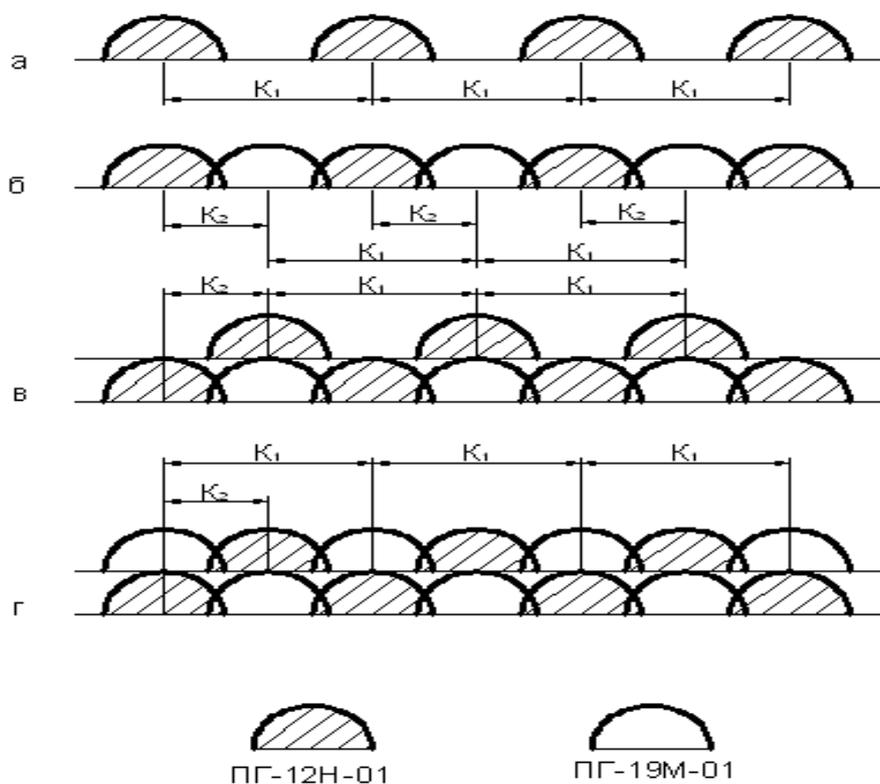


Рис. 1. Схема наплавки двухслойного композиционного покрытия:
а – первый этап; *б* – второй этап; *в* – третий этап; *г* – четвертый этап

После наплавки образцы разрезались в направлении, перпендикулярном валикам наплавки, заливались в специальные оправки, после чего шлифовались и полировались. Фотография полученного шлифа поперечного сечения покрытия приведена на рис. 2. Отчетливо видны валики из бронзы ПГ-19М-01 и валики из сплава ПГ-12Н-01.

Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 100 г по глубине покрытия по линиям симметрии валков из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, находящихся в первом слое покрытия, из основы в покрытие с шагом 0,05 мм и в продольном направлении вдоль поперечного сечения слоя параллельно основе с шагом 0,1 мм.

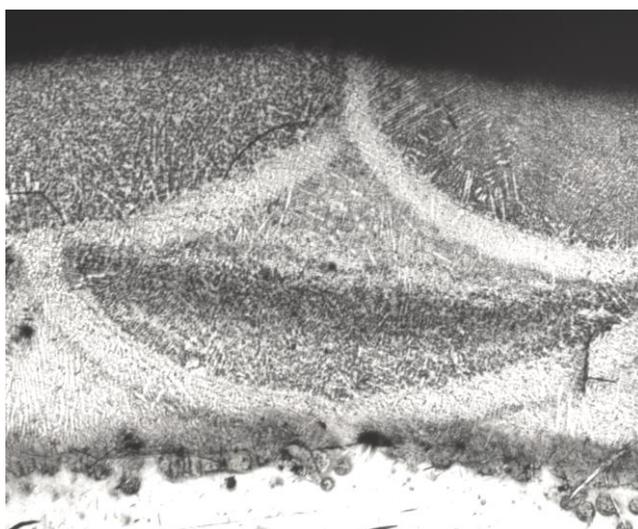


Рис. 2. Поперечное сечение двухслойного композиционного покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 х50

Типичная картина распределения микротвердости по глубине однослойного композиционного покрытия, когда в нижнем слое находится валик бронзы, представлена на рис. 3.

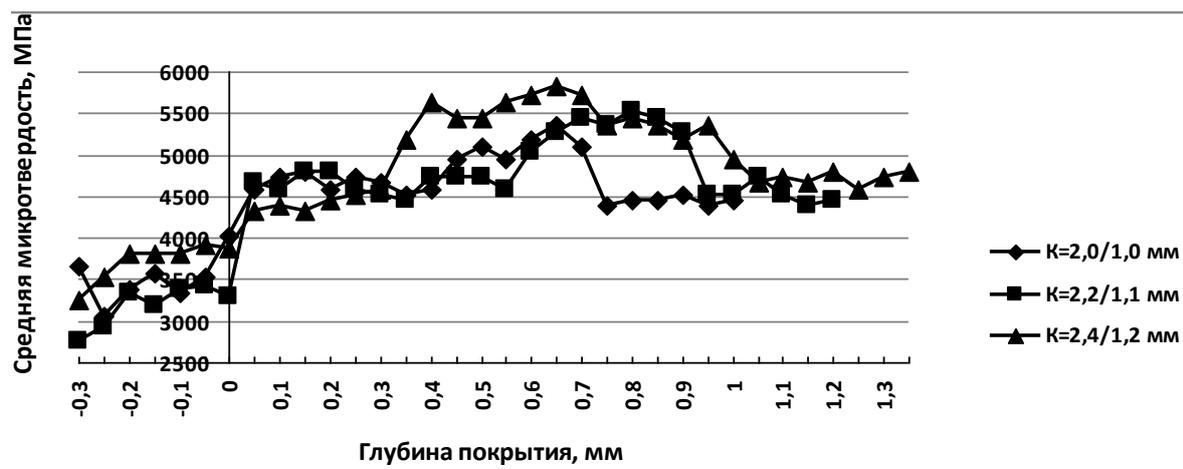


Рис. 3. Распределение микротвердости по глубине двухслойного композиционного покрытия (бронза внизу)

Как видно, в этом случае по глубине двухслойного композиционного покрытия наблюдаются три зоны микротвердости. Вверху и внизу покрытия расположены зоны с микротвердостью 4300 – 4800 МПа, что соответствует бронзовой составляющей покрытия. В средней части покрытия расположена зона с микротвердостью 5200 – 5800 МПа, соответствующая фазе самофлюсующегося сплава в композиционном покрытии. Таким образом, для случая с бронзой внизу по глубине многослойного покрытия наблюдаются три зоны микротвердости.

При рассмотрении графиков распределения микротвердости по глубине двухслойного композиционного покрытия для случая, когда внизу находится сплав ПГ-12Н-01 (рис. 4), видно, что ближе к основе расположена зона с микротвердостью 5000 – 5800 МПа, соответствующая сплаву ПГ-12Н-01. Выше расположена зона с микротвердостью 4200 – 4700 МПа, соответствующая бронзовой составляющей. Таким образом, для случая с самофлюсующимся сплавом внизу по глубине двухслойного композиционного покрытия наблюдаются две зоны микротвердости.

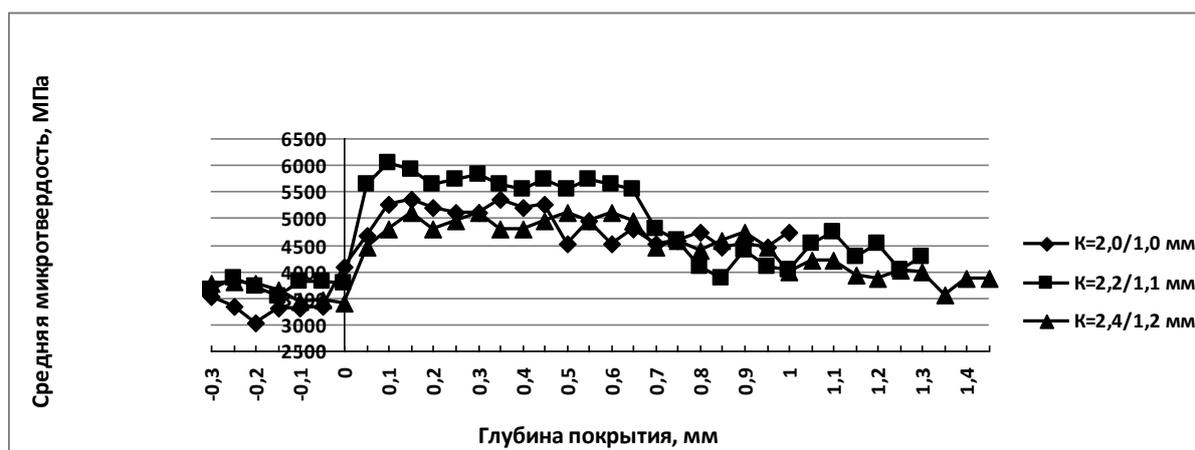


Рис. 4. Распределение микротвердости по глубине двухслойного композиционного покрытия (сплав внизу)

Характерные результаты измерения микротвердости в продольном направлении вдоль поперечного сечения слоя параллельно основе представлены на рис. 5.

Как видно, что при всех исследованных шагах наплавки в продольном направлении двухслойного композиционного покрытия наблюдается периодичность изменения микротвердости. Такие периодические изменения микротвердости происходят вдоль всего поперечного сечения двухслойного композиционного покрытия из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01.

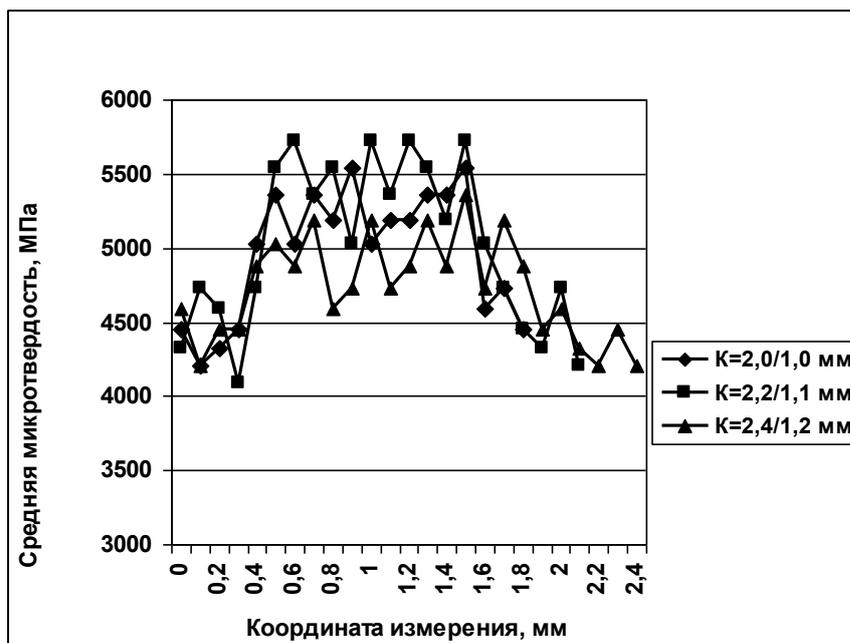


Рис. 5. Распределение микротвердости в двухслойном композиционном покрытии в направлении параллельно основе

Таким образом, в двухслойном композиционном покрытии из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 наблюдается периодичность изменения микротвердости как по глубине слоя (когда бронза находится внизу), так и в продольном направлении слоя параллельно основе. При этом, варьируя соотношение шагов наплавки одноименных и разноименных материалов K_1 и K_2 , можно добиваться разной периодичности изменения этой характеристики покрытий. Полученные результаты позволяют сделать предположение о периодичности изменения и других физико-механических свойств таких покрытий. Кроме того, можно с достаточной степенью уверенности утверждать, что существует реальная возможность регулирования физико-механических и эксплуатационных свойств, в т.ч. износостойкости и коэффициента трения в покрытиях, получаемых методом лазерной наплавки

Литература

1. John C. Laser processing of Engineering Materials: principles, procedure and industrial application, Elsevier Butterworth/ – Heintmann, Burlington, MA, 2005. – 220 p.
2. E. Toyserkani, A. Khajepour, S. Corbin, Laser Cladding, CRS Press, Boca Raton, Florida, 2005. – 380 p.
3. J. Th. M. De Hosson, V. Ocelic, Functionally graded materials produced with high power lasers, Proceeding of ASTRA. – 2003, Hyderabad, India, 2003. – Pp. 368 – 376.