

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАЛИКОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

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

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь,  
тел.: (8 017) 331-00-45, факс: (8 017) 293-92-23,  
e-mail: scvdmed@bntu.by*

Лазерная наплавка – это технология создания покрытий, включающая нанесение материалов разной природы на металлическую подложку с использованием в качестве источника энергии лазерного луча. Особенностью лазерной наплавки является достижение высоких (до  $10^7$  Вт/м<sup>2</sup>) плотностей мощности, что обеспечивает возможность локального нанесения покрытия без объемного разогрева детали.

Перспективным направлением развития лазерной наплавки является объединение последней с компьютерным проектированием (CAD) и компьютерным управлением (CAM), когда появляется возможность производить послойное изготовление деталей завершенной геометрии в течение одноступенчатого процесса [1] с минимальной последующей механической обработкой и получением комплекса свойств деталей, не уступающего по уровню свойствам, получаемым пластической деформацией.

Процесс лазерной наплавки является основой упомянутых выше технологий, и точность размеров валиков, обеспечиваемая наплавкой, непосредственно влияет на точность построения деталей в технологиях «быстрого прототипирования». В то же время поперечные размеры получаемых при различных режимах наплавки валиков достаточно сильно отличаются. На рис. 1 и 2 показаны поперечные шлифы валиков при скоростях наплавки 40 и 60 мм/мин и дистанциях наплавки 10 и 12 мм со-

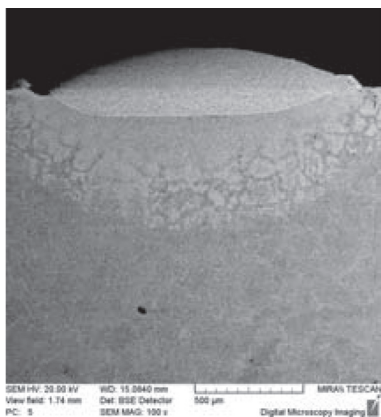


Рис. 1. Поперечный шлиф валика, полученного лазерной наплавкой сплава ПГ-12Н-01 при скорости наплавки  $V = 40$  мм/мин и дистанции наплавки  $L = 10$  мм

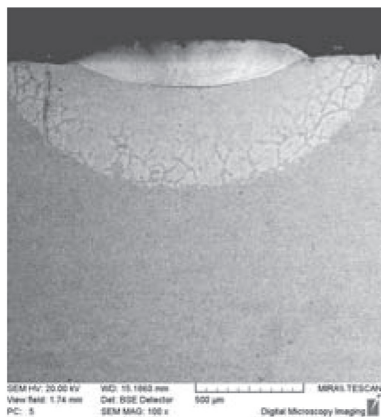


Рис. 2. Поперечный шлиф валика полученного лазерной наплавкой сплава ПГ-12Н-01 при скорости наплавки  $V = 60$  мм/мин и дистанции наплавки  $L = 12$  мм

ответственно. При этом хорошо видно, что высота и ширина валиков отличаются приблизительно в 1,4–1,5 раза.

В этой работе нами была предпринята попытка исследовать основные особенности формирования геометрии поперечного сечения валиков получаемых при лазерной наплавке при изменении таких параметров, как дистанция и скорость наплавки.

Лазерная наплавка производилась при мощности излучения лазера 1000 Вт, при различных дистанциях и скоростях наплавки на образцы из стали 45. В качестве наплавочного материала использовали порошок самофлюсующегося сплава ПГ-12Н-01 грануляцией 20–80 мкм. Затем на поперечных шлифах зон наплавки с помощью металлографического микроскопа «Микро Р-200» определяли такие геометрические параметры поперечного сечения, как ширина валика  $I$  и высота  $H$ .

Установлено, что при увеличении дистанции наплавки ширина валиков уменьшается. Эта закономерность одинаково проявляется при всех исследованных режимах (рис. 3). Такую зависимость можно объяснить тем, что уменьшение дистанции на-

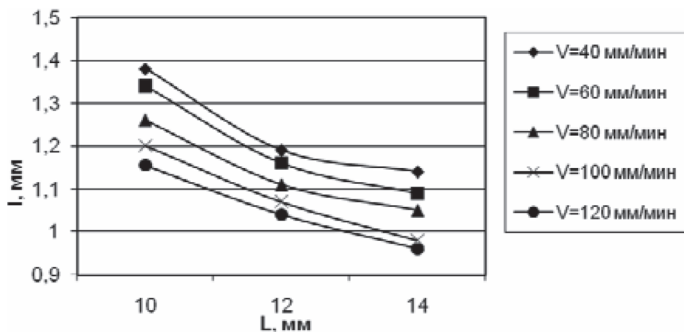


Рис. 3. Зависимость ширины валика  $I$  от дистанции наплавки  $L$  при скорости наплавки  $V$  для сплава ПГ-12Н-01

плавки приводит к расфокусировке луча лазера, при этом увеличиваются пятно нагрева и, как следствие, диаметр ванны расплава и ширина валика.

Скорость наплавки (рис. 4) также довольно заметно влияет на ширину валика. При увеличении скорости наплавки самофлюсующегося сплава на основе никеля ширина валика уменьшается. Такая закономерность имеет место при всех применявшихся режимах наплавки.

Наблюдавшаяся зависимость ширины валика от скорости наплавки объясняется тем, что при повышении скорости наплавки

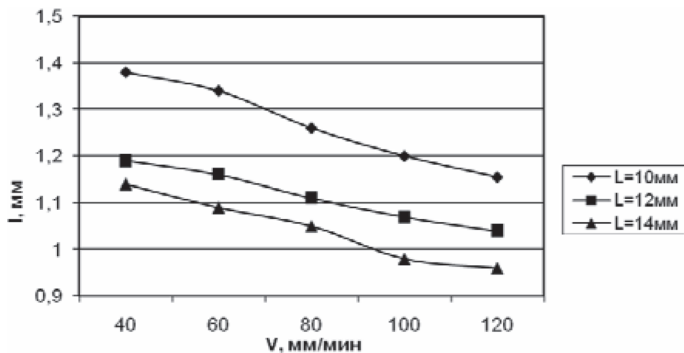


Рис. 4. Зависимость ширины валика  $I$  от скорости наплавки  $V$  при дистанции наплавки  $L$  для сплава ПГ-12Н-01

ки один и тот же объем подаваемого в зону наплавки материала распределяется на большей длине наплавки. Естественно, что при этом ширина валика должна уменьшаться.

Увеличение дистанции наплавки, как видно из рис. 5, приводит к росту высоты валиков. Такой характер зависимости можно объяснить тем, что рост дистанции наплавки приводит к уменьшению количества вносимой в покрытие энергии, ванна расплава уменьшается в диаметре, поэтому из поступающего в зону наплавки порошка формируется более узкий, но более высокий валик. Указанная закономерность справедлива при всех режимах наплавки.

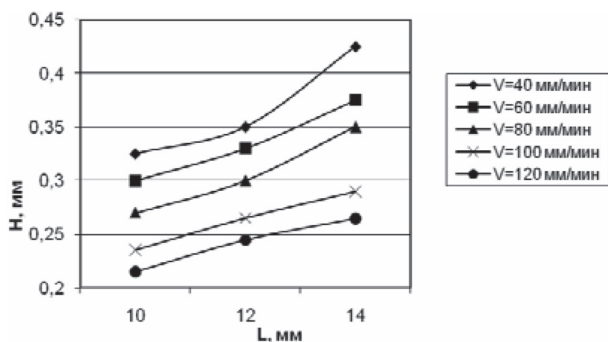


Рис. 5. Зависимость высоты валика  $H$  от дистанции наплавки  $L$  при скорости наплавки  $V$  для сплава ПГ-12Н-01

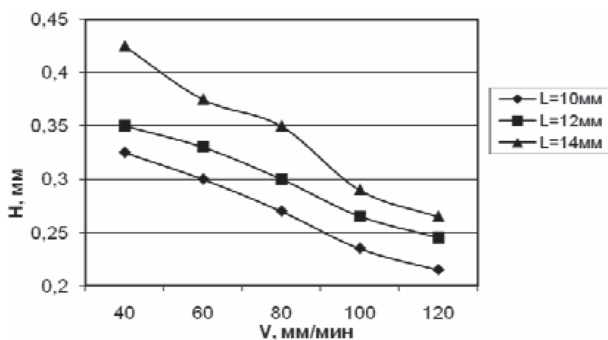


Рис. 6. Зависимость высоты валика  $H$  от скорости наплавки  $V$  при дистанции наплавки  $L$  для сплава ПГ-12Н-01

Влияние скорости лазерной наплавки на высоту валиков показано на рис. 6. Видно, что скорость наплавки оказывает более существенное влияние на высоту валиков по сравнению с дистанцией наплавки.

При увеличении скорости лазерной наплавки высота валиков заметно уменьшается. Так же как и при исследовании ширины валиков, такую закономерность можно объяснить тем, что с ростом скорости наплавки один и тот же объем наносимого материала распределяется на большей длине валика.

Таким образом, исследования показали, что режимы процесса оказывают существенное влияние на форму и размеры поперечного сечения валиков, получаемых при лазерной наплавке. Это обстоятельство нельзя игнорировать при назначении режимов наплавки для конкретных деталей, особенно в случаях, когда необходимо точное воспроизведение определенной геометрии и формы наплавляемого объекта. Последнее обстоятельство тем более важно в процессах 3D прототипирования, когда лазерная наплавка является только частью достаточно сложного технологического процесса непосредственного формирования детали.

### **Литература**

1. Koch, J. Rapid prototyping by laser cladding / J. Koch, J. Mazumder // Proc. of ICALEO'93. – 1993. – Vol. 77. – P. 556–565.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ ВСТАВОК ПРЕВЕНТОРОВ ИЗ СТАЛИ 30ХМА**

**Д. В. Жук, М. Н. Босяков, И. Л. Поболь,  
И. Г. Олешук, Г. Ф. Федорук**

*Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
тел.: 263-51-25, факс: 263-76-93, e-mail: e-phys@tut.by*

СЗАО «Фидмаш» (г. Минск) изготавливает колтюбинговые установки. Колтюбинговая технология предусматривает замену дискретной свинчиваемой трубы на длинную непрерывную. Составной частью таких установок является противовыбросовое