

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.791.75

Агеева М. В., Забара А. С.

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОД ФЛЮСОМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Современное металлургическое производство невозможно без технологии непрерывной разливки стали. Технические и технико-экономические показатели машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) в значительной степени зависят от долговечности роликов систем.

При решении проблемы разработки технологии изготовления и восстановления МНЛЗ с помощью наплавки рабочего слоя необходимо обеспечить его характеристики, отвечающие условиям эксплуатации, и снижение энергоемкости процесса. Анализ литературных данных показал, что воздействием продольного магнитного поля (ПРМП) возможно повышение эффективности дуговой наплавки под флюсом за счет увеличения коэффициента расплавления проволоки и уменьшения размеров зоны проплавления основного металла [1–4]. Использование ПРМП также позволяет получить следующие эффекты: измельчение структуры наплавленного металла, повышение стойкости к образованию горячих трещин и др.

Целью настоящей работы является исследование влияния продольного магнитного поля на производительность наплавки и геометрические размеры валика при дуговой наплавке проволокой SK742N-SK.

Порошковая проволока SK742N-SK обеспечивает наплавленный металл с ферритно-мартенситной структурой с добавками азота, предназначенного для устойчивости износу «металл-металл», коррозии и термической усталости и отвечает требованиям, предъявляемым к роликам МНЛЗ.

Для создания управляющего ПРМП использовалось устройство, схема которого приведена на рис. 1. Конструкция представляет собой катушку, состоящую из обмотки (6), выполненной из четырёх слоёв с числом витков 144. Обмотка выполнена из медной проволоки диаметром 2 мм, которая изолирована от ферросердечника с помощью изолятора (7). Ферросердечник (4) изготовлен из стали типа Ст3. Ферросердечник имеет внизу буртик (5) для удержания обмотки (6). Соленоид крепился на автомат с помощью болтовых соединений (9). Сердечник имел внутри отверстие, в котором проходил мундштук (3) с токоподводящими губками (2). Внутри мундштука проходила электродная проволока (1). Автомат позволял регулировать расстояние от торца токоподводящих губок до пластины (8) (величину вылета электрода H). Во всех экспериментах через катушку пропускали ток $I_k=20$ А. На рис. 1 приведена также система координат, принятая для исследования строения магнитного поля. При этом начало координат располагалось на поверхности пластины под осью электрода. Для изучения конфигурации ПРМП в зоне капли и дуги, проводились измерения радиальной B_r и продольной B_z компонент индукции.

Измерения радиальной B_r и продольной B_z компонент индукции проводили миллитесламетром типа ЭМ-4305 с датчиком Холла с измерительной базой 1×1 мм (для постоянного ПРМП) и миллитесламетром типа Ф-4356 (для переменного ПРМП). В исследованиях использовалась проволока SK 742N-SK диаметром 3,6 мм, а в качестве основного металла пластины из стали Ст3 толщиной $\delta = 10$ мм.

Исследовали распределения индукции B_z , B_r вдоль радиуса. Магнитное поле генерировали пропусканием постоянного тока в катушке устройства ввода (УВ) постоянного продольного магнитного поля (ПРМП). При этом выдерживали постоянные параметры $H = 25$ мм, $\Delta = 5$ мм, $I_k = 20$ А. Измерения выполнили при наличии проволоки SK 742N-SK и без проволоки.

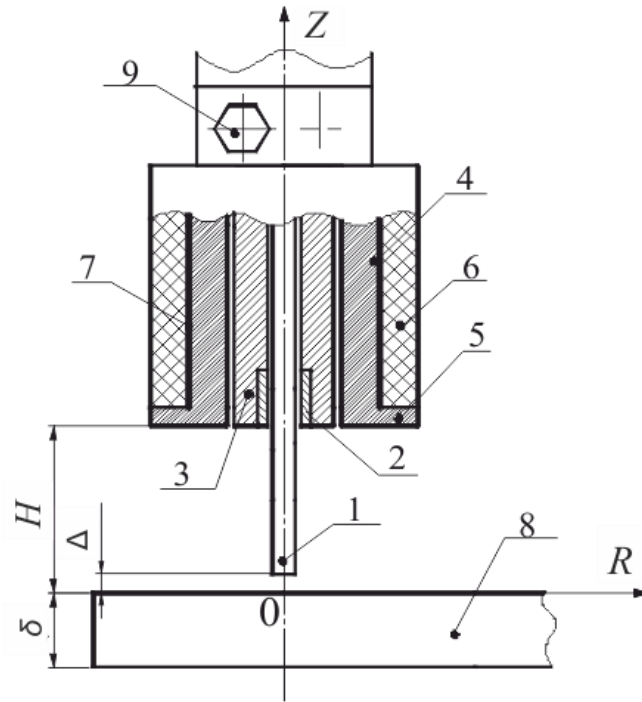


Рис. 1. Схема устройства для создания ПРМП:

1 – электродная проволока; 2 – токоподводящие губки; 3 – мундштук сварочного автомата; 4 – ферросердечник; 5 – удерживающий буртик ферросердечника; 6 – обмотка; 7 – изолятор; 8 – изделие (пластина); 9 – элемент крепления

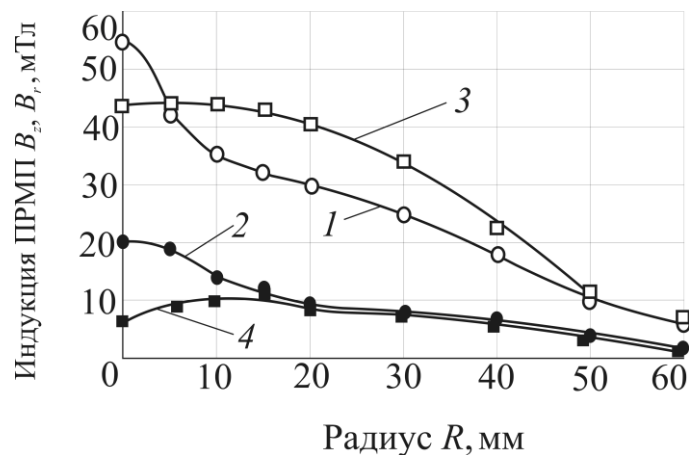


Рис. 2. Распределение индукции B_z , B_r вдоль оси радиуса ($H = 25$ мм, $\Delta = 5$ мм):
1, 3 – B_z ; 2, 4 – B_r ; 1, 2 – проволока SK 742N-SK; 3, 4 – без проволоки

Данные показали, что величина индукции B_z значительно больше индукции B_r (рис. 2). При наличии проволоки значение индукции B_z и B_r больше, чем в ее отсутствии в зоне сварочной дуги.

Данные исследования показали, что при увеличении расстояния H индукция B_z уменьшается, а индукция B_r практически не изменяется (рис. 3, а). При увеличении расстояния от торца до изделия-пластины индукция B_z уменьшается, как у поверхности пластины (рис. 3, б, кривая 1), так и у торца электрода (рис. 3, б, кривая 3). Значение индукции B_r меньше B_z . Однако, у торца электрода B_r больше, чем у поверхности пластины (ср. кривые 2, 4 на рис. 3, б).

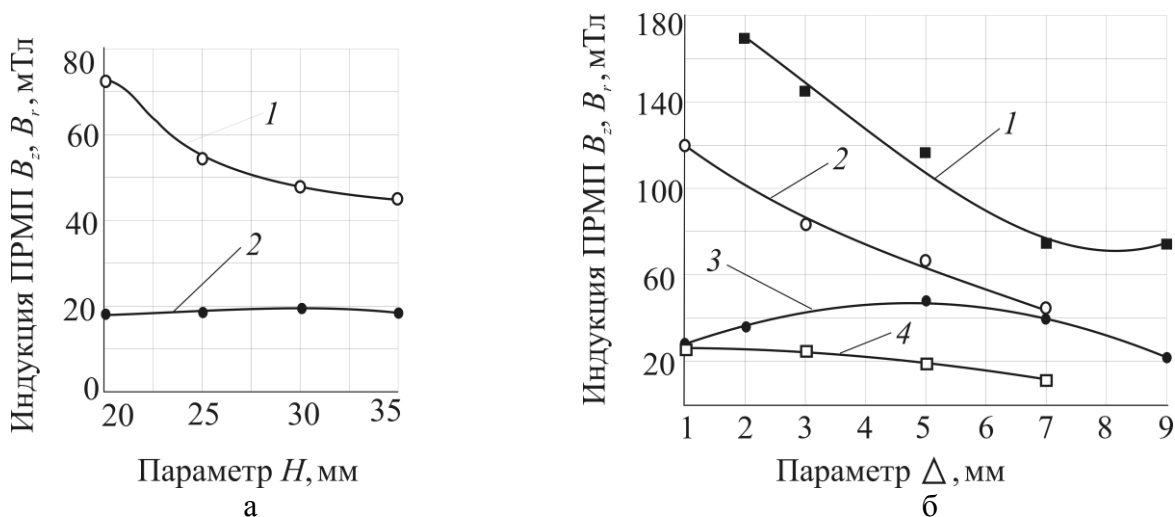


Рис. 3. Зависимость индукции B_z , B_r от параметра H (а) и от параметра Δ (б):
 а – $\Delta = 5$ мм; $I_{кат} = 20$ А; 1 – B_z ; 2 – B_r ; б – $I_{кат} = 20$ А, $H = 25$ мм;
 1, 3 – B_z ; 2, 4 – B_r ; 1, 2 – у поверхности пластины; 3, 4 – у торца электрода

Оптимальное значение ампер витков, равное 2880. В конструкции УВ ПРМП в установке для наплавки можно изменять ток в катушке и число витков в катушке, сохраняя постоянным значение ампер-витков.

С целью определения влияния ПРМП на геометрию валика выполняли наплавки без воздействия и с воздействием постоянного и с частотой 50 Гц ПРМП.

Наплавка ролика осуществляется проволокой SK742N-SK под флюсом Rekord SK. Параметры режимов наплавки $I_n = 500 \dots 520$ А; $U_d = 30 \dots 32$ В; $V_n = 36$ м/ч (1 см/с).

Из наплавки вырезали темплеты и изготавливали макрошлифы. После протравливания макрошлифов определили границы зоны проплавления. Макрошлифы наплавленных валиков приведены на рис. 4.

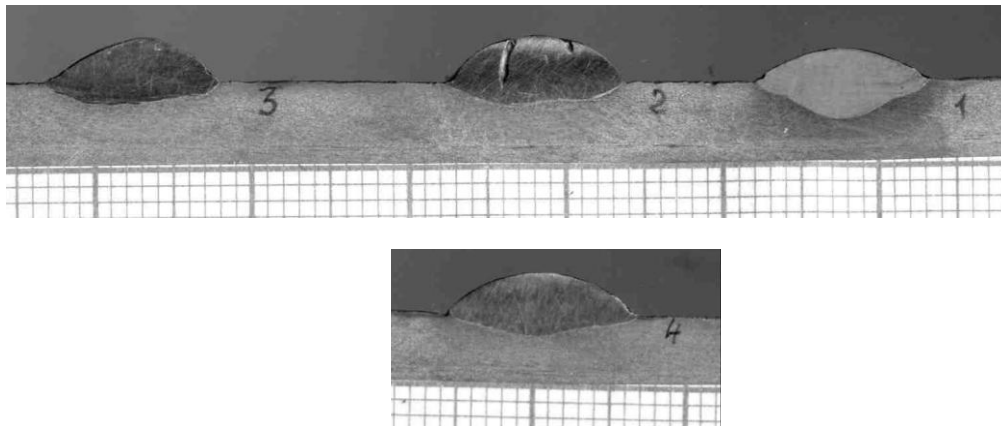


Рис. 4. Макрошлифы наплавленных валиков:
 1 – без ПРМП; 2 – продольное ПРМП, $B_z = 42$ мТл; 3 – продольное ПРМП, $B_z = 32$ мТл; 4 – ПРМП частотой 50 Гц, $B_z = 30$ мТл

Характерно, что при наплавке с воздействием постоянного ПРМП, когда $B_z = 42$ мТл в валике образуются поры (рис. 4, валик 2). Если уменьшить индукцию постоянного ПРМП до $B_z = 32$ мТл (рис. 4, валик 3), то поры устраняются. При воздействии ПРМП частотой 50 Гц и $B_z = 30$ мТл валик получается хорошо сформированным (рис. 4, валик 4), поры не наблюдаются. Таким образом, оптимальным уровнем B_z при наплавке с воздействием как постоянного, так и переменного ПРМП является $B_z = 20 \dots 30$ мТл.

Из поперечных шлифов определили геометрические характеристики валиков. Результаты измерений приведены на рис. 5.

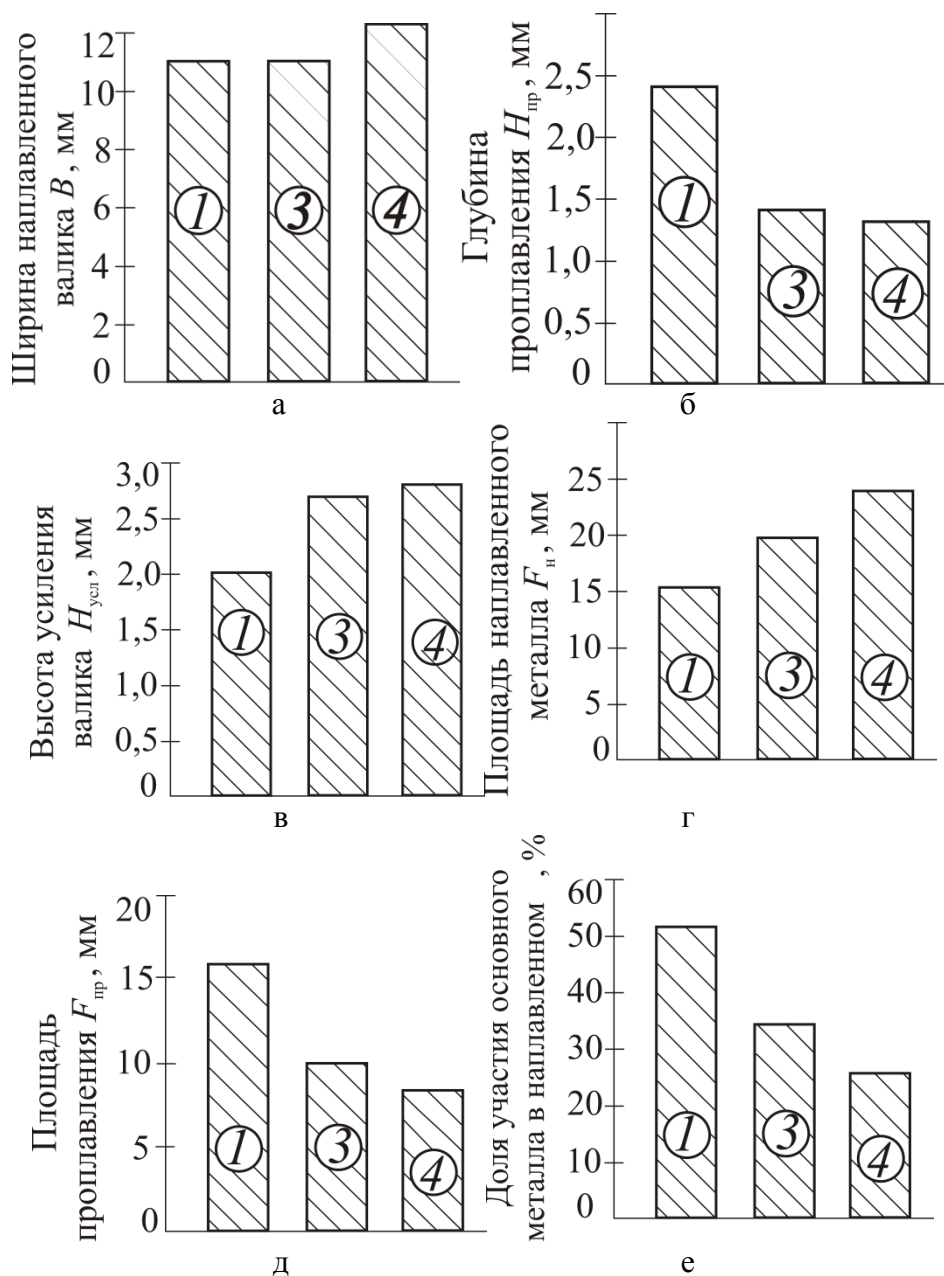


Рис. 5. Влияние ПРМП на геометрические параметры наплавленного валика:

а – ширину наплавленного валика B ; б – глубину проплавления $H_{пр}$; в – высоту усиления валика $H_{усл}$; г – площадь наплавленного металла F_n ; д – площадь проплавления $F_{пр}$; е – долю участия основного металла в наплавленном;

1 – без поля; 3 – постоянное ПРМП, $B_z = 32$ мТл; 4 – ПРМП частотой 50 Гц, $B_z = 30$ мТл

Данные показали, что при воздействии постоянного и переменного ПРМП ширина валика увеличивается, но незначительно.

Глубина проплавления основного металла при воздействии ПРМП значительно снижается, высота усиления валика увеличивается, площадь наплавленного металла также увеличивается. Характерно, что при воздействии ПРМП площадь проплавления уменьшается в 1,5...2 раза, соответственно и доля участия основного металла также значительно уменьшается (в 2 раза). Уменьшение коэффициента γ при воздействии ПРМП свидетельствует о том, что ПРМП целесообразно применять при наплавке проволокой SK 742N-SK.

При наплавке с воздействием постоянного ПРМП площадь наплавки увеличивается на 42%. При наплавке с воздействием ПРМП частотой 50 Гц площадь наплавки увеличивается на 54%.

Таким образом, воздействие магнитного поля позволяет уменьшить глубину проплавления основного металла и увеличить производительность процесса наплавки (площадь наплавки увеличивается) на 42...54 %. ПРМП целесообразно применять при наплавке проволокой SK 742N-SK роликов МНЛЗ.

Следует также отметить, что процесс дуговой наплавки с воздействием ПРМП является энергосберегающим.

ВЫВОДЫ

1. При дуговой наплавке проволокой SK 742N-SK при воздействии ПРМП глубина проплавления уменьшается почти в 2 раза, высота усиления увеличивается на 50 %, площадь наплавленного металла увеличивается на 40 %, площадь проплавления уменьшается в 1,5–2 раза, соответственно и доля участия основного металла уменьшается в 2 раза. Таким образом, использование ПРМП целесообразно применять при наплавке проволокой SK 742N-SK.

2. При наплавке проволокой SK 742N-SK с воздействием постоянного, либо частотой 50 Гц, продольного магнитного поля производительность наплавки повышается, уменьшается время на наплавку и затраты на электроэнергию при наплавке, за счет чего может быть получен значительный экономический эффект.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Размышляев А. Д. Влияние продольного магнитного поля на производительность расплавления проволоки при электродуговой наплавке под флюсом / А. Д. Размышляев, А. А. Дели, М. В. Миронова // Автоматическая сварка. – 2007. – № 6. – С. 31–35.
2. Рыжов Р. Н. Выбор оптимальных параметров внешнего электромагнитного воздействия при дуговых способах сварки / Р. Н. Рыжов, В. Д. Кузнецов // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – С. 27–30.
3. Размышляев А. Д. Особенности проплавления основного металла при дуговой наплавке в продольном магнитном поле / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова // Автоматическая сварка. – 2008. – № 8. – С. 24–28.
4. Размышляев А. Д. Эффективность процесса проплавления основного металла при дуговой наплавке проволокой под флюсом / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова // Сварочное производство. – 2011. – № 7. – С. 3–8.