

УДК 544.77:621.791

Структура зоны термического влияния при плазменной наплавке теплостойких инструментальных сталей

Вострецов Геннадий Николаевич^{1(*)}

vostrecovgena@yandex.ru

Вострецова Татьяна Геннадьевна²

tavost09@mail.ru

Петров Дмитрий Валентинович³

dempromfi@bk.ru

¹ СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия² АО «ОДК-Климов», Санкт-Петербург, Россия³ ООО «Техлаб», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассмотрено формирование структуры и твердости в наплавленном металле и в зоне термического влияния при плазменной наплавке теплостойких экономно легированных сталей типа Р1М9. Для неравновесного состояния сформулированы основные требования к термическому циклу процесса плазменной наплавки, способствующие формированию необходимой структуры и равномерной твердости наплавленной детали.

Ключевые слова: фазовый состав, экономно легированные теплостойкие стали, наплавленный металл, зона термического влияния, плазменная наплавка

Введение. Высокие скорости обработки современных высокопрочных металлов и сплавов давлением и резанием формируют повышенные требования к обрабатываемому инструменту. Перспективным, с точки зрения экономии энергоресурсов, материалов решением проблемы является разработка технологии наплавки, позволяющая получить теплостойкий металл в закаленном состоянии, без трещин и способный к дополнительному упрочнению при отпуске на вторичную твердость [1, 2].

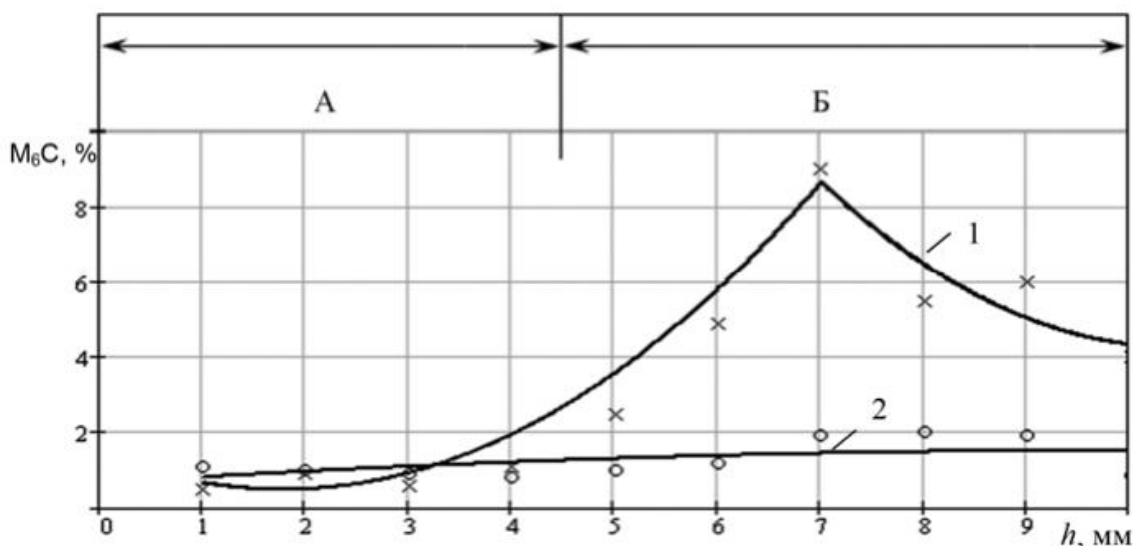
Поэтому проблема повышения надежности и долговечности инструмента путем наплавки и последующего упрочнения становится особенно актуальной в связи с потребностью изготовления нового и восстановления изношенного инструмента в широком объеме.

Методы и материалы; результаты. Сохранение высокой легированности твердого раствора наплавленного металла и металла зоны термического влияния (ЗТВ) в процессе наплавки определяет конечную структуру и способность к дисперсионному упрочнению [3].

Фазовый состав образцов из наплавленного металла и ЗТВ определяли по соотношению интегральных интенсивностей дифракционных линий [511], [111] и [110]. В качестве эталонов были взяты армкожелезо после отжига при температуре 700 °С, сталь Гатфильда после закалки на гомогенный твердый раствор и карбид M_6C , полученный при электролитическом разложении стали Р6М5. Расчет фазового состава выполнялся для трехкомпонентной системы, состоящей из α -, γ -фазы и карбидов M_6C (см. таблицу).

**Параметры решеток фаз и содержание основных легирующих элементов
в карбидной фазе (числитель) и твердом растворе (знаменатель)
наплавленной теплостойкой стали**

Сталь	Состояние	Параметр кристаллической решетки, нм			Содержание легирующих элементов, %			Твердость, HRC
		Fe- α	Fe- γ	M ₆ C	W	Mo	Cr	
P1M9	После наплавки	0,2887	0,3628	1,1076	$\frac{0,205}{1,095}$	$\frac{1,31}{6,69}$	$\frac{0,40}{3,40}$	57,0
	После отпуска	0,2882	0,3609	1,1076	$\frac{0,42}{0,88}$	$\frac{2,88}{5,12}$	$\frac{0,95}{2,85}$	65,5



Распределение избыточных карбидов в наплавленном (А) и основном металле типа P1M9 (Б):
1 — при плазменной наплавке («мягкий» ТЦ, 2 — «жесткий» ТЦ с принудительным охлаждением

Замедленное охлаждение приводит к значительному выделению карбидной фазы (до 10 %), которая преимущественно располагается по границам зерен (см. рисунок). Такое расположение карбидов может значительно повысить вероятность разрушения металла в процессе наплавки. Дополнительно обедненный легирующими элементами аустенит не способен к дальнейшему упрочнению при отпуске на вторичную твердость. Ускоренное охлаждение сохраняет высокую легированность твердого раствора и способность наплавленного металла к дальнейшему упрочнению при отпуске.

Заключение. В результате можно сформулировать основные требования к сварочному термическому циклу:

- охлаждение со скоростями выше критической скорости закалки в области минимальной устойчивости переохлажденного аустенита при диффузионном превращении;

– замедленное охлаждение при мартенситном превращении для релаксации возникающих термических напряжений в результате сверхпластичности металла.

Список источников

- [1] Зубков Н.С., Федоров Н.С., Терентьев В.А. Наплавка хромовольфрамовой стали, не требующая термообработки. *Автоматическая сварка*, 1980, № 3, с. 53–55.
- [2] Малущин Н.Н., Романов Д.А., Осетковский В.Л. *Способ многослойной наплавки теплоустойчивыми сталями высокой твердости в азотсодержащей среде*. Патент № 2699488 С1 РФ, 2019, бюл. № 13.
- [3] Малущин Н.Н., Вострецов Г.Н., Громов В.Е., Романов Д.А., Бащенко Л.П., Гостевская А.Н. Структура и свойства быстрорежущего сплава Р2М9ЮАТ, сформированного плазменной наплавкой в азоте порошковой проволокой. *Заготовительные производства в машиностроении*, 2024, т. 22, № 3, с. 129–134.
<https://doi.org/10.36652/1684-1107-2024-22-3-129-134>