

УДК 621.791.04 (088.8)

Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев

ПЛАЗМЕННАЯ НАПЛАВКА И АЗОТИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ГОРНО- МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрено комплексное использование процессов плазменной наплавки и азотирования для повышения износостойкости и коррозионной стойкости роликов линии правки предназначенного для производства деталей горно-металлургического комплекса.

Ключевые слова: горно-металлургический комплекс, плазменная наплавка, износостойкость и коррозионная стойкость.

Определенный интерес среди способов упрочнения поверхностного рабочего слоя представляет собой комплексное упрочнение наплавкой и последующей химико-термической обработкой. Процесс азотирования достаточно широко применяется в различных отраслях промышленности и имеет определенные преимущества перед другими способами упрочнения тонкого поверхностного слоя. Обычно глубина азотированного слоя с микротвердостью 900—1200 HV не превышает величину 0,4-0,6 мм. Для азотирования наиболее широко применяют низколегированные стали типа стали 38ХМЮА. Основными легирующими элементами, определяющими свойства слоя после азотирования (твердость и глубину), являются вольфрам, молибден, хром, титан, ванадий и алюминий [1]. Изготовление деталей целиком из легированных сталей экономически нецелесообразно, т.к. максимальная глубина азотируемого слоя не превышает 1мм, и даже при многократном азотировании используется только часть поверхностного слоя (порядка 5-10 мм). В то же время для восстановле-

ния размеров и придания специальных свойств рабочему поверхностному слою широко используется плазменная наплавка. Сочетание процессов плазменной наплавки и азотирования открывает широкие возможности для экономии азотируемых сталей и увеличения стойкости азотированных наплавленных деталей.

В результате проведенных исследований разработана комплексная технология упрочнения деталей металлургического оборудования, состоящая из плазменной наплавки активного поверхностного слоя и последующего его азотирования. В качестве способа наплавки применена плазменная наплавка нетоковедущей порошковой проволокой в азотсодержащей защитно-легирующей среде на обратной полярности. Для наплавки разработана порошковая проволока, обеспечивающая химический состав наплавленного металла близкий к составу стали 38ХМЮА и подлежащий последующему азотированию. Выбор состава шихты порошковой проволоки, содержащей высокое содержание титана и алюминия, объясняется следующими соображениями.

Существенным недостатком процесса азотирования является его длительность. Повышение температуры насыщения интенсифицирует процесс. Метод высокотемпературного азотирования можно применять для сталей, легирующие элементы которых образуют твердые и устойчивые против коагуляции нитриды. Введение в состав шихты порошковой проволоки титана позволяет повысить температуру азотирования до 600°C , что без снижения твердости диффузионного слоя и прочности основы сокращает длительность процесса. Азотированный слой титаносодержащих сталей обладает высокой коррозионной стойкостью в воде. Это обстоятельство также играет существенную роль в работоспособности многих деталей металлургического оборудования.

Введение повышенного количества в состав шихты порошковой проволоки алюминия объясняется необходимостью повышения твердости азотированного слоя и ускорения процесса азотирования. Термически стойкие нитриды AlN позволяют получить высокую твердость азотированного слоя. Легирование алюминием также способствует ускорению процесса азотирования. Наиболее быстрое образование и рост нитридов при 600°C протекает в системе $\text{Fe} - \text{Al}$, что объясняется различной, диффузионной подвижностью легирующих элементов. Коэффициент диффузии при температуре азотирования алюминия выше, чем, например, у хрома и молибдена [1]. Выплавка стали с высоким содержанием алюминия имеет значительные трудности. Для такой стали свойственны дефекты металлургического характера, столбчатый излом, загрязненность неметаллическими включениями,

образование мелких трещин и волосинок в прокатке и т.д. При наплавке в азотсодержащих смесях удается ввести в состав наплавленного металла повышенное содержание алюминия и получить плотный металл и хорошее формирование при содержании алюминия в шихте порошковой проволоки до 24 %.

Выбор соотношения содержания алюминия и титана в шихте порошковой проволоки производили с учетом получения качественного наплавленного металла (хорошее формирование, плотный металл без пор, раковин и трещин), обеспечения необходимой глубины азотированного слоя и сокращения длительности операции азотирования при рациональном содержании компонентов шихты.

Комплексное легирование наплавленного металла хромом, молибденом, ванадием, титаном и алюминием позволило повысить температуру газового азотирования до 600°C , что без снижения твердости диффузионного слоя и прочности основы значительно (1,5-2,0 раза) сокращает длительность процесса. Введение в состав шихты порошковой проволоки указанных элементов позволило получить глубину азотированного слоя порядка 0,6–0,8 мм с микротвердостью $H_{200} = 1500-1200$ МПа. Как показали результаты исследований, у наплавленного металла максимальная микротвердость азотированного слоя практически не изменяется при увеличении продолжительности процесса в отличие от стали 38ХМЮА, у которой при 550°C наблюдается снижение твердости уже при выдержках свыше 10 часов [1]. Для литой структуры наплавленного металла характерна не только более высокая твердость, но и повышенная ус-

Таблица 1

Влияние содержания алюминия и титана в составе шихты порошковой проволоки на твердость, глубину и коррозионную стойкость азотированного слоя

Содержание алюминия и титана в шихте порошковой проволоки, %		Микротвердость азотированного слоя, Н ₂₀₀	Глубина азотированного слоя, мм	Сравнительная коррозионная стойкость
8,0	2,0	1500—1200	0,6	2
16,0	5,0	1500—1200	0,7	2,2
24,0	8,0	1500—1200	0,8	2,4

тойчивость слоя против коагуляции нитридных фаз.

Порошковая проволока для плазменной наплавки и последующего азотирования изготавливалась из стальной оболочки холоднокатаной ленты 0,8 КП размером 15 × 0,8 мм. Коэффициент заполнения порошковой проволоки шихтой приведенного выше состава составлял 30–35 %. Порошковая проволока обеспечивала получение наплавленного металла типа 38ХМЮАТ.

Режим плазменной наплавки роликов линии правки: ток основной дуги – 240А; ток дополнительной дуги – 100А; напряжение дуги – 60В; скорость наплавки – 16 м/ч; скорость подачи порошковой проволоки – 66 м/ч; длина дуги – 20 мм; шаг наплавки – 9 мм; расход плазмообразующего газа азота – 20-25 л/мин; расход защитного газа аргона 6–8 л/мин. Величина наплавленного слоя составляла 6–8 мм, что обеспечивало получение промежуточного демпфирующего слоя между твердым поверхностным азотированным слоем и прочной основой стали 30ХГСА. Наплавка производилась без предварительного подогрева. Трещины при этом отсутствовали. Формирование наплавленного металла хорошее. После наплавки детали имели твердость 25HRC и хо-

рошо обтачивались резцом. Контроль качества формирования наплавленного слоя проводился визуально в течение всего процесса наплавки, а также по темплетам, вырезанные из наплавленного металла. Образцы из наплавленного металла подвергались газовому азотированию. После азотирования производилось определение микротвердости и глубины азотированного слоя на приборе ПМТ-3, а также исследовалась коррозионная стойкость азотированного металла. Испытания на коррозионную стойкость производились путем определения изменения массы эталонных образцов из азотированной стали 38ХМЮА и исследуемых образцов наплавленного металла типа 38ХМЮАТ после пребывания их 1000 ч в морской воде и приведены в табл. 1. Износостойкость наплавленного и азотированного металла оценивали на лабораторной установке по величине износа, которая определялась по потере массы (ΔQ) и изменению геометрических размеров образцов (диаметра) в процессе работы (Δd). Проведенные испытания показали, что образцы с наплавленным и азотированным слоем показали увеличение стойкости в 1,25–1,50 раза по сравнению с дисками, вырезанными из азотированной стали 38ХМЮА без наплавки.


Выводы

На основе проведенных исследований и полученных данных рекомендуются следующие режимы газового азотирования для наплавленного металла типа 38ХМЮАТ: температура нагрева T нагрева = 560 – 580°С, время выдержки τ = 20–30 часов. Газовое азотирование в промышленных условиях проводилось в атмосфере газообразного аммиака в шахтной печи типа США 5,7,5/6П1. Степень диссоциации поддерживалась 35–45 %.

После азотирования наплавленного металла, получаемого указанной

порошковой проволокой, глубина азотированного слоя составила 0,6–0,8 мм при твердости $H_{200} = 1500\text{--}1200$ МПа против $H_{200} = 1250\text{--}1100$ МПа и 0,3–0,4 мм у стали 38ХМЮА соответственно, а также повысить износостойкость и коррозионную стойкость поверхностного слоя. Наплавленные и азотированные детали (ролики линии правки) при промышленных испытаниях показали высокие износостойкость и коррозионную стойкость (до 1,5 раз), что указывает на эффективность комплексного применения плазменной наплавки с последующим азотированием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин Ю.М. Азотирование стали /Ю.М. Лахтин, Я.Д. Коган. — М.: Машиностроение, 1976. — 256 с. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Малушин Николай Николаевич — кандидат технических наук, доцент, Сибирский государственный индустриальный университет. kafmtsp@sibsiu.ru,

Валуев Денис Викторович — кандидат технических наук, доцент, Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета. valuev@tpu.ru.



ОТ РЕДАКЦИИ

В Горном информационно-аналитическом бюллетене № 11, 2012 г., на с. 46–49 в статье «Лабораторное тестирование технических средств системы геотомографического мониторинга газоносных угольных пластов» в связи с некорректностью предоставленных материалов был пропущен автор.

Следует читать:

• с. 46 — А.П. Аверин, Д.И. Блохин, Н.Е. Титов;

• с. 49 — *Аверин Андрей Петрович* — кандидат технических наук, главный инженер ООО «Инситу», e-mail: mos.insitu@gmail.com,

Блохин Дмитрий Иванович — кандидат технических наук, доцент, e-mail: dblokhin@yandex.ru.

Московский государственный горный университет,

Титов Николай Евгеньевич — генеральный директор ООО «Инситу», mos.insitu@gmail.com.