

УДК 621.791.92

Разработка научных основ нанесения износостойких покрытий путем комбинированного экзогенного и эндогенного легирования наплавленного металла с применением дополнительной присадочной проволоки

Коберник Николай Владимирович^{1,2}

koberniknv@yandex.ru

SPIN-код: 3954-8785

Орлик Антон Геннадьевич²

a.g.orlik@yandex.ru

SPIN-код: 5130-4157

¹ НУЦСК при МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Аннотация. Представлены факторы, определяющие способность наплавленного покрытия сопротивляться абразивному и гидроабразивному износам. Рассмотрена возможность применения полиармирования. Рассмотрено влияние легирующих элементов на износостойкость наплавленных покрытий. Сделаны выводы, о возможности применения таких легирующих элементов как: Cr_3C_2 , SiC , B_4C , TiC и NbC .

Ключевые слова: наплавка, легирование, структура, износ

Введение. Для ряда предприятий Калужской области восстановительная наплавка является неотъемлемой частью основного объема их производственной деятельности. Такими предприятиями являются: КТЗ, КАДВИ, Легмаш, ВЕЛД, ТДК-Инжиниринг. В процентном соотношении указана доля восстановительных работ, заключающаяся в наплавке покрытий стойких к различным видам износа, от основного объема производства. Оборудование, эксплуатируемое в условиях износа, имеет короткий период эксплуатации. Детали, с которыми сталкивается промышленность Калужской области, как правило, подвержены абразивному и гидроабразивному изнашиванию.

Методы и материалы; результаты. Типичными структурами наплавленного металла, стойкого против абразивного износа являются: мартенситная, аустенитная, доэвтектическая, эвтектическая и заэвтектические структуры [1]. Эти структуры формируются, как правило, отдельным легированием, при котором выполняется формирование армирующей фазы, в процессе кристаллизации наплавленного металла. Так называемое *in-situ*. Перспективным является применение композиционной структуры, к которой можно отнести как заэвтектическую структуру, так и структуру, полученную комплексным легированием, при котором армирующая фаза вводится в состав наплавленного слоя в готовом виде, так называемое *ex-situ*. Технология комплексного легирования проявила себя наиболее стойкой к абразивному износу [2], при этом в процессе гидроабразивного изнашивания наплавленных слоев, для технологии *ex-situ* характерно вымывание матрицы, ослабление межфазной связи армирующей фазы с матрицей и последующий отрыв фазы, т. е. макси-

мальное проявление эффекта Рейбиндера. Для технологии in-situ характерна максимальная связь матрицы и армирующей фазы, исключая проявление эффекта Рейбиндера, упрочнение матрицы дисперсными карбоборидными включениями и формирование упрочняющей фазы в виде дендритной сетки, снижающей скорость уноса матрицы [3]. При этом разрушение поверхности покрытия, сформированного in-situ, происходит путем уноса матрицы и обламывания абразивом выступающих игл упрочняющей фазы, а не за счет вымывания и выкрашивания зерен упрочняющей фазы, при этом данный способ оказался менее эффективным в отношении абразивного износа. С точки зрения создания универсальной структуры перспективным подходом является полиармирование, при котором возможно сохранение и формирование одной или нескольких армирующих фаз. Далее представлена предполагаемая схема изнашивания полиармированного слоя (см рисунок), при которой матрица должна быть прочной и пластичной, имеющей максимальную связь с армирующими фазами, распределенными равномерно по глубине наплавленного валика, при этом армирующие фазы ex-situ удерживаются в наплавленном слое не только за счет прочных связей с матрицей, но и с армирующими фазами, полученными путем отдельного легирования.

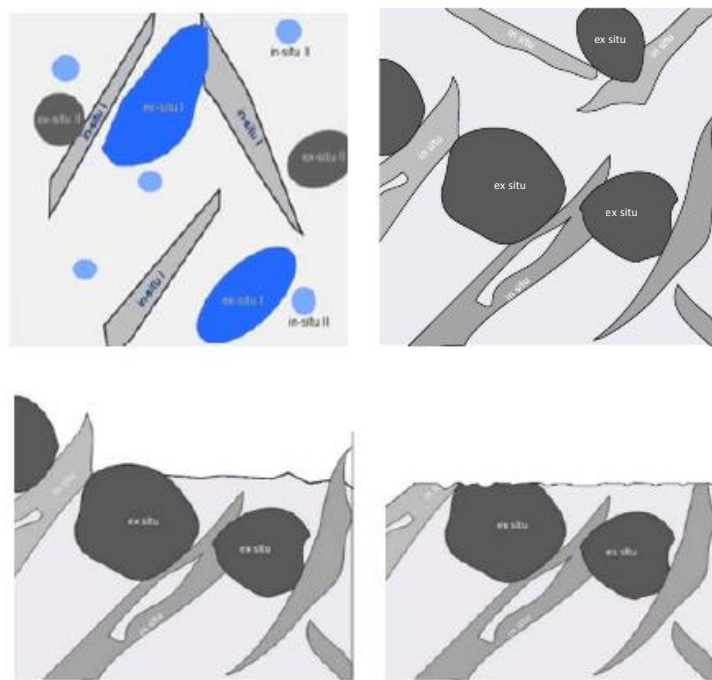


Схема изнашивания полиармированного слоя

Однако для полиармирования необходимо обеспечить снижение или полное отсутствие растворения армирующей фазы ex-situ и формирование армирующей фазы in-situ в расплаве матрицы. Одним из перспективных направлений с этой точки зрения является введение армирующих частиц в составе присадочных порошковых проволок. Армирующие частицы минуют дуговой разряд, а значит, претерпевают меньший нагрев. При этом, в за-

висимости от схемы ввода присадочной проволоки [4], можно регулировать температурное воздействие на армирующую фазу. В состав шихты порошковых проволок, обеспечивающих схему легирования наплавленного металла Fe–Cr–C–B–Nb вводили следующие карбиды: Cr_3C_2 , SiC, B_4C [5]. При наплавке контрольных образцов в качестве электродной и присадочной применялись проволоки одинаковых химических составов. Для исследования структуры наплавленного металла были наплавлены образцы, при этом в качестве электродной и присадочной использовали одинаковые проволоки. Следует отметить наличие во всех представленных структурах образцов NbC. При этом в структурах покрытий, выполненных с добавлением карбида хрома, карбида кремния и карбида бора, данных карбидов в исходном виде обнаружено не было. Это говорит о том, что растворение карбидов предотвратить не удалось. Причем анализ структур с помощью электронной микроскопии показал, что бор легирует карбидную фазу в структуре, т. к. концентрация бора выше в области снимка, занимаемого карбидом ниобия. Исследуемыми карбидами по технологии комплексного легирования являются: TiC, NbC. При наплавке контрольных образцов с TiC масс. 100 % в качестве электродной проволоки применялась проволока базового состава со схемой легирования Fe–C–Cr–Nb–B, а присадочной применялись проволоки с TiC масс. 100 %. Структура наплавленного металла с применением TiC представляет собой структуру до эвтектического сплава с карбидной эвтектикой. Размеры, количество и форма карбидных фаз TiC или (Ti, Nb) C зависит от состава порошковых проволок. В наплавленном слое карбиды Ti преимущественно концентрируются в верхней и средней части наплавленного валика.

Заключение. Сохранение карбида ниобия и наличие его в агломератах не позволяет решить проблему распределения армирующей фазы TiC. Повышенную способность сопротивляться гидроабразивному изнашиванию можно выделить у образца с применением 100 % TiC в составе шихты, т. к. это позволило не растворившемуся TiC более равномерно распределиться по глубине наплавленного слоя в легированной матрице. Не вымываться в процессе испытаний, за счет дополнительных связей с элементами армирующих фаз, образованных по технологии *in-situ*, в результате переплавления проволоки базового состава.

Список источников

- [1] ГОСТ 27674–88. *Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения*. Москва, Изд-во стандартов, 1992, 21 с.
- [2] Таненбаум М.М. *Сопротивление абразивному изнашиванию*. Москва, Машиностроение, 1976, 271 с.
- [3] Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. *Основы трибологии (трение, износ, смазка)*. Москва, Машиностроение, 2001, 664 с.
- [4] Хасуи А., Моригаки О. *Наплавка и напыление*. Москва, Машиностроение, 1985, 241 с.
- [5] Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркумелли Э.Г. *Основы легирования наплавленного металла*. Москва, Машиностроение, 1969, 188 с.