

УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЕЙ БОРИДАМИ

Влашинец М.И, Коваль Я.И.

Научные руководители: доцент Казаков В. С., ст. преподаватель Зубрилов Г. Ю.
Сибирский федеральный университет

Анализ особенностей износного разрушения различных типов диффузионных покрытий показывает, что наиболее высокая износостойкость обеспечивается в результате борирования.

Борирование — насыщение поверхностных слоев металла и сплавов бором.

Цель борирования: повышение износостойкости сталей, их коррозионной стойкости в различных агрессивных средах.

Технология борирования:

Перед борированием поверхность изделий очищают от следов окалины, ржавчины, смазки и других загрязнений. Незначительные загрязнения можно удалить ветошью, смоченной бензином, керосином, уайт-спиритом и другими растворителями. Для удаления окалины, ржавчины и др. применяют специальные методы очистки: химические (травление в растворах кислот и щелочей), электрохимические (анодное травление) и механические (шлифовка на станках, гидropескоструйная очистка, галтовка, крацевание и т. д.). (Острые нерабочие кромки изделий перед борированием желатель но скруглить (притупить). Не подлежащие борированию участки детали необходимо защитить от насыщения.

Рассмотрим классификацию существующих методов и способов борирования.

При рассмотрении методов диффузионного борирования следует учитывать их технологичность, производительность (скорость насыщения), экономическую эффективность.

Борирование в порошках

При борировании в порошкообразных смесях предпочтительнее герметизируемые контейнеры. При этом способе скорость формирования слоя выше, а истощаемость смесей меньше. Из известных в настоящее время насыщающих сред для твердого борирования наибольший интерес представляют порошковые смеси на основе технического карбида бора или металлотермических смеси.

Перед использованием все компоненты порошковых насыщающих сред просушивают и измельчают, а карбид бора дополнительно прокаливают при 300-500°C в течение 1-5 часов.

Герметизацию контейнеров осуществляют борным андригидом, силикат-глыбой, измельченным стеклом и др., которые в процессе нагрева контейнера образуют плавкий затвор.

Для порошкового борирования предложено много насыщающих сред и способов их использования, оно получило значительное распространение. Но это объясняется не столько достоинствами данного процесса, сколько нерешенными проблемами и технологическими недоработками других методов. Кроме того, при этом способе требуется большой расход насыщающей смеси, использование контейнеров из жаростойких сплавов, а последующая термическая обработка — защиты изделий от окисления.

Борирование из паст(обмазок)

Основными компонентами обмазок являются поставщики активных атомов насыщающего элемента, стабилизирующие и активизирующие добавки и связующие.

Составляющие обмазки при температуре насыщения могут, взаимодействуя между собой, находиться как в жидком, так и в газообразном состоянии.

Нередко отмечается повышенная эффективность применения обмазок по сравнению с другими методами насыщения. К видимым плюсам борирования из обмазок можно отнести возрастание мощности диффузионного источника и, как следствие, толщины диффузионного слоя, уменьшению расхода дорогостоящих компонентов, возможности применения механизации и автоматизации процессов химико-термической обработки, повышения производительности труда.

Приведем пример варианта борирования из обмазок: на обезжиренные поверхности заготовок наносят слой пасты (95% аморфного бора, 5% MgP_2 и как связующее 2%-ный водный раствор силикатного клея) толщиной 1,5—2,0 мм. После этого заготовки подсушивают на воздухе (0,2—1,0 ч), а затем в сушильном шкафу при температуре 150 °С в течение 1—10 ч, упаковывают в контейнеры с плавким затвором. Пространство между образцами засыпают окисью алюминия или шамотом с небольшим количеством алюминиевой пудры (2—5%). Контейнер загружают в печь, нагретую до температуры 900—1050 °С, и выдерживают 1—6 ч.

При насыщении из обмазок часто используют нагрев токами высокой частоты, что позволяет значительно сократить продолжительность процесса. В свою очередь, следует упомянуть, что борирование из обмазок имеет несколько методов: метод диффузионного борирования из специальной обмазки, метод химико-термической обработки, насыщение при печном нагреве в окислительной среде.

Таким образом, обмазки хотя и могут быть применены в качестве среды для химико-термической обработки, однако процессы насыщения достаточно надежно протекают лишь в специальных условиях нагрева (в среде водорода, азота и т.д.)

Газовое борирование

Газовое борирование осуществляют путем разложения газообразных (при температуре процесса) соединений бора: диборана, треххлористого бора, алкилборных соединений трехбромистого бора и др.

Наиболее целесообразно применять для борирования диборан и треххлористый бор.

Борсодержащие газы (B_2H_6 и BCl_3) разбавляют газами, не содержащими бора (водородом, аргоном, очищенным азотом, аммиаком). В противном случае на стенках реактора и на насыщенных деталях откладывается слой элементарного бора и скорость борирования уменьшается. Наибольшая скорость процесса имеет место при разбавлении диборана и треххлористого бора водородом. При замене водорода азотом или аммиаком скорость процесса снижается, однако уменьшается его взрывоопасность, поэтому такая замена целесообразна.

Существенное влияние на результаты газового борирования оказывают скорость подачи газа и его давление в реакторе.

- Давление необходимо поддерживать в пределах $23,4 \cdot 10^3$ — $28,6 \cdot 10^3$ Па.
- Оптимальными считают температуры борирования 800—950 °С.
- После окончания процесса насыщения закалку целесообразно проводить непосредственно с температуры борирования

Основной недостаток газового борирования связан с токсичностью и агрессивностью борсодержащих газов. Установка для газового борирования должна быть надежно герметизирована. Учитывая высокую агрессивность борсодержащих газов, такая герметизация связана с большими трудностями, к тому же борсодержащие газы дефицитны и дороги.

Жидкостное борирование

Существует два метода жидкостного борирования: электролизное и безэлектролизное (в расплавах)

Электролизное борирование позволяет получать диффузионный слой плотным, не обнаруживается нарушений его сплошности, как это иногда наблюдается при твердофазном борировании. Высокая концентрация бора достигается достаточно быстро. Так, значительный слой высшего борида образуется уже после 3-часового борирования при температуре 950 °С.

Однако для осуществления электролизных процессов в промышленных условиях необходима специальная относительно дорогостоящая установка. Другой недостаток метода — неравномерная толщина слоя в случае борирования деталей сложной конфигурации и, как следствие, их коробление.

Жидкостное безэлектролизное борирование проводится в расплавах: нейтральных солей с добавкой боросодержащих веществ; боратов с добавкой химически активных металлов (Са, Ве, Al, Li и др.), металлургических раскислителей (ферромарганца, ферросилиция, силикомарганца и др.); боратов с добавкой боросодержащих электрохимических восстановителей (бора, карбида бора, ферробора, ферроборалла и т. п.).

Жидкостное борирование отличается от электролизного отсутствием электрического контакта между токопроводящими державками и борируемыми изделиями. Слой получается плотным можно обрабатывать детали любой формы. Однако жидкостное борирование обладает и недостатками электролизного; исключая неравномерность диффузионного слоя у деталей сложной конфигурации. Скорость насыщения при этом методе в 2 раза меньше, чем при электролизном, к тому же расплав довольно быстро истощается.

Существенное влияние на толщину боридного слоя оказывает химический состав стали.

Режим борирования назначают, исходя из требуемой толщины слоя. При этом следует иметь в виду, что для каждой группы сталей существует определенная максимальная толщина боридного слоя, превышать которую не рекомендуется.

- *для легированных, низко- и среднелегированных низкоуглеродистых сталей 0,25 – 0,3 мм,*
- *для легированных, низко- и среднелегированных среднеуглеродистых сталей 0,2 – 0,25 мм*
- *и для высоколегированных низко-, средне-, высокоуглеродистых сталей 0,05—0,1 мм.*

Вывод: выбор метода борирования диктуется не столько стоимостью процесса, сколько его технологичностью, условиями производства, конфигурацией, размерами, условиями работы и достигаемой степенью повышения стойкости упрочняемых изделий. В условиях массового производства при обработке сравнительно несложных, средних по размерам изделий предпочтительнее электролизное и газовое борирование. При обработке мелких, сложных по конфигурации изделия целесообразнее жидкий или порошковый метод борирования. Порошковый метод более приемлем, если упрочняемые изделия не требуют последующей термообработки. Крупногабаритные изделия, особенно при необходимости их местного борирования, целесообразно насыщать из обмазок (паст).

Борированный слой, (на рис. 1), состоит из двух зон: зоны боридов — химических соединений бора и железа и переходной зоны — твердого раствора бора в железе.

Боридная зона (боридный слой) имеет характерное игольчатое строение. Иглы (конусы) боридов, срастаясь в основаниях, образуют сплошной боридный слой.

Углерод резко снижает содержание боридов FeB в слое. С увеличением содержания углерода боридные иглы укрупняются, а концы их скругляются. Кремний, молибден, вольфрам, никель и марганец увеличивают относительное содержание в слое боридов FeB, а алюминий и медь — уменьшают.

Боридный слой составляет лишь часть слоя, образующегося при борировании сталей: под зоной боридов располагается переходная зона с отличающейся от сердцевины структурой. Под переходной зоной следует понимать твердый раствор бора (углерода и легирующих элементов) в железе, а ее толщину отождествлять с глубиной проникновения бора, а не с зоной перераспределения углерода.

Легирующие элементы уменьшают толщину переходной зоны.

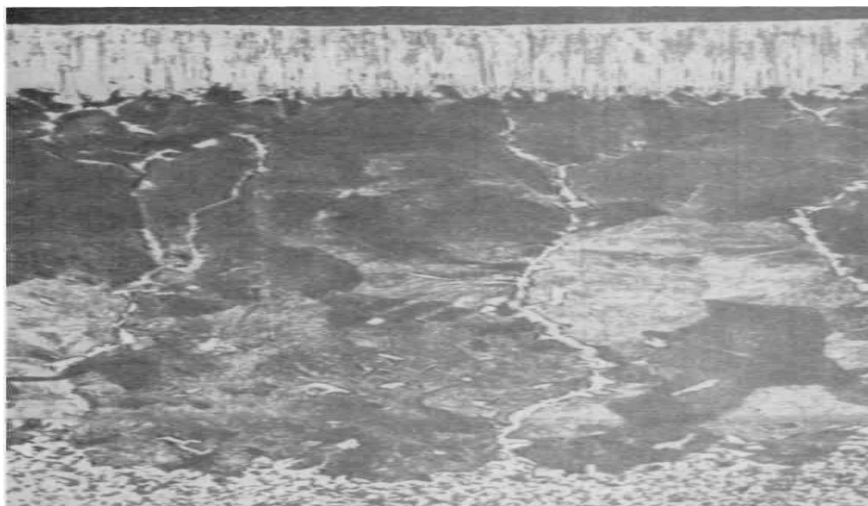


Рис. 1 – Микроструктура стали слоя на стали 20Х после электролизного борирования

Свойства борированных сталей:

- Борирование уменьшает плотность железа и стали;
 - борирование влияет на теплопроводность;
 - борирование понижает магнитную проницаемость углеродистых сталей;
 - борирование увеличивает электросопротивление стали;
 - борирование влияет на прочность стали;
 - в результате борирования увеличивается жесткость стали при кручении;
 - усталостная прочность борированной стали зависит от метода, способа и режима борирования, химического состава стали и технологии последующей термообработки;
 - характером свойство боридных слоев является высокая твердость;
 - борирование обеспечивает высокую износостойкость изделий;
 - боридные слои обладают повышенной хрупкостью;
 - борированные стали обладают самой высокой коррозионной стойкостью;
- при борировании увеличивается кислотостойкость.