

## **О СПОСОБАХ БОРИРОВАНИЯ ПРЕСС-ИНСТРУМЕНТА**

Известно, что наилучшие показатели работоспособности штампового инструмента достигаются при упрочнении газовым азотированием. Из ряда возможных процессов азотирования (классификация Ю.М. Лахтина и Я.Д. Когана [2]), представляет интерес низкотемпературное (т. е. ниже 591 °С – точки эвтектоидного превращения диаграммы  $Fe - N$ ) азотирование, как оптимальное для штампового инструмента из достаточно легированных сталей 4Х5В2ФС, 4Х5МФС, 3Х3М3Ф и др. Причем легирующие элементы ( $Cr$ ,  $Mo$ ,  $W$  и особенно  $V$ ), вызывающие эффект вторичного (дисперсионного) твердения, способствуют сохранению высокой твердости металла сердцевины в процессе длительного нагрева инструмента.

Опыт азотирования всей номенклатуры горячештамповочного инструмента (матрицы, пуансоны, выталкиватели, протяжные кольца, клейма и др.) свидетельствует о том, что после азотирования его эксплуатационная стойкость повышается в 2–3 раза [1]. Однако для проведения азотирования всей номенклатуры горячештамповочного инструмента требуются значительные производственные мощности, причем практическое осуществление процесса зачастую лимитируется обеспечением баллонного аммиака, а также жаропрочным хромоникеливым литьем (реторты, корзины к печам типа США). Кроме того, лимитирующими факторами являются габариты рабочего пространства этих печей.

Таким образом, возникает необходимость изыскания альтернативных энергосберегающих процессов химико-термической обработки (ХТО), позволяющих повысить эксплуатационную стойкость инструмента, а также интенсификации процессов ХТО.

*Борирование штампового инструмента машиностроительных заводов.* Выявлена номенклатура инструмента, стойкость которого повышается после борирования. Известно, что отрицательным свойством борированного слоя является его повышенная хрупкость, что ограничивает применение борирования как в машиностроении, так и в инструментальном производстве. Однако в тех случаях, когда борированный слой работает в условиях безударного нагружения, абразивного изнашивания и т. п., его влияние на износостойкость трудно переоценить.

Установлено, что гидропрессовый борированный инструмент по стойкости не уступал азотированному. При этом в условиях глубокой прошивки стальных стаканов стойкость борированный пуансонов была на 25–30 % выше, чем азотированных. Таким образом, для значительной группы инструмента гидропрессовой штамповки (пуансоны прошивочные и протяжные, матрицы, выталкиватели) вопрос об альтернативе азотированию принципиально был решен в пользу борирования.

Учитывая трудности электролизного борирования, нами был опробован другой известный вариант жидкостного борирования – так называемое бестоковое [2].

Использование в расплаве технической буры порошка бора вместо карбида бора  $B_4C$  или бориды железа  $FeB$  позволило укоротить процесс борирования за счет его большой реакционной способности, а также снизить количество твердой фазы в ванне и уменьшить ее зашламленность. Для повышения жидкотекучести расплава в него добавляли небольшое количество хлоридов или фторидов щелочного металла.

Эксплуатационные испытания показали целесообразность применения борированных таким способом пуансонов горячей штамповки в условиях работы на гидравлических прессах, т. е. при плавном безударном нагружении инструмента. Так, стойкость прошивных и протяжных пуансонов при горячей штамповке заготовок типа «стакан» была не ниже, чем у азотированных, а в некоторых случаях – в  $\approx 1,5$  раза.

Проводили процесс бестокового жидкостного борирования в расплаве следующего состава: 73–78 %  $Na_2B_4O_7$  (бура), 15–20 %  $NaCl$ , 5–7 %  $B$  (порошок черного бора). Расплав буры с порошком бора имеет хорошую жидкотекучесть, что способствует его значительно меньшему уносу из ванны, чем расплава с карбидом бора или расплава при электролизном борировании.

Развитием описанного выше бестокового процесса является более экономичный вариант – борирование в электродных соляных ваннах. Для него применяли расплав состава: 92–96,5 %  $NaCl$ ; 2–5 %  $NaF$ ; 1,5–3 %  $B$  (порошок бора) [3]. Использование такого расплава позволяет проводить борирование безмуфельным способом, что особо важно в условиях дефицита жаропрочного никельсодержащего стального литья. Расплав находится непосредственно в огнеупорной кирпичной кладке соляной электропечи-ванны (типа СВС-100). Состав расплава является нейтральным по отношению к кирпичной кладке ванны и гарантированно не вызывает ее разъедания. Ванны такого типа работают практически на всех заводах. При этом нагрев расплава осуществляется внутренними электродами. В результате расход электроэнергии в несколько раз меньше, чем в тигельных ваннах с внешним обогревом. Этот процесс достаточно широко апробирован машиностроительными заводами, а также продан на патентно-лицензионных началах за рубеж [3].

*Борирование крупного деформирующего инструмента.* Габариты и значительный вес деформирующего инструмента металлургических заводов (эджерные валки колесопрокатных станков, крупные матрицы и пуансоны мощных гидропрессов и т. п.) не позволяют проводить описанные выше процессы жидкостного борирования – ванны таких габаритов просто невозможны.

Наибольший интерес представляет способ электроэрозионного борирования, которое особенно эффективно для повышения износостойкости и абразивной стойкости масштабных деталей.

Такой способ борирования поверхности не требует дополнительной обработки металла перед борированием, исключает использование высоких температур, а также редких и дорогостоящих реактивных материалов и может быть использован в качестве простого и неэнергоемкого [4].

Поверхность детали подвергают непрерывной электроэрозионной обработке борсодержащим электродом, выполненным в виде стержня, с получением упрочняющего покрытия, которое выполнено в виде одного или двух электроэрозионных слоев, в качестве материала электрода используют ферробор, при этом толщина наносимого покрытия составляет 0,12–0,15 мм.

Технология электроэрозионного борирования обладает рядом существенных достоинств:

- не требует специальной подготовки поверхностей, необходимо лишь полностью очистить их от грязи и полностью удалить следы жира и масла;
- обеспечивает высокую прочность сцепления слоя покрытия с основным материалом;
- не оказывает влияния на основную структуру металла;
- придает поверхностным слоям покрытия, требуемые эксплуатационные качества;
- повышает стойкость упрочненных изделий в 1,5–3 раза в сравнении с неупрочненными;
- исключает нагрев обрабатываемой поверхности;
- отличается простотой технологического процесса, малогабаритностью и транспортабельностью оборудования.

В качестве борсодержащего материала электрода используется ферробор.

Полученные ионы бора обладают хорошей проникающей способностью в кристаллическую решетку стали и чугуна, что является предпосылкой для создания достаточного по толщине диффузного слоя боридов на поверхности стальных изделий. Толщина слоя может регулироваться в зависимости от мощности разрядного импульса генератора электроэрозионной установки [5].

Этот метод позволяет четко идентифицировать бориды железа. Причем фазе Fe<sub>2</sub>B соответствуют желтый и светло-коричневый цвета, а фазе FeB – сиреневый и бирюзовый цвета. Было установлено, что по предлагаемой технологии борирования стальных образцов сплошность боридного слоя составила около 100 %.

Микротвердость образцов с электроэрозионным покрытием в виде одного слоя ферробора, составила 58–65 HRC, а для образцов с двухслойным покрытием из ферробора составила 65–70 HRC (исходная – 40–37 HRC).

Наилучшие показатели по износо- и коррозионной стойкости деталей были достигнуты при 2-слойном электроэрозионном покрытии с общей толщиной покрытия, равной 0,15 мм, и обдуве электрода охладителем.

#### *Выводы*

1. Борирование является альтернативным процессом ХТО, позволяющим заменить азотирование для изделий, не испытывающих динамических нагрузок. Практически это широкая номенклатура пресс-инструмента.

2. Разработанный процесс электроискрового борирования позволяет упрочнять инструмент любых габаритов и массы [10].

3. Энергозатраты на электроискровое борирования в 10–15 раз ниже, чем в процессах ХТО с использованием электронагревательного оборудования.

#### **Список использованной литературы**

1. *Файншмидт Е.М., Пегашкин В.Ф.* Химико-термическая обработка инструмента горячей штамповки // *МиТОМ*. 2000. № 7. С. 10–14.

2. *Соколов Г.В., Этик А.П.* Тугоплавкие покрытия. М.: *Металлургия*. 1973. 180 с.

3. А. с. № 779438. СССР. МКИ С 21 С 9/10. Расплав для борирования стальных деталей / Г.И. Беляева, Е.М. Файншмидт, Я.Б. Чернов.

4. Пат. 2421307 Российская Федерация, МПК В23Н 9/00, С23С 8/32. Способ электроэрозионного борирования поверхностей изделий из стали и чугуна / Астафьев Г.И., Файншмидт Е.М., Пегашкин В.Ф.

5. Пат. 83206 Российская Федерация, МПК В23Н 7/18. Генератор импульсов для электроэрозионной обработки / Астафьев Г.И., Файншмидт Е.М., Пегашкин В.Ф.