

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА НА ХРУПКОСТЬ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Высокая износостойкость боридных покрытий обусловлена их высокой твердостью (порядка 16 000...20 000 МПа). Кроме того, бориды обладают низким сродством к железу, что обеспечивает снижение коэффициента трения. Однако диффузионные боридные слои отличаются двумя недостатками: малой глубиной и высокой хрупкостью. В среднем глубина борированного слоя составляет 100 мкм; при больших глубинах слоя происходит его скалывание.

Преодолеть эти недостатки позволяет оплавление боридных покрытий. Как известно, диаграмма железо—бор имеет точку эвтектики при 1184 °С. Нагрев выше этой точки приводит к контактному эвтектическому плавлению боридного слоя и образованию эвтектики, которая является менее хрупкой.

В работе исследовалась возможность снижения хрупкости и увеличения глубины слоя с использованием лазерного нагрева. Сфокусированный луч лазера вызывает локальное проплавление поверхностного слоя. При этом большое влияние оказывают силы поверхностного натяжения, что способствует минимальному нарушению микрогеометрии поверхности. Исследования показали, что при оптимальных режимах обработки максимальная высота микронеровностей не превышает 300 мкм.

В экспериментах использовалась лазерная установка непрерывного действия ЛГН-702 с мощностью излучения 800 Вт. Выходящий из разрядной камеры луч фокусировался на образце, устанавливаемом на столе фрезерного станка. Требуемая скорость перемещения луча по поверхности образца обеспечивалась движением подачи станка, а изменение степени расфокусировки (плотности мощности излучения) — вертикальным перемещением стола.

Металлографическими исследованиями установлено, что после лазерной обработки структура имеет вид очень мелкой дисперсной эвтектики системы Fe—В—С. Степень дисперсности эвтектики значительно выше, чем в случае индукционного оплавления. Это объясняется тем, что при лазерной обработке достигается скорость охлаждения порядка $10^4 \dots 10^5$ град/с (за счет теплоотвода в массу детали), тогда как в случае индукционного оплавления скорость охлаждения не превышает 100 град/с. В зависимости от режимов лазерной обработки глубина слоя изменялась от 160 до 440 мкм при глубине исходного боридного слоя 100 мкм, а характер структуры варьировался от заэвтектической с большим количеством избыточных боридов до пересыщенного твердого раствора бора в железе.

Большой интерес представляет изучение изменения хрупкости боридных покрытий. Однако количественная оценка хрупкости представляет значительные трудности. Метод определения микрохрупкости, при котором количественными ее оценками являются балл хрупкости и фактор хрупкости и который наиболее часто используется для оценки боридных слоев, оказался плохо применимым для случая боридных эвтектик. Поэтому для сравнительной

оценки хрупкости была использована методика, предложенная в работе [1]. Согласно данной методике величина хрупкости оценивается по максимальным скалывающим напряжениям в образце, не вызывающим скола.

Величина напряжений скола определялась по формуле

$$\sigma_{\text{ск}} = \frac{0,174P}{2l^2 + lc}$$

где P — нагрузка на пирамиду; l — расстояние от центра отпечатка пирамиды до края образца; c — диагональ отпечатка пирамиды, $c = 1850P/H_p$, где H_p — микротвердость при нагрузке P .

В результате исследований получено, что напряжения скола для исходного боридного слоя составляют 250...350 МПа.

В случае обработки лазером боридных покрытий без потери сплошности боридного слоя и образования боридной эвтектики напряжения скола составляют 600...700 МПа, т.е. хрупкость снижается примерно в два раза. Это может быть объяснено тем, что в процессе высокоскоростного лазерного нагрева и охлаждения происходит существенная перестройка кристаллов FeB и Fe_2B , которые сами по себе имеют сложное строение, и смещается равновесие системы $\text{FeB}-\text{Fe}_2\text{B}$. При образовании боридной эвтектики величина напряжений скола достигает 5500 МПа, причем хрупкость слоя пропорциональна концентрации бора в зоне обработки.

Таким образом, использование скоростного лазерного нагрева позволяет значительно (в 10...15 раз) снизить хрупкость боридного слоя, широко варьировать структуру получаемого боридного слоя при удовлетворительной глубине слоя. Это позволит значительно расширить область использования данного метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев П.К., Катханов Б.Б. Методика определения хрупкости борированного слоя. — В кн.: Повышение надежности и долговечности деталей машин. Ростов-н/Д., 1972, вып. XVI, с. 97—99.

УДК 621.81

О.С.КОБЯКОВ, канд. техн. наук,
Е.Г.ГИНЗБУРГ (БПИ)

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЕЙ ПРИ МИКРОДУГОВОМ НАГРЕВЕ МЕТАЛЛА

Современные высокотемпературные источники нагрева — лазерный и микродуговой — позволяют концентрировать большую тепловую энергию на ограниченном участке нагреваемой поверхности, что обуславливает их эффективное использование в целом ряде процессов и, в частности, при оплавлении износостойких покрытий, полученных газотермическим напылением, а также при поверхностной закалке сталей.