

ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ СПЕЧЕННОГО ПОРОШКОВОГО ТИТАНА

А. А. Скребцов, асп., А. Е. Капустян, н. с., А. В. Овчинников, к. т. н., доц.

Запорожский национальный технический университет

Актуальность

Одной из областей применения сплавов титана является их использование для изготовления запорной арматуры, обусловленное высокой коррозионной стойкостью материала в большинстве агрессивных сред. При этом преимущественно используют титан технической чистоты, полученный по технологии литья. С целью повышения технологичности производства предложено изготавливать запорную арматуру методом порошковой металлургии, преимущества которой раскрыты в работах [1, 2].

Известно [2, 3], что спеченные порошковые материалы обладают низкой плотностью из-за наличия в их структуре пор, которые снижают механические свойства детали, являются концентраторами напряжений. Решать вопрос повышения свойств было предложено путем управления составов смеси, состоящей из промышленного порошка титана и порошка гидрированного титана одинаковых фракций. Однако, в ряде случаев, например фрикционное взаимодействие шара и корпуса крана, необходим высокий уровень износостойкости, который находится в прямой зависимости от уровня твердости.

Одним из способов повышения твердости является поверхностная лазерная обработка (ЛО). Преимуществами этого метода является его локальность и высокая технологичность. Однако, лазерная обработка спеченных порошковых титановых сплавов малоизучена.

Целью настоящей работы являлось исследование структуры и свойств спеченного порошкового титанового сплава ВТ1-0 после лазерной обработки.

Материалы и методики

В качестве исходного материала использовали термомеханические промышленные порошки титана марки ПТ5-1 ТУ У 14-10-026-98. Методом порошковой металлургии изготавливали образцы составов сплава ВТ1-0 ГОСТ 19807-91. Формообразование проводили путем порционного прессования на гидравлическом прессе с усилием 700 МПа. Полученные заготовки размерами 10×10×55 мм подвергали спеканию по схеме: вакуумный нагрев со скоростью 30...40 град/мин, выдержка при температуре 1250 ± 10°С в течение 180 мин, охлаждение совместно с печью. Образцы для исследований размерами 10×10×2 мм получали методом эрозионной резки, дефектный слой удаляли механическим шлифованием.

ЛО осуществляли с помощью импульсного лазера «Квант-12» с плотностью мощности излучения $q = 900 \text{ МВт/м}^2$ при различной степени перекрытия пятен, которое достигалось изменением частоты следования импульсов в атмосфере воздуха. ЛО образцов выполняли в режиме оплавления поверхности с различной частотой следования импульсов (4 Гц и 20 Гц), что при частоте 20 Гц дало возможность проводить непрерывную обработку.

Металлографические исследования выполняли при помощи оптического микроскопа «НЕОРНОТ-32».

Определение микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3м с нагрузкой 0,5 Н.

Результаты и их обсуждение

Металлографические исследования позволили выявить морфологические изменения в структуре оплавленных лазером слоев (рис. 1).

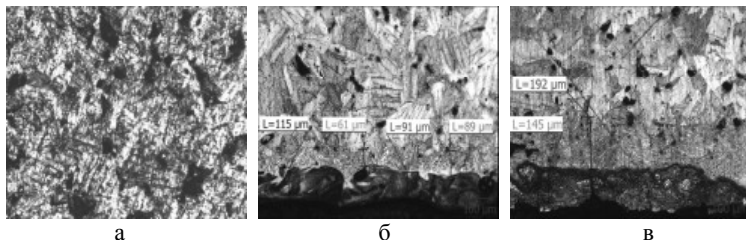


Рис. 1. Структура спеченного титанового сплава ВТ1-0 $\times 100$: а - исходное состояние; б - лазерная обработка с частотой 4 Гц; в - лазерная обработка с частотой 20 Гц

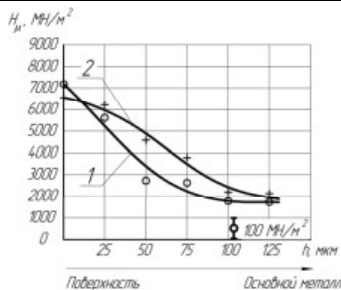
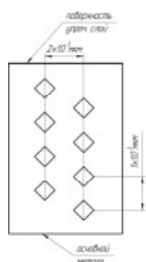
В исходном состоянии спеченного металла по всему объему образцов были зафиксированы поры размером 10...20 мкм (рис. 1, а). ЛО в исследованных частотных режимах приводила к формированию на поверхности образцов структуры, практически не содержащей пор. Встречающиеся на поверхности поры были на порядок меньше, а количество их заметно снизилось (рис. 1, а, б, в). Данное явление объясняется высокоскоростным расплавлением металла поверхности и его быстрым затвердеванием. Известно [4], что импульсное лазерное оплавление приводит к эффекту Марангони, а именно к интенсивному перемешиванию компонентов расплава. Такое перемешивание послужило причиной образования приведенной выше структуры. При увеличении частоты ЛО до 20 Гц, отмечено формирование более однородной структуры в зоне оплавления при некотором незначительном увеличении глубины зоны.

Также из анализа данных рисунка 1, следует, что размер структурных составляющих поверхностной зоны уменьшился по сравнению с размером исходных зерен. Размер зерен в образовавшейся после ЛО структуре на поверхности металла составил в среднем 2...10 мкм (рис. 1).

Уменьшение размера зерен поверхности сплава, как известно, приводит к увеличению общей протяженности границ зерен, что оказывает значительное влияние на механические свойства поверхностных слоев. Изменение свойств поверхности оценивали по изменению микротвердости в зависимости от глубины зоны оплавления.

Характер изменения кривых микротвердости для обоих режимов был идентичным: увеличение частоты следования импульсов не привело к существенным изменениям микротвердости.

Из анализа данных рисунка 2 следует, что уровень микротвердости поверхности образцов отличается от уровня основного металла более чем в 3 раза.



1 - ЛО с частотой 4 Гц
2 - ЛО с частотой 20 Гц

а

б

Рис. 2. Оценка свойств поверхности спеченного титанового сплава ВТ1-0 после ЛО: а- схема проведения замеров; б - график распределения микротвердости;

Такое существенное отличие является следствием насыщения расплавленного металла поверхности при ЛО атмосферными газами т.к. известно, что титановые сплавы сильно реагируют при температурах более 600°С с такими элементами, как кислород, азот, водород. Насыщение атмосферными газами происходит из-за отсутствия защитной среды при ЛО. Уровень микротвердости поверхности образца соизмерим с уровнем микротвердости азотированного и оксидированного титана (8—8,5 ГН/мм²).

Выводы

1. Лазерное оплавление поверхности спеченного порошкового титанового сплава ВТ1-0 приводит к снижению пористости в зоне оплавления и повышению микротвердости.
2. Трехкратное повышение значений микротвердости поверхности после лазерной обработки связано с насыщением поверхности сплава атмосферными газами.

Список использованных источников

1. Ивасишин, О.М. Производство титановых сплавов и деталей экономичным методом порошковой металлургии для широкомасштабного промышленного применения [Текст] / О.М. Ивасишин, Д.Г. Саввакин, К.А. Бондарева, В.С. Моксон, В.А. Дузь // Наука та інновації. Інноваційні проекти Національної академії наук України. - 2005. - №2 - Том 2 - С. 44 - 57.
2. Ивасишин О.М., Саввакин Д.Г., Матвийчук М.И., Тэлин В.В., Шварцман Л.Я., Давыдов С.И., Ставицкий Ю.Л. Апробация порошков гидрированного титана производства КП «ЗТМК» в технологический процессах порошковой металлургии. Международная конференция «Ti-2007 в СНГ» Сборник трудов. Украина, г. Ялта 15-18 апреля 2007 года. Киев 2011.
3. Ивасишин, О.М. Титановые пористые проницаемые материалы, полученные из смеси порошковых компонентов TiH₂ и Al(CSH7O2)₃ [Текст] / О.М. Ивасишин, А.Г. Моляр, М.В. Матвийчук, Е.А. Мазуренко, С.Л. Врочинский, А.М. Медведев // Международная конференция «Ti-2011 в СНГ»: сб. науч. тр. Украина, г. Львов 25-28 апреля 2011 года. - Киев 2011. - С 19-21.
4. Веденов А.А., Гладуш Г.Г., Физические процессы при лазерной обработке материалов. - М.: Энергоиздат, 1985. - 208 С.