

05;12  
©1995

## ДИНАМИЧЕСКОЕ КОМПАКТИРОВАНИЕ ПОРОШКА ГИДРИРОВАННОГО ТИТАНА

*Ф.М.Андреев, С.А.Атрошенко, Н.И.Жигачева,  
Ю.М.Мещеряков*

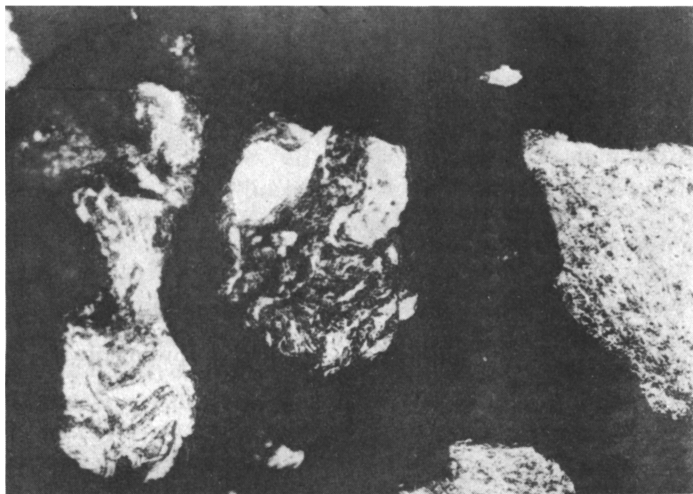
Из всех применяемых методов динамического компактирования  $[1-5]$  (взрывом, гидроимпульсным методом, на газовых пушках) наиболее перспективным представляется компактирование в легкогазовых пушках. Этот метод наименее энергоемкий, позволяет планомерно регулировать скоростные режимы нагружения, а также в широких пределах изменять форму и длительность импульса давления.

В настоящей работе компактирование производилось с помощью однокаскадной газовой пушки калибра 26 мм с вертикальной компоновкой и длиной ствола 1.3 м. Такая компоновка позволяла компактировать насыпной порошок без капсулы, что обеспечивало быструю подготовку опыта. Для увеличения скорости полета ударника установка имела камеру высокого давления с подогревателем рабочего газа, при этом скорости ударника могли достигать 1.5 км/с. Для получения оптимальных характеристик компакта была разработана специальная конструкция кассеты для порошка.

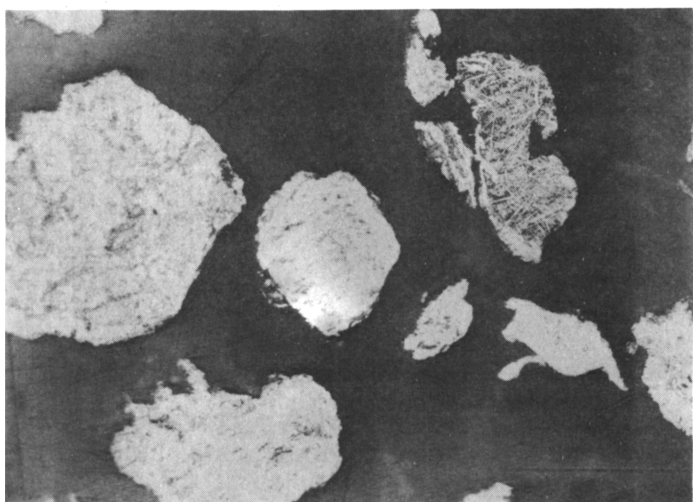
В качестве компактируемого порошка использовали сравнительно дешевый порошок гидрированного титана, полученный из стружки, являющейся отходом механического производства. Методами обычной порошковой металлургии из порошка гидрированного титана не удавалось получить компакта, который бы не рассыпался. Только использование динамического компактирования на легкогазовой пушке позволило создать такой компакт.

Вследствие низкой растворимости водорода в титане и его сплавах при комнатной температуре присутствие в них водорода приводит к выпадению гидридов или к скоплению водорода в важных для деформации плоскостях скольжения и двойникования, что может сильно уменьшить способность титана к деформации как при большой, так и при малой ее скорости. Поглощение водорода твердым раствором титана представляет собой экзотермический процесс. Вследствие высокой скорости диффузии водорода в титане уже при  $t < 400^\circ\text{C}$  довольно быстро устанавливается обратимое

равновесие между внутренним давлением в твердом растворе и внешним давлением газообразного водорода. Варьируя внешнее давление, можно изменять содержание водорода в титане. При низких температурах равновесие в компактных образцах устанавливается довольно длительное время вследствие уменьшения скорости диффузии с падением температуры. Сравнение параметров диффузии во-

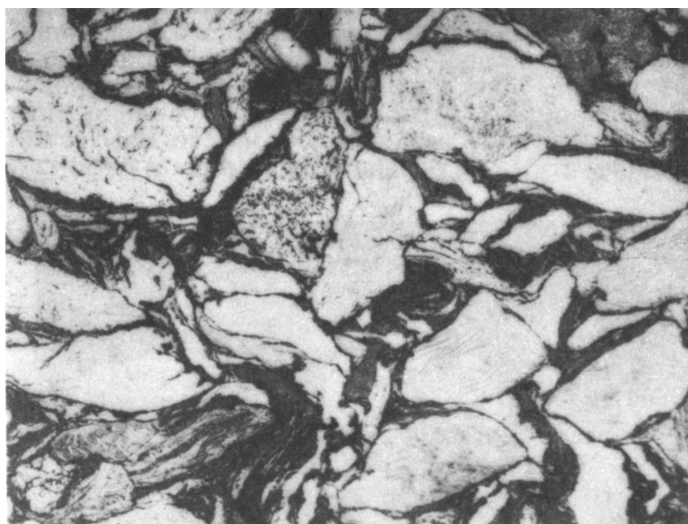


*a*

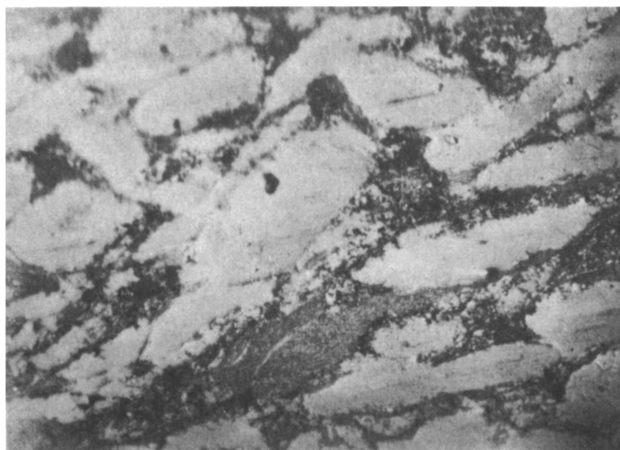


*б*

**Рис. 1.** Структура исходного порошка гидрированного титана  
*a* —  $\times 200$ , *б* —  $\times 125$ .



**Рис. 2.** Структура неотожженного компакта гидрированного титана (x125).



**Рис. 3.** Структура отожженного компакта гидрированного титана (x125).

Материал	Микротвердость, $H_{\square 100}$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Твердость по Виккерсу, $HV$ , кгс/мм <sup>2</sup>
Сплав Ti-5Al	246	240
Компакт гидрированного титана:		
отожженный	393	454
неотожженный	328	292

дороды в титане с диффузией азота и кислорода показывает, что подвижность водорода на порядок выше. Порошок титана с высокой поверхностной активностью уже при комнатной температуре поглощает водород.

Структура исходного порошка гидрированного титана представлена на рис. 1. Видно, что форма частиц овальная и неправильно-разветвленная. Размер частиц от 55 до 260 мкм, в среднем 150 мкм. Микротвердость исходного порошка при нагрузке 100 г составила 275 кгс/мм<sup>2</sup>. Структура полученного компакта представлена на рис. 2. Как видно из фотографий структур, по границам сплавленных порошинок наблюдается эвтектическая сетка ( $t \cong 640^\circ\text{C}$ ). Размер зерен компакта по сравнению с размером исходного порошка несколько уменьшился. Для оценки механических характеристик полученного компакта измерялась макротвердость по Виккерсу. Значения макро- и микротвердости компакта приведены в таблице. Здесь же для сравнения приведены те же характеристики для литого  $\alpha$ -сплава титана. Видно, что твердость и микротвердость компакта оказались значительно выше, чем у титанового сплава.

Для удаления водорода из компакта провели отжиг образца в вакууме при  $t = 800^\circ\text{C}$  в течение 3 ч. Структура отожженного образца представлена на рис. 3. Видно, что границы значительно очистились от эвтектики, поэтому и твердость отожженного компакта выше, чем неотожженного (см. таблицу).

Плотность компакта, определенная методом гидростатического взвешивания и количественной металлографии, составила 97%.

Плотность компакта, определенная методом гидростатического взвешивания и количественной металлографии, составила 97%. Известно [6], что титановые сплавы обладают низкими антифрикционными свойствами и высокой склонностью к контактному схватыванию при трении, что делает



неэффективным применение смазок, а также требует специальных методов повышения антифрикционных свойств неупрочненного титана при использовании его в узлах трения. Полученный компакт обладает более высокой твердостью, чем титановый сплав, а значит, и лучшей износостойкостью и может использоваться в узлах трения.

Таким образом, в результате динамического компактирования не только сохраняются свойства исходного порошка, но и улучшаются механические свойства компакта по сравнению с исходным порошком.

### Список литературы

- [1] *Clyens C., Johnson W.* // Mater. Sci. Eng. 1977. V. 30. P. 121-139.
- [2] *Prummer R.* // Explosive Welding, forming and compaction. London; New York: Appl. Sci. Publ., 1983. P. 381.
- [3] *Raybould D.* // Intern. J. Powder Metallurgy and Powder Technology. 1980. V. 16. N 1. P. 1-10.
- [4] *Raubould D.* // The Carbide and Tool J. 1981. March-April. P. 18-23.
- [5] *Raybould D., Morris D., Copper G.A.* // J. Mater. Sci. Lett. 1979. N 14. P. 2523-2526.
- [6] *Титановые сплавы в машиностроении.* Л.: Машиностроение, 1977. 248 с.

Институт проблем  
машиноведения РАН  
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию  
28 марта 1995 г.

