

2. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов  $As^{5+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $Ni^{2+}$  из водных сред // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 8 (часть 3). - С. 666-670.
3. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний / Под ред. В. Б. Скачкова. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. - 271 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЕЧЕННОГО АНТИФРИКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ FE-TI**

*Р.Ш. ХИСАМУТДИНОВ, Ю.В. МЯЧИН*

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет  
email: rien@mail.ru

### **RESEARCH STRUCTURE, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SINTERED ANTI-FRICTION MATERIAL OF FE-TI SYSTEM**

*R.S. KHISAMUTDINOV, Y.V. MYACHIN*

National Research Tomsk Polytechnic University  
email: rien@mail.ru

*Annatation.* In this article are presented results of research of structure and physicochemical properties of the sintered material of Fe-Ti system. It is shown that this material possesses high tribotechnical characteristic on comparisons with sintered iron free. In the conclusion are offered parameters of receiving this material with high physicochemical properties.

#### **Введение**

Основные требования, предъявляемые к материалам антифрикционного назначения – это достаточно низкий коэффициент трения, достаточная высокая износостойкость и нагрузочная способность [1]. В наши дни ведется множество разработок антифрикционных материалов, и каждая отрасль машиностроения задает все новые требования к этим материалам. На данный момент не существует материала, который подошел бы для всех областей машиностроения, конкретный уровень механических и триботехнических характеристик материала определяет сферу его применения.

Целью данной работы является изучение структуры и физико-механических характеристик нового спеченного антифрикционного материала из смеси железа и титана и предложение рекомендаций по выбору наиболее оптимальных параметров его изготовления.

#### **Материалы и методики исследований**

В работе использовали спеченный материал состава Fe:Ti = 95:5 % (масс.). Для приготовления шихты использовали железный порошок ПЖ 4.160.26 ГОСТ 9849-86. Титан вводился в шихту в виде ферротитана [2] марки FeTi70-3 ГОСТ

4761-91, после размола и классификации. Формование производили методом холодного двухстороннего прессования на разрывной машине Р-20 при давлении 400, 600 и 800 МПа. Спекание проводили в вакуумной электрической печи сопротивления. Температура спекания составляла 1250°C, 1300°C, 1400°C, 1450°C, время выдержки – 1, 2 и 4 часа. Измерения микротвердости и модуля упругости проводили на полированной поверхности образца с помощью системы Nano Indenter G200/XP (ISO 14577).

Триботехнические характеристики измерялись на двух приборах: высокотемпературном трибометре ТНТ-S-AX0000, методика тестирования соответствует ASTM G99 и DIN 50324 и трехмерном бесконтактном профилометре.

### Обсуждение результатов

Изменение микротвердости и модуля упругости от давления прессования. На рисунке 1 представлены зависимости модуля упругости (а) и микротвердости (б) от давления прессования образца. При значениях давления 400-600 МПа виден небольшой рост модуля упругости, при дальнейшем увеличении давления прессования его значение практически не меняется, поэтому, мы можем уменьшить потери связанные с затратами на прессование и использовать меньшее давление, без потери механических характеристик.

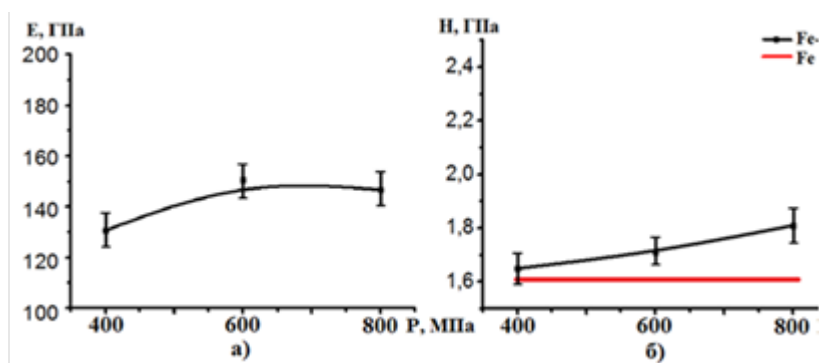


Рисунок 1 - Зависимость а - модуля упругости; б - микротвердости от давления прессования

Изменение микротвердости и модуля упругости от температуры спекания. На рисунках 2 представлены зависимости модуля упругости (а) и микротвердости (б) от температуры спекания образца. Из данных рисунков видно, что при увеличении

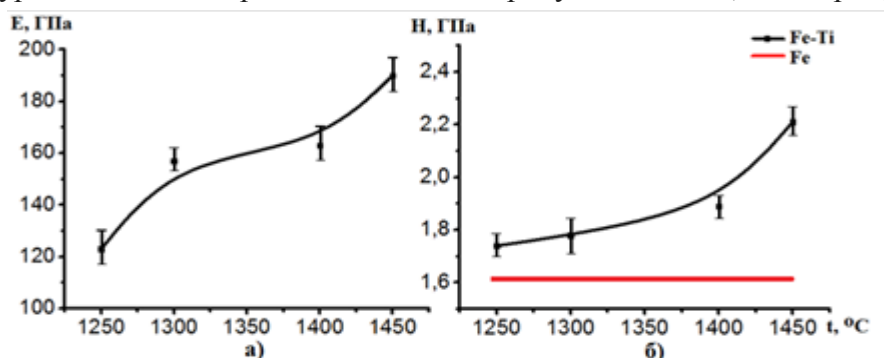


Рисунок 2 - Зависимость модуля упругости (а), микротвердости (б) от температуры спекания

температуры спекания модуль упругости и микротвердость возрастают. При температурах 1300-1400<sup>0</sup>С (Рисунок 2, а) модуль упругости изменяется слабо. В этом интервале начинают протекать процессы диффузии и рекристаллизации, однако при данной температуре эти процессы малоактивны. При температуре выше 1400<sup>0</sup>С процесс спекания вступает в активную стадию.

На рисунке 3 представлена зависимость коэффициента трения (а) и величина износа (б) материала от температуры спекания при разных скоростях вращения, при этом нагрузка была постоянной ( $P = const = 10\text{Н}$ ). Во всех случаях можно заметить понижения коэффициента трения при температуре спекания 1250<sup>0</sup>С.

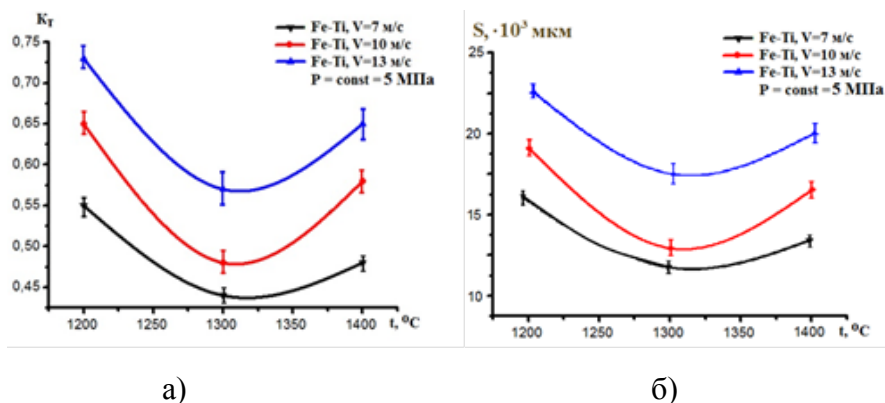


Рисунок 3 - Графики зависимостей коэффициента трения (а) и величины износа (б) от температуры спекания при разных скоростях трения

При температуре спекания 1200<sup>0</sup>С, частицы ферротитана находятся в твердом виде (Рисунок 4,а), при повышении температуры до 1300 °С (Рисунок 4,б) частицы ферротитана начинают частично растворяться. Согласно [3] при данной температуре растекание жидкой фазы тормозится, а на границах титан-ферротитан появляются множество интерметаллидных соединений  $\text{TiFe}$  и  $\text{TiFe}_2$ . В материале возникают множество элементов с повышенной твердостью, образуется структура соответствующая принципу Шарпи, которая увеличивает триботехнические характеристики материала [4]. При температуре 1400<sup>0</sup>С (Рисунок 4, в) ферротитан полностью растворяется, концентрация интерметаллидов уменьшается, как следствие, растет коэффициент трения.

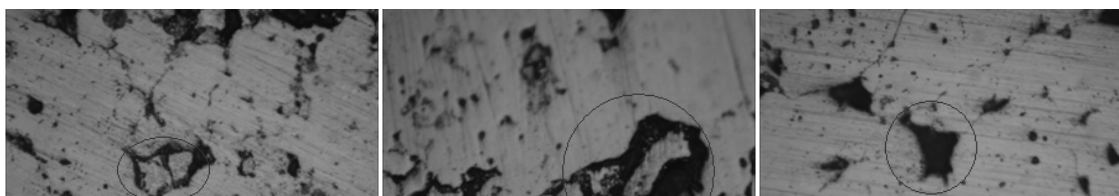


Рисунок 4 - Структуры спеченных образцов из смеси железа и титана, изготовленных при следующих температурах: а) 1200<sup>0</sup>С; б) 1300<sup>0</sup>С, в) 1400<sup>0</sup>С

Сравнивая триботехнические характеристики полученного образца и пористого железа, изготовленного при таких же условиях, при разных скоростях скольжения и нагрузках (Рисунок 5 и 6), можно сказать, что смесь железо-титан с увели-

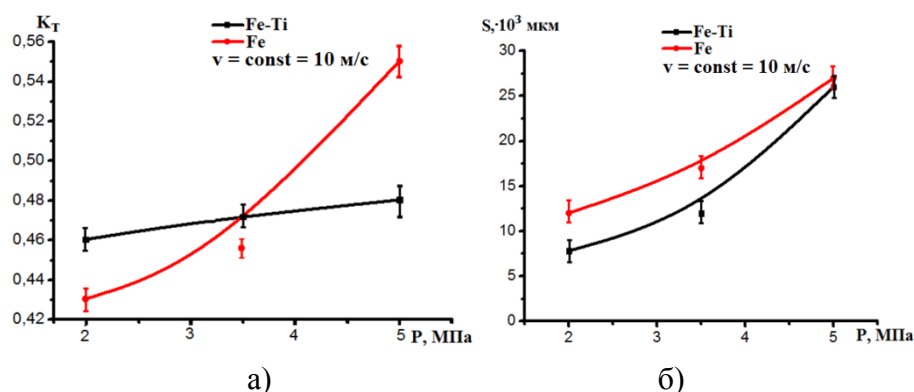


Рисунок 5 – Зависимости коэффициента трения (а), величины износа (б) от нагрузки при постоянной скорости и зависимости для композиции железо-титан и пористого железа

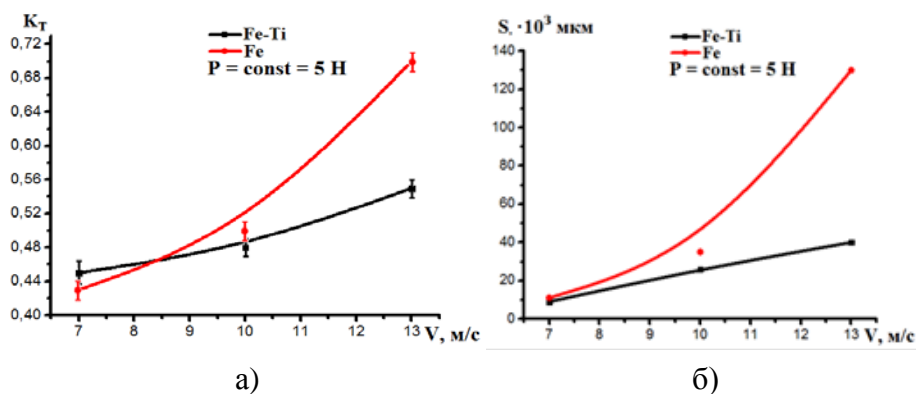


Рисунок 6 – Зависимости коэффициента трения (а), величины износа (б) от нагрузки при постоянной скорости и зависимости для композиции железо-титан и пористого железа

чением нагрузки сохраняет коэффициент трения по сравнению с пористым железом. Также данная композиция имеет больше сопротивление износу.

#### Выводы:

1. Давление прессования является наиболее значимым параметром при формировании пористости. Меняя давление прессования от 400 до 800 МПа пористость уменьшается с 32 до 24%;
2. Наибольшее влияние на механические и триботехнические характеристики оказывает температура спекания. Изменение температуры от 1250 до 1450°C приводит к увеличению микротвердости от 1,7 до 2,2 ГПа, а модуль упругости увеличивается от 120 до 190 ГПа;
3. На всех графиках по триботехническим испытаниям получены кривые с экстремумом, таким образом можно выбрать наиболее оптимальную температуру спекания для получения высоких значений коэффициента трения и износостойкости, которая соответствует 1300°C;

4. Продолжительность спекания незначительно влияет на физико-механические свойства материала, в связи с этим экономически целесообразно выбирать время от 1 до 2 часов;

Таким образом, мы можем выбрать наиболее оптимальный режим изготовления материала, при котором материал будет обладать высокими механическими и триботехническими свойствами при сохранении достаточного уровня остаточной пористости: давление прессования = 600 МПа; температура спекания = 1300°C; время спекания = 1-2 ч;

При данных условиях изготовления материал обладает следующими физико-механическими характеристиками: пористость = 26%; плотность = 5.9 г/см<sup>3</sup>; модуль упругости = 150 ГПа; микротвердость = 1,7 ГПа. В исследованных интервалах нагрузок и скоростей скольжения коэффициент трения данного материала находится в пределах от 0,43 до 0,55. По сравнению с пористым железом данная композиция из смеси железа и титана может эффективно работать при более высоких скоростях скольжения и нагрузках.

#### Список литературы

1. Металлы и сплавы : справочник / В. К. Афонин, Б. С. Ермаков, Е. Л. Лебедев и др; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Профессионал, 2006. -с.779;
2. Матренин С.В., Слосман А.И., Мячин Ю.В. Электроразрядное спекание железо-титанового антифрикционного сплава. //Известия Томского политехнического университета, 2005. - т.308 - № 4. - с. 74-77;
3. Кивало Л.И., Григоренко Н.Ф., Скороход В.В. Контактное взаимодействие между жидкой и твердой фазами в дисперсной системе титан-железо // Пор. мет. 1988.-№9.- с. 25-28;
4. Бабец Н. В. Композиционные пористые материалы на основе железа и их применение в узлах трения / Н. В. Бабец, Б. Н. Васильев, М. А. Исламов //Молодой ученный. -2011. - №5. Т.1. - с.54-56.

### ВЛИЯНИЕ MgO НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO

*С.П. БУЯКОВА<sup>1</sup>, А.А. ГЕРБЕР<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: [nastya.gerber91@mail.ru](mailto:nastya.gerber91@mail.ru)

### INFLUENCE OF MGO ON A STRUCTURAL AND PHASE CONDITION OF CERAMIC COMPOSITES OF MEDICAL PURPOSE OF Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

*S.P. BUYKOVA<sup>1</sup>, A.A. GERBER<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Tomsk polytechnic university; <sup>2</sup>Institute of strength physics and material science SB RAS

E-mail: [nastya.gerber91@mail.ru](mailto:nastya.gerber91@mail.ru)

**Annation.** It have been studied properties of the ceramics with different contents MgO. Is studied influence of an additive of MGO on porosity and mechanical properties of composites of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO. It