



(51) МПК
B22F 3/02 (2006.01)
C22C 26/00 (2006.01)
C22C 19/07 (2006.01)
C22C 9/00 (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01)
C22C 1/05 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016138161, 26.09.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.09.2016Дата регистрации:
13.11.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.09.2016

(45) Опубликовано: 13.11.2017 Бюл. № 32

Адрес для переписки:

119334, Москва, Ленинский пр-кт, 49,
 Федеральное государственное бюджетное
 учреждение науки Институт металлургии и
 материаловедения им. А.А. Байкова Российской
 академии наук (ИМЕТ РАН)

(72) Автор(ы):

Дроздова Екатерина Ивановна (RU),
 Черногорова Ольга Павловна (RU),
 Ушакова Ираида Николаевна (RU),
 Блинов Виктор Михайлович (RU),
 Екимов Евгений Алексеевич (RU),
 Царев Андрей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 учреждение науки Институт металлургии и
 материаловедения им. А.А. Байкова
 Российской академии наук (ИМЕТ РАН)
 (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2123473 C1, 20.12.1998. RU
 2491987 C2, 10.09.2013. RU 2523477 C1,
 20.07.2014. RU 2335556 C2, 10.10.2008. RU
 2485196 C1, 20.06.2013. EP 2511029
 A2,17.10.2012. US 9410228 B2, 09.08.2016.

(54) Способ получения композиционного металломатричного материала, армированного сверхупругими сверхтвердыми углеродными частицами

(57) Реферат:

Изобретение относится к получению композиционного металломатричного материала, армированного сверхупругими сверхтвердыми углеродными частицами. Способ включает приготовление смеси порошков металла и фуллеритов и ее прессование при давлении 5-8 ГПа и температурах 800-1000°C с обеспечением образования сверхтвердых углеродных частиц.

Причем перед приготовлением смеси порошков металла и фуллеритов проводят механоактивацию фуллеритов. Обеспечивается увеличение микротвердости и модуля Юнга армирующих углеродных частиц, что повышает износостойкость композитов при сохранении или уменьшении коэффициента трения. 1 з.п. ф-лы, 1 ил., 1 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B22F 3/02 (2006.01)
C22C 26/00 (2006.01)
C22C 19/07 (2006.01)
C22C 9/00 (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01)
C22C 1/05 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016138161, 26.09.2016**

(24) Effective date for property rights:
26.09.2016

Registration date:
13.11.2017

Priority:
(22) Date of filing: **26.09.2016**

(45) Date of publication: **13.11.2017** Bull. № 32

Mail address:
119334, Moskva, Leninskij pr-kt, 49, Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i materialovedeniya im. A.A. Bajkova Rossijskoj akademii nauk (IMET RAN)

(72) Inventor(s):
Drozdova Ekaterina Ivanovna (RU), Chernogorova Olga Pavlovna (RU), Ushakova Iraida Nikolaevna (RU), Blinov Viktor Mikhajlovich (RU), Ekimov Evgenij Alekseevich (RU), Tsarev Andrej Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie nauki Institut metallurgii i materialovedeniya im. A.A. Bajkova Rossijskoj akademii nauk (IMET RAN) (RU)

(54) **METHOD FOR PRODUCING COMPOSITE METAL MATRIX MATERIAL REINFORCED WITH ULTRA-ELASTIC SUPERHARD CARBON PARTICLES**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method includes preparing mixture of powders of metal and fullerites and its pressing at pressure of 5-8 gpa and temperatures of 800-1000°C providing generation of superhard carbon particles. Before preparing mixture of powders of metal and fullerites, mechanical activation of fullerites is carried

out.

EFFECT: increase microhardness and Young's modulus of the reinforcing carbon particles which improves the wear resistance of the composites while maintaining or reducing the friction coefficient.

2 cl, 1 dwg, 1 tbl, 1 ex

RU 2 635 488 C1

RU 2 635 488 C1

Изобретение относится к области порошковой металлургии, в частности к получению металломатричных композиционных материалов (КМ), армированных сверхупругими сверхтвердыми углеродными частицами для изделий, работающих в условиях сухого трения и высокого износа. Такие КМ могут быть использованы в различных областях техники, в частности в механизмах узлов сухого трения в приборостроении, легкой промышленности; в подшипниках скольжения для микроробототехники, гелиокоптеров.

Известен способ получения сверхтвердого композиционного материала (патент РФ №2491987). Этот способ включает воздействие высокого давления и температуры на исходный углеродный компонент, в качестве которого используют алмаз и связующий компонент. Углеродный компонент дополнительно содержит фуллерен и/или наноалмаз, а в качестве связующего компонента используют один или несколько компонентов: сплав кремнистая бронза, сплав монель, твердый сплав. Получение сверхтвердого КМ проводят в два этапа. На первом этапе смесь исходных компонентов подвергают динамическому давлению 10-50 ГПа и температуре 900-2000°C, а на втором этапе полученный материал помещают в аппарат высокого давления, в котором при статическом давлении от 5 до 15 ГПа нагревают при 700-1700°C в течение не менее 20 секунд. Способ позволяет получить углеродный материал с высокой микротвердостью, упругостью и повышенной износостойкостью. Существенным недостатком этого способа является двухступенчатость получения сверхтвердого материала под давлением и достаточно высокое 10-50 ГПа давление на первом этапе получения.

Наиболее близким к заявленному изобретению является способ получения сверхтвердых углеродных частиц, заключающийся в прессовании смеси порошков железа и фуллеритов, синтезе сверхтвердых углеродных частиц при изостатическом прессовании при 2,5-4,5 ГПа и температурах 1000-1200°C, полученный материал содержит железо и сверхтвердые углеродные частицы размером до 0.5 мм в количестве до 20% (патент РФ №2123473). Измерить твердость таких частиц методом индентирования по остаточному отпечатку от алмазной пирамиды не представляется возможным, т.к. отпечаток восстанавливается, частицы являются сверхупругими. Исследования КМ на основе железа (сплав 8*, таблица), содержащего 10% вес. частиц, полученных по режиму прототипа из фуллеренов под давлением 4,5 ГПа и температуре 1000°C, показало, что микротвердость углеродных частиц, измеренная на ультрамикротесторе Shumadzu составляет $H_{it}=13$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=127$ ГПа, отношение работы упругой деформации к работе деформации $N_{it}=85,5\%$ (ГОСТ Р 8.748-2011. Металлы и сплавы. Измерение твердости и других характеристик материалов при инструментальном индентировании. Часть 1. Метод испытаний). Недостатком этого способа получения является невысокая твердость углеродных частиц (они не являются сверхтвердыми) и невысокая износостойкость композиционного материала. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,20$, потеря массы при абразивном износе по свежему следу $W=4,0$ мг.

Задачей настоящего изобретения является создание способа получения высокотвердого КМ на металлической основе с улучшенными функциональными (триботехническими) свойствами.

Техническим результатом является повышение физико-механических свойств (твердости и модуля Юнга) армирующей углеродной фазы, полученной из фуллеритов.

Технический результат достигается тем, что в способе получения композиционного металломатричного материала, армированного сверхупругими сверхтвердыми углеродными частицами, согласно изобретению, включающий приготовление смеси порошков металла и фуллеритов и ее прессование с обеспечением образования

сверхупругих сверхтвердых углеродных частиц, отличающийся тем, что перед приготовлением смеси порошков металла и фуллеритов проводят механоактивацию фуллеритов, при этом прессование смеси порошков ведут при давлении 5-8 ГПа и температурах 800-1000°C, в качестве порошка металла используют порошок, выбранный

5 из группы, включающей порошок железа, порошок кобальта и порошок меди.

Механоактивация - это процесс получения вещества малого размера, сопровождающийся структурными изменениями или фазовыми переходами (Болдырев В.В. Экспериментальные методы в механохимии твердых неорганических веществ. Новосибирск, Наука. 1983).

10 Сущность изобретения заключается в аморфизации структуры армирующих углеродных частиц, полученных из предварительно механоактивированных (аморфизированных) фуллеритов при прессовании в смеси с одним из порошком металла (железа, кобальта, меди) под давлением 5-8 ГПа при температурах 800-1000°C, что приводит для армирующих углеродных частиц, полученных из C_{60} , к повышению

15 микротвердости и модуля Юнга, а для армирующих углеродных частиц, полученных из смеси C_{60}/C_{70} , - к уменьшению разброса значений микротвердости и модуля Юнга.

Электронно-микроскопическое исследование структуры углеродных фаз, армирующих КМ, показало, что предварительная механоактивация исходных фуллеритов приводит к полной аморфизации структуры углеродной фазы после

20 высокотемпературного прессования под давлением. Электронно-дифракционная картина такой структуры представляет собой гало (врезка на рис. 1в), в отличие от размытых, но точечных электронно-дифракционных картин структур фаз, полученных без МА: (врезки на рис. 1а - из C_{60} ; 1б - из смеси C_{60}/C_{70}). В аморфной структуре доля sp^3 связей увеличивается и, как следствие, увеличивается микротвердость фаз.

25

Экспериментально доказано, что предложенный способ, включающий проведение механоактивации фуллеритов перед прессованием и дополнительное повышение давления прессования до 5-8 ГПа на примере КМ с модельной матрицей из кобальта, обеспечивает повышение твердости углеродных частиц, полученных из C_{60} в 1,9-3 раза

30 (для 5 и 8 ГПа), модуля Юнга в 1,6-4 раз (для 5 и 8 ГПа), износостойкость КМ повышается для 5 ГПа в 11,3 раза, для 8 ГПа в 8,7 раза по сравнению с КМ без МА при тех же параметрах прессования, при этом коэффициент трения снижается с 0,23 до 0,14. (сплавы 1-4, табл. 1). Давление прессования повышается по сравнению с прототипом с 4,5 ГПа до 5-8, но оно остается значительно ниже, чем в патенте РФ №2491987 (10-50 ГПа). Повышение давления без МА с 5 до 8 ГПа (сплавы 1 и 3) приводит

35 к увеличению твердости частиц в 1,5 раза, при этом износостойкость КМ на основе кобальта увеличивается только в 3,7 раз при сохранении коэффициента трения 0,21-0,22.

Для частиц, полученных при прессовании из смеси фуллеренов C_{60}/C_{70} (сплавы 6 и

40 7) механоактивация фуллеритов перед прессованием под давлением 8 ГПа, обеспечивает повышение твердости в 1,3-2 раза, при этом уменьшается разброс значений твердости и модуля Юнга и составляет не более 2 ГПа, износостойкость возрастает в 7,7 раз, при снижении коэффициента трения с 0,2 до 0,15. Повышение температуры прессования до 1000°C после МА приводит к снижению износостойкости в 4 раз по сравнению с

45 прессованием при 800°C (сплавы 4 и 5). Поэтому предложенные режимы прессования не превышают 1000°C (сплав 5).

Эффективность использования МА перед прессованием КМ подтверждается и на других металлических матрицах, например в КМ с железной матрицей (сплавы №8 и 9,

табл. 1) твердость возрастает в 2,7 раза, износостойкость увеличивается в 23,5 раза (при одновременном увеличении давления прессования до 8 ГПа), для медной матрицы при 8 ГПа износостойкость возрастает в 16 раз (сплавы 10, 11).

5 Металлическая матрица позволяет избежать растрескивания при образовании сверхтвердой углеродной фазы из фуллеренов; способствует хорошему отводу тепла из зоны контакта материалов при триботехнических испытаниях, что позволяет нагружать узлы трения до более высоких значений.

10 Отличием способа от прототипа является то, что фуллерен C_{60} или неразделенную фуллереновую смесь $C_{60}+C_{70}$ перед прессованием КМ предварительно подвергают механоактивации в течение 1-48 часов в планетарной мельнице. Механоактивированный фуллерен смешивают с порошком металла, выбранным из группы, включающей порошок железа, порошок кобальта и порошок меди; проводят прессование КМ под давлением 5-8 ГПа и температуре 800-1000°C. Получение на простом в эксплуатации оборудовании, обеспечивающим возможность выхода на промышленные масштабы 15 изготовления твердого материала. После снятия давления и охлаждения, с таблетки КМ диаметром 5-10 мм и высотой 2,5-6 мм снимают графитизированный слой (шлифуют), затем поверхность таблетки полируют. Подготовленный таким образом образец не требует дальнейшей обработки. В результате высокотемпературного 20 прессования под давлением одновременно происходит компактирование КМ и фазовое превращение фуллерена в сверхупругую сверхтвердую углеродную фазу. Степень превращения фуллерена, контролируемое по шлифу, составляет 95-100%. Образец КМ полноплотный, без пор, трещин.

Предварительная механоактивация исходных фуллеритов C_{60} повышает твердость 25 армирующих углеродных частиц КМ в 2 раза до 31-37 ГПа. При таком повышении твердости углеродные частицы становятся сверхтвердыми и в то же время остаются сверхупругими (отношение работы упругой деформации к общей работе деформации N_{it} больше или равно 80%). Повышение твердости армирующих частиц способствует повышению износостойкости композиционных материалов в 7,7-23 раза при снижении 30 или сохранении коэффициента трения.

Следующие примеры иллюстрируют изобретение, не ограничивая его по существу.

35 Пример 1. Порошковая смесь массой 1,86 г на основе кобальта чистотой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес. % фуллеритов C_{60} , предварительно прессуют под давлением 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт 40 нагружается на гидравлическом прессе под давлением 5 ГПа при температуре 900°C, после выдержки 180 с снимается нагрев и давление. Полученный КМ содержит армирующие углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=8$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=61$ ГПа, отношение работы упругой деформации к работе деформации $N_{it}=95\%$. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,21$, потеря массы при абразивном износе составляет $W=16,9$ мг.

45 Пример 2. Фуллериты C_{60} измельчают в шаровой мельнице "Pulverisette 7" фирмы "Fritsch" в течение 48 часов. Измельчение проводят в агатовой ступке емкостью 100 мл с пятью агатовыми шарами диаметром 20 мм в атмосфере аргона, соотношение массы шаров к массе порошка фуллерита составляет 40:1, скорость вращения - 500 об/мин. Порошковая смесь массой 1,87 г на основе кобальта чистотой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес.% механоактивированных в течение 48 часов фуллеритов C_{60} , предварительно прессуют под давлением 0,25 ГПа при комнатной

температуре. Спрессованный компакт нагружается на гидравлическом прессе под давлением 5 ГПа при температуре 900°C, после выдержки 180 с снимается нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=15$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=99$ ГПа, отношение работы упругой деформации к работе деформации $N_{it}=93\%$. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,23$, потеря массы при абразивном износе составляет $W=1,5$ мг.

Пример 3. Порошковая смесь массой 0,23 г на основе кобальта чистотой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес. % фуллеритов C_{60} , предварительно спрессованная под давлением 0,25 ГПа при комнатной температуре, подвергается нагружению гидравлического пресса под давлением 8 ГПа при температуре 800°C; после выдержки 30 с температуру и давление снимают. Полученный КМ содержит частицы углеродной фазы с микротвердостью $H_{it}=12$ ГПа, модулем Юнга $E_{it}=40$ ГПа, отношением работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=93\%$.

Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,28$, а потеря массы при абразивном износе составляет $W \leq 4,6$ мг.

Пример 4. Фуллериты C_{60} измельчают в шаровой мельнице "Pulverisette 7" фирмы "Fritsch" в течение 8 часов. Измельчение проводят в агатовой ступке емкостью 100 мл с пятью агатовыми шарами диаметром 20 мм в атмосфере аргона, соотношение массы шаров к массе измельченного порошка фуллерена составляет 40:1, скорость вращения - 500 об/мин. Порошковая смесь массой 0,23 г на основе кобальта чистотой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес. % механоактивированных в течение 8 часов фуллеритов C_{60} , предварительно спрессованная под давлением 0,25 ГПа при комнатной температуре, подвергается нагружению гидравлического пресса под давлением 8 ГПа при температуре 800°C; после выдержки 30 с температуру и давление снимают. Полученный КМ содержит частицы углеродной фазы с микротвердостью $H_{it}=36$ ГПа, модулем Юнга $E_{it}=197$ ГПа, отношением работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=78\%$. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,14$, а потеря массы при абразивном износе составляет $W \leq 0,53$ мг.

Пример 5. Фуллериты C_{60} измельчают в шаровой мельнице "Pulverisette 7" фирмы "Fritsch" в течение 48 часов. Измельчение проводят в агатовой ступке емкостью 100 мл с пятью агатовыми шарами диаметром 20 мм в атмосфере аргона, соотношение массы шаров к массе порошка фуллерита составляет 40:1, скорость вращения - 500 об/мин. Порошковая смесь массой 0,22 г на основе кобальта чистотой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес. % механоактивированных в течение 48 часов фуллеритов C_{60} , предварительно прессуется под давлением 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт нагружается на гидравлическом прессе под давлением 8 ГПа при температуре 1000°C, после выдержки 30 сек. снимается нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=20$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=127$ ГПа, отношение работы упругой деформации к работе деформации $N_{it}=93\%$. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,22$, потеря массы при абразивном износе составляет $W=2,3$ мг.

Пример 6. Порошковая смесь массой 0,22 г на основе кобальта чистой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес. % неразделенной смеси фуллеритов C_{60}/C_{70} , предварительно прессуется при давлении 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт нагружается на гидравлическом прессе до давления 8 ГПа

при температуре 800°C, после выдержки 30 с снимается нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=16-26$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=127-225$ ГПа, отношение работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=86-90\%$. Коэффициент сухого трения по стали ШХ15 КМ $f=0,2$, потеря массы при абразивном износе составляет $W \leq 0,1$ мг.

Пример 7. Неразделенную смесь фуллеритов C_{60}/C_{70} помещают в планетарную шаровую мельницу «Pulverisette 7» фирмы "Fritsch" на 1 час. Измельчение проводят в агатовой ступке емкостью 100 мл с пятью агатовыми шарами диаметром 20 мм в атмосфере аргона, соотношение массы шаров к массе порошка фуллерита составляет 40:1, скорость вращения - 500 об/мин. Порошковая смесь массой 0,22 г на основе кобальта чистой 99,98%, со средним размером частиц 8 мкм, содержащая 10 вес.% механоактивированных в течение 1 часа неразделенной смеси фуллеритов C_{60}/C_{70} , предварительно прессуется при давлении 0,25 ГПа при комнатной температуре.

Спрессованный компакт нагружается на гидравлическом прессе до давления 8 ГПа при температуре 800°C, после выдержки 30 с снимается нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=34$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=182$ ГПа, отношение работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=79\%$. Коэффициент сухого трения по стали ШХ15 КМ $f=0,15$, потеря массы при абразивном износе составляет $W \leq 0,13$ мг.

Пример 8* (аналог). Порошковая смесь массой 0,2 г на основе железа чистотой 99,98%, со средним размером частиц 3 мкм, содержащая 10 вес.%, предварительно прессуется при давлении 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт нагружают на гидравлическом прессе под давлением 4,5 ГПа при температуре 1000°C; после выдержки 30 с снимают нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы микротвердостью $H_{it}=11-15$ ГПа, модулем Юнга $E_{it}=127$ ГПа, отношением работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=85,5\%$. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,2$, потеря массы при абразивном износе составляет $W \leq 4,0$ мг.

Пример 9. Неразделенную смесь фуллеритов C_{60}/C_{70} помещают в планетарную шаровую мельницу «Pulverisette 7» фирмы "Fritsch" на 8 час. Измельчение проводят в агатовой ступке емкостью 100 мл с пятью агатовыми шарами диаметром 20 мм в атмосфере аргона, соотношение массы шаров к массе порошка фуллерита составляет 40:1, скорость вращения - 500 об/мин. Порошковая смесь массой 0,2 г на основе железа чистотой 99,98%, со средним размером частиц 3 мкм, содержащая 10 вес.% механоактивированных в течение 8 часов смесь фуллеритов C_{60}/C_{70} , предварительно прессуется при давлении 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт нагружают на гидравлическом прессе под давлением 8 ГПа при температуре 800°C; после выдержки 30 с снимают нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы микротвердостью $H_{it}=38$ ГПа, модулем Юнга $E_{it}=191$ ГПа, отношением работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=80\%$. Коэффициент сухого трения КМ по стали ШХ15 $f=0,19$, потеря массы при абразивном износе составляет $W \leq 0,17$ мг.

Пример 10. Порошковая смесь массой 0,21 г на основе меди чистотой 99,95%, с размерами частиц 35-50 мкм, содержащая 10 вес. % смеси фуллеритов C_{60}/C_{70} , прессуется при давлении 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт нагружают

на гидравлическом прессе под давлением 8 ГПа при температуре 800°С, после выдержки 30 с снимают нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=15-20$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=125-180$ ГПа, отношение работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=90\%$.

5 Коэффициент трения КМ по стали ШХ15 $f=0,27$, потеря массы при абразивном износе $W \leq 4,53$ мг.

Пример 11. Неразделенную смесь фуллеритов C_{60}/C_{70} помещают в планетарную шаровую мельницу «Pulverisette 7» фирмы "Fritsch" на 8 часов. Измельчение проводят в агатовой ступке емкостью 100 мл с пятью агатовыми шарами диаметром 20 мм в атмосфере аргона, соотношение массы шаров к массе порошка фуллерита составляет 40:1, скорость вращения - 500 об/мин. Порошковая смесь массой 0,21 г на основе меди чистотой 99,95%, с размерами частиц 35-50 мкм, содержащая 10 вес.%

10 механоактивированных в течение 4 часов смеси фуллеритов C_{60}/C_{70} , прессуется при давлении 0,25 ГПа при комнатной температуре. Спрессованный компакт нагружают на гидравлическом прессе под давлением 8 ГПа при температуре 800°С, после выдержки 30 с снимают нагрев и давление. Полученный КМ содержит углеродные частицы со следующими свойствами: микротвердость $H_{it}=36$ ГПа, модуль Юнга $E_{it}=235$ ГПа, отношение работы упругой деформации к общей работе деформации $N_{it}=78\%$.

20 Коэффициент трения КМ по стали ШХ15 $f=0,24$, потеря массы при абразивном износе $W \leq 0,3$ мг.

В примерах 1-11 и таблице 1 указаны: состав исходной шихты КМ, время молочения фуллерита, режим прессования КМ (Р,Т), свойства армирующей углеродной фазы: твердость H_{it} , модуль Юнга E_{it} , отношение работы упругой деформации к общей работе деформации N_{it} , полученной из фуллеренов и свойства КМ: коэффициент трения (f) и потеря веса при абразивном изнашивании по бумаге зернистостью 18 мкм (W , мг).

К защите выносятся примеры №2, 4, 5, 7, 9, 11.

30

35

40

45

Таблица

№ образца	Материалы исходных порошков		Время МА, час	Режим прессования		Свойства армирующих КМ углеродных частиц			Свойства полученных КМ	
	Металл	Фуллерит		Давление, ГПа	Температура, °С	H_{it} , ГПа	E_{it} , ГПа	N_{it} , %	f	W , мг
1	Со	C ₆₀	-	5	900	8	61	95	0,21	16,9
2			48	5	900	15	99	93	0,23	1,5
3			-	8	800	12	40	93	0,28	4,6
4			8	8	800	36	197	78	0,14	0,53
5			8	8	1000	20	127	93	0,22	2,3
6		C ₆₀ /C ₇₀	-	8	800	16-26	127-205	86-90	0,2	1,0
7			1	8	800	34	182	79	0,15	0,13
8*	Fe	C ₆₀ /C ₇₀	-	4,5	1000	11-15	127	85,5	0,2	4,0
9			8	8	800	38	191	80	0,19	0,17
10	Cu	C ₆₀ /C ₇₀	-	8	800	15-20	125	90	0,27	4,53
11			4	8	800	38	235	78	0,22	0,3

(57) Формула изобретения

1. Способ получения композиционного металлматричного материала, армированного сверхупругими сверхтвердыми углеродными частицами, включающий приготовление смеси порошков металла и фуллеритов и ее прессование с обеспечением образования сверхтвердых углеродных частиц, отличающийся тем, что перед приготовлением смеси порошков металла и фуллеритов проводят механоактивацию фуллеритов, при этом прессование смеси порошков ведут при давлении 5-8 ГПа и температурах 800-1000°С.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве порошка металла используют порошок, выбранный из группы, включающей порошок железа, порошок кобальта и порошок меди.

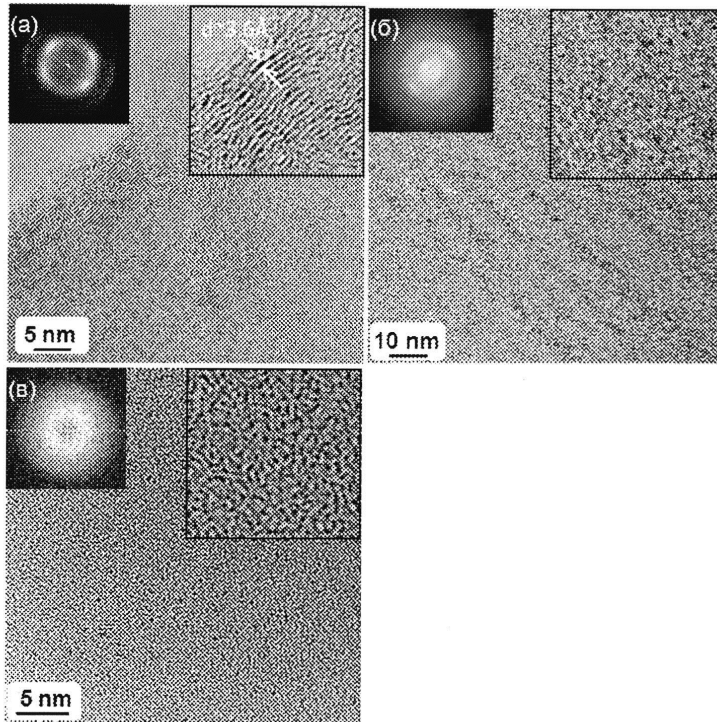


Рис. 1