

УДК 621.678.046.2

С.М. Мустафаев, А.В. Шарифова, А.А. Гулиев
 Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия
 Тел. (+994 55) 816 43 52; E-mail: seyami@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕДЬ – ГРАФИТОВОЙ КОМПОЗИЦИИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГРАФИТА

Работа посвящена вопросу синтеза композиционного материала, компоненты, которых не взаимодействуют друг с другом, в частности синтезу порошковой медь-графитовой композиции с повышенным содержанием графита. Рассмотрено влияние дисперсности компонентов на структуру композиции. Предложена композиция медь-медьграфит, где в качестве наполнителя участвует медненный графит. Удалось получить материал с неразрывной медной матрицей содержанием до 30 % графита.
Ключевые слова: синтез, дисперсность, наполнитель, композиция, медь-графит.

Введение

Целью исследований является получение мед – графитовой композиции с повышенным содержанием графита для использования в подшипниковых узлах при более высоких скоростях скольжения и высоких давлениях.

Как известно, применение сплавов на основе меди (Cu – Sn – Zn – P; Cu – Al – Fe; Cu – Pb и др.) в качестве втулок и вкладышей подшипников скольжения дает положительные результаты как с позиции снижения коэффициента трения, так и износа материалов цапфы вала, так и подшипниковых втулок. Однако, узлы с подшипниковой втулкой из компактного материала практически не могут работать без смазки. Наилучший эффект как с точки зрения снижения коэффициента трения, так и работы в условиях отсутствия смазки дает применение порошкового медь – графитового (бронза – графитового) сплава.

Содержание графита в порошковых мед-графитовых сплавах ограничивается в связи с резким снижением механических свойств материала при массовом содержании его свыше 6%.

По мнению авторов это связано с тем, что при синтезе композиции соотношение дисперсности компонентов практически не учитывается. Если для порошкового материала с активным взаимодействием компонентов это допустимо, то в композициях, компоненты которых не взаимодействуют, соотношение дисперсности компонентов играет значительную роль.

Основное содержание и результаты работы

В ячеистой структуре медь-графитовой композиции медь является компонентом, окружающим графитовые частицы и образующим после спекания матрицу, обеспечивающий механические свойства, графит же обеспечивает жесткость и триботехнические свойства материала. Зная массовое содержание компонентов в композиции можно определить объемную долю каждого из них следующим образом:

$$V_{cu} = \frac{Q_{cu} / \gamma_{cu}}{Q_{cu} / \gamma_{cu} + Q_{gp} / \gamma_{gp}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где - V_{cu} - объемная доля меди;

Q_{cu} и Q_{gp} - соответственно масса меди и графита в шихте;

γ_{cu} и γ_{gp} - соответственно плотность меди и графита.

Учитывая, что деформации компонентов при сжатии должны быть равными (иначе произойдет разрушение материала) согласно закону Гука:

$$\frac{F_{cu}}{V_{cu} E_{cu}} = \frac{F_{gp}}{V_{gp} E_{gp}}; \quad (2)$$

где F_{Cu} и $F_{Гр}$ – соответственно доля нагрузки, воспринимаемая медью и графитом;

E_{Cu} и $E_{Гр}$ – модули упругости меди и графита.

Решая уравнения (1) и (2) получим указанные на рис.1 графики изменения объемной доли компонентов и соотношение нагрузок, воспринимаемых ими ($F_{cu}/F_{Гр}$) без разрушения. Таким образом можно устанавливать предельно возможную нагрузку для материала, ограничивающуюся прочностью графита. Как видно из рисунка с повышением массовой доли графита в композиции увеличивается нагрузка, воспринимаемая графитом, одновременно резко снижается нагрузка, воспринимаемая медью. Так, при содержании в материале 50% графита 92% нагрузки должен воспринимать графит, лишь 8%- медь.

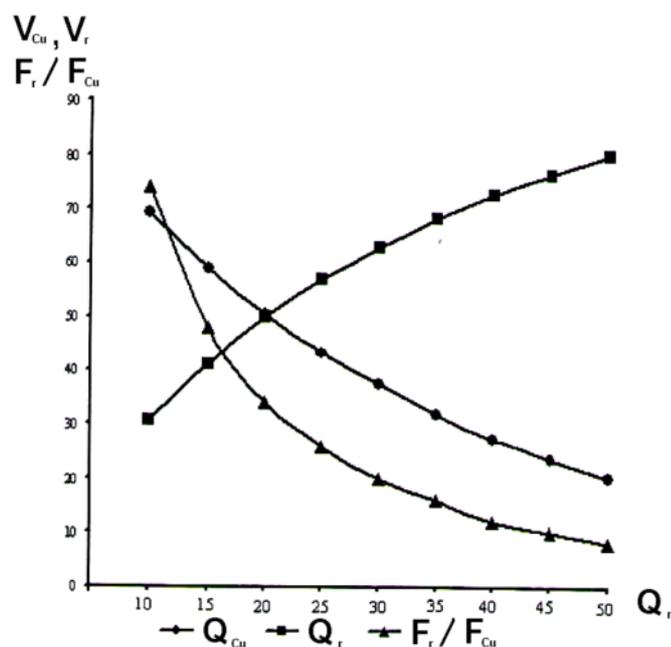


Рис. 1. График зависимости объема меди и графита (%) и воспринимаемой или \ нагрузки от содержания графита

Однако, характер снижения механических свойств с повышением содержания графита не коррелируется. Так, если предел прочности на сжатие композиции при содержании 6% графита составляет 355 МПа, при содержании 10% графита она снижается до 168 МПа. Другими словами повышение содержания графита в 1,67 раз приводит к снижению прочности в 2,11 раз. Дальнейшее же небольшое повышение содержания графита приводит к разрушению материала.

Авторами для выявления роли дисперсности компонентов разработан геометрическая модель структуры медь-графитовой композиции (рис.2). Форма

графитовых частиц условно принята кубической. Естественно для обеспечения непрерывности медной матрицы все частицы должны быть покрыты частицами меди.

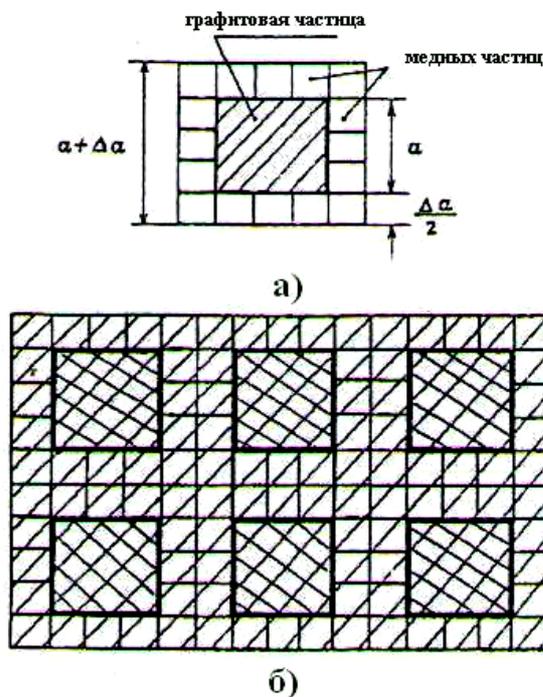


Рис. 2. Геометрическая модель медь-графитовой композиции:
 а) – отдельно взятая медь-графитовая частица;
 б) – медь-графитовая композиция

Снижение механических свойств порошковых медь-графитовых композиций с повышением содержания графита существенно связано с тем, что при этом нарушается неразрывность медной матрицы композиции из-за того, что графитовые частицы не полностью покрываются частицами меди, и это приводит к дискретности структуры. Это подтверждается схемой структуры композиции (рис.2), которая подтверждает, что для полного покрытия одной частицы графита необходимы несколько частиц меди. Таким образом, даже при одинаковой дисперсности матрицы надо затратить в несколько раз больше медных частиц с соответствующим увеличением массы меди.

Согласно предложенной модели для покрытия поверхности одной графитовой частицы с объемом $V_2=a^3$ необходима меди с объемом

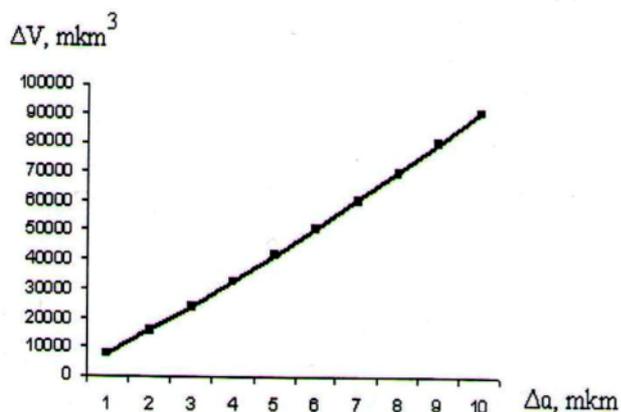


Рис. 3. Зависимость от дисперсности общего объема медных частиц, необходимого для покрытия графитовых частиц

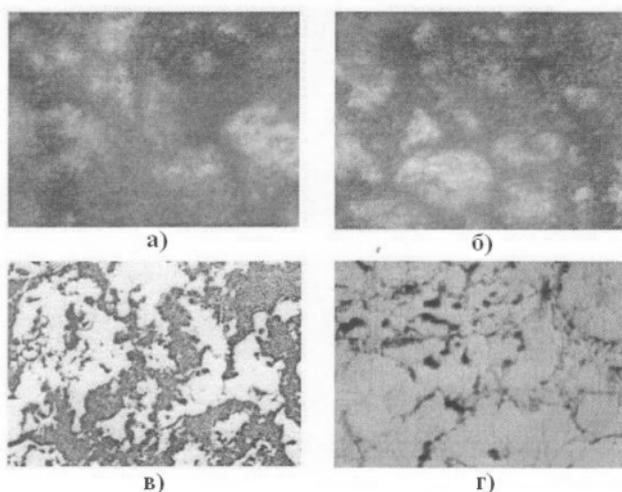
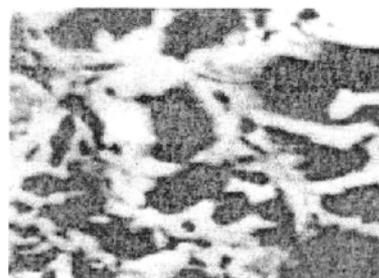


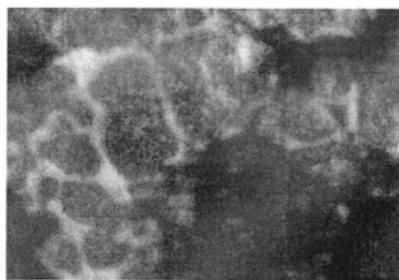
Рис. 4. Влияние дисперсности на формирование структуры медь – графитовой композиции

обеспечивающей неразрывность матрицы увеличится.

На рис. 3 показана зависимость, объема медных частиц, покрывающих частицы графита от дисперсности. Как видно из рисунка с увеличением размера частиц меди резко возрастает ее объем, и соответственно масса (размер частиц графита принят 10 мкм). Естественно с уменьшением размера графитовых частиц, соответственно общей поверхности их, требуемый объем меди увеличится.



а)



б)

Рис. 5. Микроструктура медь-медьграфитный композиции с неразрывной матрицей – Ч 400. частицы графита: а)-63 мкм; б)-200 мкм

$\Delta V_{cu} = (a + \Delta a)^3 - a^3$. Соответственно, при массе частицы графита $m_2 = \gamma_2 V_2$ или же $m_2 = \gamma_2 a_3$ для ее покрытия медю требуется $m_{cu} = \gamma_{cu}$ или же $m_{cu} = \gamma_{cu} (a + \Delta a)^3 - a^3$.

Таким образом явно видно зависимости соотношений масс компонентов от их дисперсности. На рис. 3 показана зависимость объема медных частиц в зависимости от их размера при одинаковой дисперсности графитовых частиц (10 мкм). Как видно из рис. 3 с увеличением размера частиц меди, или же с уменьшением размера графитовых частиц объем и масса меди,

полученной из шихты, приготовленной традиционным способом - механическим перемешиванием компонентов, показывает, что причиной низких механических свойств является неудовлетворительное соотношение удельных поверхностей компонентов – частиц меди и графита. К этому прибавляется так же значительная разница физических плотностей компонентов, приводящая к расслоению шихты после ее приготовления, а так же неоднородность их природы.

На рис. 4 представлена микроструктура медь – графитовой композиции, спеченной из шихты, полученной механическим перемешиванием компонентов. Размеры частиц меди всех образцов составляет 70 мкм, графитовые же частицы имели размерность 63, 100, 160 и 200 мкм. Как видно из рис. 4 с повышением размера частиц графита улучшается неразрывность медной матрицы.

Однако, даже повышением размера частиц графита не удастся повысить его массовую доля более 10-15%.

Размеры частиц графита: а) – 63 мкм; б) – 100 мкм; в) – 160 мкм; г) – 200 мкм

В связи с этим рассмотрен способ введения в шихту графита, предварительно медненного электрохимическим способом. В медненном графите массовая доля меди составляла 25-30%. При таком составе медненного графита благодаря уменьшению разницы в плотностях компонентов и однородности материала матрицы с покрытием графита механическим перемешиванием шихты удалось получить композицию медь-медьграфит содержанием до 25% графита.

На рис.5 представлена микроструктура композиции медь-медьграфит. Как видно из рис.5 обеспечена неразрывности медной матрицы.

Заключення

Таким образом, решена задача синтеза порошковых материалов, компоненты которых не взаимодействуют друг с другом. Установлена значительная роль в обеспечении неразрывной матрицы композиции дисперсности компонентов. Предложена композиция медь-медьграфит, удовлетворяющая решению задачи повышения массовой доли графита материала.

Список литературы:

1. Технология получения медь-медьграфитового порошка электрохимическим методом / [С.М. Мустафаев, А.А. Гулиев и др.] // Известия технических вузов Азербайджана. – 2002. – № 4(20). – С. 27-33.
2. Мустафаев С.М. Разработка геометрической модели порошковой композиции, компоненты которой не взаимодействуют друг с другом. / С.М. Мустафаев, А.В. Шарифова / Министерство Образования Азербайджанской Республика // Механика – машиностроение. – 2008. - №4. - С. 48-50.
3. Шарифова А.В. Дисперсность компонентов в медь-медьграфитовом композиционном материале / А.В. Шарифова / АзТУ // Ученые записки. – 2010. - №1. - С. 59-61.
4. John Cuppoletti. Metal Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses / John Cuppoletti. - INTECHWEB.ORG. InTech., 2011. - 698 p.
5. Brahim Attaf. Advances in Composite Materials - Ecodesign and Analysis / Brahim Attaf. - INTECHWEB.ORG. InTech., 2011. - 654 p.

Надійшла до редакції 05.12.2012.

С.М. Мустафаєв, А.В. Шаріфова, А.А. Гулієв ДОСЛІДЖЕННЯ ПО РОЗРОБЦІ МІДЬ – ГРАФІТОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ГРАФІТУ

Робота присвячена питанню синтезу композиційного матеріалу, компоненти яких не взаємодіють один з одним, зокрема синтезу порошкової мідь-графітової композиції з підвищеним вмістом графіту. Розглянуто вплив дисперсності компонентів на структуру композиції. Запропонована композиція мідь-мідьграфіт, де в якості наповнювача бере участь міднений графіт. Вдалося отримати матеріал з нерозривною мідною матрицею вмістом до 30% графіту.

Ключові слова: синтез, дисперсність, наповнювач, композиція, мідь-графіт.

S.M.Mustafaiev, A.V.Sharifova, A.A.Quliev STUDIES ON THE DEVELOPMENT OF COPPER - GRAPHITE COMPOSITIONS WITH HIGH CONTENT OF GRAPHITE

The work is devoted to the synthesis of composite material components which do not interact with each other, in particular the synthesis of powdered copper - graphite compositions with high content of graphite. Examined the effect of dispersion on the structure of the components of the composition. We proposed composition of the copper-coppergraphite, where the filler is involved in copper plating graphite. It was possible to obtain a material with intrinsic copper matrix containing up to 30% graphite.

Key words: synthesis, dispersity, filler, composition, copper-graphite.