Трение спеченных композитов на медной основе

М.И. Алеутдинова, В.В. Фадин, С.А. Беляев

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, 634021, Россия

Определены интенсивность изнашивания и коэффициент трения матрично-наполненных композитов на основе меди, содержащих твердые частицы наполнителя. В качестве наполнителей для модельных материалов выбраны гранулы износостойкого аустенитного чугуна и серого чугуна, частицы порошковой стали 110Г13Л и порошкового железа ПЖ3. Показана перспективность применения частиц 110Г13Л и аустенитного чугуна в присутствии графита при создании триботехнических материалов.

Friction of sintered Cu-based composite

M.I. Aleutdinova, V.V. Fadin, and S.A. Belyaev

Wear intensity and friction coefficient of the copper matrix filled composites containing precipitate particles of the filler are defined. Granules of wear-resistant austenitic cast iron and grey iron, particles of powder casting steel 110Mg13 and particles of powder iron PZh3 are used as filler materials. It has shown that composites containing particles of casting steel 110Mg13 or austenitic cast iron with graphite are promising as tribotechnical materials.

1. Введение

Увеличение срока службы узлов трения и повышение их эксплуатационных характеристик во многом зависят от выбора пары трения, геометрии трибосопряжения, первичной структуры триботехнических материалов и других параметров. Поэтому поиск новых материалов и испытание их в различных условиях трения является актуальной задачей. В настоящее время широко применяются матрично-наполненные композиты на бронзовой основе, где наполнителями служат частицы стеллита, релита, NiMn [1, 2]. Конструирование и изучение свойств аналогичных материалов с функционально различными структурными составляющими представляет научный и практический интерес.

2. Материалы и методы эксперимента

В настоящей работе рассмотрено влияние нагрузки на интенсивность изнашивания, коэффициент трения матрично-наполненных композитов на медной основе. В качестве твердых наполнителей для модельных материалов выбраны гранулы аустенитного чугуна (АЧ, состав: 12 % Cr, 6 % Mn, 10 % Ni, 1.5 % Si, 2.5 % C, Fe — ост.) и серого (СЧ10) чугуна с размерами гранул 0.25–0.5 мм, частицы порошковой стали 110Г13Л и частицы порошкового железа ПЖ3. Гранулирование чугунов проводили в щековой дробилке. Медная матрица получена из порошка меди ПМС-1. Образцы изготовлены однократным прессованием при давлении 550 МПа и спеканием в вакууме при температуре 1050 °C в течение двух часов. Триботехнические испытания проводили по схеме «вал – колодка» со скоростью скольжения 5 м/с. Контртелом служила закаленная сталь 45ХН (52 HRC).

3. Результаты эксперимента и обсуждение

Из рис. 1 видно, что интенсивность изнашивания материалов Cu–20 об. % СЧ10 и Cu–20 об. % Fe резко возрастает при увеличении давления на образец. Это связано с сильным адгезионным взаимодействием, на что указывает высокий коэффициент трения. Кроме того, невысокая твердость этих композиций (табл. 1) свидетельствует о невысоких механических свойствах этих материалов вообще. Вполне вероятно, что сильное адгезионное взаимодействие в сочетании с небольшой сдви-

© Алеутдинова М.И., Фадин В.В., Беляев С.А., 2004

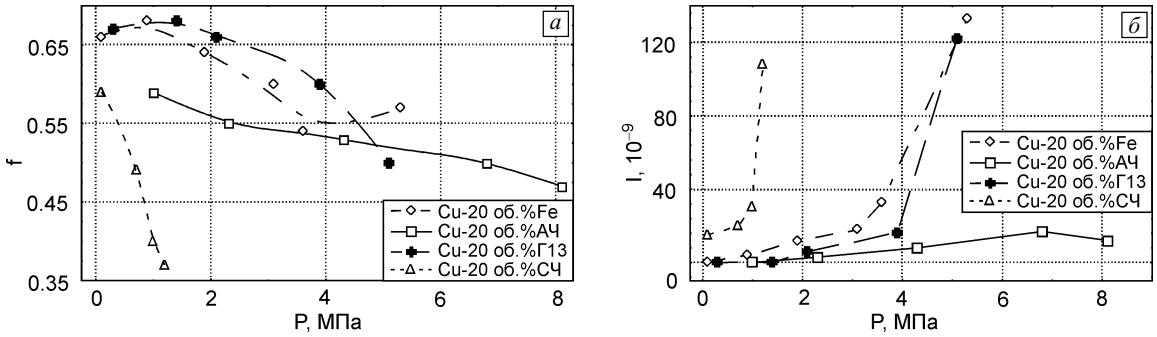


Рис. 1. Влияние давления на коэффициент трения (*а*) и интенсивность изнашивания (*б*) безграфитовых материалов на медной основе

говой прочностью может приводить к переходу внешнего трения во внутреннее и, как следствие, к большой интенсивности изнашивания.

Высокая износостойкость достигается при отсутствии изменений поверхности трения материала. В композите Cu–20 об. % АЧ частицы аустенитного чугуна образуют опорные площадки, на которых сосредотачивается вся нагрузка. При этом матрица почти не взаимодействует с контртелом, в противном случае резко возросла бы сила трения. Аустенитный чугун имеет твердость 50 HRC и достаточно высокую жаропрочность, а потому может обеспечить высокую износостойкость композита. После дробления форма частиц имеет острые углы, которые механически жестко контактируют с контртелом. На это указывают высокий коэффициент трения и визуальный осмотр поверхностей трения образцов и контртела. Хорошо видны следы оттеснения и пропахивания поверхности трения стали 45 частицами аустенитного чугуна. При этом наблюдается сильный разогрев контактирующих тел.

Высокая износостойкость достигается также за счет возникновения на поверхности трения вторичных структур, способных к многократной деформации и хорошо связанных с поверхностью трения. Не исключено, что такие вторичные структуры образуются на поверхности марганцовистых аустенитных сталей [3]. В расчете на этот эффект была испытана композиция Cu–20 об. % Г13. На поверхности трения контртела не наблюдаются следы адгезионного изнашивания и механического износа. Частицы стали Г13, как и частицы аустенитного чугуна, являются опорными элементами композита. Однако размеры частиц стали Г13 заметно меньше размеров частиц аустенитного чугуна, поэтому меньше их опорная способность и медная матрица активно участвует в процессе трения и изнашивания. Это обусловливает высокий коэффициент трения композиции в целом. Постоянство коэффициента трения в области до 2 МПа (рис. 1) можно объяснить структурной стабильностью контактирующих поверхностей, а его дальнейшее уменьшение связано, вероятно, с появлением вторичных структур, неустойчивых при триботехнических нагрузках свыше 2 МПа, или локальным разогревом на пятнах фактического контакта и соответствующим уменьшением твердости.

Таблица 1

Твердость и пористость исследуемых композиций

Состав*	1	2	3	4	5	6	7
HV, МПа	69	55	85	91	67	75	64
Пористость, %	15	22	19	11	25	11	15

* Примечание: состав 1 — композит Cu – 20 об. % СЧ; 2 — Cu – 20 об. % Fe; 3 — Cu – 20 об. % АЧ; 4 — Cu – 20 об. % Г13; 5 — Cu – 10 об. % Гр – 10 об. % АЧ; 6 — Cu – 10 об. % Гр – 10 об. % Г13; 7 — Cu – 10 об. % – Гр 10 об. % Fe

Необходимо отметить, что трение материалов Cu – 20 об. % СЧ, Cu–20 об. % Fe сопровождается появлением оксидов меди на поверхностях трения, а в случае с композицией Cu – 20 об. % АЧ наблюдаются также цвета побежалости на образце. Это указывает на высокую температуру в зоне трения композитов с этими наполнителями. В отличие от них материал Cu–20 об. % Г13 имеет безокисную поверхность трения и слабо нагревается при трении. Возможно, что теплопроводность последнего материала выше, чем у остальных.

Введение графита (Гр) в материалы уменьшает коэффициент трения, облегчает формирование защитных вторичных структур и, как правило, вызывает увеличение износостойкости, задиростойкости и других характеристик. Применение серого чугуна в качестве антифрикционного наполнителя представляется бесперспективным (рис. 1), поэтому в дальнейшем композиции с серым чугуном не рассмотрены. Из рис. 2 видно, что введение графита вызывает уменьшение коэффициента трения, но одновременно уменьшается износостойкость (особенно у композита с железом). Частицы графита можно рассматривать как поры, ослабляющие механические свойства, и, кроме того, уменьшается количество опорных твердых частиц в зоне трения. Однако в присутствии графита частицы стали Г13 и аустенитного чугуна не разрушают поверхность трения, а резкое увеличение интенсивности изнашивания начинается при тех же режимах трения, что для безграфитовых мате-

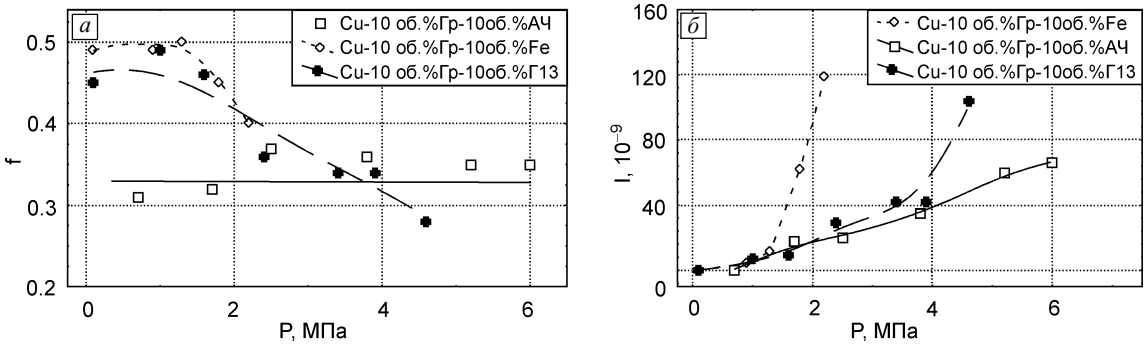


Рис. 2. Влияние давления на коэффициент трения (*а*) и интенсивность изнашивания (*б*) материалов на медной основе с содержанием графита

риалов. Таким образом, вводить графит необходимо вместо матрицы. Не исключено, что для получения износостойкой антифрикционной композиции необходимо увеличить содержание графита и наполнителя, а также, увеличить температуру спекания для уменьшения пористости и увеличения механических свойств.

4. Выводы

В заключение можно отметить, что сталь Г13 и аустенитный чугун, предложенные в качестве износостойких наполнителей, заметно превосходят материалы с наполнителем из железа и серого чугуна и могут применяться при изготовлении подшипников на медной основе для эксплуатации в условиях сухого трения скольжения.

Литература

1. *Заболотный Л.В., Климанов А.С.* Проблемы трения и изнашивания. – 1981. – Вып. 19. – С. 20–26.
2. *Федорченко И.М.* Современные представления о механизме трения и износа и основные тенденции в развитии композиционных материалов триботехнического назначения // Порошковая металлургия. – 1979. – № 4. – С. 53–66.
3. *Студенок Е.С., Филлипов М.А., Веселов И.Н.* Износостойкость нестабильных марганцево-кремнистых аустенитных сталей при трении скольжения // Трение и износ. – 1983. – Т. 4. – № 4. – С. 704–710.