

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТИФРИКЦИОННЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БРОНЗ И БАББИТОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Наиболее близкими материалами, отвечающими в большей мере антифрикционным требованиям, являются пористые материалы из сплавов на медной основе. Благодаря пористости, подшипниковый материал поглощает смазку, которая при трении автоматически выступает из пор на поверхность трения. Это свойство «самосмазываемости» способствует вначале образованию у выхода пор микроклиньев с последующим образованием толстых граничных слоев. При работе узла трения с пористым антифрикционным материалом и систематической подаче масла в зазор при определенной относительной скорости скольжения и в зависимости от давления в месте контакта возможно возникновение гидродинамического давления.

Напыление антифрикционных материалов на основе меди обеспечивает повышение работоспособности пары трения за счет улучшения антифрикционных характеристик.

При плазменном напылении покрытия существенное значение имеет расход наносимого материала. Он определяет как производительность процесса напыления, так и свойства нанесенного покрытия. При нанесении алюминиевой бронзы наблюдается практически линейное снижение прочности сцепления покрытия с основой и повышение пористости с увеличением расхода порошка из-за снижения удельных затрат на нагрев частиц порошка.

Однако такой характер изменения свойств может быть использован только для общего анализа. В действительности, картина взаимодействия плазменной струи, нагретых и ускоренных в ней частиц порошка и поверхности напыляемой детали, более сложная и неоднозначная. Детальные исследования влияния расхода порошка на свойства покрытий, как показано на рис. 1, позволили установить возрастание прочности сцепления при повышении расхода порошка до определенного значения (7–8 кг/ч). При дальнейшем повышении расхода общая тенденция к снижению прочности сцепления покрытия с основой сохраняется.

Характерной особенностью является замедление возрастания пористости с увеличением расхода порошка на том же участке, где наблюдается максимум прочности сцепления, и резкое увеличение пористости и снижение прочности сцепления при относительно незначительном повышении расхода порошка.

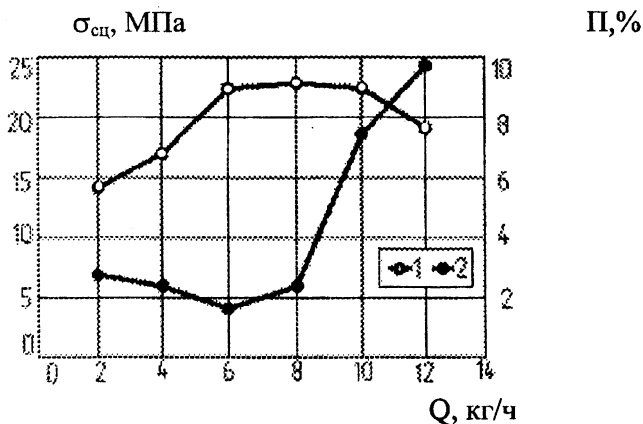


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления на отрыв порошка БрА7Н6Ф от основы (1) и пористости (2) от величины расхода порошка

Процесс локального повышения прочности сцепления может быть объяснен следующим образом. С увеличением расхода порошка, при неизменной тепловой мощности плазменной струи, температура напыляемых частиц снижается, а их концентрация в потоке увеличивается. При нанесении покрытия частицы могут попадать на свободные участки поверхности, нагретые уже напыленными частицами. Это наиболее вероятно при повышении концентрации частиц в потоке. Начиная с некоторого значения (6–7 кг/ч) расхода порошка, фактор увеличения концентрации оказывает большое влияние на прочность сцепления покрытия, чем фактор снижения температуры напыляемых частиц. В силу этого наблюдается локальное повышение температуры поверхности основы при образовании первого слоя покрытия, что приводит к увеличению прочности сцепления. Однако дальнейшее увеличение концентрации частиц в потоке приводит к снижению температуры частиц и, собственно, к уменьшению прочности сцепления.

В результате многочисленных опытов было установлено, что оптимальный расход порошка БрА7Н6Ф может достигать до 7,0 кг/ч при коэффициенте использования материала 83–86 %.

Известно, что дистанция напыления является фактором, сильно влияющим на качество покрытия. В связи с этим была проведена серия экспериментов для определения оптимальной дистанции напыления.

При проведении экспериментов установлена зависимость прочности сцепления от дистанции напыления (рис. 2), из которой видно, что с увеличением дистанции напыления прочность сцепления покрытия с основой сначала возрастает (до 100–110 мм), а затем начинает уменьшаться.

При увеличении дистанции напыления тепловое воздействие плазменной струи и частиц порошка на поверхность образцов уменьшается, частицы охлаждаются, это приводит к снижению прочности соединения покрытия с основой. Характер зависимостей объясняется длительностью процесса разогрева порошка до максимальной температуры.

Анализ характера отслаивания покрытий от основы в процессе испытаний на отрыв показывает, что разрушение соединения покрытия алюминиевой бронзы происходит частично по покрытию и границе раздела с основой. Минимальные значения пористости (5–6%) соответствуют дистанциям напыления (см. рис. 2), на которых достигается максимальная прочность сцепления покрытия с основой (24–26 МПа).

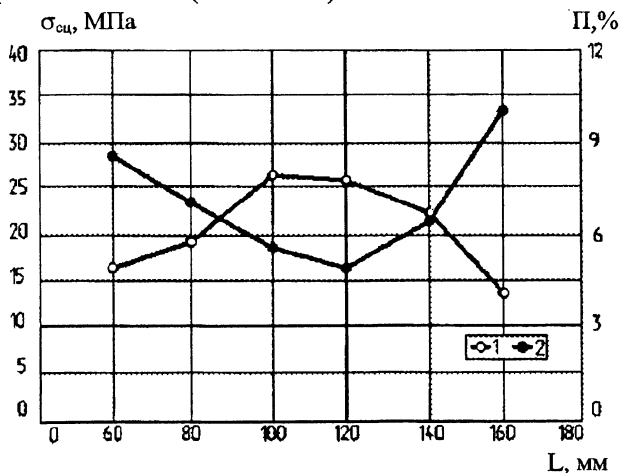


Рис. 2. Зависимость прочности сцепления покрытия порошка БрА7Н6Ф с основой от дистанции напыления (1), пористости покрытия от дистанции напыления (2)

Для бронзовых покрытий эта дистанция находится в пределах 100–130 мм. Минимальная пористость при этом составляет 5–6%.

Исследования структуры покрытий и поверхности разрушения при испытании на отрыв позволяют сделать выводы о том, что низкая прочность сцепления покрытий с основной алюминиевой бронзы наблюдается при дистанции менее 60 мм и обусловлена высокой пористостью слоя вблизи основы.

Авторами работы [1] приведен график характеристик трения скольжения бронзы БрАМц 9-2 по стали 40Х в зависимости от скорости вращения (рис. 3), из которого видно, что коэффициент трения и износ покрытия из бронзы ниже, чем такого же компактного материала.

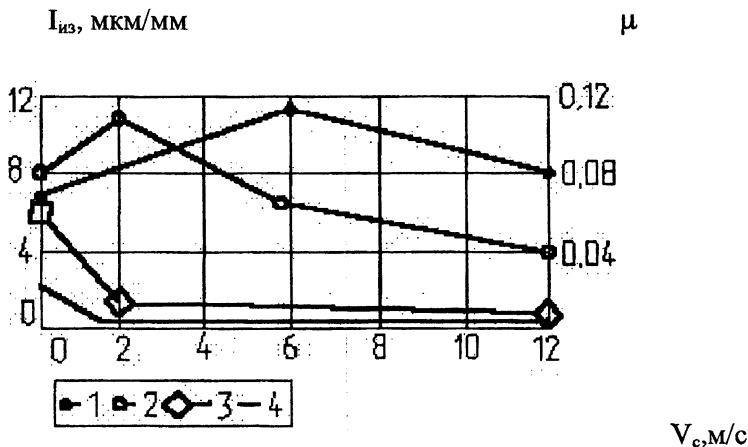


Рис. 3. Характеристика трения скольжения бронзы БрАМц 9-2 по стали 40Х: 1,2 — коэффициент трения покрытия и компактного образца соответственно; 3,4 — износ компактного образца и покрытия соответственно (трение со смазкой, $P=5\text{МПа}$)

Перспективно использование антифрикционного покрытия, состоящего из нижнего демпфирующего слоя и верхнего слоя, характеризующегося регламентированной пористостью, пониженным коэффициентом трения и сжимающимися остаточными напряжениями на поверхности.

Так, авторами [2] с целью повышения прочности и долговечности подшипников скольжения при высоких нагрузках и температуре, был предложен способ изготовления вкладыша подшипника скольжения. Вкладыш содержит три концентрических слоя материалов, из которых наружный слой служит основой, внутренний — антифрикционным и промежуточный — подслоем для антифрикционного слоя. Подслой, выполненный из сплава, включающего оло-

но, медь и алюминий, соединяют с основной методом плазменного напыления, а в состав антифрикционного слоя вводят дисульфид молибдена.

В качестве основного компонента антифрикционного слоя используют металлический сплав — баббит. Баббит смешивают с дисульфидом молибдена при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Дисульфид молибдена	3–10
Баббит	Остальное,

а полученную смесь порошков наносят на подслои также методом плазменного напыления. Выполнение основного компонента антифрикционного слоя из металлического сплава с нанесением его в смеси с дисульфидом молибдена на подслои методом плазменного напыления значительно увеличивает прочностные свойства подшипника скольжения в условиях высоких температур.

Плазменное напыление наиболее ответственного антифрикционного слоя производят в среде аргона, в отличие от обычно применяемого напыления в смеси аргона с водородом с тем, чтобы обеспечить наиболее щадящий режим химического воздействия на дисульфид молибдена.

Полученные образцы вкладышей были испытаны в условиях сухого трения и в присутствии смазки на машинах СМТ–1.

Испытания проводили при нагрузке 200Н, скорости вращения 500 об/мин и площади контакта 1 см². В процессе испытаний определяли момент трения, температуру и износ неподвижного образца. При испытаниях в присутствии смазки неподвижные образцы были выдержаны в масле в течение 20ч при комнатной температуре без добавления его в процессе испытаний. Во всех испытаниях в качестве контртела использовали ролики из материала марки Р2М ТУ 108-1029-81.

В результате испытаний было определено, следующее:

- температура при сухом трении не превышала 130°С;
- температура при граничном трении не превышала 88°С;
- износ при сухом трении был в пределах 0,25–0,70 мм;
- износ при граничном трении был в пределах 0,05–0,10 мм;
- момент трения при сухом трении не превышал 1000 Н·м;
- момент трения при граничном трении не превышал 800 Н·м.

Нанесение антифрикционных газотермических покрытий на поверхности пар скольжения позволяет не только экономить цветные металлы (бронзу, баббиты), уменьшив их расход в 5–10 раз, но и повысить несущую способность подшипников. Износ напыленного слоя оловянистой бронзы в 4–5 раза ниже, чем литой.

Таким образом, можно рекомендовать для узлов трения, работающих при давлениях до 50 МПа и скоростях скольжения до 12 м/с, использовать

покрытия из оловянистых и алюминиевых бронз. Для узлов трения, работающих при более высоких нагрузках и скоростях скольжения, можно рекомендовать покрытия из баббитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волосенков В.Н., Куприянов И.Л. Порошки для газотермических покрытий: Состав. Свойства. – Мн.: Машиностроение, 1987. – 275 с. 2. Вилянская Г.Д., Первушина Н.М. и др. Патент РФ 2064615 С1.

УДК 621.793.7

Н.В.Спиридонов

Триботехнические характеристики Ni-Cr-B-C — плазменных покрытий после различных методов оплавления

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Известно, что износостойкость, как физико-механическая характеристика покрытий, является структурно-чувствительной [1,2]. Фазовый и химический состав материала покрытия, структурное состояние, параметры субмикроструктуры, а также свойства, взаимное расположение, количественное соотношение и характер связи отдельных составляющих структуры являются наиболее существенными факторами, определяющими сопротивление металлических сплавов изнашиванию. Для различных условий воздействия изнашивающих нагрузок оптимальная износостойкость создается при различных, но характерных для каждого конкретного случая структурных состояний материала.

Проведенные исследования микроструктуры, фазового состава, параметров субмикроструктуры газотермических покрытий из самофлюсующихся сплавов после лазерного оплавления позволили выявить существенные отличия их от покрытий, оплавленных с использованием объемного, в частности, газопламенного нагрева. При этом структуру покрытий можно целенаправленно формировать путем изменения режимов обработки. Установлено, что структура покрытий после лазерного оплавления на оптимальных режимах характеризуется пересыщенным состоянием твердого раствора, измельчением структурных составляю-