

05;11;12

Реализация эффекта безыносного трения в сплавах алюминий–олово, алюминий–свинец

© Т.А. Шахназаров, Ю.А. Тахтарова

Институт физики Даг. НЦ РАН, Махачкала
E-mail: kamilov@datacom.ru

Поступило в Редакцию 24 мая 2001 г.

В окончательной редакции 16 августа 2001 г.

Исследованы условия стабильного проявления эффекта безыносного трения в антифрикционных сплавах алюминий–олово, алюминий–свинец. Оценены особенности реализации эффекта в рассматриваемых сплавах, а также перспективы его практического осуществления.

Явление безыносности при трении служит примером формирования диссипативных структур в условиях термомеханического воздействия, когда в поверхностном слое материала резко снижаются сдвиговые напряжения и реализуется процесс деформации без накопления дефектов. Хорошо изучено проявление эффекта безыносного трения для случая избирательного переноса, который имеет место в специфических смазочных средах и обеспечивает формирование на поверхности трения сервоитной медной пленки. Детально исследованы случаи безыносного трения в самых различных смазочных средах для пар трения сталь — медный сплав, когда не наблюдается образования сервоитной медной пленки [1]. В работе [2] показано, что при эффекте безыносного трения устойчивый диссипативный процесс, обеспечивающий расходование основной части внешних сил на пластическую деформацию поверхностных слоев металла, создается за счет кинетического фазового перехода в более упорядоченный режим деформации твердого тела. В этой работе отмечена возможность проявления эффекта безыносного трения в антифрикционных сплавах алюминий–олово, алюминий–свинец, которые ранее не рассматривались как объекты для явления безыносности.

Процесс деформации поверхностного слоя реализуется через дислокационно-вакансионный механизм [3], который обеспечивает интенсивное взаимодействие и дробление дислокаций с образованием большого количества вакансий, непрерывно исчезающих с поверхностного слоя. Устойчивость проявления эффекта безызносного трения обеспечивается стабильностью функционирования дислокационно-вакансионного механизма деформирования поверхностного слоя. Сплавы алюминий–олово, алюминий–свинец склонны к образованию окисной пленки на поверхности трения [4], что затрудняет выход на поверхность непрерывно образующихся вакансий и тормозит реализацию дислокационно-вакансионного механизма и эффекта безызносного трения.

В представленной работе исследованы условия стабильного проявления эффекта безызносного трения. В сплавах алюминий–олово, алюминий–свинец оценены особенности реализации эффекта в рассматриваемых сплавах, а также перспективы его практического осуществления.

Эксперименты проводились в воздушной и инертной атмосфере в режиме граничной смазки на машине трения марки СМЦ-2. Сплав А020-1 выплавлялся по традиционной технологии, сплав алюминий–свинец (20% Pb и 1% Cu веса) — методом химического диспергирования [5]. В качестве инертного газа использовались аргон и азот. Испытаниям подвергались образцы сплавов массой 10 g. Интенсивность изнашивания оценивалась по весу образцов до и после испытаний. Предварительно образцы подвергались притирке в условиях, аналогичных основному эксперименту. Качество притирки оценивалось по стабилизации момента трения. Продолжительность притирки в воздушной атмосфере 1 h, а для работы в инертной среде 3 h. Продолжительность основных испытаний первоначально была 6 h и более, затем ее снизили до 2 h для каждого из режимов нагрузки. Диапазон нагрузок для испытаний выбран с учетом работы сплавов в двигателях внутреннего сгорания.

Результаты экспериментов представлены на рис. 1 и 2. Как видно из них, в инертной среде интенсивность изнашивания сплавов алюминий–олово (рис. 1), алюминий–свинец (рис. 2) снижается на порядок в широком диапазоне нагрузок. Это, а также возросшая продолжительность притирки в условиях инертной среды указывают на то, что в рассматриваемом случае происходит удаление окисной пленки и обеспечивается беспрепятственный выход вакансий из объема поверхностного слоя при

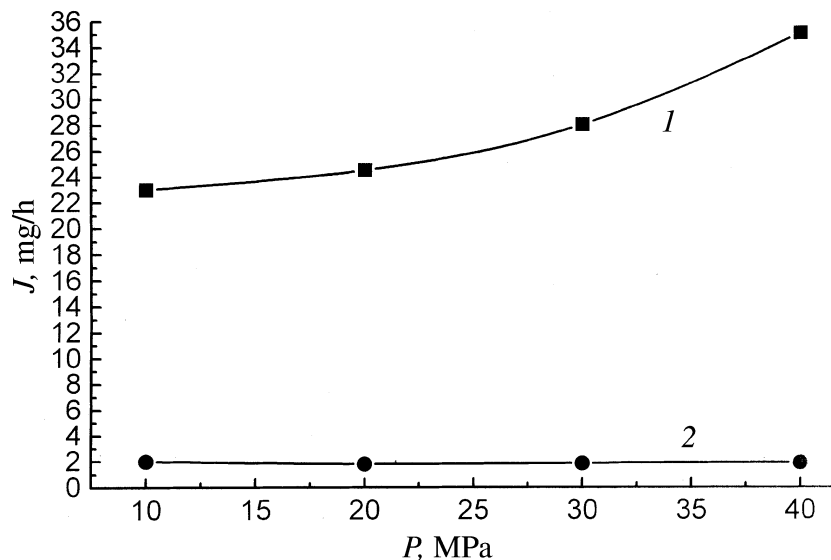


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания от удельной нагрузки для сплава Al-20% Sn: 1 — в атмосфере воздуха, 2 — в инертной атмосфере.

трении с обеспечением его деформации без накопления дефектов. Таким образом, резкое снижение интенсивности изнашивания и стабильное поддержание низкого уровня износа (линейная интенсивность износа [6] составила 10^{-10}) в широком диапазоне нагрузок свидетельствуют о проявлении эффекта безызносного трения.

В работе [1] высокая способность поверхностных слоев медных сплавов деформироваться без разрушения с обеспечением условий безызносного трения объясняется наличием пористой структуры, обеспечивающей большое число степеней свободы для изгибных и поворотных мод деформации. Образование пористости при этом связывается со спецификой смазочной среды. В случае гетерофазных сплавов алюминий–олово, алюминий–свинец в отличие от медных антифрикционных сплавов при трении формируется поверхностный слой только из "мягкой" структурной составляющей (олово, свинец). Пластичные кристаллы олова и

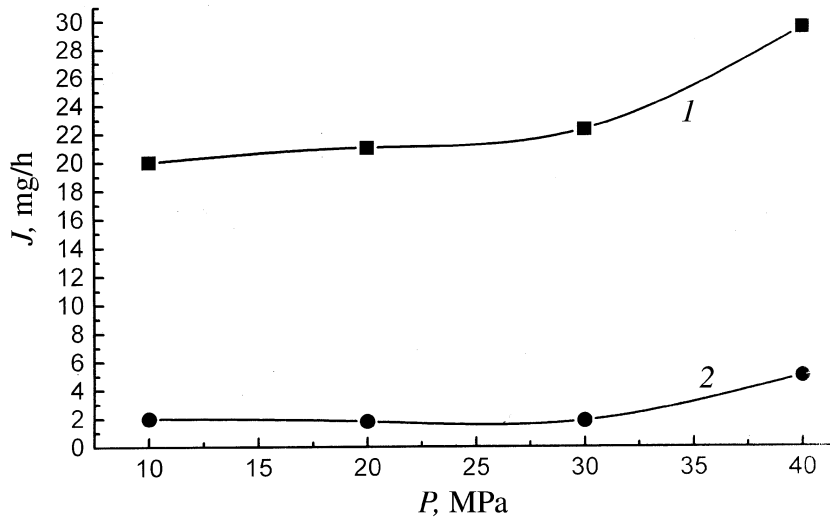


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания от удельной нагрузки для сплава Al-20% Pb: 1 — в атмосфере воздуха, 2 — в инертной атмосфере.

свинца, как свидетельствуют результаты электронно-микроскопических исследований [4], составляют основу поверхностного слоя при трении.

В работе [7] на микроскопическом уровне с использованием квантово-статистической модели деформируемого твердого тела произведена оценка структурной устойчивости кристаллов, нагружаемых по схеме "давление плюс сдвиг". В соответствии с этой моделью при достижении определенной величины внешнего воздействия кристаллическая решетка теряет устойчивость, происходит переход в когерентное сильно неравновесное состояние. По характеру такого перехода материалы делятся на хрупкие и пластичные. В пластичных материалах рассматриваемый переход сопровождается формированием диссипативной структуры, характеризуемой гидродинамическим режимом пластической деформации. Такой процесс является переходом в более упорядоченное состояние с понижением энтропии. Мера "хрупкости-пластичности" в работе [7] оценивается параметром R , пороговое значение которого составляет 1.0. Для свинца $R = 0.650$. Так что свинец, а по аналогии с ним

и олово, должны переходить в гидродинамический режим пластической деформации и тем самым обеспечивать стабильность деформационного процесса в поверхностном слое при эффекте безыносного трения.

Наблюдаемое резкое снижение интенсивности изнашивания (рис. 1 и 2) характерно как для атмосферы аргона, так и для атмосферы азота. В завершение данной работы было опробовано создание атмосферы азота в испытательной камере с помощью селективных мембран. Результаты показали, что такой подход прост, надежен и является перспективным для реализации эффекта безыносного трения в двигателях внутреннего сгорания.

Список литературы

- [1] Булатов В.П., Кириенко О.Ф. // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1991. № 2. С. 56–61.
- [2] Шахназаров Т.А., Атаев Г.М., Тахтарова Ю.А. // Материалы международной конференции. Махачкала, 2000. С. 166–167.
- [3] Поляков А.А. // Вестник машиностроения. 1992. № 6–7. С. 17–20.
- [4] Маркова Т.Ф., Муктепавел Ф.О. // Изв. АН. Латв. ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1982. № 4. С. 65–70.
- [5] Шахназаров Т.А., Шихамиров С.С. // Изв. РАН. Металлы. 1995. № 2. С. 23–30.
- [6] Трение, изнашивание и смазка: Справочник. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1978. 400 с.
- [7] Лазарев В.Б., Баланкин А.С., Изотов А.Д. и др. // Структурная устойчивость и динамическая прочность неорганических материалов. М.: Наука, 1993. 175 с.