

ляют собой случайные величины. Однако достаточно содержательной является модель с детерминированными длительностями θ_+ и θ_- , когда вероятностным образом определяется только переход $z_0 \rightarrow z_+$.

Рассмотренные графы состояний возбудимой клетки-автомата, в совокупности описывают поведение клеточного автомата технологической среды при последовательности воздействий в интенсивных физических полях на операциях обработки потоками энергии и при аддитивном синтезе.

Таким образом, для понимания функциональной организации технологических сред моделируемых дискретными точечными тканями требуется определить необходимые и достаточные условия невырожденного распространения, инициированного начальным возбуждением точек, со своей конфигурацией связей, с последующим определением топологии траектории фронта волны возбуждения, при тех же начальных условиях. Начальные условия при высокоинтенсивной обработке в процессах послойного синтеза определяются источниками энергии, подачей материала, их мощностью, расходом и распределением в пространстве и во времени.

В рассматриваемой континуальной модели точечной ткани, каждая точка-клетка не отличается по свойствам от клеток дискретной модели и может находиться в одном из трех состояний: покоя, возбуждения и рефрактивности. В результате волны возбуждения ткани могут быть описаны с применением классических волновых принципов распространения интенсивных воздействий в технологической среде, что позволяет эффективно моделировать изменение и передачу состояния, структур и свойств материала.

Такой подход дает возможность, с позиций теории распределенных систем, представить технологический барьер, как границу распространения в материале воздействий высокоинтенсивными физическими полями, в результате вырождения распространения фронта волны возбуждения. Для определения фронта волны требуется знать необходимые и достаточные условия невырожденного распространения и топологию связей фронта волны возбуждения.

УДК 536.12:621.891

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

О.П. Штемпель, В.И. Сороговец, В.А. Фруцкий
Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Рассмотрены материалы из диффузионно-легированной стружки чугуна, обоснован подход к анализу антифрикционных свойств материалов, при котором оценивается износ трибосопряжения, выявлены структуры покрытий, обладающих максимальной стойкостью к изнашиванию.

При ремонте автомобилей одной из сложных деталей считался узел коленчатого вала двигателя (ДВС). Наибольшему износу подвержены коленные и шатунные шейки вала. Для белорусской промышленности, не имеющей собственной сырьевой базы, видится оптимальным экономия ресурсов путем уменьшения расхода дорогостоящих материалов, восстановление деталей без ухудшения технико-эксплуатационных показателей.

Вопросам получения достаточно дешевого материала с заданными физико-эксплуатационными свойствами уделялось достаточное внимание различными авторами [1, 2]. Однако с нашей точки зрения, был недостаточно освещен вопрос методов получения покрытий из этих материалов.

Существует множество методов нанесения порошковых материалов [3]. И их количество увеличивается с каждым годом. Видится целесообразным для каждого материала, работающего при конкретных нагрузках в реальных условиях, подбирать метод нанесения таким образом, чтобы полученное покрытие по своим эксплуатационным характеристикам не уступало новому изделию.

Для восстановления коленчатого вала ДВС, и сходных узлов, работающих в условиях абразивного изнашивания, рекомендуется применять высокотвердые карбидо- либо вольфрамосодержащие материалы [4]. Материалы этой серии отличаются высокой твердостью даже матричной составляющей и высокой стоимостью, что неизбежно приводит к удорожанию ремонта в целом. И налагает определенные ограничения на выбор метода нанесения покрытий из этих материалов. Методика выбора и изготовления композиционного материала, обладающего аналогичными свойствами и способного заменить существующий, широко описаны в работах [5]. В данном случае за основу выбрали стружечные отходы из белого либо серого чугунов с насыщением легирующими элементами [6].

При рассмотрении способов нанесения были сразу отвергнуты способы, связанные с газопламенной обработкой, обладающие низкой погонной энергией, недостаточной для адсорбирования порошка. Высокотехнологичные методы после анализа были также отвергнуты, вследствие высокой стоимости оборудования, а следовательно увеличения стоимости ремонта в целом.

При рассмотрении универсальных методов нанесения материала, нельзя обойти вниманием плазменные методы напыления и наплавки, в последнее время незаслуженно забытые.

Высокая температура рабочей зоны и погонной энергии делают возможным применение данного метода для получения покрытий, способных заменить высокотвердые материалы.

При анализе эксплуатационных характеристик [7], было выявлено, что температура является одним из важнейших параметров трибологических процессов. Поэтому сравнение работоспособности полученных и исходных материалов проводили по этому параметру.

Экспериментальная установка по определению коэффициента температуропроводности содержала следующие функциональные единицы: контролируемый источник тепла; испытуемый модельный образец; контрольное оборудование, регистрирующее перепады температур; систему защиты от потерь тепла.

Для оценки адекватности был выбран метод, относящийся к классу так называемых инверсных задач.

Для реализации метода выберем малый интервал времени (например, $h=1$ с или 0,5 с). Обозначим через $t_m=m \cdot h$ ($m=0,1,2,\dots$) дискретные моменты времени, в которые фиксируется температура тела. В качестве тела выберем тонкий стержень длиной l . Один из концов стержня ($x=0$) поддерживается при температуре $f(t)$, изменяющейся во времени. Второй конец ($x=l$) и боковая поверхность теплоизолированы. Через $T(x, t)$ обозначим выражение температуры стержня, полученное в результате решения соответствующей начально-краевой задачи для одномерного уравнения теплопроводности.

Пусть $T_m(x)=Tm(x, t_m)$. Для удобства введем функцию $U(x, \tau) = T(x, t_m + \tau)$, где $0 \leq \tau \leq h$. Эта функция является решением следующей задачи:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial \tau} &= a \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (0 < x < l, 0 < \tau \leq h) \\ U(x, 0) &= T_m(x), \quad U(0, \tau) = f(t_m + \tau), \quad \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=l} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Предполагается, что в области $0 \leq x \leq l$, $t_m \leq t \leq t_m + h$ (при малых l и h) $a(T)=a_m=\text{const}$.

Применяя формулу Грина при некоторых константах и исключая из этой системы $U'_x\left(0; \frac{h}{2}\right)$, приходим к уравнению, содержащему единственную неизвестную “ a ”:

$$f(t_{m+1}) - f(t_m) + \frac{l \cdot f(t_m)}{4 \cdot \sqrt{a \cdot \pi \cdot h}} e^{\frac{l^2}{4 \cdot a \cdot h}} = (g(t_{m+1}) - g(t_m)) e^{\frac{l^2}{2 \cdot a \cdot h}} + \frac{l \cdot g(t_m)}{4 \sqrt{a \cdot \pi \cdot h}} e^{-\frac{l^2}{4 \cdot a \cdot h}} \quad (2)$$

При конкретных значениях $f(tm+1)$, $g(tm)$ ($tm=0,1,2,\dots$ семейство уравнений можно решить на ЭВМ, с любой наперед заданной точностью. Получаемые значения “ a ” можно считать приближенными значениями коэффициента температуропроводности для интервалов температур ($g(tm)$; $f(tm+1)$)).

Структура и свойства полученного покрытия приведена на рис. 1 и 2.

Выводы. Выявлена и изучена взаимосвязь количества и качества структурных составляющих гетерогенного покрытия на износостойкость пары трения. Наименьшая температуропроводность и соответственно не-

удовлетворительные эксплуатационные свойства характерны для покрытий с эвтектической концентрацией бора.

Определена возможность подбора и формирования покрытия, сходного рабочему, но изготовленного с применением методом экономного легирования стружечных отходов.

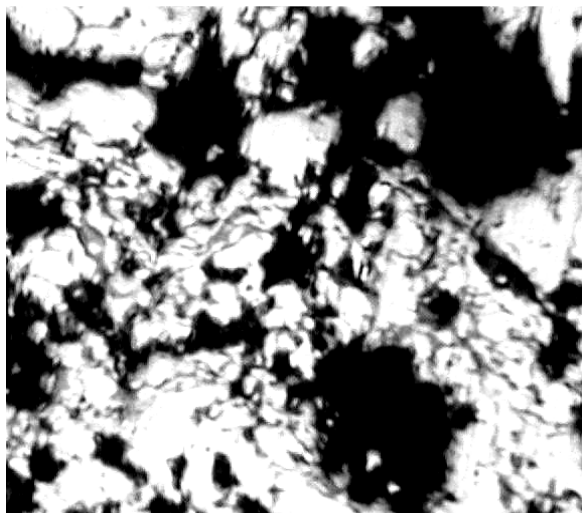


Рис. 1. Структура покрытия

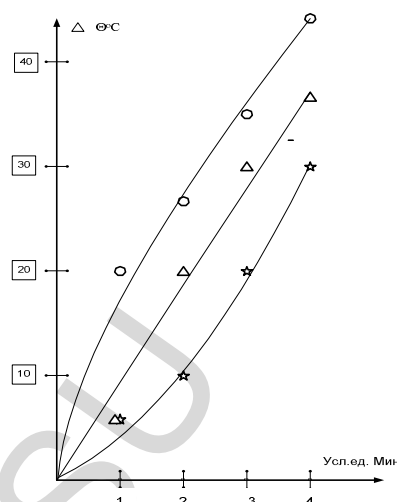


Рис. 2. Изменение температуры образца.
Содержание бора, % по массе:
☆ – доэвтектическое; △ – эвтектическое;
○ – заэвтектическое

Литература

1. Сороговец, В.И. Получение износостойких покрытий плазменной наплавкой диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / В.И. Сороговец. – Новополоцк, 2001. – 24 с.
2. Фруцкий, В.А. Антифрикционный материал из легированной бором и медью чугуной стружки для подшипников скольжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / В.А. Фруцкий. – Новополоцк, 2006. – 135 с.
3. Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин. Тематический сборник. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 370 с.
4. Рекомендации по ремонту и реконструкции тяжело нагруженных узлов скольжения с использованием композиционных материалов / В.И. Жорник [и др.]. – Минск: ИТК НАНБ, 2000. – 88 с.
5. Штемпель, О.П. Интенсификация диффузионного легирования металлических порошков для защитных покрытий в подвижных порошковых смесях: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.П. Штемпель. – Новополоцк: ПГУ, 2003. – 24 с.
6. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Фруцкий В.А. Разработка альтернативного композиционного материала для восстановления и упрочнения антифрикционных деталей: Prezent si viitor in domeniul mecanizarii si electrificarii agriculturii: simpozion stiintific jubiliar cu participate internationala. Lucrari Stiintifice, Chisinau 19 – 20 octombrie 2000. – S. 214 – 217.
7. Смирнов, Е.В. Виды переноса тепловой энергии в металлически плазменно напыленных покрытиях и некоторая качественная оценка их теплопроводности / Е.В. Смирнов, В.Е. Ионин // Инженерно-физический журнал. – 1970. – Т. 18. – № 4. – С. 17 – 20.