

появились пятна коричневого цвета и при увеличении времени выдержки образцов в растворах площадь пятен существенно растёт (цвет пятен меняется от зеленого к черному). Аналогичные результаты получены при исследовании коррозии данных сплавов в атмосфере паров морской воды.

Список литературы

1. Курдюмов А. В., Пикунов М. В., Чурсин В. М. Производство отливок из сплавов цветных металлов. - М.: Металлургия, 1986. - 416 с.
2. Розенфельд И. Л. Атмосферная коррозия металлов. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 372 с.
3. Улич Г. Коррозия металлов. - М.: Металлургия, 1968. - 306 с.

Поступила 09.06.2008

УДК 621.74.074.

А. П. Шатрава

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ СТАЛЬ-БРОНЗА В ЛОКАЛЬНОМ И ЛИТОМ ВИДАХ

Исследован физический процесс и разработаны способы получения композитов в виде покрытий из порошковых материалов, а также литых изделий под действием лазерного излучения.

Досліджено фізичний процес і розроблені способи отримання композитів у вигляді покриттів з порошкових матеріалів, а також литих виробів під дією лазерного випромінювання.

Is investigated a physical process and worked out of methods of receiving of composites in form of covers that consist of powder materials, and also in form of cast details under treatment of laser radiation.

Ключевые слова: лазерная плавка, композиционные материалы, жидкометаллические суспензии, износостойкость, антифрикционные свойства.

Одним из перспективных направлений современных научных исследований является создание новых композиционных материалов с повышенными служебными свойствами. Современные композиты нашли свое применение в самых различных областях науки и техники.

По своим служебным свойствам эти материалы имеют высокие показатели, однако, из-за несовершенства технологии изготовления механические свойства этих материалов не отвечают современным требованиям. В большинстве случаев такие материалы получают методами инфильтрации, спекания или путем распыления стандартных разнотипных проволок на основе Fe-Al; Fe-Cu, Cu-Al и др. Однако наибольшей проблемой в данном случае является размерная неоднородность и нерегулярность фазового состава композитов, низкая прочность и т. п. [1, 2].

Для поверхностной обработки все чаще используются локальные методы теплового воздействия с применением концентрированных источников энергии: например, лазерного излучения, в том числе и способы нанесения покрытий [3-5].

При выборе наиболее значимых критериев в наших исследованиях основное внимание уделено фазовому составу наплавочного покрытия, как определяющему фактору, влияющему на физико-химические свойства поверхностного слоя, и качеству покрытия с точки зрения структуры, прочности сцепления с поверхностью основы и его эксплуатационных

свойств. Исходя из требований к материалам с точки зрения оптимальных условий трения и износа в качестве объекта исследований, были выбраны композиции на основе стали 9X18 и бронзы ОЦС.

Для анализа металлургических процессов в ванне расплавленного металла, образующейся под воздействием лазерного излучения, и прогнозирования свойств получаемых покрытий были разработаны математическая модель и программа расчета тепловых процессов при лазерной наплавке дисперсно-распределенных композиционных порошковых материалов (рис. 1).

Полученные результаты дают возможность определить критические и оптимальные условия получения поверхностных слоев из данных материалов с заданными геометрическими параметрами и их гарантированного сцепления с основой.

С целью определения температурных условий формирования покрытий для различных соотношений сталь-бронза были проведены расчеты температурного поля при лазерной наплавке материала двух видов (рис. 2): а - сталь 80 % и бронза 20 %, б - сталь 20 % и бронза 80 %.

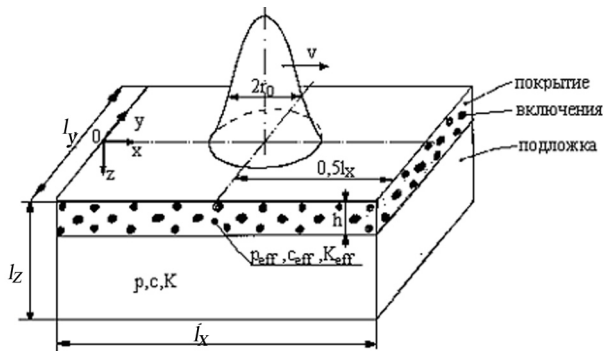


Рис. 1. Физико-математическая модель лазерного нагрева поверхностного слоя композиционных материалов; расчетная область с размерами l_x, l_y, l_z , используемая при моделировании тепловых процессов

Пунктирными линиями на этом рисунке показаны границы зон различного агрегатного состояния материалов. Так, зона I соответствует расплавленному состоянию материалов матричной и дисперсной фаз, в зоне II один из компонентов покрытия - стальная матрица (рис. 2, а) или стальные включения (рис. 2, б) - находится в твердом состоянии, а другой компонент - в жидком состоянии. В зоне III материал подложки и покрытия находится в твердом состоянии.

Исходя из этих данных, можно предположить, что структура композита (бронза+стальные включения) должна быть более равномерной, чем структура композита (сталь+бронзовые включения), а размер стальных включений больше, чем размер включений бронзовых. При этом размеры стальных включений незначительно будут отличаться от размеров фракции в порошке.

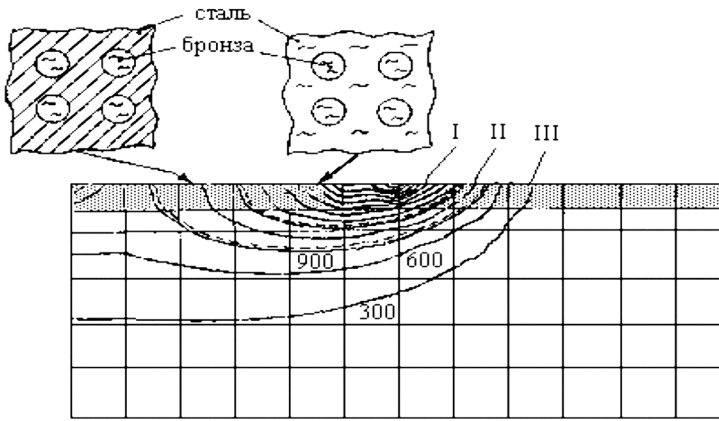
Для изучения структурно-фазового состава полученных покрытий и морфологии распределения элементов композиционной структуры были оценены такие параметры, как процентное содержание включений, средний размер включений, средняя площадь включений и др.

Наиболее стабильные размеры стальных и бронзовых включений и плотность их упаковки характерны для покрытий с 20-30 %-ным содержанием одного из составляющих.

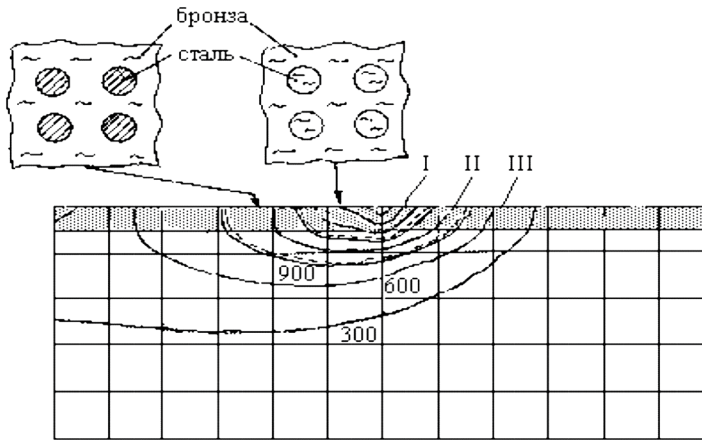
Сравнивая результаты испытаний на изнашивание композиционных покрытий при различных нагрузках, можно сделать вывод о том, что при малых нагрузках наилучшие показатели имеют покрытия с 20-30 % бронзы, а при более высоких нагрузках - покрытия с 70-80 % бронзы.

С целью апробирования и внедрения результатов исследований в промышленности в данной работе предложена технология нанесения антифрикционного слоя на рабочие поверхности подшипника упорного, используемого в дизельных двигателях, а также на рабочие поверхности бурильного инструмента.

Исходя из конкретных условий эксплуатации данных деталей и их конструктивных особенностей, разработаны схемы реализации процесса лазерной газопорошковой наплавки (рис. 3, 4), уточнены режимы лазерной обработки, а также разработаны технологические основы для получения данных покрытий в промышленных условиях.



a



б

Рис. 2. Расположение зон с различным агрегатным состоянием в случае использования двух материалов покрытия, %: а - сталь - 80, бронза - 20; б - сталь - 20, бронза - 80

Композиционные лазерные покрытия были нанесены на рабочие поверхности опытных партий деталей, которые прошли испытания в условиях промышленной эксплуатации. Сравнительный анализ эксплуатации обработанных деталей с исходными показал существенное (1,5 - 2,5 раза) повышение стойкости первых, что позволило получить значительный экономический эффект.

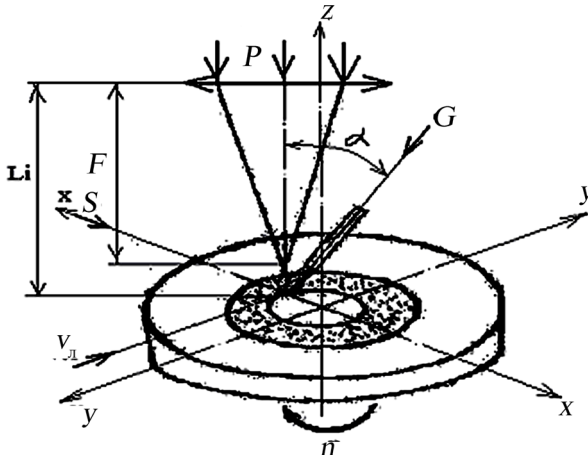


Рис. 3. Схема лазерной наплавки подшипника упорного

Исходя из полученных данных, были разработаны предпосылки для получения композитов из подобных сплавов в объемном виде (в виде литых заготовок) с помощью лазерного излучения.

Исследования процессов формирования композиционных материалов в условиях лазерной наплавки [2-4] показали, что замешивание дисперсных включений в металлический расплав происходит в условиях интенсивного массопереноса. Скорость движения расплава в зоне лазерного воздействия достигает

значений 10-50 м/с [5-7], что уменьшает возможность коагуляции вводимых тугоплавких частиц и благоприятно сказывается на распределении включений в затвердевшем сплаве.

Нами предлагается способ получения композиционного материала на основе формирования жидкометаллических суспензий на желобе при его сливе в форму, где сыпучие ингредиенты подаются в потоке транспортирующего газа в поле действия концентрированного источника энергии (лазер, плазма).

Подача порошкообразных материалов в потоке транспортирующего газа может осуществляться как соосно воздействию высококонцентрированного источника энергии, так и под некоторым углом к нему.

Одним из параметров, определяющим условия получения композиционного материала, является скорость движения расплава. В предлагаемом способе скорость движения расплава задается углом наклона (α) и длиной желоба (L), по которому металл подается в реактор смешения (рис. 5) [8].

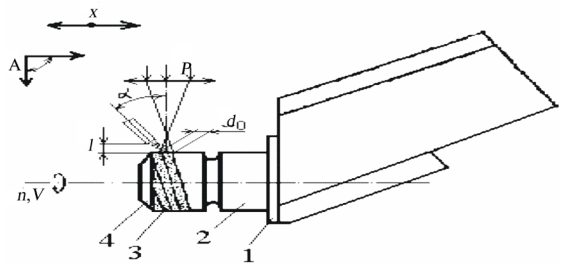


Рис. 4. Технологическая схема лазерной наплавки долота бурильного 1 - тело лапы; 2 - шейка цапфы; 3 - покрытие; 4 - цапфа

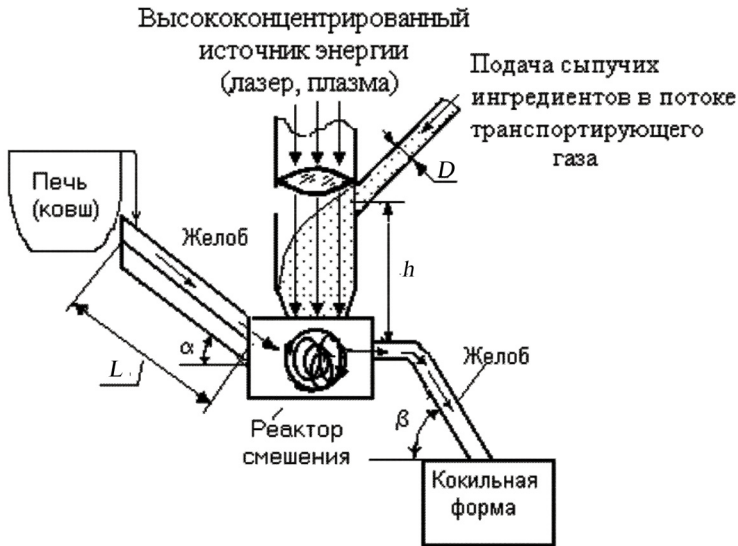


Рис. 5. Схема получения литого композита на потоке при использовании лазерного излучения

Реактор смешения расположен на желобе и предназначен для обеспечения образования вихревого движения расплава с целью улучшения замешивания неметаллических частиц в расплав. В эпицентр формируемого вихря в потоке транспортирующего газа поступают сыпучие ингредиенты, которые, находясь в зоне воздействия высококонцентрированного источника, нагреваются до необходимых температур. Величина температуры нагрева контролируется временем облучения.

С учетом расчетного времени полета частиц в поле действия лазерного излучения даже с невысокой плотностью мощности ($q=10^4$ Вт/см²) температура поверхности частицы достигает значений $T \approx 1400$ °С, что выше температуры плавления обрабатываемых материалов.

Следовательно, за время полета частички в поле лазерного излучения происходит изменение состояния поверхностного слоя частиц. Нагрев поверхностного слоя является достаточно важным звеном, поскольку приведет к выгоранию возможных масляных

пленок и испарению влаги, изменению поверхностных свойств и теплофизических характеристик, обеспечит подготовку поверхности частицы к взаимодействию с матричным расплавом.

Достаточно высокие скорости соударения частиц с поверхностью расплава способствуют их углублению в жидкость, однако последующее их распределение по всему объему металла обеспечивается интенсивным перемешиванием в реакторе смешения посредством формирования вихревого движения жидкости.

Жидкометаллическая суспензия, полученная в реакторе после смешения, подается в форму, где протекает процесс ее затвердевания.

При формировании лазерной наплавки на основе железоуглеродистых и цветных сплавов скорости затвердевания изменяются в диапазоне значений 10^3 - 10^5 °C/с, а при небольших объемах жидкого металла и идеальных тепловых контактах при затвердевании обеспечивается получение метастабильных структур в условиях затвердевания из жидкого состояния. Для литейных процессов достижение нижних пределов таких скоростей с целью ускорения затвердевания суспензионных расплавов и фиксации полученного распределения включений возможно при использовании кокильных форм. Форма кокиля должна обеспечивать необходимые скорости затвердевания как условиями контакта для теплоотвода, так и количеством металла (необходимыми размерами сечения формы и объемом металла в форме).

Предлагаемая схема получения литого композиционного материала на металлической основе предполагает возможность использования непрерывных методов разливки, не внося существенных изменений в процесс, что позволяет считать данный способ достаточно перспективным.

Список литературы

1. *Zbigniew Gorny, Jerzy Sobczak*. Metal matrix composites fabricated by the squeeze casting process // Prace IO, Special Issue. - 1999. - № 42. - P. 29-72.
2. *LUO Shou-jing, JIANG Ju-fu, WANG Li-jun*. Interface and microstructure characteristics of SiCp/2024 aluminium alloy composite // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. - 2003. - Vol. 13, № 1. - P. 135-139.
3. *Коваленко В. С. Головкин Л. Ф.* Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. - Киев: Техника, 1990. - 191 с.
4. *Иванов А. С., Соколов, А. Н. Пеленева Л. В.* Карбидное упрочнение жаропрочного сплава ЖС26 лазерной наплавкой // МиТОМ. - 1997. - № 10. - С. 5-7.
5. *Mecnean C., Andreatza P., Andreatza-Vignolle C.* Laser surface modification: structural and tribological studies of AlN coatings // Surface Coat. Technol. - 1998. - V. 100-101, № 1-3. - P. 12-16.
6. *Арутюнян Р. В., Большов Л. А., Витюков В. В., Киселев В. П.* О механизмах конвективного перемешивания при импульсном оплавлении поверхности металла // Докл. АН СССР. - 1986. - Т 291, № 4. - С. 843-847.
7. *Смурое И. Ю., Гуськов А. Г.* Плавление и термокапиллярная конвекция при воздействии концентрированных потоков энергии на металлы // Физико-химические процессы обработки материалов концентрированными потоками энергии. - М.: Наука, 1989. - С. 25-37.
8. *Найдек В. Л., Лихошва В. П.* Получение литых композиционных материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии // Процессы литья. - 2004. - № 4. - С. 42-46.

Поступила 22.08.2008