

стёкол. Такие покрытия представляют смеси солей щелочных металлов и жидких стёкол различных типов и отличаются высокой однородностью слоя, отсутствием рассеивающих включений. При использовании составов с небольшой вязкостью, после растекания на поверхности образуется тонкий слой, толщиной 30...40 мкм с коэффициентом поглощения 0,5...0,9. Недостатком указанных покрытий является необходимость подготовки металла с полным удалением частиц грязи, пыли, жиров, а также почти полная визуальная прозрачность, затрудняющая контроль.

В настоящее время достаточно широко используются фосфатные покрытия, образующие химические соединения на поверхности металла. Они обладают коэффициентом поглощения 0,5...0,7 и стабильными свойствами. Однако технологические свойства этих покрытий недостаточно изучены.

УДК 621.793.722.

Харьяков А.В., инженер,  
Скобло Т.С., доктор техн. наук,  
Сидашенко А.И., канд. техн. наук,  
Власовец В.М., инженер.

## **АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ СЛОЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ ПОСЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Из всего разнообразия методов и технологических процессов восстановления, изношенных поверхностей деталей путем наплавки слоя металла на поверхность, на первый план выходят технологические процессы наплавки с применением высококонцентрированных источников энергии: лазерная, электронно-лучевая и плазменная. Предпочтение того или иного метода обусловлено быстрым локальным разогревом поверхности восстанавливаемой детали и интенсивным отводом тепла, а также удовлетворением требований по механическим, эксплуатационным свойствам и глубине упрочнения. Однако эти методы имеют свои недостатки. Технология лазерной наплавки характеризуется низким к.п.д. (10...15%) и высокими требованиями к вибрациям и запыленности помещения. Электронно-лучевая технология, в виду вредного воздействия электронного луча на организм человека, требует применения автоматизации производственного процесса и надежной защиты от излучения. Применение этого метода целесообразно при поточном производстве.

Наряду с выше описанными технологиями плазменная наплавка имеет достаточно высокий к.п.д. (60...80%), отличается простотой

контроля технологического процесса и обеспечивает качественное сращивание основного и присадочного материалов и позволяет наплавить слой толщиной до 3-5 мм. Технология плазменной наплавки применяется для восстановления широкой номенклатуры деталей, в том числе и коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания.

Изменение физико-механических свойств наплавленного слоя в процессе эксплуатации приводит к необходимости исследования его микроструктуры.

Для восстановления коленчатых валов двигателей СМД-60 и его модификаций применяли оборудование для плазменной наплавки с использованием вращателя станка А124Т04 и выпрямителя тока ВДУ-506. Наплавку производили на прямой полярности дугой постоянного действия. Для получения гладкого и плотного покрытия путем создания перекрытия наплавливаемых валиков сопло плазматрона выполнено в виде конуса под углом 120°. В качестве наплавливаемого материала применяли композицию из легированных порошков ФМН-2 и ПЖН4Д2М на базе железа. Химический состав порошков приведен в таблице 1.

Таблица 1 СОДЕРЖАНИЕ КОМПОНЕНТА В ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПОРОШКАХ

Марка порошка.	Содержание компонентов, %								
	Fe	Cr	Ni	B	C	Si	Mn	Mo	Cu
ФМН-2	Осн.	10,43		2,87	0,77	2,62	4,49		
ПЖН4Д2М	Осн.		3,62		0,054	0,05	0,1	0,5	1,68

Анализировали образцы после эксплуатационных испытаний. Глубина наплавленного слоя сохранилась равной 1,0-1,5мм. В микроструктуре образца отсутствуют трещины и раковины. Наплавленный слой имеет дендритную структуру, что свидетельствует о большой скорости охлаждения, что имеет место в результате интенсивного отвода тепла при последовательном локальном проплавлении.

Металлографическими исследованиями установлено, что строение покрытия гетерогенное: основа остаточный аустенит с равномерным распределением неметаллических включений в виде карбидов и боридов (рис.1,б).

В процессе нанесения покрытия происходит нитридное упрочнение поверхностного слоя. Стабильность аустенита обусловлена высоким содержанием в порошках никеля и меди. Наличие остаточного аустенита обладающего хорошей демпфирующей способностью обуславливает высокую стойкость наплавленного слоя к усталостным разрушениям. Твердость наплавленного слоя достигла HRC 62, а ее однородность обусловлена равномерным распределением

неметаллических включений: карбидов, нитридов и боридов, что обеспечивает высокую износостойкость.

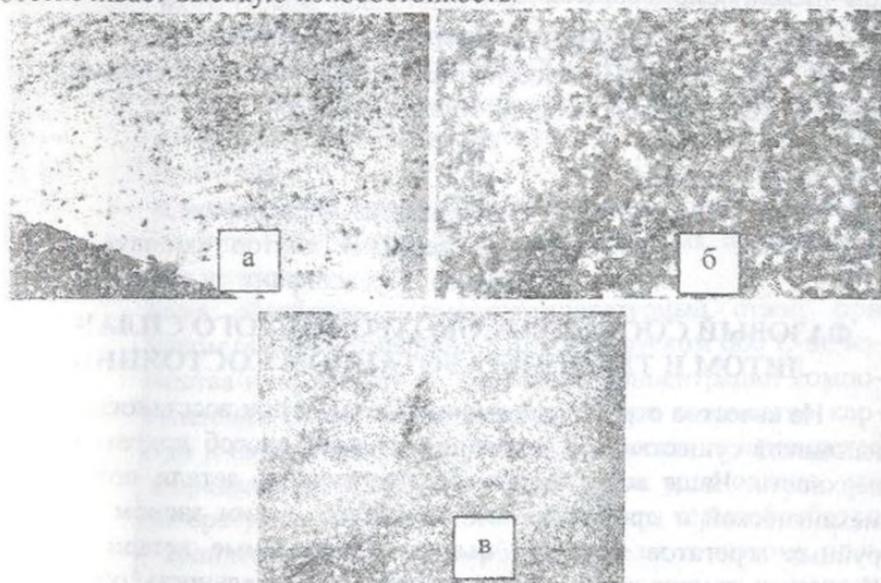


Рис 1 МИКРОСТРУКТУРА ШЛИФА ШАТУННОЙ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ СМД-60 НАПЛАВЛЕННОГО ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВЫМ МЕТОДОМ: а) покрытие ( $\times 100$ ), б) матрица коленчатого вала Сталь 45 ( $\times 100$ ); в) покрытие ( $\times 500$ );

В теле (рис. 1, в) коленчатого вала (Сталь 45) выявлены надрывы, соответствующие направлениюковки при его изготовлении.

Выявлена четко выраженная граница сцепления основного и присадочного материалов (рис 1, а). В зоне соединения основного и присадочного материалов имела место незначительная сварочная ванна, поэтому можно предположить, что сцепление обеспечивается диффузионным путем.

Анализ твердости показал, что на поверхности наплавленного слоя после эксплуатации она снизилась на 8,87% (с 62 до 55HRC). Это происходит в результате распада фаз и образования зоны вторичной закалки и отпуска.

Большая доля неметаллических включений выявлена по границам зерен.

Результаты проведенных исследований показали, что при эксплуатации восстановленного коленчатого вала после ремонтного размера P1 происходят следующие изменения: твердость слоя сни-

жается с 62 до 55HRC, что сопровождается выделением новых фаз (в том числе и неметаллических включений по границам зерен).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скобло Т.С., Прогрессивные методы восстановления деталей сельскохозяйственной техники: Киев, УСХА, 1990.

УДК 669.15.26-196.004.26

Чашинский А.В., аспирант,  
Тимофеев П.В., доктор техн. наук, проф.,  
Попова Е.Г., аспирант

### ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ВЫСОКОХРОМИСТОГО СПЛАВА В ЛИТОМ И ТЕРМООБРАБОТАННОМ СОСТОЯНИИ

На качество отремонтированных деталей при восстановлении их наплавкой существенное влияние оказывает способ подготовки поверхности. Чаще всего перед восстановлением детали подвергают механической и дробеструйной обработке. Узким звеном дробеструйных агрегатов являются быстроизнашиваемые детали-лопасти. Частая их замена значительно снижает рентабельность обработки. Для повышения эксплуатационной стойкости лопастей из высокохромистого чугуна исследовали влияние термической обработки на фазовый состав сплава и карбидную фазу, обеспечивающие оптимальные свойства такого сплава.

Выполненными исследованиями установлено, что наиболее интенсивное дробление карбидной фазы в процессе литья достигается микролегированием ванадием (0,05-0,15%) и одновременным модифицированием магнием или церием. Для изучения влияния термической обработки на количество карбидной фазы и тип формируемых карбидов производили их выделение и одновременное разделение методом электрохимического изолирования и обработки известными химическими реактивами. Оценку состава карбидной фазы проводили на основе расчета формулы  $(Fe, Me)_x C_y$ , по данным карбидного анализа и уравнению:

$$\frac{x}{y} = \frac{12}{c} \left( \frac{Fe}{56} + \frac{Mn}{55} + \frac{Cr}{52} + \frac{Ni}{59} + \frac{V}{51} + \frac{Mo}{96} \right)$$

где С, Fe, Mn, Cr, Ni, Mo, V-содержание соответствующих элементов в карбидной фазе, а 12, 56, 55, 52, 59, 51, 96 соответственно атомный вес этих элементов. Анализу подвергали сплав содержащий % вес.: 2,8 C; 0,63 Si; 0,69 Mn; 18 Cr; 0,75 Ni; 0,15 V; 0,24 Mo; 0,07 Ce.