

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ УПРОЧНЕНИИ

Г.В. Петришин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н.И. Афанасьев

Метод магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) деталей машин, наряду с методами газопламенного, плазменного, лазерного нанесения покрытий, прочно занял свое место в технологии упрочнения и восстановления деталей машин. Однако, если для известных методов нанесения покрытий создана гамма наплавочных материалов, то для МЭУ до сих пор не разработаны специальные материалы, которые достаточно полно учитывали бы особенности процесса и отвечающие его требованиям.

В процессе МЭУ в качестве наплавочных материалов используется ферробор (ФБ-6, ФБ-10, ФБ-17), феррохромбор (ФХБ-1, ФБХ-6-2), а также некоторые легированные стали и чугуны. Следует отметить, что технологические особенности процесса упрочнения деталей в магнитном поле обуславливают применение этих материалов только в виде порошка определенного гранулометрического состава. Размер частицы порошка зависит от технологических режимов обработки и находится в пределах 0,2...0,8 мм. Основное достоинство указанных наплавочных материалов — их распространенность и доступность. Однако проводимые исследования этого сравнительно нового метода нанесения износостойких покрытий обусловили необходимость разработки и создания ряда новых наплавочных материалов, которые позволили бы повысить качество поверхностного слоя обработанной детали [1, 2].

Известно, что в процессе магнитно-электрического упрочнения, как и в процессе электросварки, при расплавлении металла образуются оксиды железа, которые резко снижают качество наносимого покрытия. Для предотвращения образования оксидов необходимо вести обработку в среде защитного газа, что дорого и технологически сложно. Эту задачу можно решить применением самофлюсующихся материалов, основными легирующими элементами которых являются бор и кремний. Однако основой большинства известных самофлюсующихся сплавов является чаще всего никель. Поэтому такой материал оказывается дорогим, а, кроме того, из-за немагнитных свойств никеля, он практически неприменим для процесса МЭУ.

В Полоцком государственном университете разработаны и созданы самофлюсующиеся порошки на железной основе. Замена никеля в качестве основы на железо позволила снизить стоимость порошка. Кроме того, одной из основных особенностей процесса получения такого материала является диффузионное легирование частицы порошка, что позволяет управлять химическим составом наплавочного материала и обеспечивает получение покрытий с заданными физико-механическими свойствами.

Процесс формирования покрытий из самофлюсующихся порошков, протекающий в кислородной среде, своеобразен. На поверхности частиц и металла, на который наносят покрытие, при воздействии кислорода образуются пленки оксидов. Основные раскисляющие элементы, бор и кремний, ведут себя при нагреве как энергичные восстановители, забирая кислород, раскисляют металл и всплывают в виде боросиликатного шлака на поверхность. Они улучшают текучесть и снижают поверхностное натяжение расплава, значительно понижают температуру плавления сплавов, увеличивают смачиваемость поверхности. Тонкая пленка оксидов в виде

расплава боросиликатного стекла ($T_{пл} = 910 \text{ }^\circ\text{C}$) является эффективной защитой от дальнейшего проникновения кислорода в покрытие. Благодаря раскислению оксидных пленок, пониженной температуре плавления, хорошему смачиванию подложки и частичному ее растворению расплавом самофлюсующегося материала обеспечивается хорошая прочность сцепления со сталями при напылении (60–70 МПа), достигающая 300–400 МПа при оплавлении. Кроме этого, бор, образуя в покрытиях бориды и карбобориды, улучшает дюрометрические и триботехнические характеристики покрытий.

Как правило, содержание бора и кремния в самофлюсующихся сплавах не превышает 5 % каждого, хотя известны порошки, содержащие значительно большее количество бора – 9 % и даже до 18 % [3]. Углерод, образуя карбиды с железом, хромом, марганцем и другими карбидообразующими элементами, способствует повышению твердости и износостойкости покрытий. Хром, при его содержании более 12 %, значительно повышает коррозионную стойкость покрытий и одновременно, благодаря образованию карбидов, повышает твердость и износостойкость покрытия.

В самофлюсующихся сплавах на железной основе, вследствие интенсивного окисления, для улучшения раскисления требуется повышенное количество углерода, бора и кремния.

Вместе с тем, по мере увеличения в сплавах содержания бора, кремния, углерода, хрома падает сопротивление ударным нагрузкам.

При содержании бора в сплаве свыше 6–7 % возникает охрупчивание боридов в покрытии и появление наряду с микрорезанием хрупкого выкрашивания отдельных фрагментов боридов, которые шаржируют поверхность, служат своеобразным дополнительным абразивом. Дополнительную роль в охрупчивании избыточных боридов играют легирующие элементы. Установлено, что легирование молибденом, хромом, вольфрамом повышает микрохрупкость боридов железа, а никелем – наоборот, снижает.

Эти данные, полученные при исследовании покрытий, нанесенных газопламенной и лазерной обработкой, подтверждаются исследованиями износостойкости покрытий, полученных методом МЭУ [2].

Значительный интерес представляют также самофлюсующиеся порошки, спеченные с частицами меди, латуни или бронзы. Такие материалы позволяют получать покрытия с хорошими антифрикционными свойствами [4].

Самофлюсующиеся наплавочные материалы разрабатывались применительно к газотермическим и лазерным методам нанесения износостойких покрытий и показали хорошие результаты. Однако применение их для процесса МЭУ на данном этапе исследований не дало ощутимого эффекта, так как при получении порошков не учитывалась специфика нанесения покрытий в магнитном поле. При этом технология изготовления диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков обеспечивает возможность прогнозирования физико-химических свойств ферромагнитных покрытий и, таким образом, управлять качеством упрочненной поверхности.

Литература

1. Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Филонов И.П. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин. – Минск: УП «Технопринт», 2000. – 268 с.
2. Люцко В.А. Технология и установки магнитно-электрического упрочнения плоских поверхностей деталей машин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.04.13 /Полоцкий гос. университет. – Новополоцк, 2004. – 24 с.
3. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 300 с., ил.

4. Фруцкий В.А. Диффузионно-легируемый порошок из чугуна для антифрикционных покрытий //Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин: Тематический сборник /Под общ. ред. П.А. Витязя, С.А. Остапчика. – Мн.: УП «Технопринт»; Новополоцк, ПГУ, 2003. – 390 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Н.А. Гапонов, В.В. Макаревич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В.С. Мурашко

Основными процессами в машиностроении являются механическая обработка и сборка, на долю которых приходится более половины общей трудоемкости изготовления машин. Технологическая подготовка производства отстает от современных темпов интенсификации производства. В последние годы доля реконструируемых и вновь создаваемых машин резко увеличивается. Большой объем проектных работ обуславливает длительные циклы подготовки производства новых изделий. Автоматизация технологической подготовки значительно сокращает сроки подготовки производства за счет автоматизации инженерного труда.

Автоматизация инженерного труда (труда инженера-технолога) на основе широкого и эффективного использования ЭВМ является одним из элементов комплексной автоматизации современного производства.

Снижение качества выпускаемой продукции и удлинение сроков разработки технических проектов вызвано главным образом несоответствием между сложностью современной техники и устаревшими методами и средствами проектирования и конструирования. Непрерывное усложнение современных технических средств, повышающихся требований к их надежности, качеству и технико-экономическим показателям, необходимость сокращения сроков разработки, уменьшение её трудоемкости и стоимости, а также повышение эффективности труда инженеров-проектировщиков, конструкторов и технологов являются основными предпосылками создания и внедрения систем автоматизации.

Рассматривается одна из задач оперативно-календарного планирования: работа производственного участка, обеспечивающего выпуск некоторого количества деталей различных типов. Для каждого типа деталей предполагается известными технологическая последовательность обработки деталей на станках и время обработки каждой детали на каждом из станков. Требуется принять решения, направленные на эффективную организацию работы участка, то есть определить такой порядок запуска деталей в производство, при котором общее время пребывания их на обработке было бы минимальным.

Для автоматизации упорядочивания работ была взята задача с двумя машинами, так как она является единственной задачей, для которой решение полностью известно.

Постановка задачи с двумя машинами следующая. Имеется множество $N = \{1, 2, \dots, n\}$ работ, которые должны быть выполнены на двух машинах. Время работы i на машине j обозначим через $t_{i,j}$ ($i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2$), предполагая его заранее известным. Порядок выполнения операций, составляющих работу, может быть как одним и тем же, так и различным для разных работ. Задача построения расписания состоит в указании порядка, в котором должны выполняться работы, чтобы