

информации, представленной таблицами, схемами, рисунками, литературными первоисточниками.

Фрейм 3 – Навигационная часть, которая содержит ссылки на основные составляющие элементы практикума. Пользуясь навигацией можно оперативно переходить от одной лабораторной работы к другой. Такой способ ориентации в содержании электронного лабораторного практикума позволяет существенно сократить время на второстепенные действия при проведении лабораторных работ [2].

Основываясь на вышеизложенном, можно сделать вывод о том, что ЭУМК позволяют с наибольшей эффективностью проводить учебные занятия и делать сам процесс обучения интересным и захватывающим. Внедрение ЭУМК в повседневную практику преподавания в техническом университете создает принципиально новые педагогические инструменты, предоставляя, тем самым, и новые дидактические возможности. При этом, некоторым образом, изменяются функции педагога, акцентируется внимание на самостоятельной учебной работе студентов, как важнейшей и неотъемлемой части учебного процесса, что особенно актуально в условиях перехода к образовательным стандартам нового поколения и вступления Республики Беларусь в Болонский процесс.

УДК 621.793

Кошур Д.В.

НАНЕСЕНИЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ПРЕССОВОЙ ОСНАСТКИ

БНТУ, Минск

Научный руководитель Латушкина С.Д.

Важным преимуществом методов нанесения покрытий является то обстоятельство, что их легко применить к уже готовой детали, когда реализация других направлений повышения ее эксплуатационных свойств в большинстве случаев уже

невозможна. Существует два метода для нанесения вакуумно-плазменных покрытий на детали прессовой оснастки: Первым явля ионно-плазменное азотирование, а вторым – метод ионно-плазменного осаждения.

Первый метод. Одной из современных технологий, позволяющей заметно повысить износостойкость штампового инструмента, является ионно-плазменное азотирование – ИПА. Оно обеспечивает формирование на обрабатываемых деталях азотированного слоя с заданной структурой. Оптимизация свойств упрочняемой поверхности обеспечивается за счет формирования поверхностного диффузионного слоя в упрочняемом материале.

Ионное азотирование применяется для упрочнения:

- штампов и штамповой оснастки из сталей X12, X12M, X12MФ и др. для вырубки, штамповки и холодного деформирования листовых материалов;
- пресс-форм из сталей 3X2B8, 4X5MФС, ХВГ, 40Х и др. для литья алюминиевых сплавов, пластмасс, стеклопластиков, резины. При ионном азотировании повышается твердость поверхности и износостойкость всех марок быстрорежущих сталей и сплавов, а глубина азотированного слоя зависит от фазового состава сталей – с ростом количества карбидов в быстрорежущей стали глубина азотированного слоя постепенно уменьшается. Для исключения или сведения к минимуму деформаций, возникающих при ионном азотировании штампового инструмента, перед окончательной механической обработкой рекомендуется проводить отжиг в среде инертного газа при температуре как минимум на 20°С ниже температуры отпуска.

Второй метод. Важной проблемой получения покрытий методами ионно-плазменных технологий является нестабильность их структуры и свойств, которые варьируются не только при переходе к последующему циклу напыления, но и в пределах

цикла для изделий одной партии. Эта нестабильность связана с наличием многочисленных параметров процесса, основными из которых являются температура подложки и состояние ее поверхности, давление остаточной атмосферы и реакционного газа в вакуумном технологическом объеме, ток разряда, опорное напряжение и индукция магнитного поля.

Физические параметры напыления совместно с конкретными параметрами взаимодействующих материалов, условиями подготовки поверхности перед напылением и ее состоянием однозначно определяют свойства покрытий. Поэтому целенаправленное изучение свойств покрытий включает так решение ряда технологических задач подготовки и сопровождения технологического процесса, к которым следует отнести, помимо частных, следующие:

- определение температур и вызываемых ими температурных напряжений в системе покрытие-подложка;
- определение плотности теплового потока, переносимого плазменным потоком, к поверхности конденсации;
- определение плотности ионного тока на подложке.

Подготовка поверхности подложек перед осаждением покрытий является одним из основных этапов процесса и определяется как кондиционирование поверхности с целью получения требуемых свойств конденсатов. Она включает внекамерную обработку с целью удаления возможных загрязнений с поверхности подложки и предварительную обработку в вакуумном технологическом объеме. Традиционно поверхностную обработку поверхности подложки проводят ионами материала катода, в результате чего осуществляется формирование микрорельефа, обусловленное процессами взаимодействия концентрированных потоков энергии с поверхностью твердого тела.

Температура в системе покрытие-подложка – один из важнейших параметров процесса напыления, влияющих

на формирование основных свойств покрытий – структуру, адгезию, механические, декоративные, коррозионные и др. свойства. Нанесение покрытий методами ионно-плазменных технологий осуществляют на подложку, как правило, нагретую до определенной температуры. Нагрев происходит в процессе очистки и активации поверхности подложки.

Расчет температурных полей в процессах вакуумного ионно-плазменного осаждения покрытий при взаимодействии потока высокоэнергетичных частиц с поверхностью конденсации можно осуществить двумя путями: путем учета индивидуального взаимодействия частицы с поверхностью, при котором она отдает свою энергию локальному участку, с последующим интегрированием по всей площади напыления. Описание первого подхода возможно только в рамках квантовой механики, что является достаточно сложным и громоздким.

Применение второго подхода, основанного на анализе воздействий усредненного потока теплоты на поверхность кристаллизации или конденсации, можно проводить в рамках теории теплопроводности. А именно, преобладающая роль составляющих теплового потока определяется конкретными условиями напыления и поэтому должна выясняться в результате теоретического расчета или эксперимента для конкретного метода осаждения покрытий. Следовательно, многообразие условий, сопровождающих процесс формирования температурных полей в подложке или системе покрытие-подложка, порождает многообразие тепловых задач, которые подлежат разработке того или иного технологического процесса.

Поэтому для научно обоснованного выбора режимов осаждения покрытий с регламентировано защитными и декоративными свойствами необходимо выяснить характер зависимости между технологическими параметрами процесса осаждения, структурными и функциональными свойствами покрытий рассматриваемого класса.