

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ
ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ ИЗНОСА ПРИ
ДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

А. М. СТАРОВОЙТОВ, *А. Л. ГОЛОЗУБОВ, *А. А. ГОЛОЗУБОВА
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» им. И. П. Шамякина
Могилев, Мозырь, Беларусь

Для оптимизации процесса плазмохимического нанесения тонкопленочных кремнийсодержащих покрытий осаждением из дуговой плазмы при атмосферном давлении, первоначально проводились серии поисковых экспериментов, по результатам которых были определены состав дополнительных неорганических реагентов, подаваемых в реакционно-способную плазму. В качестве дополнительных неорганических реагентов по результатам исследований были выбраны изопропиловый спирт и аммиак. Критериями выбора являлись нетоксичность, достаточная испаряемость (упругость паров), отсутствие агрессивного воздействия на детали установки, доступность, невысокая стоимость, возможность продолжительного хранения. Предварительный выбор реагентов был сделан на основе данных термодинамических расчетов состояния реакционно-способной плазмы по программе «Астра.4/pc».

Тонкопленочное покрытие наносится из реакционно-способной плазмы, генерируемой дуговым плазмотроном для нанесения плазмохимических покрытий, содержащей продукты пиролиза кремнийсодержащих органических жидкостей и дополнительных неорганических реагентов (например, аммиака и изопропилового спирта), в результате протекания гетерогенной реакции осаждения тонкопленочного покрытия из газовой фазы на металлическую подложку, имеющую более низкую температуру. В результате такого характера образования и роста получаемое покрытие имеет химический состав, отличный от стехиометрического, и содержит в своем составе оксиды, карбиды и нитриды кремния, соотношение между которыми зависит от состава реакционной плазмы и режимов нанесения покрытия (в первую очередь, температурных условий осаждения). Получаемое тонкопленочное кремнийсодержащее покрытие не имеет кристаллического строения и представляет собой аморфную (стеклообразную) структуру. Кроме этого, высокие скорости охлаждения, способствующие аморфизации тонкопленочного покрытия, приводят к образованию искаженной, фрагментированной структуры, имеющей высокую степень несовершенств. Осаждение из газовой фазы по механизму конденсации пар – жидкость – кристалл позволяет достичь высокой адгезии и сплошности наносимого тонкопленочного покрытия.

Использовавшийся ранее способ нанесения тонкопленочного покрытия на металлические изделия имел недостаток – пониженное содержание в тонкопленочном покрытии нитридов и карбидов кремния (от 5 % до 7 %) из-за недостаточного содержания атомарного азота и углерода в составе реакционной смеси в результате пиролиза полиорганосилазана, и как следствие, наличие невысокой микротвердости (от 7,5 до 12 ГПа) и износостойкости покрытия. Задачей оптимизации технологии является повышение микротвердости (от 22 ГПа до 27 ГПа) и износостойкости покрытия путем увеличения содержания в составе покрытия нитридов и карбидов кремния (от 70 до 90 %) за счет увеличения содержания атомарного азота и углерода в составе реакционно-способной плазмы. Этого можно достичь путем введения в реакционно-способную плазму, содержащую продукты пиролиза полиорганосилазана, дополнительных неорганических реагентов, например, аммиака и изопропилового спирта в соотношении соответственно 10:(0,5–3):(0,5–3), в результате пиролиза которых образуется дополнительный реакционно-способный атомарный азот и углерод.

Тонкопленочное покрытие наносилось на упрочняемые поверхности (кромки пуансонов и матриц) вырубных штампов для разделительной штамповки. Материал штампов сталь У8А, 5ХНМ. Штампуемый материал – сталь 12Х18Н10Т, толщиной 1,5–2 мм.

Тонкопленочное покрытие наносилось по двум вариантам:

- в качестве реагента использовался полиорганосилазан;
- в качестве реагентов использовались полиорганосилазан, аммиак и изопропиловый спирт в соотношении 10:1:1 соответственно.

Исследования химического элементного состава тонкопленочного покрытия показало, что при использовании в качестве реагента полиорганосилазана тонкопленочное покрытие имеет следующий состав: Si – 60,84 %, О – 39,02 %, С – 0,14 %, т. е. для первого варианта нанесения тонкопленочное покрытие состоит преимущественно из оксида кремния.

При использовании в качестве реагентов полиорганосилазана, аммиака и изопропилового спирта в соотношении 10:1:1 соответственно, тонкопленочное покрытие имеет следующий химический элементный состав: Si – 47,12 %, N – 25,3 %, С – 27,5 %, О – 0,08 %.

Производственные испытания штампов, упрочненных по первому варианту показали увеличение стойкости по сравнению с неупрочненными штампами в 1,5 раза. Производственные испытания штампов, упрочненных по второму варианту показали увеличение стойкости по сравнению с неупрочненными штампами в 2,5 раза.

Таким образом, повышение твердости и износостойкости тонкопленочного покрытия за счет введения в состав реагента дополнительных веществ (аммиак и изопропиловый спирт) позволило значительно увеличить стойкость штамповой оснастки, что в условиях реального производства позволяет получить положительный экономический эффект.