

УДК 621. 9.025.7

Разновидности износостойких покрытий для режущего инструмента

Юнусов Н.А., Каримов А.Р., Килиманов К.А.

Varieties of wear-resistant coatings for cutting tools

Yunusov N.A., Karimov A.R., Kilimanov K.A.

В последнее время все большее внимание уделяется созданию и реализации в производстве современных материалов для режущих изделий. Помимо работы над получением новых твердосплавных материалов, быстрорежущих сталей, большое внимание уделяется и изучению такого вопроса, как увеличение свойств поверхностного слоя изделия, защите его от износа и сохранения исходных свойств при повышенных нагрузках. Одно из самых перспективных направлений в данной области - разработка и нанесение материалов, стойких к износу, на режущие части инструментов.

Покрытия, наносимые на режущие инструменты, используются для различных операций и для различных режимов обработки. Можно утверждать, что факт увеличения таких характеристик, как износостойкость, прочность, при нанесении износостойких покрытий является доказанным. Такое улучшение позволяет использовать более производительные режимы обработки. Кроме того по сравнению с другими видами упрочнения, износостойкие покрытия способны в разы увеличить стойкость инструмента к изнашиванию.

Среди основных типов покрытий, применяемых для упрочнения режущего инструмента наибольшее распространение, получили методы химического (ХОП) и физического (ФОП) осаждения. Каждое покрытие, относящееся к тому или иному типу, имеет определенные ограничения для использования в той или иной операции механической обработки. Это, прежде всего, связано с достоинствами и недостатками способов нанесения покрытий и их физико-механическими свойствами.

Методы ХОП основаны на гетерогенных химических реакциях в парогазовой среде, окружающей инструмент, в результате которых и образуются необходимые покрытия. Исходными продуктами, для образования покрытий, служат газообразные галогениды, которые взаимодействуют с другими составляющими смесей (водородом, аммиаком, окисью углерода и пр.). Разложение галогенида происходит в результате термо-химической реакции ($T=1000-1100^{\circ}\text{C}$). Распространены более других следующие вещества, выступающие в качестве покрытий на твердых сплавах: карбиды, нитриды, карбонитриды титана и оксида алюминия.

Многие характеристики покрытия (качество, свойства и структура) во многом зависят от параметров газофазного осаждения. Большое влияние оказывает температура на границе раздела конденсата и инструментального материала. В последнее время созданы процессы ХОП, позволяющие значительно снизить температуру процесса до 600-8000С. За счет такого снижения температуры, расширяется номенклатура обрабатываемых деталей. Кроме того температура значительно влияет на адгезию покрытия к твердому сплаву. Но температура не является единственным фактором, влияющим на адгезию. Одними из таких факторов являются кристаллохимическая однородность двух материалов и присутствие активных парогазовых сред внутри вакуумной камеры (O_2 , H_2O , N_2). На свойства покрытий так же оказывают значительное воздействие концентрация реагентов парогазовой смеси, ее давление и скорость подачи.

Большой интерес к износостойким покрытиям, в последнее время, проявляется в области ФОП технологий, т.к. существующие технологии и оборудование позволяет наиболее эффективно управлять процессом осаждения и получать покрытия с прогнозируемой структурой и свойствами. Несомненный интерес представляют нанокompозитные покрытия, а так же многослойные наноструктурированные или так называемые покрытия с «суперрешеткой». Благодаря высокой степени прогнозируемости и точности нанесения по толщине покрытия, наноструктурированные покрытия, наносятся с помощью технологий ФОП. Большое количество исследований в этой области позволяет достаточно быстро внедрять новые составы покрытий в производство и проводить широкомасштабные исследования.

Методы ФОП представляют собой испарение вещества в вакуумном пространстве камеры с подачей реакционного газа (N_2 , O_2 , CH_4 и др.). Самыми распространенными методами ФОП являются конденсация вещества из плазменной фазы катода в вакууме, с ионной бомбардировкой (КИБ); магнетронно-ионное распыление (МИР) и магнетронно-ионное реактивное распыление (МИРР).

Метод ФОП является универсальным, т.к. позволяет варьировать температуру в зоне нанесения покрытия, что позволяет обрабатывать быстрорежущий и твердосплавный инструмент. Кроме того, достаточно точно представляется возможным прогнозировать структуру и состав покрытия. Методы ФОП позволяют получать широкую гамму монослойных, многослойных и композитных покрытий. Для испарения используются металлы IV – VI групп Периодической системы. В результате испарения металлов и взаимодействия их с ионами реакционных газов образуются нитриды, карбиды, оксиды, карбонитриды, бориды тугоплавких металлов.

В последнее десятилетие, благодаря развитию нанотехнологий, достаточно активно раз-

виваются методы МИР и МИРР – эти методы позволяют наносить покрытия нанометрической структуры 3–10 нм. Суть метода такова: в качестве испарителя используют пластину мишень, которая подключена к отрицательному потенциалу катода. Под влиянием магнитного поля, создаваемого магнитом, расположенным за катодом-мишенью, электрон совершает движение по циклоидальным траекториям в узкой зоне над мишенью. При этом степень распыления и плотность ионного потока увеличивается на порядок по сравнению с простым диодным распылением. В МИР и МИРР источник плазмы линейный, его параметры могут быть увеличены наложением линейных источников. Кроме того, при соответствующем расположении магнетронных источников плазмы, например «попарно» (дualный магнетрон), можно заметно уменьшить «теневой эффект». Недостатком данного метода является плакирование поверхности мишени слоями образовавшихся соединений (нитридов, оксидов и т.д.), что приводит к снижению работы выхода вторичных электронов и степени распыления. Однако существуют методы самоочистки, позволяющие снизить данный эффект.

Методы МИР и МИРР являются намного более экологичными и безопасными, по сравнению с методами ХОП. С помощью них можно достаточно точно наносить новое покрытие с необходимыми свойствами и характеристиками.

Процесс нанесения износостойких покрытий занимает значимое место в создании режущих инструментов. Повысить износостойкость инструмента можно, прибегая к высокотехнологичным физико-химическим методам поверхностного упрочнения. В наше время представляет немалый интерес в практическом отношении изучение процессов улучшения свойств металлов и сплавов, оптимизация режимов упрочняющей обработки с целью достижения необходимого набора свойств.

Литература

1. *Металлургия и материаловедение: справочник / Циммерман Р., Гюнтер К.* – М.: Metallurgija, 1982. – 477 с.
2. *Корягин С.И., Пименов И.В., Худяков В.К.* Способы обработки материалов: Учебное пособие. – Калининград: Калинингр. ун-т., 2000. – 448 с.
3. Поверхностное упрочнение твердосплавного инструмента путем обработки импульсной плазмой [Электронный ресурс]: Библиофонд. – 2003 – 2016. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=578450>.

References

1. *Metallurgija i materialovedenie: spravochnik [Metallurgy and Materials: A Handbook] / Cimmerman R., Gjunter K.* – Moscow: Metallurgija, 1982. – 477 p.
2. *Korjagin S.I., Pimenov I.V., Hudjakov V.K.* Sposoby obrabotki materialov: Uchebnoe posobie [Methods of processing of materials: Textbook.]. – Kaliningrad: Kaliningr. un-t., 2000. – 448 p.
3. *Poverhnostnoe uprochnenie tverdospлавnogo instrumenta putem obrabotki impul'snoj plazmoj [Surface hardening of carbide tools by processing pulsed plasma] [Jelektronnyj resurs]: Bibliofond.* 2003–2016. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=578450>.

Статья поступила в редакцию 27 февраля 2016 г.

Юнусов Нияз Азатович – студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, г. Казань, Россия. E-mail: apach236@yandex.ru

Каримов Артур Рафаэлевич – студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, г. Казань, Россия. E-mail: artur.karim@yandex.ru

Килиманов Константин Алексеевич – студент, Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н. Туполева, г. Казань, Россия. E-mail: kostik.kilimanov@mail.ru

Yunusov Niaz Azatovich – student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia. E-mail: apach236@yandex.ru

Karimov Artur Rafaelovich – student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia. E-mail: artur.karim@yandex.ru

Kilimanov Konstantin Alekseevich – student, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan, Russia. E-mail: kostik.kilimanov@mail.ru