

Основным вопросом в организации междугороднего электротранспорта является трудности с разворачиванием зарядной инфраструктуры на автодорогах: населенные пункты, где возможно организовать станции зарядки электромобилей, часто находятся на большом расстоянии друг от друга; имеются участки, где нет возможности организовать станции зарядки. Невозможность зарядки электромобилей на протяженных участках дорог является большим препятствием для развития электротранспорта в междугороднем сообщении. Решением данного вопроса может быть размещение ЭЭС в местах пересечения автодорог и воздушных линий электропередачи ВЛ 110 и 220 кВ. Также рекомендуется использовать для размещения ЭЭС места, где воздушные линии электропередач проходят вблизи автодорог.

Зарубежный опыт показывает, что зарядную инфраструктуру предпочтительно выстраивать по системе «дома — в общественных местах — на работе». Поэтому предлагается использовать действующую систему АЭС, а также платных и бесплатных парковочных мест как на открытых площадках и улицах, так и возле жилых и общественных зданий. Введение стандарта, предписывающего оборудование всех АЭС зарядными станциями для транспортных средств с электродвигателем, позволит значительно увеличить количество ЭЭС стандарта Mode 4. Уменьшение времени заряда позволит повысить эффективность системы зарядных станций путем сокращения времени ожидания окончания заряда, уменьшения необходимого количества станций подключения и как следствие уменьшения необходимого места для организации пунктов заряда.

Для установки и функционирования электрозарядных станций для электромобилей необходимо их оформление в установленном законодательством порядке. Чтобы установить зарядную станцию для электромобиля заинтересованному лицу необходимо совершить многочисленные действия, начиная с обращения в местные исполнительные и распорядительные органы по месту планируемой установки зарядной станции, завершая предоставлением копии паспорта на зарядную станцию. Это требует больших затрат времени со стороны заинтересованного лица. Поэтому рекомендуется предоставить налоговые льготы и субсидии юридическим лицам, которые будут осуществлять комплексное обслуживание (т. н. «под ключ») лиц, заинтересованных в установке зарядных устройств для электромобилей.

Заключение. Выполнение вышеуказанных рекомендаций по стимулированию развития инфраструктуры для электротранспорта в Республике Беларусь позволит удовлетворить потребности социально ориентированного развития экономики и общества в инновационных автотранспортных услугах посредством улучшения показателей качества, доступности, экологичности и безопасности, а также будет способствовать дальнейшей интеграции транспортной системы Республики Беларусь в мировую транспортную систему.

Список цитируемых источников

1. IbMedia : [сайт]. – Минск, 2024.– URL: <https://ibmedia.by/news/kogda-v-belarusi-budet-100-tysyach-elektromobilej/> (дата обращения: 01.04.2025).
2. Российская газета : [сайт]. – Москва, 2020. – URL.: <https://rg.ru/2020/09/03/reg-cfo/v-moskve-k-2023-godu-sozdadut-set-iz-600-zariadnyh-stancij-dlia-elektromobilej.html> (дата обращения: 01.04.2025).
3. БЕЛТА : [сайт]. – Минск, 2021.– URL: <https://www.belta.by/economics/view/v-belarusi-k-2030-godu-predusmotreno-sozdanie-bolee-1300-elektrozariadnyh-stantsij-466734-2021/> (дата обращения: 01.04.2025)

УДК 621.91

И. А. Горавский, П. А. Савко

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
г. Барановичи, Республика Беларусь*

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

Введение. Быстрорежущие стали, такие как Р6М5, широко используются в машиностроении и металлообрабатывающей промышленности благодаря уникальному сочетанию твердости, жаропрочности и износостойкости. Однако высокая стоимость материала и сложность изготовления режущего инструмента требуют эффективных методов повышения его стойкости и продления срока службы. Одним из наиболее значимых направлений в этой области является разработка и применение методов упрочнения, обеспечивающих улучшение эксплуатационных свойств при сохранении геометрии и точности инструмента.

Основная часть. Одним из таких методов является ионно-плазменная нитроцементация, которая позволяет формировать на поверхности металла твердый диффузионный слой, повышающий износостойкость. Процесс осуществляется в вакууме с использованием азота и углерода в плазменном состоянии, что способствует более глубокой и равномерной диффузии в структуру стали. После обработки поверхности фрезы приобретает твердость до 1300 HV, при этом сохраняется высокая вязкость сердцевины, что крайне важно для предотвращения хрупкого разрушения в процессе резания.

Вторым важным направлением является нанесение твёрдых износостойких покрытий. Широкое распространение получили покрытия на основе нитридов титана (TiN), титана-алюминия (TiAlN), хрома (CrN), а также многослойные композиционные покрытия. Они наносятся методами физического и химического осаждения из паровой фазы (PVD и CVD). Такие покрытия обладают низким коэффициентом трения, высокой твердостью (до 2500 HV) и термостойкостью до 900–1000 °С. Например, TiAlN образует при нагревании оксидную пленку Al₂O₃, которая служит тепловым барьером и защищает режущую кромку от перегрева и окисления.

Третьим перспективным методом является криообработка — выдержка инструмента при сверхнизких температурах (до –196 °С). Этот процесс способствует преобразованию остаточного аустенита в мартенсит, а также стимулирует образование мелкодисперсных карбидов, что увеличивает твердость и снижает внутренние напряжения. Инструменты, подвергнутые криообработке, демонстрируют более стабильные размерные характеристики и повышенную стойкость при механической обработке твёрдых и жаропрочных материалов.

На практике наилучшие результаты достигаются при комбинировании методов. Так, последовательная криообработка и последующее нанесение многослойного покрытия TiAlN позволяют достичь увеличения стойкости концевых фрез до 2,5–3 раз по сравнению с необработанным инструментом. Это позволяет не только повысить производительность, но и существенно снизить затраты на замену и обслуживание инструмента.

Также перспективным направлением является лазерная микротекстуризация поверхности перед нанесением покрытия. Формируемые микрорельефы улучшают механическое сцепление покрытия с подложкой, а также способствуют снижению контактных напряжений в зоне резания. Несмотря на технологическую сложность, применение этой технологии может стать стандартом при производстве инструмента премиум-класса.

Практические испытания, проведенные на предприятиях машиностроительной отрасли, показали, что фрезы, обработанные по комбинированной технологии «криообработка + TiAlN-покрытие», сохраняют режущие свойства до 180 минут непрерывной работы при обработке нержавеющей стали AISI 304, в то время как стандартные фрезы начинают терять эффективность уже после 70–80 минут. Это доказывает высокую технологическую значимость упрочняющих процессов для интенсивных режимов резания.

В сравнении между покрытиями, полученными методами PVD и CVD, первые обеспечивают более низкую температуру нанесения (200–500 °С), что делает их предпочтительными для инструментов из быстрорежущей стали, так как предотвращается отпуск и потеря твердости. Однако CVD-покрытия характеризуются лучшей равномерностью и адгезией, особенно на сложных профилях фрез. Для комбинированных инструментов с переменным сечением режущей части возможно использование гибридных технологий, сочетающих оба метода.

Особое внимание следует уделить выбору параметров ионно-плазменной обработки. Исследования показывают, что оптимальными являются температуры в пределах 500–550 °С и длительность процесса около 2–4 часов. При этих условиях обеспечивается формирование диффузионного слоя глубиной до 100 мкм, который существенно повышает устойчивость режущей кромки к абразивному износу. Важно также учитывать состав атмосферы, где введение небольшого количества водорода способствует очищению поверхности и улучшению адгезии образующегося слоя.

Заключение. Таким образом, применение современных методов упрочнения, таких как ионно-плазменная нитроцементация, нанесение твёрдых покрытий и криообработка, позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики фрез из быстрорежущей стали P6M5. Выбор конкретного метода или их комбинации зависит от условий эксплуатации, типа обрабатываемого материала и требуемой точности. Опыт промышленного применения подтверждает высокую эффективность данных технологий и их перспективность в рамках современных требований к производительности и надёжности режущего инструмента.

Список цитируемых источников

1. Титов, В. Н. Повышение износостойкости режущего инструмента / В. Н. Титов. — Москва : Машиностроение, 2017. — 256 с.
2. Кузнецов, С. А. Нанесение износостойких покрытий: теория и практика / С. А. Кузнецов. — Санкт-Петербург : Профессия, 2020. — 312 с.
3. Левин, И. Е. Криообработка инструментов из быстрорежущих сталей / И. Е. Левин // Технология металлов. — 2021. — № 7. — С. 43–47.
4. Романенко, И. В. Повышение надёжности инструмента путём применения PVD-покрытий / И. В. Романенко // Инструментальный мир. — 2019. — № 4. — С. 15–18.

УДК 621.315.322.4

И. В. Дубень, Д. В. Гордич, А. Б. Пахольчик

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КАРБОНОВОГО НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ПРОВОДА

Введение. Распределенный электронагреватели представляют собой устройства, предназначенные для контактного нагрева достаточно больших или протяженных объектов. Кроме широко известных электрообогреваемых полов такими объектами являются трубопроводы в местах их возможного промерзания, водостоки,