

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

УДК 621.762

ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УПРОЧНЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

А.П. КУЧИНСКИЙ

Научный руководитель – доцент, к.т.н. В.А. ЛОЙКО

Важнейшими составляющими ремонтного производства являются восстановление изношенных деталей и механическая обработка деталей, включающая изготовление запасных частей и обработку деталей после восстановления путем наплавки или нанесения покрытий. Запасные части изготавливаются из традиционных материалов – сталей, чугунов, цветных металлов. При восстановлении и упрочнении деталей возникает необходимость в обработке наплавленных и напыленных материалов, которые используются для формирования деталей требуемой конфигурации и точности.

Для большинства деталей, которые восстановлены наплавкой и напылением, требуется дальнейшая обработка для получения необходимой точности размеров и качества поверхности. Однако обработка наплавленных и напыленных материалов значительно отличается от обработки традиционных материалов. Материалы, используемые при восстановлении, имеют ряд специфических свойств, оказывающих влияние на их обрабатываемость:

- 1) значительные макроотклонения поверхности;
- 2) неоднородный химический состав по сечению;
- 3) повышенная пористость и трещиноватость;
- 4) различная твердость по поверхности и глубине;
- 5) присутствие в материале шлаков и твердых включений;
- 6) значительный оксидный слой на поверхности и на внутренних фрагментах структуры.

Поэтому механическая обработка наплавленных и напыленных материалов сопровождается значительными колебаниями величины сил резания и контактных нагрузок на поверхностях инструмента,

нестабильностью процесса резания, более высокой температурой в зоне резания по сравнению с обработкой материалов того же химического состава в другом состоянии, и, следовательно, пониженной стойкостью инструмента. Таким образом, материалы покрытий, применяемые для восстановления деталей сельскохозяйственной техники, обеспечивают их функциональные свойства и требуемый ресурс в эксплуатации, но плохо обрабатываются резанием, что создает трудности получения требуемых размеров и качества поверхностного слоя изделий.

Для решения данной проблемы в современном производстве целесообразно применять инструмент, упрочненный нанесением вакуумно-плазменных покрытий.

В зависимости от материала и условий эксплуатации режущего инструмента, необходимости в согласовании свойств материалов покрытия и инструмента, технологических особенностей методов нанесения к покрытиям, наносимым на режущий инструмент, предъявляется ряд требований, которые могут быть разделены на четыре категории. Во-первых, это требования, учитывающие условия работы инструмента, то есть его служебное назначение. Покрытия должны обладать: высокой твердостью, превышающей твердость материала инструмента (и сохранять ее при температуре резания); стойкостью к адгезии с обрабатываемым материалом во всем диапазоне температур резания; устойчивостью к высокотемпературной коррозии; стабильностью механических свойств вплоть до температуры теплостойкости инструментального материала; инертностью к растворению в обрабатываемом материале при высоких температурах; сопротивляемостью к разрушению при значительных колебаниях температур и напряжений. Ко второй категории отнесены специфические требования к инструментальному материалу с покрытием, т.е. это требования совместимости свойств материалов покрытия и инструмента. В этом случае материалы покрытия и инструмента должны иметь: средство кристаллохимического строения материалов покрытия и инструмента, определяющее высокую прочность их адгезии; оптимальное соотношение основных физико-механических и теплофизических характеристик (модули упругости, коэффициенты Пуассона, линейного расширения, тепло- и температуропроводности); малая склонность материалов основы и покрытия к твердофазным диффузионным реакциям во всем диапазоне температур и напряжений в условиях процесса резания, образованию хрупких вторичных соединений. В-третьих, это требования к технологическим особенностям метода нанесения покрытия: форми-

рование покрытия при температурах, исключаяющих рекристаллизационные явления и фазовые переходы в материале инструмента; возможность воспроизводимости свойств покрытия выбранного состава при заданном соотношении технологических параметров. К общим требованиям относятся: высокая плотность и сплошность покрытия, обеспечивающие защиту материала инструмента от взаимодействия с обрабатываемым материалом и газовой средой; стабильность свойств покрытия во времени; малые колебания толщины покрытия в пределах рабочих поверхностей, позволяющие сохранить высокую геометрическую точность инструмента, возможность получения покрытий предельно простым и экономичным способом.

Выбор покрытия осуществляется в зависимости от типа обрабатываемого материала и области его применения. Любое покрытие должно обладать максимальной инертностью к обрабатываемому материалу. Поэтому необходимо учитывать тип химической связи материала покрытия. Нитридные и карбидные покрытия находят широкое применение в различных отраслях промышленности, что связано с их предельными физико-механическими свойствами и устойчивостью во многих агрессивных средах. В таблице 1 приведены свойства соединений тугоплавких металлов, используемых в качестве покрытий.

В настоящее время все большее применение находят композиционные и многослойные покрытия, которые в максимальной степени способны удовлетворить сложному комплексу требований, предъявляемых к покрытиям для режущего инструмента. Кроме того, они способны хорошо сопротивляться хрупкому разрушению в условиях развития трещин или при сильных пластических деформациях режущей части.

Таблица 1 - Свойства соединений тугоплавких металлов для покрытий

Соединение	ρ , кг/м ³	$T_{пл}$, °C	$H_{и}$, ГПа	E , ГПа	α , град ⁻¹	λ , Вт/м·К
<i>TiC</i>	4930	≈3250	31,7	460	8,3	6,8
<i>TiN</i>	5440	2950	20,5	256	9,4	12,6
α - <i>Al₂O₃</i>	3980	2050	-	-	8,0	30,2
<i>NbN</i>	8470	2300	14,61	493	10,1	3,8
<i>ZrC</i>	6900	3330-3530	29,5	355	7,01	11,6
<i>HfC</i>	12200	≈3890	28,3	359	6,9	6,3
<i>ZrN</i>	7350	2980	15	400	7,24	28,3
<i>HfN</i>	13,39	3310	16	-	6,9	19,1

Примечание: ρ - плотность, $T_{пл}$ - температура плавления, $H_{и}$ - микротвердость, E - модуль упругости, α - коэффициент термического расширения, λ - коэффициент теплопроводности

У многослойных покрытий нижний слой, прилегающий к инструментальному материалу, должен обеспечивать прочное сцепление с ним и обладать меньшими остаточными напряжениями для снижения перепада напряжений на границе с основой, наличие резкого перепада напряжений способствует отслоению покрытия. Максимальная адгезия покрытия с подложкой достигается при равномерном распределении напряжений по всей поверхности контакта. Это условие выполняется при наличии в покрытии переходного слоя, состав которого постепенно изменяется от характерного для материала покрытия до свойственного материалу основы.

Анализ данных физико-химических и теплофизических свойств материалов покрытий показывает, что наиболее близкими свойствами к твердым сплавам обладает карбонитрид титана $TiCN$, который имеет период кристаллической решетки, близкий к компонентам твердых сплавов, и схожие значения коэффициентов термического расширения. Также прочность сцепления с основой может быть повышена за счет осаждения нижнего слоя TiN по технологии «комбинированный температурный режим» при высокой температуре конденсации.

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Широкое использование инструмента с покрытиями обусловлено его высокой работоспособностью и возможностью интенсифицировать процесс резания при неизменном ресурсе стойкости инструмента. Нанесение покрытий на режущий инструмент позволяет значительно повысить стойкость инструмента. В различных отечественных и зарубежных работах отмечается факт повышения периода стойкости от 1,5 до 10 раз и более. Однако на различных технологических операциях обработки резанием эффективность инструмента с покрытием неодинакова. В частности, при переходе от непрерывного к прерывистому резанию эффективность их применения снижается примерно в 2 раза.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что покрытия TiN , TiC обеспечивают многократное (от 2 до 5 раз) повышение стойкости инструментов из быстрорежущих сталей и твердых сплавов при обработке конструкционных углеродистых сталей нормальной и повышенной твердости и малоэффективны при резании труднообрабатываемых материалов.

1. Лойко, В.А. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В.А. Лойко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2008.
2. Лойко, В.А. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники и упрочнение режущего инструмента нанесением вакуумно-плазменных покрытий: методические указания к лабораторной работе / сост.: В.А. Лойко, В.П. Миклуш, Г.И. Анискович. – Минск: БГАТУ, 2010.
3. Кучинский, А.П. Выбор материалов для плазменно-вакуумных покрытий трущихся поверхностей. // Материалы студенческой научной конференции. – Май, 2010. УО БГАТУ.