

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

А. А. Сербов, Б. Е. Лопаев

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Абразивный износ металлорежущего инструмента сопровождается большими потерями дорогостоящей быстрорежущей стали. В представленной работе рассмотрен режущий инструмент – долбяк, используемый для нарезания зубьев прямозубых и косозубых колёс наружного и внутреннего зацепления и изготавливаемый из стали P12M3K8-ИП. Дано описание работы долбяка и показан его износ. Из различных методов повышения стойкости и абразивному износу выбрано ионно-плазменное напыление. Приведены материалы напыляемых порошков, их свойства, представлен технологический процесс ионно-плазменного напыления, механические свойства напыленных износостойких слоев. Отмечается необходимость применения ионно-плазменного напыления для повышения износостойкости долбяков.

Ключевые слова: долбяк, износостойкость, высокотемпературный отпуск, закалка с полиморфным превращением, карбонитриды титана, ионно-плазменное напыление.

В настоящее время к проблемам трения и износа направлено усиленное внимание, так как их последствия оцениваются безвозвратной потерей до 6% национального валового продукта ежегодно. Это актуально и для машиностроения, где режущие инструменты изнашиваются и теряют свою первоначальную форму. Для восстановления режущей способности инструмента необходимо затачивание рабочих поверхностей, что сопровождается большими потерями дорогостоящего быстрорежущего материала. Таким образом, изучение факторов, отрицательно влияющих на стойкость режущего инструмента, и их устранение, является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Существует ряд технологических способов обработки рабочей поверхности инструмента, позволяющих значительно увеличить их износостойкость, наиболее прогрессивными и эффективными из которых является методы напыления на поверхность инструмента покрытий из твёрдых соединений [1].

Напыление – процесс, заключающийся в нагреве распыляемого материала высокотемпературным источником, образованием двухфазного газопорошкового потока и формировании покрытий на поверхности изделия толщиной менее 1мм.

В представленной работе рассмотрено повышение износостойкости долбяка. Долбяк – металлорежущий инструмент для нарезания зубьев

прямозубых и косозубых зубчатых колёс наружного и внутреннего зацепления (рис. 1).

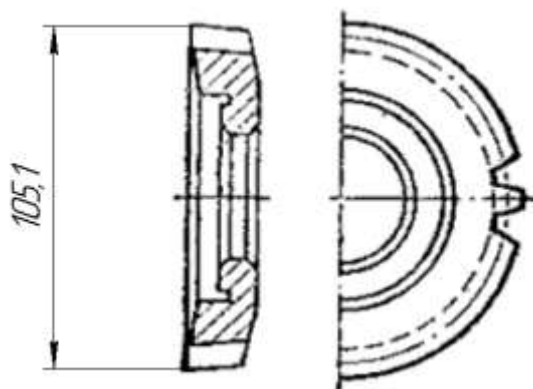
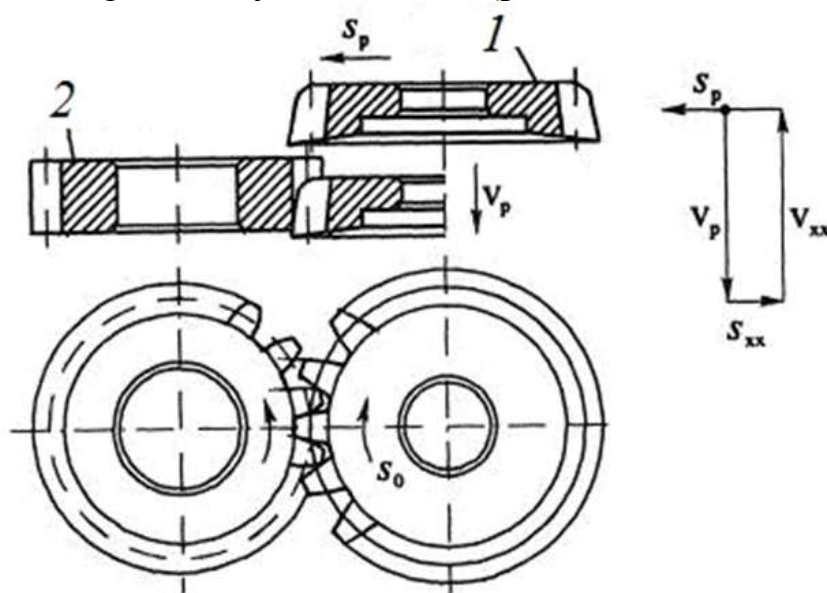


Рисунок 1.- Дисковый прямозубый долбяк

Долбяк имеет вид зубчатого колеса, снабженного режущими элементами с соответствующей заточкой. В работе использован прямозубый долбяк класса Б диаметром 105,1 мм., изготовленный из быстрорежущей стали P12M3K8-МП.

При нарезании зубьев долбяк и обрабатываемая заготовка обкатываются по начальным окружностям без скольжения. Кроме вращения долбяк движется возвратно-поступательно вдоль оси заготовки, а также поступательно в радиальном направлении на величину высоты зуба нарезаемого колеса. Срезание стружки происходит при движении долбяка вниз (рабочий ход); обратный ход холостой.

При зубодолблении на инструмент воздействует высокая термическая и механическая нагрузка. Основная масса металла срезается вершиной и входной боковой стороной профиля зуба долбяка, при этом вершина снимает наиболее толстый срез. Схема процесса зубодолбления (рис. 2).



1 – долбяк, 2 – нарезаемое колесо, S_p – радиальная подача, V_p – движение резания, S_{xx} – расстояние отвода, V_{xx} – холостой ход вверх, S_0 – круговая подача

Рисунок 2.- Схема процесса зубодолбления

Максимальная толщина среза снимается в момент входа вершиной кромки в заготовку. В результате возникает износ режущих кромок инструмента.

Механизм износа зависит от способа радиальной подачи. При ступенчатой радиальной подаче преобладает износ задней поверхности режущего инструмента. Для метода со спиральной радиальной подачей характерно образование лунки на передней поверхности долбяка.

Для повышения износостойкости поверхности долбяка был выбран PVD – процесс, который означает напыление конденсации из газовой фазы. Он происходит в вакууме, а покрытие получается путём прямой конденсации пара наносимого материала. Этот процесс позволяет увеличить ресурс работы инструмента путем нанесения одно- и многослойных покрытий различного состава на поверхность любой конструкции, при небольших температурах, что немаловажно для термически упрочняемого режущего инструмента[2].

Наиболее высокие эксплуатационные характеристики имеют покрытия на основе нитридов, карбидов и карбонитридов титана TiN, TiC, TiCN толщиной 5...8 мкм.

Применение титана в качестве напыляемого вещества целесообразно с точки зрения дешевизны и доступности по сравнению с другими веществами (Zr, Hf). Важным фактором при выборе титана является то, что титан имеет более низкую температуру при нанесении покрытия, что положительно сказывается на структуре материала изделия[3].

Для покрытий TiCN микротвёрдость материала покрытия зависит от содержания ацетилена. При содержании C₂H₂ (10..15)% адгезионные свойства покрытия высокие.

Перед напылением основной материал долбяка должен иметь высокую твёрдость. Для достижения этого свойства долбяк должен пройти термическую обработку, состоящую из закалки и отпуска[4].

Закалка с полиморфным превращением заключается в нагреве долбяка выше температуры полиморфного превращения с последующим быстрым охлаждением в воде или масле. После закалки материал приобретает большую твердость, становится хрупким, менее пластичным и вязким. Для снижения хрупкости и увеличения пластичности и вязкости применяют высокотемпературный отпуск. Для этого изделие нагревают в печи до температуры 650 °С, выдерживают некоторое время и затем медленно охлаждают.

Технологический процесс ионно-плазменного напыления выполняют на установке ННВ 6.6 - И1. Он включает следующие этапы:

-подготовка детали под покрытие; подготовка камеры; монтаж деталей для покрытия; порядок откачки камеры; очистка детали перед покрытием, покрытие; контроль качества покрытия;

Технологический процесс занимает 2 часа, из них 1 час на подготовку, 50 минут на очистку перед напылением и напыление, и 10 минут на визуальный контроль.

Подготовка детали под покрытие. Подготовительные операции проводятся с целью очистки поверхностей деталей от загрязнений органического и неорганического характера. Детали, поступившие на покрытие, должны иметь металлический блеск без следов черноты, коррозии, травления.

Такой же операции подвергаются приспособления для размещения деталей в камере установки.

Все очистные операции проводятся под вытяжкой в х/б и резиновых перчатках

Подготовка камеры. Перед установкой детали, камера должна иметь температуру не ниже комнатной и должна быть очищена от пыли. Уплотнительные поверхности протираются влажной, смоченной в бензине БР-1, салфеткой.

Монтаж детали для покрытия. Производится сборка деталей на приспособлении для нанесения покрытия, на специальном монтажном столе, заранее очищенном от загрязнений. Вместе с деталями загружается образец-свидетель для замера твердости и толщины слоя.

После установки детали в камеру необходимо включить поворотное устройство, чтобы убедиться в нормальном вращении детали.

Произвести проверку смотрового стекла. Должно быть хорошо видно всю камеру.

Порядок откачки камеры. Убедиться в поступлении воды в форвакуумный насос, включить подогрев камеры. Включить форвакуумные насосы. Дальнейшую откачку производить с помощью диффузионного насоса открытием клапана. При отсутствии необходимого вакуума открыть дозатор на форвакуумном насосе. Включить нагрев диффузионного насоса.

Очистка деталей перед покрытием, покрытие. Очистка производится с целью удаления с поверхности деталей воздушной пленки, оксидов, а также для активации поверхности и разогрева. Очистка происходит в тлеющем разряде и ионным травлением.

При тлеющем разряде в камеру подается азот или аргон до разряжения 1,3...2,6 Па и напряжение на подложке 400...600 В. При этом происходит выгорание органических частиц с поверхности деталей и оснастки.

Очистка детали ионным травлением производится при включенном поворотном устройстве в вакууме $(1,3...8) \cdot 10^{-3}$ Па и подачей напряжения 500...1000 В на детали от испарителя. Режимы очистки и режим покрытия представлен в табл. 1:

Таблица 1

Режимы очистки и покрытия

Вид покрытия	Материал катода	Реактивный газ	Давление в камере, мм.рт.ст.	Токи дуги, А	Напряжение дуги, В	Температура нагрева детали, °С
Карбонитрид титана	BT1-0	12% C ₂ H ₂ ⁺ 88% N ₂	5x1 0 ⁻⁵ (1.0...2.0)·10 ⁻³	80 ...120	900... 1000	400...60 0

Переход с режима очистки на режим покрытия производится переключением напряжения с высокого на опорное и подачу в камеру реактивного газа.

После окончания процесса закрыть подачу реактивного газа в камеру, охладить покрытые детали в камере при высоком вакууме в течение 20...40 минут, закрыть вакуумный затвор, напустить воздух в камеру, и через 2...3 минуты после открытия двери камеры в х/б рукавицах выгрузить детали с оснасткой.

Контроль качества покрытия: Толщина покрытия определяется металлографическим методом на образцах-свидетелях или деталях, а также интерферометром.

Микротвердость покрытия определяется микротвердомером ПМТ-3 ГОСТ 15150-69 при вдавливании алмазной пирамиды с углом при вершине 136° и нагрузке 2...50 гр., хрупкость при нагрузке 200 гр. По характеру отпечатка с учетом требований ГОСТ 9450-76. Микротвердость для карбонитрида титана должна находиться в диапазонах Н-50 = 16,0...24,0 Г.П. (1600...1400 кгс/мм²)

Адгезия определяется факультативно при отработке новых технологий покрытия методом нанесения сетки царапин (ГОСТ 9302-79) алмазным наконечником ТП с интервалом в 0,5 мм, глубиной до основного материала.

Результаты исследования износостойкости напыленных поверхностей долбяков показали, что у долбяков с покрытием износ их поверхностей значительно меньше, чем у долбяков без покрытия.

Библиографический список

1. Белый, А. В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев [Текст] / А.В. Белый, Г.Д. Карпенко, Н.К. Мышкин. – М.: Машиностроение, 1991. – 335 с.
2. Григорьев, С. Н. Нанесение покрытий и поверхностная модификация инструмента: учебное пособие [Текст] / С.Н. Григорьев, М.А. Волосова – М: ИЦ МГТУ «СТАНКИН», Янус-К, 2007. – 324 с.
3. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений [Текст] / под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 2005. – 481 с.
4. Прогрессивные технологии нанесения покрытий – наплавка, напыление, осаждение [Текст] / П.А. Тополянский, А.П. Тополянский // РИТМ. – 2011. - № 1. – С. 63-68.