

где

$$\alpha_{1,2} = (M_1 + M_2 + \Lambda_0 + \Lambda_1) / 2 \pm \sqrt{(M_1 + M_2 + \Lambda_0 + \Lambda_1)^2 / 4 - (M_1 M_2 + \Lambda_0 M_2 + \Lambda_0 \Lambda_1)}.$$

Таким образом, приведенные зависимости позволяют оптимизировать состав РТК и повысить эффективность его эксплуатации.

Л и т е р а т у р а

1. Теоретические основы проектирования технологических комплексов / А. М. Русецкий, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.] ; под общ. ред. А. М. Русецкого. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 239 с.
2. Автоматизация и управление в технологических комплексах / А. М. Русецкий, П. А. Витязь, М. Л. Хейфец [и др.] ; под общ. ред. А. М. Русецкого. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 375 с.
3. Михайлов, М. И. Надежность и диагностика технологических систем / М. И. Михайлов. – Минск : РИВШ, 2022. – 360 с.
4. Основы автоматизации машиностроительного производства / Е. Р. Ковальчук, М. Г. Косов, В. Г. Митрофанов [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 1999. – 312 с.
5. Технологические основы гибких производственных систем / В. А. Медведев, В. П. Вороненко, В. Н. Брюханов, В. Г. Митрофанов, Л. М. Червяков, А. Г. Схиртладзе ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высш. шк., 2000. – 255 с.
6. Каштальян, И. А. Повышение эффективности использования станков с ЧПУ в условиях нестационарного резания / И. А. Каштальян. – Минск : БНТУ, 2008. – 311 с.
7. Иванов, А. А. Модернизация промышленных предприятий на базе современных систем автоматизации и управления / А. А. Иванов. – М. : ФОРУМ : Инфра-М, 2015. – 384 с.
8. Козырев, Ю. Г. Применение промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – М. : КНОРУС, 2021. – 488 с.
9. Булгаков, А. Г. Промышленные роботы: Кинематика, динамика, контроль и управление / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. – М. : СОЛОН-Пресс, 2018. – 484 с.
10. Болотин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В. В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1984. – 312 с.
11. Надежность и эффективность в технике : справочник : в 10 т. – М. : Машиностроение, 1987. – Т. 2 : Математические методы в теории надежности и эффективности / под ред. Б. В. Гнеденко. – 1987. – 280 с.
12. Михайлов, М. И. Повышение надежности сборного режущего инструмента / М. И. Михайлов. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. – 272 с.
13. Повышение ресурса трибосопряжений активированными методами инженерии поверхности / П. А. Витязь, В. И. Жорник, М. А. Белоцерковский, М. А. Леванцевич ; под общ. ред. П. А. Витязя. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 452 с.

УДК 621.914.22

ТОРЦЕВАЯ ФРЕЗА, ОСНАЩЕННАЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНАМИ ВУТС PNUQ 13T708

А. Н. Жигалов

Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев

В ИТМ НАН Беларуси создано современное высокоэффективное производство твердосплавного инструмента. Закуплено за средства инновационного фонда высокопроизводительное и высокого качества научное и технологическое оборудование. Создана современная, на основе научных разработок ИТМ НАН Беларуси, белорусская технология «ВУТС» прессования, спекания, шлифования, мойки, нанесения покрытий и контроля качества выпускаемой твердосплавной продукции.

Высокопроизводительное прессовое оборудование разработано совместно с китайским производителем. Уникальность оборудования заключается в использовании трехдожимного прессования и вибросысыпку, что обеспечивает качество прессовки. Использование робота-манипулятора и разработанных режимов прессования обеспечивает производительность более 5000 твердосплавных пластин в смену.

Применяется современное и уникальное оборудование для спекания твердосплавных изделий, доработанное в стенах ИТМ НАН Беларуси, для обеспечения спекания в один цикл (депарафинизация, спекание). Уникальность оборудования заключается в проведении спекания в один цикл, объединяющий в себе депарафинизацию и непосредственно спекание, что позволяет сократить время производства практически в 2 раза. Производительность – более 5000 твердосплавных пластин в сутки.



а)



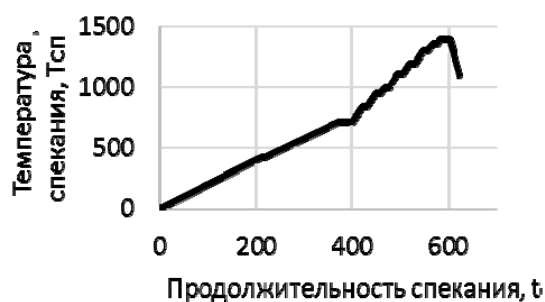
б)

Рис. 1. Сортировка пластин

Применяются разработанные учеными ИТМ НАН Беларуси оригинальные режимы спекания, обеспечивающие получение качественных твердосплавных пластин, отвечающих требованиям отечественных и зарубежных стандартов.



а)



б)

Рис. 2. Установка (а) и режимы (б) спекания

Двухсторонний станок прецизионной шлифовки позволяет одновременно шлифовать две плоскости. Кроме того, станок оснащен полировочным кругом для доводки пластин, голтовочным кругом для закругления режущих кромок пластин.

Оборудование представляет собой автоматическую линию. Растворение загрязнений под воздействием моющего раствора и удаление нерастворяемых частиц происходит за счет гидравлических микроударов при кавитационном воздействии, которое возникает в жидкости при прохождении через нее ультразвуковой волны.

Ультразвуковое воздействие также способствует перемешиванию моющего раствора, что ускоряет его действие.



а)



б)

Рис. 3. Шлифование (а), ультразвуковая очистка (б)

На пластины наносятся упрочняющие покрытия методом физического осаждения PVD.

Возможность нанесения износостойких покрытий на основе нитридов (TiN, CrN, TiCrN, TiAlN, AlTiSiN, TiN-Cu, ZrN-Cu, AlN-Cu и др.), карбонитридов (TiCN, ZrCN, CrCN и др.), комбинированные (AlTiN + TiCrN, TiCN + AlTiN, CrCN + AlTiN, TiCN + TiCrN, CrCN + TiCrN) в виде однослойных или многослойных систем с заданным соотношением компонентов. Возможность проводить в одном процессе азотирование поверхности инструмента на глубину 30–50 мкм, с последующим нанесением однослойного или многослойного покрытия.

Загрузка камеры позволяет производить нанесение упрочняющих покрытий за один цикл на 600–1800 штук пластин за смену.



Рис. 4. Вакуумное напыление методом PVD

Каждая партия изготовленных твердосплавных пластин «BYTC» в обязательном порядке подвергается контролю по шести методикам:

- методика измерения плотности твердосплавных пластин;
- методика измерения твердости твердосплавных пластин;
- методика измерения ударной вязкости твердосплавных пластин;
- методика измерения пористости и микроструктуры твердосплавных пластин;
- методика измерения геометрических параметров твердосплавных пластин;

– методика измерения стойкости твердосплавных пластин.

Основные характеристики твердосплавных пластин «BYTC» соответствуют требованиям отечественных и зарубежных стандартов: твердость 89–93 HRA; плотность для Т5К10 – 12,98 г/см³; для ВК8 – 14,74 г/см³; размер зерна – 1,4–1,6 мкм; пористость – 0,02 %; шероховатость $\approx 0,15$ Ra.

Зависимости износа от времени резания пластин PNEA 110480 (один из производителей); BYTC PNEA 110408 P30 (без покрытия), PNEA 110408 BP P30 (с покрытием) при обработке чугуна ВЧ 50 приведены на рис. 5.

Износ по задней поверхности пластин марки «BYTC» к 98 минуте работы ниже в 1,78 раза в сравнении с коммерческим производителем.

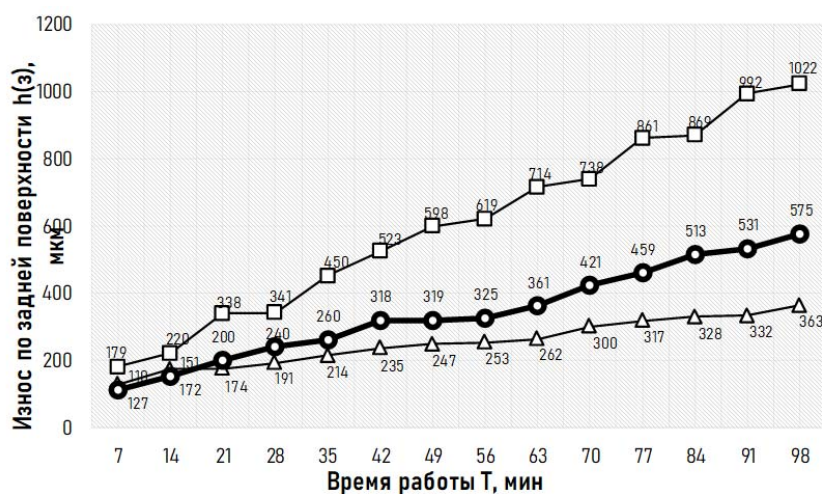


Рис. 5. Зависимости износа от времени резания пластин



а)



б)

Рис. 6. Вид спеченной твердосплавной пластины PNUQ 13T709 (а), фрезы BYTC/ОИЗ для силового фрезерования (б)

Проведенная промышленная апробация среди предприятий Министерства промышленности Республики Беларусь показала, что твердосплавные пластины «BYTC» соответствуют эксплуатационным и техническим требованиям в заявленном сегменте инструмента.