

УДК 621.9

А. Н. ЖИГАЛОВ, д-р техн. наук, доц.

М. В. БАШАРИМОВ

Институт технологии металлов НАН Беларуси (Могилев, Беларусь)

ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН МАРКИ «ВУТС»

Аннотация

Приведены результаты промышленной апробации на 13 предприятиях Министерства промышленности Республики Беларусь, которые показали, что освоенная ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» технология изготовления твердосплавных пластин марки ВУТС способна обеспечивать выпуск качественных металлорежущих твердосплавных пластин. Стойкость пластин в среднем на 20 %...30 % и более выше своих аналогов, при этом стоимость ниже. Выпускаемые металлорежущие твердосплавные пластины под брендом ВУТС соответствуют качественным, эксплуатационным и техническим требованиям в заявленном сегменте инструмента.

Ключевые слова:

твердосплавные металлорежущие пластины марки «ВУТС», стойкость, износ.

Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов НАН Беларуси» освоило технологию производства металлорежущих твердосплавных пластин марки «ВУТС» [1].

Технология прессования основана на использовании высокопроизводительного трехдожимного пресса. Спекание осуществлялось в цикле: депорофизация-спекание. В технологию введено упрочнение аэродинамическим звуковым резонансным воздействием [1].

Для изготовления пластин использовался порошок, распыляемый из цементированного карбида YТ5 (TiC-5 %), китайского производства. Его характеристики: плотность – 12,9...13,05 г/см³; средний размер зерна WC – 1,2...2,0 мкм; кобальт – 9...9,5 %; титан – 5...5,5 %; парафин 2...2,2 %.

Изготовленные твердосплавные пластины ВУТС PNUA 110408 были проверены в лаборатории института по шести методикам. Были определены: плотность и масса; химический состав; твердость; геометрические размеры, пористость, размеры зерен.

Результаты исследований показали, что точность пластин ВУТС PNUA 110408 соответствовала ГОСТ 19064–80, твердость находилась в пределах 87,95...88,65 HRC, плотность – 13,01...13,60 г/см³, шероховатость – Ra= 0,278...0,423. Указанные параметры полностью соответствовали или ГОСТ, или заявленным требованиям.

Пористость пластин, находящаяся в пределах 0,01 %...0,10 %, соответствует ГОСТ 4872–75, согласно которого для сплава T5K10 объемное содержание пор должно быть не более 0,2 %. Средний размер зерен карбида вольфрама в пластинах ВУТС PNUA 110408 составил 1,2...1,5 мкм, что соответствует заявленным требованиям производителя порошка (1,2...2,0 мкм). Исследование

пористости, размера зерна и поверхностного углерода осуществлялись на образцах, обработанных на шлифовальной станции LaboPol-100, при помощи микроскопа Leica.

В структуре пластин ВУТС PNUA 110408 отсутствовал свободный углерод, не зафиксировано наличие агломератов, которые могут образовываться при спекании, что указывает на правильный подбор режимов прессования и спекания.

Таким образом, проведенные исследования в лаборатории института показали высокое качество твердосплавных пластин ВУТС PNUA 110408.

Протоколом поручений первого Заместителя Премьер-министра Республики Беларусь Пархомчика П.А. (протокол от 16 октября 2023 г. №07/49пр) Министерству промышленности Республики Беларусь вменено провести промышленную апробацию в подведомственных организациях твердосплавного инструмента Института технологии металлов НАН Беларуси. Письмом Министерства промышленности Республики Беларусь №17-17/8750 от 12.10.2023 г. поручено 24 промышленным предприятиям страны провести промышленную апробацию твердосплавного инструмента (пластин марки ВУТС PNEA 110408 P30 без покрытия и PNEA 110408 BP P30 с покрытием PVD).

Результаты промышленной апробации металлорежущих твердосплавных пластин марки ВУТС PNEA 110408 приведены в табл.

Табл. Результаты промышленной апробации металлорежущих твердосплавных пластин марки ВУТС PNEA 110408

№ п/п	Заводы	Сравнительный результат стойкости пластин	Вывод
1	2	3	4
1	ОАО «БААЗ» Барановичи	На вертикально-фрезерном станке 6P12 обрабатывалась деталь – Рычаг 6501-5001816. Материал – Сталь 40Л ГОСТ 977–88. Применяемая пластина ВУТС PNEA 110408 Н30. Режимы резания: $n = 250$ об/мин; $s = 100$ мм/мин; $z = 10$; $t = 3$ мм; длина 80 мм. Сравнительные результаты: 229 деталей одной стороной пластины марки ВУТС PNEA 110408 Н30; 100 деталей одной стороной пластиной-аналогом. На вертикально-фрезерном станке 6P12 обрабатывалась деталь – Корпус УЛИГ 40.5-2707280-000. Материал – ВЧ 45 ГОСТ 7293–85. Применяемая пластина ВУТС PNEA 110408 Н30. Режимы резания: $n = 250$ об/мин; $s = 100$ мм/мин; $z = 10$; $t = 5$ мм; длина 100 мм. Сравнительные результаты: 40 деталей одной стороной пластины марки ВУТС PNEA 110408 Н30; 15 деталей одной стороной пластиной-аналогом	Стойкость пластин марки ВУТС PNEA 110408 Н30 выше в 2,3 и 2,7 раза по сравнению пластинами-аналогами

1	2	3	4
2	ОАО «Могилев-лифтмаш» Могилев	<p>На фрезерно-центровальном станке модели КС-851 обработке подвергались заготовки деталей типа «Вал».</p> <p>Материал – Сталь 45 ГОСТ 1050–2013.</p> <p>Режимы обработки: $v = 145$ м/мин; $s_z = 0,3$ мм/зуб; $t = 2$ мм.</p> <p>Обработана 1261 заготовка. Критерий стойкости пластины – износ задней поверхности режущей кромки.</p> <p>Сравнительные результаты: процесс фрезерования пластинами 10113-110408 Т15К6 (аналог), используемыми на предприятии, сопровождался искрением, при визуальном осмотре пластин после обработки обнаружен неравномерный износ (сколы, выкрашивание), средняя величина износа задней поверхности режущей кромки на пластинах 10113-110408 Т15К6 (PNUA 110408) ГОСТ 19065–80 составила 451 мкм; на пластинах PNEA 110408 P30 марки ВУТС процесс искрения не был выявлен, следы износа равномерные, средняя величина износа задней поверхности режущей кромки на пластинах PNEA 110408 P30 марки ВУТС составила 256 мкм</p>	Период стойкости пластин PNEA 110408 P30 ВУТС в 1,76 раз больше, в сравнении с пластинами 10113-110408 Т15К6 (PNUA 110408) ГОСТ 19065–80
3	ОАО «БАТЭ» Борисов	<p>На фрезерно-торцовочном станке 32-060 фрезеровалась заготовка вал-водило.</p> <p>Пластина PNEA 110408 P30 – 5 шт. на 1000 деталей.</p> <p>Пластина PNEA 110408 ВРР30 – 5 шт. на 1000 деталей.</p> <p>Пластина PNUM 110408 Н10 – 5 шт. на 1000 деталей.</p> <p>Во время работы замечаний по мехобработке не наблюдалось</p>	Пластины в производстве приемлемы
4	ОАО «АМКОДОР» Минск	<p>На вертикально-фрезерном станке 6Н13П фрезеровались заготовки из Стали:</p> <p>09Г2С ГОСТ 19281; 45 ГОСТ 1050–88;</p> <p>35 ГОСТ 1050–88, твердость – в состоянии поставки. СОЖ – витол 297.</p> <p>Инструмент – фреза торцовая $\varnothing 125$, $z = 8$ зуб., пластина PNEA 110408 P30.</p> <p>Режимы обработки: $s_z = 0,06$ мм/зуб; $n = 650-700$ об/мин; $t = 3-4$ мм.</p> <p>Стойкость граней: первая –170 мин; вторая –212 мин. Шероховатость обработанной поверхности соответствует КД</p>	Стойкость пластин соизмерима со стойкостью аналогичных пластин российского производства
5	ОАО «ГЗЛ «Центролит» Гомель	<p>Произведена апробация пластин PNEA 110408 P30 при обработке колесных пар. Данная апробация показала положительный результат, пластины обладают стойкостью, которая на 15–20 % выше, чем стойкость пластин применяемых при механической обработке (Т15К6) на предприятии</p>	Рекомендованы к применению на предприятии

1	2	3	4
6	ОАО «Минский моторный завод» Минск	<p>На станке 6P13 обрабатывались детали 7960-4621 «Основание» и 7347-4076-13 «Кронштейн» Материал – Сталь 45 ГОСТ 1050–2013 твердостью HB = 190...260. Критерий стойкости – износ режущей кромки, шероховатость Ra3,2, возможность дробления стружки при обработке детали. Обработка производилась без охлаждения эмульсией. Режимы обработки: $s_o = 0,5$ мм/об; $n = 315$ мин⁻¹; $v = 125$ м/мин; $t = 2$ мм. Сравнительные стойкости на одну грань, деталь: PNEA 110408 P30 – 15 шт.; PNEA 110408 BP P30 – 20 шт.; PNUA 110408 M10 (КЗТС) – 15 шт.; PNUA 110408 M10 (КЗТС с покрытием MM3) – 20 шт.</p>	<p>Пластины PNEA 110408 P30 и PNEA 110408 BP P30 (ИТМ НАН Беларуси) имеют аналогичную стойкость и дробление стружки с российскими пластинами КЗТС</p>
7	ОАО «СтанкоГомель» Гомель	<p>На станке 6M13П фрезеровались детали из Стали 45. Обработка производилась без охлаждения СОЖ. Инструмент – фреза торцовая $\varnothing 100$. Режимы обработки: $n = 1000$ об/мин; $s_m = 630$ мм/мин; $t = 5$ мм. Результаты: пластины PNEA 110408 P30 и PNEA 110408 BP P30 обеспечивают отличные характеристики обработанных поверхностей, достигнутая точность соответствует техническим требованиям чертежа детали</p>	<p>Пластины PNEA 110408 P30 рекомендованы для использования на ОАО «Станко-Гомель»</p>
8	ОАО «Гомсельмаш» Гомель	<p>На станке 2627ПМФ4 обрабатывалась деталь КЗК-12-0101000Б из материала – ст3пс2. СОЖ не применялась. Инструмент – фреза торцовая производства ОАО «ОИЗ» 2214-4008-02 диаметром 160 мм, $z = 10$ зуб., пластина PNEA 110408 P30. Режимы обработки: $n = 250$ об/мин; $v = 125$ м/мин; $s_o = 0,4$ мм/об; $t = 2$ мм. Сравнительные результаты: обработано 177 деталей, из них брака не выявлено, стойкость инструмента – 177 деталей, 531 мин. (комплект 10 пластин, сработаны все 10 граней)</p>	<p>Испытанный инструмент зарекомендовал себя с положительной стороны, допускается к применению на ОАО "Гомсельмаш"</p>
9	ОАО «Оршанский инструментальный завод» Орша	<p>На широкоуниверсальном фрезерном станке 6725В фрезеровалась заготовки из Стали 45, твердостью HB = 150...260 (HB = 178...179) ГОСТ 1050–88. СОЖ применялась. Инструмент – фреза торцовая кассетная ОАО «ОИЗ» черт. №2214-4008 диаметром 100 мм, пластина PNEA 110408 P30. Режимы обработки: $n = 541,1$ (800) об/мин; $s_z = 0,18$ мм/зуб; $L_{рез} = 1000$ мм. Норма износа – 0,063 мм. Сравнительные результаты: износ по граням фактический – 0,063; 0,052; 0,054; 0,057; 0,048; 0,056; 0,059; 0,049</p>	<p>Пластины PNEA 110408 производства ИТМ НАН Беларуси испытания выдержали, пригодны для использования в работе</p>

1	2	3	4
10	ОАО «Борисовский завод «Автогидро-усилитель» Борисов	На фрезерно-центровальном станке модели МР-76 при $s_o = 0,05$ мм/об; $n = 745$ об/мин; $t = 4$ мм; $i = 1$ фрезеровались торцы заготовки из Стали 18ХГТ твердостью НВ = 229. Одной гранью пластины обработано: PNUM 1104116Н10 ГОСТ 19065–80 – 100 шт.; ВУТС PNUA 110408 P30 – 70 шт.; ВУТС PNUA 110408 ВР P30 – 140 шт. Фактическая стойкость пластин PNUA 110408 ВР P30 (с напылением) увеличилась на 40 %	Использование пластин PNUA 110408 ВР P30 (с напылением) целесообразно на операциях фрезерования
11	ОАО «Мозырский машиностроительный завод» Мозырь	На станке Vcenter – Н1000 обрабатывалась деталь Направляющая 3522-2707062. Материал – Сталь 40Х. Исследуемая пластина ВУТС PNEA 110408 P30. Режимы резания: $n = 350$ об/мин; $s = 250$ мм/мин; $z = 12$; $t = 1–3$ мм; длина резания 806 мм. Сравнительные результаты: стойкость пластины марки ВУТС PNEA 110408 P30 – 15 деталей одной гранью на одной стороне; стойкость пластины-аналога – 15 деталей одной гранью на одной стороне	Сменные пластины марки ВУТС PNEA 110408 P30 полностью соответствуют эксплуатационным и техническим требованиям и рекомендуются для использования на заводе
12	ОАО «Гомельский завод пусковых двигателей» Гомель	На вертикально-фрезерном станке 6Р13 фрезеровались детали из листовых материалов, вырезанных посредством газоплазменной резки, без последующей термической обработки. Инструмент – фреза торцовая 2214-0271. Режимы, рекомендованы производителем: $v = 110$ м/мин; $n = 1000$ об/мин; $s_z = 0,17$ мм/зуб; $t = 1$ мм. Результаты: учитывая, что данные режимы являются завышенными для фрезерной обработки, стойкость пластин PNEA 110408 P30 составила 1350 деталей, при стойкости пластин конкурентов 1000 деталей. Стойкость пластин PNEA 110408 P30 на 35 % выше аналогов	Завод готов рассмотреть возможность закупки данного инструмента для использования в своем производстве
13	ОАО «Минский тракторный завод» Минск	На станке с ЧПУ BYERG 00-77-43 обрабатывалась деталь 80-170/205 «Планка» из Стали 45Л, твердостью НВ = 143–229. Применялась СОЖ – витол 355. Инструмент – фреза торцовая диаметром 100, $z = 8$ зуб. 2214-5062. Режимы: $s_o = 300$ мм/мин; $n = 500$ об/мин; $v = 157$ м/мин; $t = 1$ мм. Стойкость грани детали (коэффициент стойкости): PNUA 110408 P30 – 200, 220, 200 (0,246); ВУТС PNUA 110408 ВР P30 – 400, 420, 320, 360 (0,447).	Показатель цена-качество пластины ВУТС PNUA 110408 P30 ГНУ «ИТМ НАН Беларуси» ниже в 2,23 раза ($0,447 \cdot 17,475 / 0,98 \cdot 3,58 = 2,23$) импортного

1	2	3	4
		Сравнение производилось с пластиной PNUA 110408 NCM535 (Korloy, Южная Корея), коэффициент резания которой 0,98. Стоимость импортной пластины PNUA 110408 NCM535 равна 17,475 бел. р., что в 4,9 раза выше стоимости пластины ВУТС PNUA 110408 P30, цена которой равна 3,58 бел. р.	аналога PNUA 110408 NCM535

Анализ результатов промышленной апробации металлорежущих твердосплавных пластин марки ВУТС PNUA 110408 предприятиями Министерства промышленности Республики Беларусь (табл.) показывает, что освоенная Институтом технологии металлов НАН Беларуси технология изготовления твердосплавных пластин марки ВУТС из порошкового сырья способна обеспечивать выпуск качественных металлорежущих твердосплавных пластин.

Проведенная промышленная апробация показала, что выпускаемые металлорежущие твердосплавные пластины под брендом ВУТС соответствуют качественным, эксплуатационным и техническим требованиям в заявленном сегменте твердосплавного инструмента. Стойкость пластин в среднем на 20 %...30 % выше, чем у аналогов, при этом стоимость ниже. Все предприятия, которые проводили промышленную апробацию, рекомендуют металлорежущие твердосплавные пластины под брендом ВУТС для использования на своих предприятиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жигалов, А. Н.** Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания: монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. – Могилев: МГУП, 2019. – 213 с.

Контакты:

Jigalov6@mail.ru (Жигалов Анатолий Николаевич);

basharimovfilm@gmail.com (Башаримов Максим Владимирович).