УДК 621.762.5

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН BYTC PNUA 110408, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРЕРЫВИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЧУГУНОВ

Ю. Д. Черняков, А. Н. Жигалов

Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев, Беларусь,
тел.: +375 (222) 76-66-47, +375 (222) 64-01-49, e-mail: info@itm.by

Разработка режимов спекания высокоэффективных твердосплавных пластин, предназначенных для обработки прерывистых поверхностей, является многофакторной задачей, учитывающей изменение таких параметров, как скорость нагрева, время выдержки, температура окончательного спекания и промежуточных выдержек, которые оказывают влияние на структурные и физико-механические характеристики готового изделия. Разработанный режим спекания обеспечивает высокие физико-механические свойства твердосплавных пластин.

Спекание является одним из основных этапов создания твердого сплава, так как при спекании формируются его основные структурные и физико-механические характеристики. В современной литературе открытого доступа нет четких рекомендаций, которые позволяют определить режимы спекания твердого сплава, так как каждый производитель охраняет свои исследования как коммерческую тайну.

В то же время можно выделить ряд факторов, которые необходимо учитывать при разработке режимов спекания твердого сплава: толщину, являющуюся наименьшим габаритным размером изделия, область применения изделия, необходимую структуру сплава, коэффициент усадки и состав смеси, применяемое оборудование для спекания и др.

ИТМ НАН Беларуси освоило производство твердосплавных пластин под брендом BYTC и занимается исследованием в области твердого сплава.

Для твердосплавной смеси, применяемой в ИТМ НАН Беларуси, YT5 (аналог Т5К10) завод изготовитель установил коэффициент усадки смеси, равный 1,21. Для подтверждения коэффициента усадки смеси проводились исследование на базе твердосплавной пластины PNUA 110408. Для этого пластину прессовали с разной толщиной, высота пластины оставалась неизменной 21,3 мм. Измерение геометрических параметров производилось до и после спекания. Согласно ГОСТ 3882-74, геометрические размеры твердосплавной пластины PNUA 110408 после спекания следующие: толщина пластины (4,76 ± 0,25) мм; высота пластины (17,562 ± 0,25) мм. По результатам исследования коэффициент усадки смеси подтвердился. Таким образом, на основании исследования, геометрические размеры спрессованной твердосплавной пластины BYTC PNUA 110408, для обеспечения ее значению ГОСТ 3882-74 должны быть следующие: толщина пластины – 5,9 мм; высота пластины – 21,3 мм.

После этапа прессования производилось спекание. Существуют типовые графики режима спекания твердого сплава [1]. Однако они носят рекомендательный характер и требуют оптимизации: окончательной температуры спекания, скорости нагрева и промежуточных температурных выдержек, которые существенно влияют на эксплуатационные характеристики твердосплавных изделий [2].

В ИТМ НАН Беларуси используются вакуумные печи, способные проводить спекание за один цикл (депарафинизация и непосредственной спекание). На основании особенностей имеющегося оборудования и адаптированной к такому оборудованию типового графика (рис. 1) производилось спекание твердосплавных пластин BYTC формы PNUA 110408.

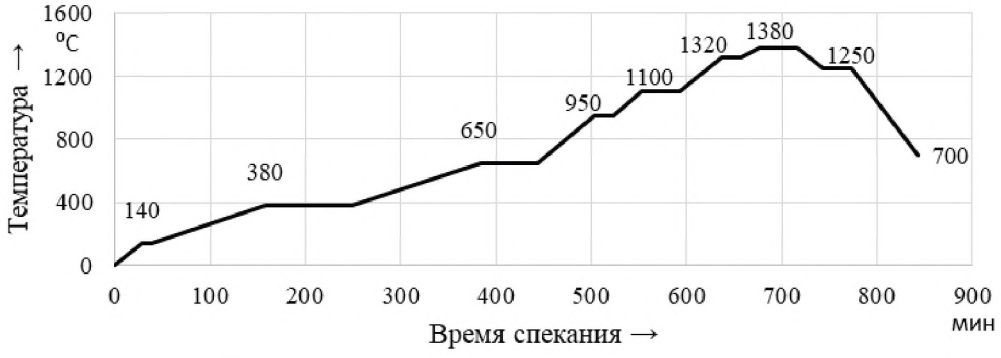


Рис. 1. Первоначальный режим спекания твердосплавных пластин BYTC формы PNUA 110408

После спекания пластины подвергались алмазной шлифовке по базовым поверхностям. Характеристики спеченных пластин, полученных по первоначальному режиму, в сравнении с ГОСТ 19064-80 (для геометрических параметров) и ГОСТ 3882-74 (для физико-механических характеристик) приведены в табл. 1.

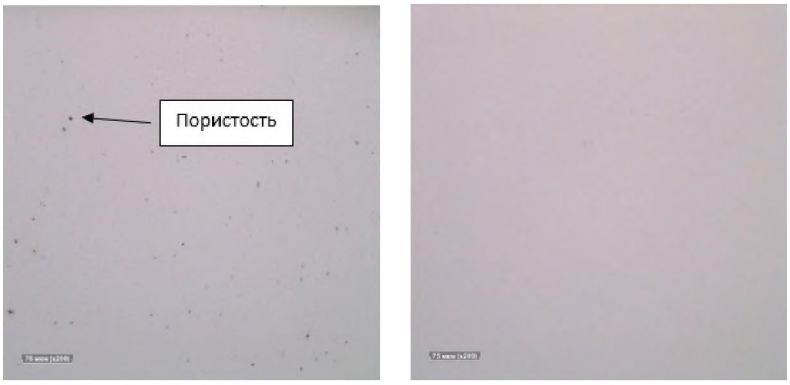
Таблица 1. **Характеристики пластин BYTC PNUA 110408, полученных по первоначальному режиму спекания**

Геометрические параметры			
	Фактическое значение		ГОСТ
Толщина после шлифовки (*s*), мм	4,76		4,76 ± 0,25
Высота (*m*), мм	17,52		17,562 ± 0,25
Физико-механические характеристики			
Масса, г	12,01		12,00
Плотность, г/см^3	12,96		12,5–13,1
Твердость, HRA	Нижняя поверхность	89,2	Не менее 88,5
	Верхняя поверхность	88,1	
Структурные параметры			
Пористость, %	Нижняя поверхность	0,039	Не более 0,4
	Верхняя поверхность	0,295	
Свободный углерод, %	Нижняя поверхность	0	Не более 0,4
	Верхняя поверхность	0	
Средний размер зерна, мкм	1,36		–

Было замечено, что на указанном режиме спекания на нижней и верхней поверхности пластины присутствует разная пористость (рис. 2).

Исходя из данных табл. 1 и рис. 2, видно, что пористость по сторонам отличается до 7,6 раз, что является недопустимым при производстве твердого сплава. Также твердость на верхней поверхности пластины BYTC PNEA 110408 не соответствует ГОСТ 3882-74 и составляет 88,1 HRA, при допустимой 88,5 HRA. Остальные параметры (геометрические размеры, масса и плотность) соответствуют ГОСТ 19064-80 и ГОСТ 3882-74.

Было выдвинуто предположение, что из-за низкой скорости нагрева, и длинными температурными выдержками, кобальтовый скелет образовался неравномерно, что вызвало разную пористость и твердость на верхней и нижней поверхности пластины BYTC PNUA 110408 [3]. На основании чего, разработан обновленный режим спекания, для которого были увеличены скорости нагрева (с 4 до 6 °С/мин), уменьшены времени температурных выдержек (с 40 до 11 мин) и повышена окончательная температура спекания (с 1380 до 1410 °С) (рис. 3).



а *б*

Рис. 2. Пористость на твердосплавных пластинах BYTC PNUA 110408, полученных по первоначальному режиму спекания: *а* – верхняя поверхность; *б* – нижняя поверхность

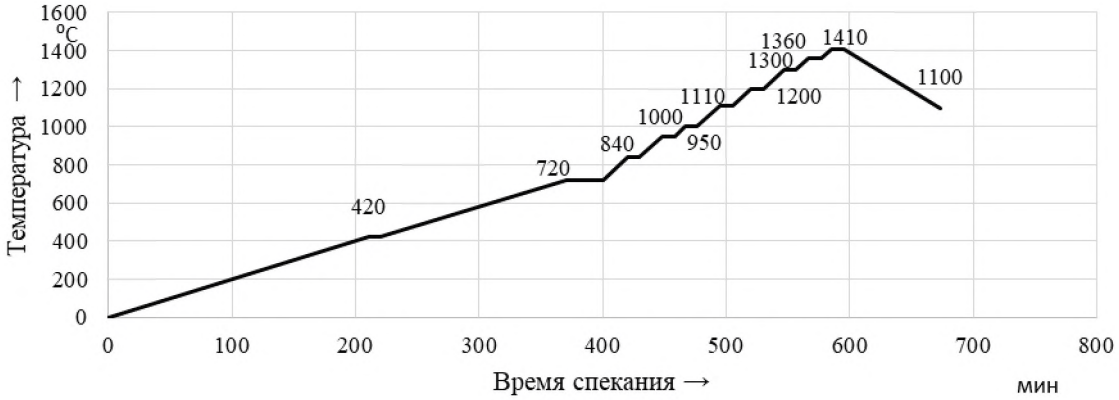


Рис. 3. Обновленный режим спекания твердосплавных пластин BYTC формы PNUA 110408

Спекание на обновленном режиме позволило получить твердосплавные пластины BYTC формы PNUA 110408 со следующими характеристиками (табл. 2).

Таблица 2. **Характеристики твердосплавных пластин BYTC PNUA 110408, полученных по обновленному режиму спекания**

Геометрические параметры		
	Фактическое значение	ГОСТ
Толщина после шлифовки (s), мм	4,76	4,76 ± 0,25
Высота (*m*), мм	17,54	17,562 ± 0,25
Физико-механические характеристики		
Масса, гр.	12,00	12,00
Плотность, г/см^3	12,88	12,5–13,1
Твердость, HRA	90,7	Не менее 88,5
Структурные параметры		
Пористость, %	0,02	Не более 0,4
Свободный углерод, %	0,4	Не более 0,4
Средний размер зерна, мкм	1,67	–

Исходя из данных табл. 2, видно, что структура и твердость одинаковы по базовым поверхностям твердосплавных пластин. Кроме того, твердосплавные пластины BYTC PNUA 110408 (табл. 2) соответствуют по геометрическим размерам ГОСТ 19064-80, по твердости и плотности ГОСТ 3882-74.

Проведены исследования на износ по задней поверхности изготовленных твердосплавных пластин BYTC PNUA 110408 в условиях прерывистого резания при фрезеровании фрезой диа-

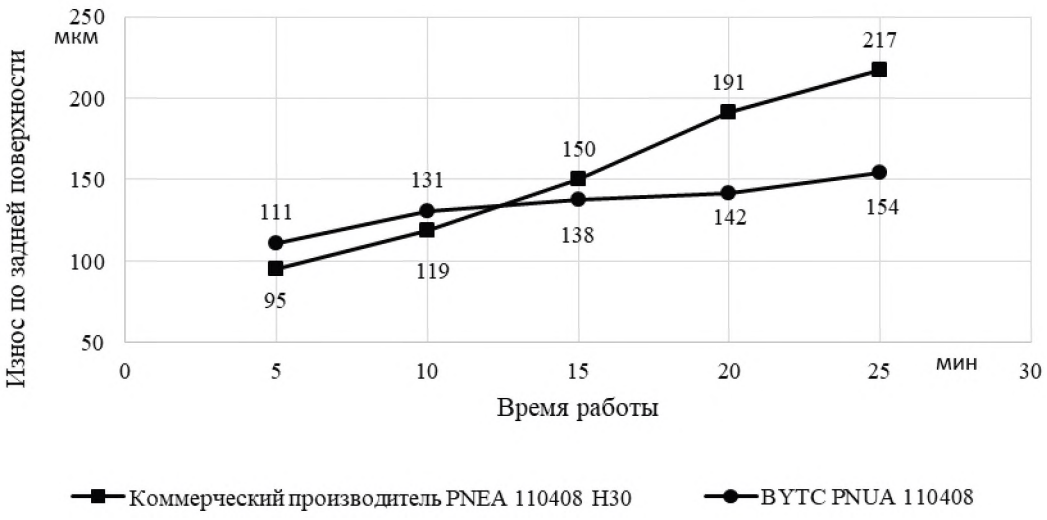


Рис. 4. Зависимости износа по задней поверхности твердосплавной пластиной BYTC PNUA 110408 при обработке чугуна ВЧ50 от времени работы

метром 63 мм чугуна марки ВЧ50 на режимах: скорость резания – 110 м/мин; подача на зуб – 0,15 мм/зуб; глубина резания – 1,5 мм (рис. 4).

Анализ зависимостей (рис. 4) показал, что спеченные по обновленному режиму спекания твердосплавные пластины BYTC PNUA 110408 обеспечивают износ по задней поверхности в 1,35 раз меньше (при 20 мин работы), чем пластина аналог (АО «КЗТС»).

Таким образом, разработанный режим спекания твердосплавных пластин BYTC PNUA 110408 обеспечил соответствие геометрическим размерам (ГОСТ 19064-80), твердости и плотности (ГОСТ 3882-74), а также износ по задней поверхности твердосплавных пластин в 1,35 раз меньше (при 20 минутах работы) по сравнению с аналогичными по форме и составу пластинами производителя АО «КЗТС». Данный режим спекания внедрен в ИТМ НАН Беларуси при производстве твердосплавных пластин BYTC PNEA 110408.

Литература

1. *Борисенко, Н. И.* Спечные твердые сплавы для бурового инструмента : учеб. пособие / Н. И. Борисенко. – М. : Политехн. колледж, 2010. – С. 8.

2. *Черняков, Ю. Д.* Анализ влияния режимов спекания твердого сплава на физико-механические свойства и структурное состояние / Ю. Д. Черняков // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения : сб. материалов VII Междунар. науч. конф. молодых ученых, Гродно, 12 мая 2023 г. / ГрГУ им. Янки Купалы ; редкол.: А. С. Воронцов (отв. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2023. – С. 115–121.

3. *Башаримов М. В.* Возможные виды брака при спекании твердосплавных изделий и методы их устранения / М. В. Башаримов А. Н. Жигалов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – С. 117.

DEVELOPMENT OF SINTERING MODES FOR BYTC PNUA 110408 CARBIDE PLATES DESIGNED FOR PROCESSING DISCONTINUOUS SURFACES OF CAST IRON PARTS

Yu. D. Chernyakov, A. N. Zhigalov

Institute of Metal Technology of the National Academy of Sciences of Belarus, Mogilev, Belaru

The development of sintering modes for highly efficient carbide plates designed for processing discontinuous surfaces is a multifactorial task, taking into account changes in parameters such as heating rate, holding time, temperature of final sintering and intermediate exposures, which affect the structural and physico-mechanical characteristics of the finished product. The developed sintering mode ensures high physical and mechanical properties of carbide plates.