

3. Синтез и морфология кристаллов кубического нитрида бора, выращенных с использованием дополнительных центров кристаллизации / И. А. Боримский, В. Н. Квасница, А. Н. Соколов, А. А. Шульженко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – К. : ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Вып. 10. – С. 347–353.
4. Шаскольская М. П. Кристаллография: учебник для вузов. – М. : Высш. шк., 1976. – 391 с.
5. Пат. 65367 А Україна, С10В21/06, С01В31/06. Спосіб отримання кубічного нітриду бору / О. І. Боримський, М. В. Новіков, І. О. Боримський. – Опубл. 15.03.04, Бюл. № 3.
6. Пат. 5087 Україна, МПК2 В 01 J 3/06. Пристрій для створення високого тиску і високої температури / О. Й. Пріхна, О. І. Боримський, П. А. Нагорний. – Опубл. 28.12.94, Бюл. № 7-1.
7. Боримский И. А., Лещук А. А. Исследование полей температуры в аппаратах высокого давления типа «наковальни с углублениями» при синтезе кубического нитрида бора // Сверхтв. материалы. – 2003. – № 5. – С. 26–32.
8. Пат. 4580 Україна, С01В21/064. Спосіб приготування шихти для одержання порошків кубічного нітриду бору / О. І. Боримський, В. М. Давіденко, В. С. Лисанов та ін. – Опубл. 28.12.94, Бюл. № 7-1.
9. ТУ У 88.090.018–98. Порошки кубического нитрида бора. Технические условия. – Введ. 09.03.99.

Поступила 13.06.16

УДК 62-987:539.89

П. А. Балабанов, канд. техн. наук¹; **P. Klimczyk**, PhD²; **S. Cygan**²

¹*Фирма «SedKrist GmbH», Seddiner See, Германия*

²*Institut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, Krakow, Польша*

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ НАГРЕВА АППАРАТА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ «ТОРОИД–30»

Приведены результаты калибровки температуры в аппарате высокого давления «Тороид-30» при его нагревании с применением импульсного тока. Показана возможность применения источника питания инверторного типа для создания высокой температуры в аппаратах высокого давления.

Ключевые слова: импульсный нагрев, инвертор, аппарат высокого давления.

Высокое давление и высокую температуру широко применяют как в промышленности, так и различных научных исследованиях. Яркие примеры их практического использования – синтез алмаза, кубического нитрида бора, спекание поликристаллических композиционных материалов на их основе. Для создания необходимых параметров применяют специальные аппараты высокого давления (АВД) различных типов.

Нагревают АВД обычно пропусканием через его резистивную систему электрического тока. Для получения требуемых параметров тока используют понижающие

однофазные трансформаторы (предназначены для работы при переменном токе) или выпрямители (предназначены для работы при постоянном токе). Для питания выпрямителя обычно используют понижающие трёхфазные трансформаторы.

В последнее время при получении многочисленных материалов все шире применяют электроискровое спекание (*Spark Plasma Sintering – SPS*), известное также как метод спекания в электрическом поле (*Field-Assisted Sintering Technology – FAST*). Это инновационная технология спекания, основанная на модифицированном методе горячего прессования, в котором электрический ток подается не на внешний нагреватель, а пропускается напрямую через пресс-форму и заготовку. Благодаря пропусканию импульсного электрического тока и возникающему при этом «эффекту плазмы разряда» (*spark plasma effect*) удается реализовать исключительно быстрое предварительное нагревание и кратковременные циклы. В результате можно подавить рост зерна и возникновение равновесных состояний, что позволяет получить материалы с ранее недостижимой композицией и свойствами [1, 2].

Блоки питания, которые используют в современных FAST-системах, позволяют давать симметричную нагрузку на генератор и предотвращают с ним сдвиг по фазе (коэффициент мощности $\cos \phi > 0,98$), что является существенным достоинством при использовании высоких мощностей, необходимых для промышленного оборудования.

Для создания импульсного тока выпрямительный блок преобразует переменное напряжение сети в постоянное. Затем выпрямленное напряжение преобразуется в однофазное переменное высокой частоты (до 200 кГц) с помощью инвертора, работа которого построена на принципе фазового сдвига (инверсии) напряжения, осуществляемого электронной микропроцессорной схемой. Далее напряжение понижается трансформатором до требуемого значения.

При этом сердечник высокочастотного трансформатора имеет очень малое сечение и его масса в десятки раз меньше, чем сердечника трансформатора на 50 Гц (при повышении частоты в 1000 раз, масса и размеры трансформатора уменьшаются в 10 раз). В этой связи в эксплуатации такой источник довольно экономичен. Его КПД не ниже 0,7, а иногда достигает 0,9.

В настоящей работе выполнили калибровку температуры в АД «Тороид-30», который применяют для спекания заготовок для режущих пластин в Институте передовых технологий производства (*Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania*, г. Краков, Польша), при импульсном нагревании от аналогичного блока питания инверторного типа. Для сравнения калибровали этот АД с обычным способом нагревания переменным (50 Гц) однофазным током от понижающего трансформатора.

Калибровку АД по температуре проводили с помощью термопары при расположении спая в центре реакционной зоны. Для измерения температуры применяли термопару платинородий 30% Rh – платинородий 6% Rh, так как платинородий является довольно пластичным сплавом для того, чтобы выдерживать высокую пластическую деформацию без разрушения в зоне деформируемого уплотнения АД.

Термопару вводили в реакционную зону через специальные пазы, выполненные в контейнере и тороидальных кольцах, как показано на рис. 1. Так как термопарные провода проходят через графитовый нагреватель, их необходимо надежно изолировать. В качестве электроизоляции использовали оксидную керамику Al_2O_3 и гексагональный нитрид бора.

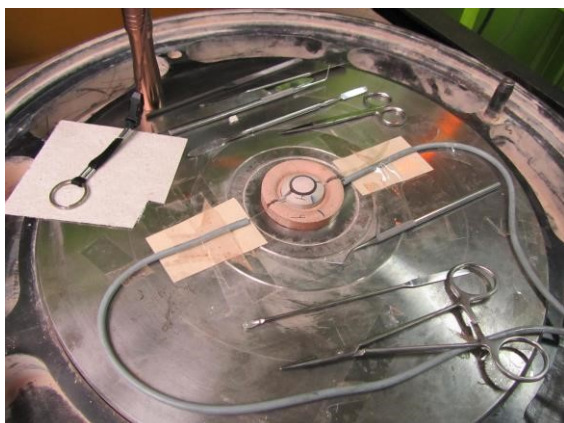


Рис. 1. Введение термопарных проводов в АД «Тороид-30» для измерения температуры

По результатам измерений была построены градуировочные кривые (рис. 2) зависимости температуры в центре реакционной зоны АД от параметров импульсов тока (в случае импульсного нагрева с использованием инвертора), а также от величины мощности тока (в случае нагрева переменным однофазным током от понижающего трансформатора).

По результатам измерений была построены градуировочные кривые (рис. 2) зависимости температуры в центре реакционной зоны АД от параметров импульсов тока (в случае импульсного нагрева с использованием инвертора), а также от величины мощности тока (в случае нагрева переменным однофазным током от понижающего трансформатора).

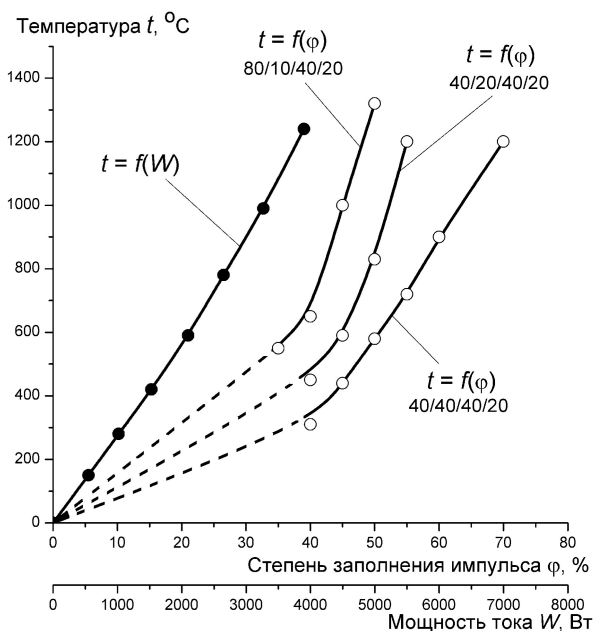


Рис. 2. Зависимость температуры в реакционной ячейке АД «Тороид-30» от способа и параметров нагрева. Для градуировочных кривых импульсного тока на рисунке через косую линию приведены следующие параметры: длина импульса / интервал между импульсами / количество импульсов в пакете / интервал между пакетами импульсов

Параметрами импульсного тока являются: степень заполнения импульса (каждый макроимпульс состоит из меньших по продолжительности микроимпульсов, частотой которых и регулируется степень его заполнения), а также длина импульса, интервал между импульсами, количество импульсов в пакете и интервал между пакетами импульсов. Подаваемое импульсное напряжение было всегда одинаково и составляло 8,3 В.

Следует отметить, что в проведенных экспериментах не удалось получить импульсный ток через резистивную систему АД при степени заполнения импульса менее 35–40 % (участки кривых на графике, обозначенные прерывистыми линиями).

Однако несмотря на это можно сделать вывод, что применение импульсного нагрева током высокой частоты от блока питания инверторного типа позволяет создавать

высокую температуру в АД, аналогичную получаемой с применением традиционных способов нагревания переменным (50 Гц) или постоянным током.

Наведено результати калібровки температури в апараті високого тиску «Торойд–30» при його нагріванні з застосуванням імпульсного струму. Показана можливість використання джерела живлення інверторного типу для створення високої температури в апаратах високого тиску.

Ключові слова: імпульсний нагрів, інвертор, апарат високого тиску.

APPLICATION OF PULSE CURRENT HIGH FREQUENCY FOR HEATING OF APPARATUS OF HIGH PRESSURE «TOROID-30»

The results of the temperature calibration in the high pressure apparatus "Toroid-30" at its heating with application of a pulsed current are considered. The possibility of using of the inverter-type power supply for heat generation in the high pressure apparatuses is shown.

Key words: pulsed heating, inverter, high pressure apparatus.

Литература

1. Masao Tokita Spark-plasma sintering (SPS) method systems and applications. Handbook of Advanced Ceramics, 2013.
2. Munir Z.A., Anselmi-Tamburini U., Ohyanagi M. The effect of electric field and pressure on the synthesis and consolidation of materials: A review of the spark plasma sintering method // J. Mater. Sci. – 2006. – 41. – P.763–777.

Поступила 18.07.16

УДК 621.762.5

Н. П. Беженар, д-р. техн. наук¹; **Я. М. Романенко**, инженер¹; **С. М. Коновал**¹,
Т. А. Гарбуз¹, **В. И. Зеленин**², **М. А. Полешук**², **В. А. Лукаш**¹, кандидаты техн. наук;
Е. В. Зеленин², **Ю. А. Никитюк**³, инженеры

¹Институт сверхтвердых материалов им. В. М. Бакуля НАН Украины, г. Киев

²Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины, г. Киев

³ООО «Научно-производственная фирма «ВИСП», г. Киев

КИБОРИТ: НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И НОВЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Представлены основные характеристики разработанных в ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины группы поликристаллических сверхтвердых материалов на основе КНБ марок Киборит-1 - Киборит-6. Показано успешное применение материала Киборит-2 в новой области – сварке трением с перемешиванием на примере наплавки никеля на медную плиту.

Ключевые слова: инструментальные PCBN материалы, киборит, спекание, высокие давления, физико-механические свойства, сварка трением с перемешиванием, наплавка.

Поликристаллические сверхтвердые материалы на основе cBN известны на мировом рынке как инструментальные PCBN материалы. Кубический нитрид бора – алмазоподобная модификация BN, термодинамически стабильная при высоком давлении фаза с кристаллической структурой сфалерита. Технологии получения PCBN, связаны с использованием техники высоких давлений (до 8 ГПа) и высоких температур (до 2300 К), и соответствующих аппаратов высокого давления (АВД). Основная область применения –