

Непосредственно перед травлением проводился отжиг образцов в сушильном шкафу при температуре 150 °С в течение 2 часов. После каждого цикла травления проводилось промывание образцов в дистиллированной воде с последующей сушкой в сушильном шкафу при температуре 120 °С в течение 2 часов и затем для контроля взвешивали образцы. Взвешивание проводилось на весах марки АВТ 220-5DM с точностью до 0,0001 г.

В ходе травления наблюдалось постепенное уменьшение массы образцов. После одного цикла травления убыль массы равнялась 8,3483 г, что соответствует 4,94 %. После третьего цикла убыль была равна 31,1597 г и 18,49 %, соответственно. После пятого цикла убыль составила 58,1962 г, что соответствует уже 30,89 %. После шестого цикла убыль массы составила 34,45 % (71,2548 г). Убыль плотности была равна 0,88452 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, длительная обработка (60 минут, так как один цикл составлял 10 минут) способствует частичному растворению меди, увеличению пористости и развитию поверхности.

В качестве критерия для оценки увеличения пористости образцов использовалось измерение скорости адсорбции изопропилового спирта. Результаты экспериментов показали, что после обработки образец поглощал изопропиловый спирт в течение 22 секунд, в то время как для исходного образца это время было около 5 минут.

Таким образом, проведенные исследования показали, что дополнительная обработка образца из меди с капиллярно пористой структурой путем контролируемого травления каналов позволяет увеличить общую пористость, что приводит к улучшению пористой структуры и свойств материала, необходимых для использования в качестве фасонных электрод-инструментов в электроэрозионной технологии.

#### Литература

1. Большим, М. Ю. Основы порошковой металлургии / М. Ю. Большим, С. С. Кипарисов. – М. : Металлургия, 1978.
2. Шатт, М. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы / М. Шатт. – М. : Металлургия, 1983.
3. Тохтер, П. В. Новые керамические композиционные материалы / П. В. Тохтер // Металлообработка. – 2001. – № 2. – С. 19–20.

УДК 621.225.7

### **СПЕЦИФИКА КОНТРОЛЯ ПОСЛОЙНОЙ ЗАЛИВКИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ЧУГУНА С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОПАР ПРИ ЛИТЬЕ ВКЛАДЫША ОТБОЙНОГО**

**Г. П. Короткин, В. А. Дементьев, А. И. Калентионок, Т. М. Рубанова**

*ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси», г. Могилёв*

Вкладыш отбойный является ответственной деталью центробежных машин для измельчения минерального сырья. Производство таких деталей в ИТМ НАН Беларуси производится литьем износостойкого хромистого чугуна в кокиль. Одним из путей повышения износостойкости таких деталей может быть послойное литье [1], поскольку оно позволяет уменьшить неоднородности по размерам карбидов, по твердости чугуна вблизи поверхности и глубине отливки [2].

В предыдущем эксперименте для реализации 5-слойного литья была изменена конструкция кокиля для визуального контроля заливки через открытую прибыль. С обычным кокилем, используемым для опытного производства, визуальное наблюдение заливки по слоям невозможно.

Идея данного эксперимента заключалась в использовании четырех термопар (1–4 на рис. 1) в качестве датчиков уровня расплава в обычном кокиле: по резкому подъему температуры (кривые 1–2, 2–3, 3–4, 4–5 на рис. 2) определяется достижение расплавом границы слоев, и заливка приостанавливается. Термопары вводились через отверстия в боковой плите кокиля на глубину около 1 см от боковой поверхности в полость отливки (рис. 3, а) для последующего вмораживания в отливку.

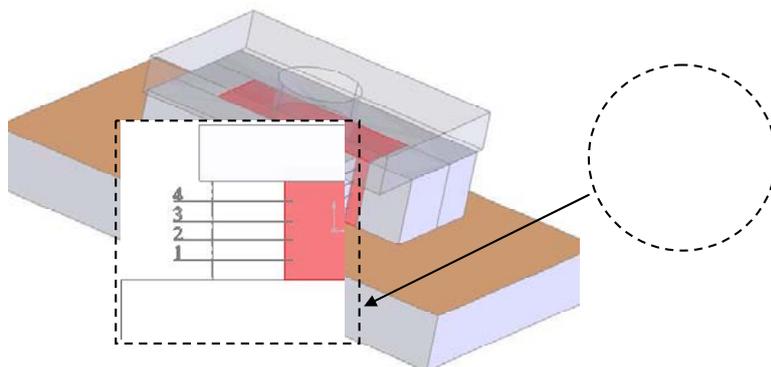


Рис. 1. Схема размещения термопар в боковой стенке кокиля в качестве датчиков заливки слоев

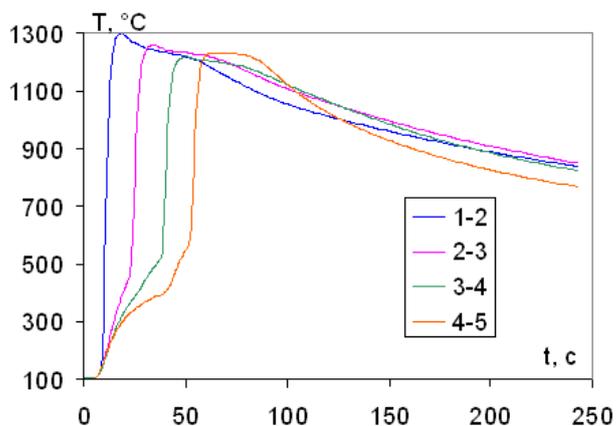


Рис. 2. Динамика температуры при 5-слойной заливке

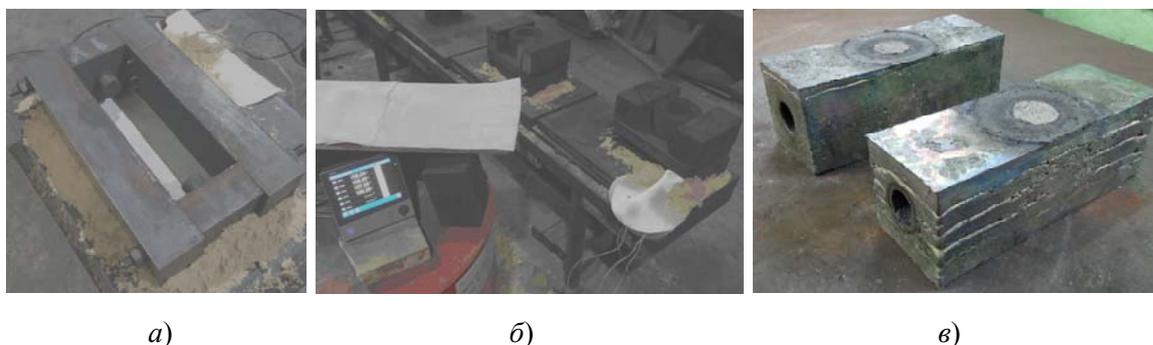


Рис. 3. Подготовка кокиля к эксперименту и полученные отбойные вкладыши

Термопары изготавливались методом сварки из хромелевых и алюмелевых проводов диаметром 0,5 мм и применялись с открытым спаем в керамической соломке. Фиксация температур проводилась на приборе с графической и цифровой индикацией 8 раз в секунду. Расчеты показывали отсутствие сплошной корки на зеркале расплава вплоть до выдержки 20 с [1], однако условия ковшевой разливки не позволяют и такую выдержку между заливками слоев. Температура расплава износостойкого хромистого чугуна (ИЧХ) (3,52 % С; 17,7 % Cr; 0,3 % Ni; 0,57 % Mn; 0,48 % Si; 0,35 % W; 0,18 % V; 0,31 % Mo) в ковше после слива из печи обычно около 1400 °С. Допустимое снижение температуры заливки расплава ИЧХ в промежуточном ковше ограничило время выдержки 10-ю секундами, и время заливки каждого слоя ориентировочно предполагалось 4–5 с. Время выдержки после прерываний заливок задавалось секундомером.

В результате эксперимента (рис. 3, а, б) были получены отбойные вкладыши (рис. 3, в, дальний – залитый целиком, ближний – 5-слойный) и кривые с термопар (рис. 2), установленных на межслойных границах, как на рис. 1. Названия кривых – пары номеров соседних слоев. Резкие подъемы кривых около 9, 23, 38, 52 с свидетельствуют о том, что между заливками проходило 14–15 с, включая заливку слоя и последующую выдержку, что подтвердило данные хронометража секундомером. У кривых 2–3, 3–4, 4–5 резкому подъему предшествует слабый подъем, что говорит о прогреве термопар через слой воздуха от зеркала расплава в процессе послойной заливки и инерционности процесса измерения температуры. Максимумы кривых снижаются для каждой последующей термопары, что связано с некоторым снижением температуры в ковше при последовательной заливке слоев, однако у кривой 3–4 он ниже всех.

#### Литература

1. Дувалов, П. Ю. Теплофизические особенности литья вкладыша отбойного в 5 слоев из износостойкого хромистого чугуна / П. Ю. Дувалов, В. А. Дементьев, Ю. А. Лебединский // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. науч. тр. : в 3 кн. / Физико-техн. ин-т Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. Г. Залесский [и др.]. – Минск, 2023. – Кн. 1. Материаловедение. – 324 с.
2. Структура и твердость литых деталей из износостойких чугунов / Е. И. Марукович [и др.] // Литье и металлургия. – 2017. – № 3. – С. 39–44.

УДК 621.791.927.55

### **СБОР ОТРАБОТАННОЙ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОПОРИСТЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

**С. М. Э. Эльшербини, М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Бойко**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Одной из основных проблем, связанных с производством и использованием смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), является необходимость утилизации отработанных жидкостей после использования. Традиционные методы утилизации, такие как сжигание или слив в канализацию, могут приводить к негативным последствиям для окружающей среды и здоровья людей. В связи с этим использование высокопористых керамических материалов становится привлекательным решением.