



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2025-2-92-95>
УДК 621.74

Поступила 18.02.2025
Received 18.02.2025

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГРАФИТИЗИРУЮЩЕГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ВАГРАНОЧНОГО ЧУГУНА УГЛЕРОД–КАРБИДКРЕМНИЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ МАРОК УККС В ЛЦ № 1 ОАО «МТЗ»

А. Д. ПОДОЛЬЧУК, ООО «НПФ АМЮС», г. Москва, Россия, ул. Б. Черкизовская, 24А
А. Н. КАРАСЬ, Ю. А. ЯКОВЛЕВ, Г. В. ХОМИЧ, ОАО «Минский тракторный завод»,
г. Минск, Беларусь, ул. Долгобродская, 29. E-mail: karas.andrei.1971@mail.ru

В данной статье кратко изложены практические результаты, полученные в ходе опытно-промышленных испытаний по внедрению технологии графитизирующего модифицирования ваграночного чугуна с применением углерод-карбидкремниевых материалов (марок УККС) производства ООО «НПФ АМЮС» (РФ, г. Москва) в технологическом процессе производства чугуна в ЛЦ-1 ОАО «МТЗ» (РБ, г. Минск) взамен графитизирующих Ва-содержащих модификаторов (марок Sibar, FeSi65Ba4 и др.) с целью устранения брака отливок по дефектности отбел. Статья освещает полученные результаты по высокой технологичности применения углерод-карбидкремниевых материалов марок УККС на разных разливочных линиях в соответствии с особенностями технологических и логистических процессов, достижения более высокой эффективности по «живучести» графитизирующего модифицирования чугуна и значительному снижению брака по отбелу относительно действующих технологий.

Ключевые слова. Углерод-карбидкремниевая смесь, серый чугун с пластинчатым графитом, увеличение «живучести» графитизирующего модифицирования чугуна, значительный рост количества зародышей графита, снижение величины переохлаждения и склонности чугуна к «отбелу», снижение количества отливок с дефектом «отбел», повышение качества отливок, снижение трудоемкости процесса получения отливок, значительное снижение себестоимости отливок.

Для цитирования. Подольчук, А. Д. Опыт внедрения технологии графитизирующего модифицирования ваграночного чугуна углерод-карбидкремниевыми материалами марок УККС в ЛЦ № 1 ОАО «МТЗ» / А. Д. Подольчук, А. Н. Карась, Ю. А. Яковлев, Г. В. Хомич // Литье и металлургия. 2025. № 2. С. 92–95. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2025-2-92-95>.

IMPLEMENTATION EXPERIENCE OF GRAPHITIZING MODIFICATION TECHNOLOGY FOR CUPOLA CAST IRON USING CARBON–SILICON CARBIDE MATERIALS OF UKKS GRADES IN FOUNDRY NO. 1 OJSC “MTW”

A. D. PODOLCHUK, “NPF AMYUS” LLC, Moscow, Russia, 24A, Bolshaya Cherkizovskaya str.
A. N. KARAS, Yu. A. YAKOVLEV, G. V. KHOMICH, OJSC “Minsk Tractor Works”,
Minsk, Belarus, 29, Dolgobrodskaya str. E-mail: karas.andrei.1971@mail.ru

This article briefly presents the practical results obtained from pilot industrial trials aimed at implementing a graphitizing modification technology for cupola cast iron using carbon–silicon carbide materials (UKKS grades) manufactured by “NPF AMYUS” (Moscow, Russia). The implementation was carried out in the production process of foundry no. 1 at OJSC “MTW” (Minsk, Belarus), replacing barium-containing graphitizing modifiers (Sibar, FeSi65Ba4, and others) with the goal of eliminating casting defects such as chill spots. The article highlights the obtained results, demonstrating the high technological efficiency of carbon–silicon carbide UKKS materials on various pouring lines, adapted to the specific technological and logistical features of the processes. The trials showed improved durability (“survivability”) of the graphitizing modification, as well as a significant reduction in chill-related casting defects compared to the existing technologies.

Keywords. Carbon-silicon carbide blend, gray cast iron with flake graphite, improved durability of graphitizing modification, significant increase in graphite nucleation, reduction in undercooling and cast iron chill tendency, decrease in chill defects, improved casting quality, reduction in casting process labor intensity, significant cost reduction in castings production.

For citation. Podolchuk A. D., Karas A. N., Yakovlev Yu. A., Khomich G. V. Implementation experience of graphitizing modification technology for cupola cast iron using carbon-silicon carbide materials of UKKS grades in foundry no. 1 OJSC “MTW”. *Foundry production and metallurgy*, 2025, no. 2, pp. 92–95. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2025-2-92-95>.

При производстве отливок из чугуна ваграночной плавки марки СЧ20 с рекомендованным химическим составом (С – 3,3–3,5%, Si – 1,9–2,4, Mn – 0,5–1,0, S – до 0,15, P – до 0,2, Cr – 0,1–0,3, Cu – 0,01–0,4%) в соответствии с ГОСТ 1412-85 в условиях ЛЦ-1 ОАО «МТЗ» по принятой на предприятии технологии отмечались проблемы с наличием дефектности отливок по такому виду, как отбел.

В 2024 г. специалисты ОАО «МТЗ» решили опробовать в процессе производства чугуна технологии модифицирования с применением смесей из углерод-карбидкремниевых материалов марок УККС, разработанных специалистами компании ООО «НПФ АМЮС» (Россия, г. Москва).

Технологический процесс производства отливок из чугуна в ЛЦ-1 организован по следующей схеме:

- плавка чугуна производится в вагранках холодного дутья производительностью 20 т/ч без копильника согласно действующей ТИ «Плавка серого чугуна в вагранке производительностью 20 т/ч»;
- для усреднения химического состава и поддержки температуры выпускаемого металла из вагранки используется индукционная печь ПИКС;
- далее металл подается на формовочный участок, оснащенный тремя линиями: литейный конвейер (ЛК-1), АФЛ «Disamatic» с 5-тонным разливочным устройством «Юнкер» и АФЛ «GISAG».

Для транспортировки металла из вагранки в печь ПИКС применяется барабанный раздаточный ковш емкостью 1 т.

ЛЦ-1 является цехом по серийному и крупносерийному производству широкой номенклатуры отливок – более тысячи различных наименований и модификаций.

В процессе производства отливок нередко получали дефекты типа отбел, особенно на тонкостенном литье. С целью уменьшения склонности расплава к образованию цементита в структуре чугуна (отбела) по действующей технологии в жидкий расплав вводили графитизирующий модификатор «Sibag» или его аналоги в количестве до 3 кг/т, а на линии «Disamatic» – дополнительно бой графитовых электродов массой 3–10 кг в носок печи, после растворения операцию повторяли. Величина отбела по клиновидной пробе составила 4–6 мм (рис. 1).



Рис. 1. Образцы клиновых проб по действующей технологии

Однако, как показывает опыт, особенно на линии «Disamatic», время живучести модифицирующего эффекта при вводе в жидкий расплав ограничено и составляет до 15 мин, что не позволяет получить гарантированный положительный результат. Для устранения данного дефекта отливок применяется термический отжиг литья.

Причиной образования цементита в тонких частях отливок при допустимых значениях содержания углерода, кремния и легирующих элементов в чугуне является то, что один и тот же расплав с усредненным химическим составом используется для получения отливок различного сечения, но с одинаковыми требованиями к микроструктуре и механическим свойствам. При этом химический состав чугуна выбирается в расчете на средние показатели, что повышает вероятность получения отбела в наиболее тонких сечениях изготавливаемых отливок.

Таким образом, была поставлена задача по разработке технологии, обеспечивающей снижение дефектности по отбелу на всей номенклатуре отливок, в особенности на тонкостенных отливках.

Специалисты ЛЦ-1 ОАО «МТЗ» с коллегами из ООО «НПФ АМЮС» провели инженеринговые исследования по совместимости физических свойств углерод-карбидкремниевых материалов при взаимодействии с жидким расплавом чугуна при действующих температурных режимах. Разработана методика применения углерод-карбидкремниевых материалов для решения поставленных задач и достижения заданного технического результата с соблюдением требований технологичности процесса. Специалисты ООО «НПФ АМЮС» подобрали оптимальный химический и фракционный составы смесей из углерод-карбидкремниевых материалов.

В результате изучения особенностей производственного процесса выплавки и получения отливок из чугуна в ЛЦ-1 принято решение о достижении максимального эффекта по снижению эвтектического переохлаждения чугуна за счет графитизирующего модифицирования расплава углерод-карбидкремниевыми материалами после выпуска металла из вагранки.

Учитывая особенности взаимодействия углерод-карбидкремниевых материалов с расплавом железа и температурные режимы металла, решено максимально использовать эффект активного перемешивания металла при его сливе в ковш. При этом применяли смесь из углерод-карбидкремниевых материалов марки УККС-45-А (Si – 45–46%, С – 50–54, S – до 0,05%) с оптимальным фракционным составом 0–6 мм, что должно обеспечить наиболее полное растворение элементов УККС и живучесть модифицирующего эффекта в течение длительного времени.

В ходе реализации НИОКР и проведения опытных плавов разливку чугуна производили в основном из индукционной печи ПИКС.

В качестве альтернативы действующей технологии в ЛЦ-1 провели производственные испытания по графитизирующему модифицированию чугуна комплексными смесями из углерод-карбидкремниевых материалов марки УККС-45-А. Наилучшие результаты получены при введении первой порции смеси УККС в количестве 0,5–1,5 кг/т на струю при сливе металла из вагранки в ковш с контролем макроструктуры по клиновым пробам. В зависимости от химического состава чугуна дозировка УККС может быть увеличена или исключена. Температура чугуна на сливе из вагранки 1420–1380 °С.

В дальнейшем при заливке отливок:

- при отсутствии возможности подачи металла в печь ПИКС допускалась заливка форм металлом из вагранки на литейном конвейере № 1: при сливе из барабанного раздаточного ковша в малые разливные ковши по 400 кг вводили модификатор «Sibar» в количестве 0,8–0,85 кг на ковш;
- при подаче металла из печи ПИКС на литейный конвейер № 1: смесь УККС вводили при выдаче металла из печи в раздаточный ковш в количестве 0,5–1,0 кг/т. В зависимости от категории изготавливаемых отливок, а также при содержании Сг > 0,2% или Si < 2,0% и контроле макроструктуры по клиновым пробам дозировка смеси УККС может быть как увеличена, так и снижена. Температура выдачи чугуна из печи ПИКС в ковш 1400–1430 °С.

На АФЛ «Disamatic» формируется в основном тонкостенное литье. Поэтому при подаче металла модифицирование проводили взамен действующей технологии по применению боя графитированных электродов массой 3–10 кг с подачей в заливочный носок печи «Юнкер» и модификатора «Sibar» для внепечной обработки в количестве до 3,0 кг/т.

В зависимости от химического состава металла смесь УККС-45-А в количестве 1,0–3,0 кг/т подавали в заливочное отверстие или в носок печи «Юнкер» с уменьшением расхода модификатора «Sibar» на 30% при ковшевом модифицировании. Температура в печи 1400–1420 °С. После применения УККС-45-А глубина отбела снизилась до 1–3 мм. Это свидетельствует о том, что время действия (живучесть) модификатора из углерод-карбидкремниевых материалов (марки УККС-45-А) значительно выше по сравнению с предыдущими аналогами и составляет более 30 мин.

В случае формовки на конвейере отливок, наиболее склонных к отбелу, при сливе из печи ПИКС дополнительно в раздаточный ковш вводили смесь УККС-45-А (до 1,5 кг/т), клиновые пробы получались 0–1 мм (рис. 2).

При подаче металла на АФЛ «GISAG» из печи ПИКС через раздаточный ковш емкостью 700 кг необходимое качество металла обеспечивалось введением смеси УККС-45-А в количестве 0,5–2,0 кг/т. В зависимости от формуемых деталей и текущего химического состава металла дозировка УККС-45-А может быть увеличена или исключена.

В результате исследований проводили всесторонний контроль плавов, включающий:

- оценку химического состава чугуна в соответствии с ГОСТ 1412-85;



Рис. 2. Клиновые пробы после модифицирования смесью УККС-45-А

- оценку влияния графитизирующего модифицирования на склонность чугуна к отбелу (на основе специальных клиновых проб, получаемых в сырых песчаных формах);
- контроль механических свойств отливок из чугуна в соответствии с ГОСТ 27208-87;
- оценку форм, размеров и распределения графита в чугуне на нетравленных образцах (контроль микроструктуры чугуна по ГОСТ 3443-87);
- окончательную оценку микроструктуры чугуна, структуры металлической матрицы отливок на травленных образцах по ГОСТ 3443-87.

Все полученные отливки соответствовали требованиям нормативно-технической документации предприятия.

Использование УККС-45-А в качестве альтернативы применяемым модификаторам привело к положительному эффекту графитизирующего модифицирования, значительно повысило его живучесть, улучшило структуру чугуна, обеспечило существенное снижение дефектности отливок по отбелу и повышение их качества.

Новая технология позволила снизить трудоемкость процесса получения отливок в ЛЦ-1, исключив применение боя графитированных электродов, а также сократить использование модификатора «Sibar». В связи со значительным снижением количества отливок с дефектом отбел существенно уменьшилось время работы печей термического отжига литья.

Выводы

1. Применение углерод-карбидкремниевых материалов (марок УККС-45-А) при графитизирующем модифицировании ваграночного чугуна показало высокую эффективность.
2. Живучесть графитизирующего модифицирования расплава чугуна УККМ значительно превосходит показатели известных модификаторов и обеспечивает высокое качество отливок при длительной раздате металла.
3. Графитизирующее модифицирование чугуна углерод-карбидкремниевыми материалами (УККМ) обеспечивает значительный рост количества зародышей графита, снижение величины переохлаждения и склонности чугуна к отбелу.
4. Применение УККМ для графитизирующего модифицирования чугуна позволило сократить расход дорогостоящего модификатора «Sibar» для ответственного литья на 20–40%.
5. В современных условиях санкций и ограничений на поставки импортных графитизирующих модификаторов технология модифицирования чугуна смесями УККС является передовой и перспективной, позволяющей значительно снизить себестоимость продукции и повысить качество отливок.