

УДК 621.74.04:669.15-196.5:539.24

**Г. П. КОРОТКИН**<sup>1</sup>, канд. техн. наук

**А. Г. АНИСОВИЧ**<sup>2</sup>, д-р физ.-мат. наук, проф.

**П. Ю. ДУВАЛОВ**<sup>1</sup>

**В. М. АНДРИЕНКО**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт технологии металлов НАН Беларуси (Могилев, Беларусь)

<sup>2</sup>Институт прикладной физики НАН Беларуси (Минск, Беларусь)

## **ВЛИЯНИЕ НА МИКРОСТРУКТУРУ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ЧУГУНА НАРУЖНОГО РАСПЛАВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТВОДА**

### **Аннотация**

Применение свинцовой пластины в качестве наружного расплавляемого источника теплоотвода для увеличения эксплуатационных свойств износостойкого хромистого чугуна.

### **Ключевые слова:**

хромистый чугун, ИЧХ, внутренние холодильники.

Детали, изготовленные из ИЧХ, имеют недостаток – твердость в центре отливок значительно ниже, чем на их поверхности, что связано с разной скоростью кристаллизации по сечению. Для выравнивания скорости кристаллизации по всему сечению отливок применяются способы внутреннего воздействия. Это воздействие может выражаться в применении внутренних холодильников, причем холодильники могут быть как нерасплавляемыми, так и расплавляемыми.

Ранее была проведена серия экспериментов по литью износостойких хромистых чугунов с внутренними источниками теплоотвода в виде дробленых материалов, по результатам которой была определена эффективность применения дробленого феррохрома марки ФХ850 и литой дроби из белого чугуна для локального измельчения структуры [1]. Параллельно с этим исследованием был проведен эксперимент по введению частиц дробленого феррохрома в расплав способом, отличным от того, что был применен в [1]. Так, расплав хромистого чугуна заливался на две свинцовые пластины, в которые были запрессованы частицы дробленого феррохрома марки ФХ850. Такой метод оказался малоэффективным, однако в результате изучения полученного образца было отмечено, что микроструктура представляет собой некоторое количество крупных первичных карбидов в окружении эвтектических колоний. Причем, чем ближе к источнику теплоотвода в виде свинцовой пластины, тем более мелкие карбиды преобладают. Таким образом, было решено провести еще один эксперимент – использовать в качестве наружного расплавляемого источника теплоотвода четыре пластины свинца различной толщины.

Первоначально была взята пластина из свинца толщиной в 4 мм. В ходе серии прокаток между валками были получены пластины толщиной 2,4; 1,2 и 0,5 мм. После чего они были обрублены в размер 82 на 48 мм. Далее эксперимент проводился следующим способом.

Образцы отливались в четыре комбинированные формы, где средняя и верхняя часть изготавливались из холодно-твердеющей смеси, а в качестве нижней части использовалась металлическая плита, покрытая теплостойкой кремнеземной тканью, на которую, в свою очередь, укладывались свинцовые пластины различной толщины (рис. 1).

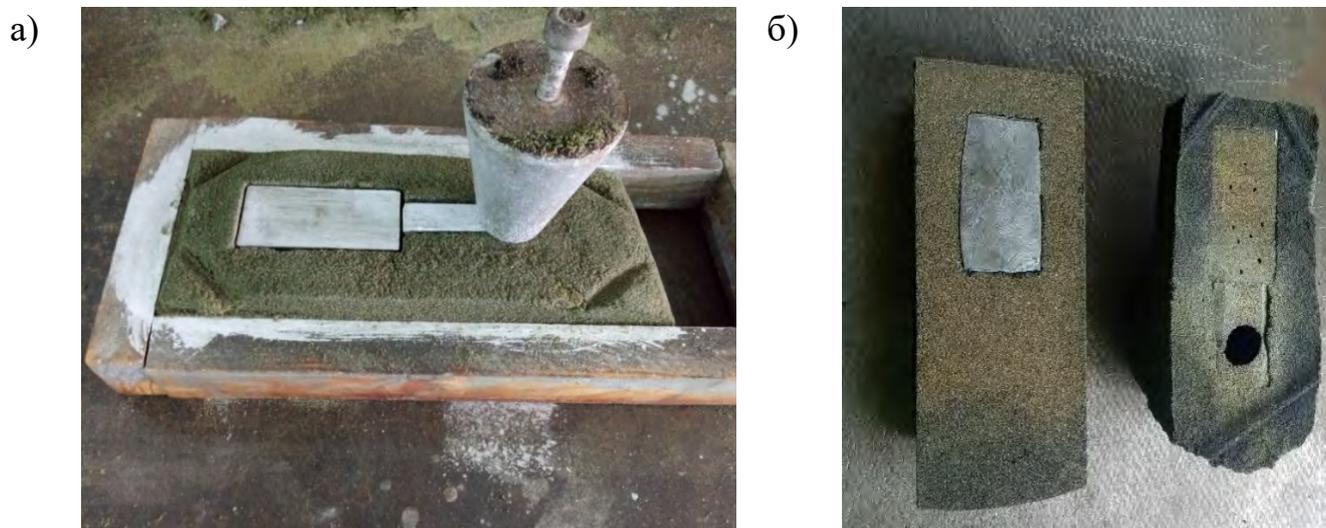


Рис. 1. Комбинированная форма для литья образцов: *а* – средняя часть формы в опоке и с модельной оснасткой; *б* – верхняя и средняя части комбинированной формы со свинцовой пластиной

Исследования проводились с хромистым чугуном ИЧХ18ВН, расплав готовили в индукционной печи «ИСТ-0,25/0,32И1», разливка происходила при  $T_{зал} = 1380\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 1420\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура нижней (металлической) части комбинированной формы вместе со свинцовой пластиной перед заливкой составляла  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Заливали расплав слабозаэвтектического ИЧХ18ВН с целью изучения возможности измельчения крупных первичных карбидов за счет применения свинцовых пластин в качестве наружных расплавляемых источников теплоотвода.



Рис. 2. Образцы, отлитые на свинцовые пластины различной толщины

В итоге было отлито четыре экспериментальных образца (82 x 48 x 38 мм) массой около 1...1,1 кг на свинцовые пластины разной толщины (от 0,5 до 4 мм). У полученных образцов исследовались химический состав, твердость и микроструктура. Твердость измеряли на приборе для измерения твердости по методу Роквелла «ТК-14-250». Микроструктура изучалась на металлографическом комплексе на основе инвертированного микроскопа «МИ 1», а также на растровом электронном микроскопе «MIRA 3».

В табл. 1 представлены химический состав и твердость экспериментальных образцов, отлитых на свинцовые пластины различной толщины.

Табл. 1. Химический состав и твердость экспериментальных образцов

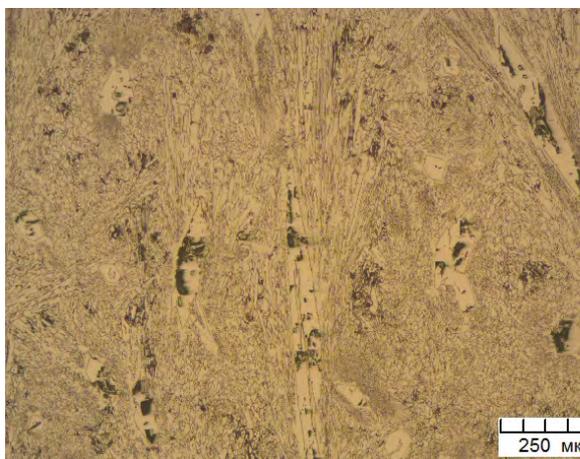
Образец	Содержание элементов, %								Твердость в зависимости от толщины свинцовой пластины, HRC
	C	Cr	Ni	Mn	Si	W	V	Mo	
С пластинами из свинца различной толщины	3,75	18,70	0,68	1,03	0,60	0,30	0,13	0,32	0,5 мм – 62,75
									1,2 мм – 59,50
									2,4 мм – 59,00
									4,0 мм – 58,90

Твердость измерялась на поверхности экспериментальных образцов, которая сформировалась в непосредственном контакте со свинцовыми пластинами. Перед измерением предварительно на всех образцах был снят слой свинца на зачистном станке.

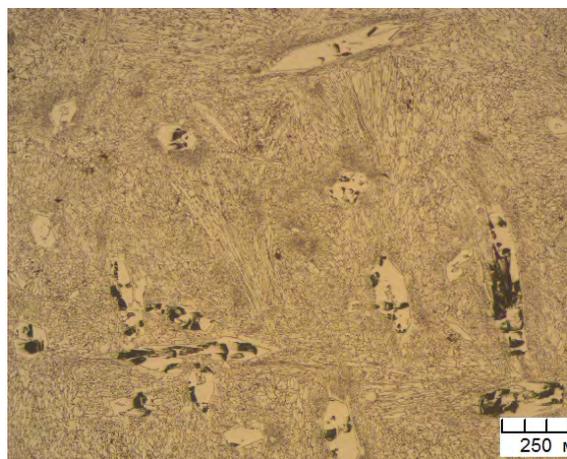
Твердость имеет обратную зависимость от толщины свинцовой пластины и более ярко выражена на небольших толщинах. Учитывая незначительное различие твердости на образцах со свинцовыми пластинами толщиной 1,2; 2,4 и 4 мм, полученная зависимость нуждается в дальнейшем изучении.

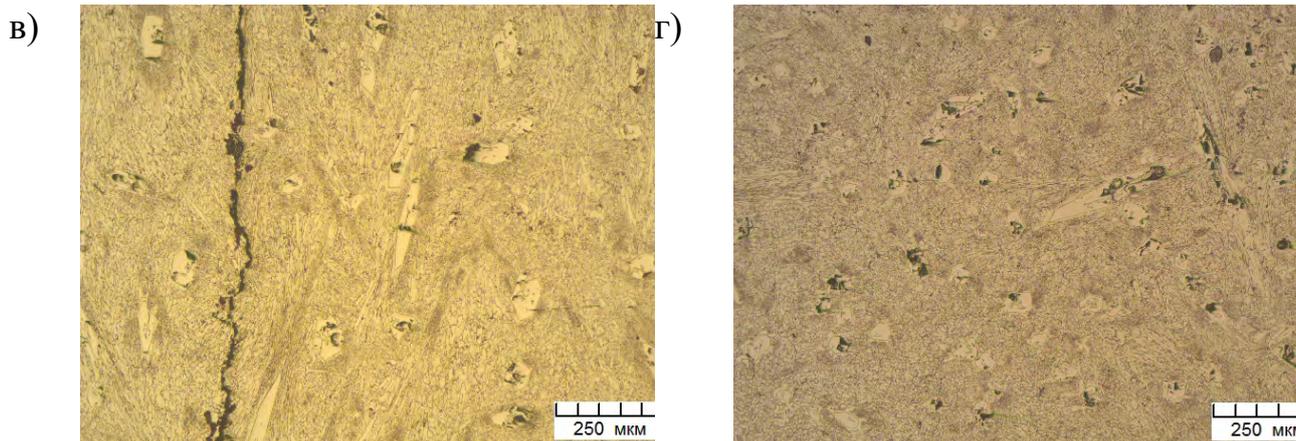
Микроструктуру изучали также на поверхности экспериментальных образцов, которая сформировалась в контакте со свинцовыми пластинами различной толщины.

а)



б)





Окончание рис.3

Структура чугуна представлена аустенитной матрицей, первичными и эвтектическими карбидами. Темные участки на карбидах – это трещины и места выкрашивания, заполненные полировочным материалом. При увеличении 100 крат существенной разницы в структуре не наблюдается.

При увеличении 1500 крат в некоторых участках структуры различаются мартенсит и перлит (рис. 4).

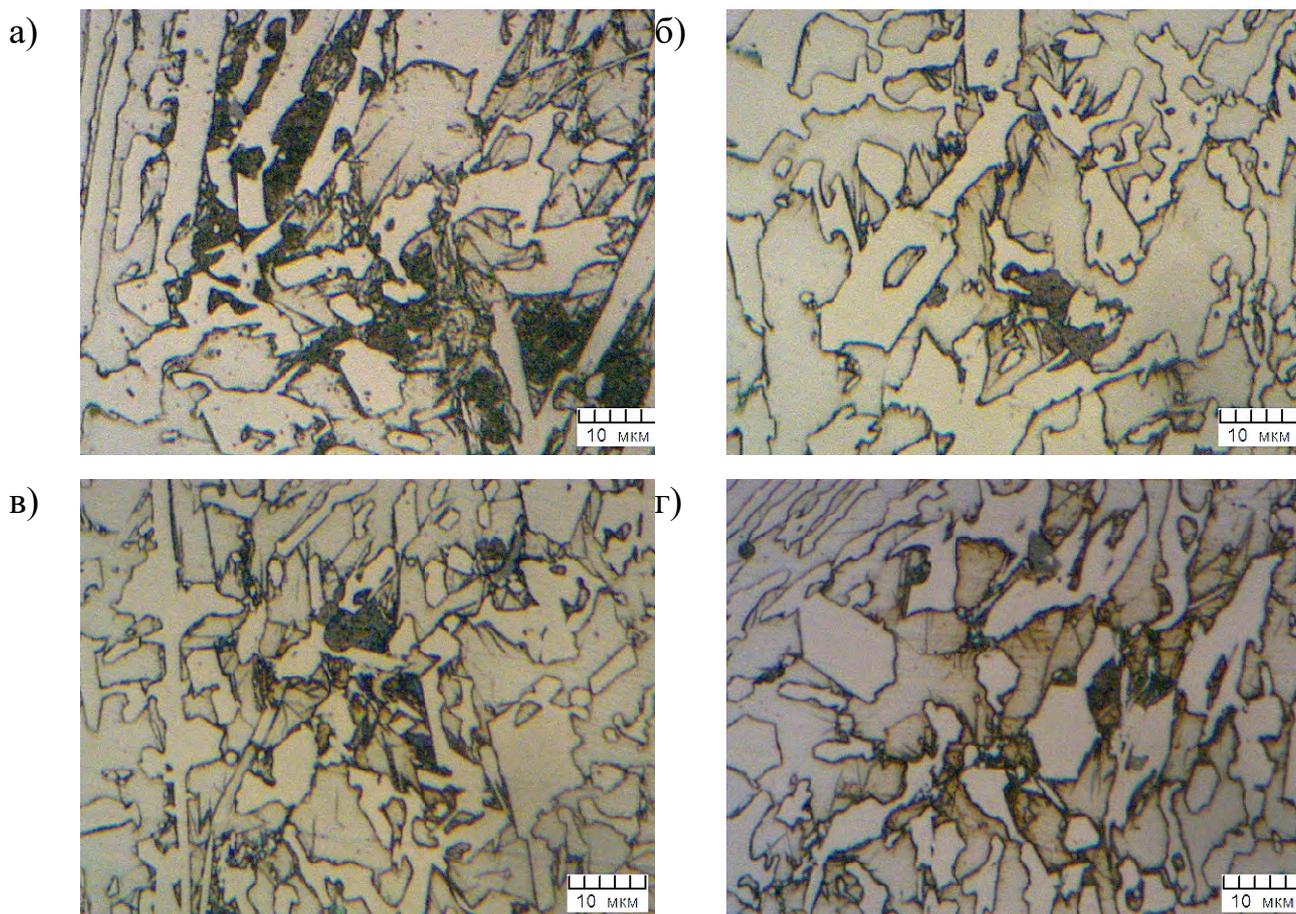


Рис. 4. Микроструктура образцов, отлитых на свинцовые пластины (увеличение 1500 крат): *а* – толщина пластины 0,5 мм; *б* – толщина пластины 1,2 мм; *в* – толщина пластины 2,4 мм; *г* – толщина пластины 4,0 мм

В образцах с толщиной пластины 1,2; 2,4 и 4 мм участки перлита менее развиты и имеют меньший размер.

Аналогичные результаты наблюдались и ранее [2]. По-видимому, мартенситная игла зарождается после кристаллизации, когда выполняются необходимые условия по температуре и скорости охлаждения (рис. 5, *а*).

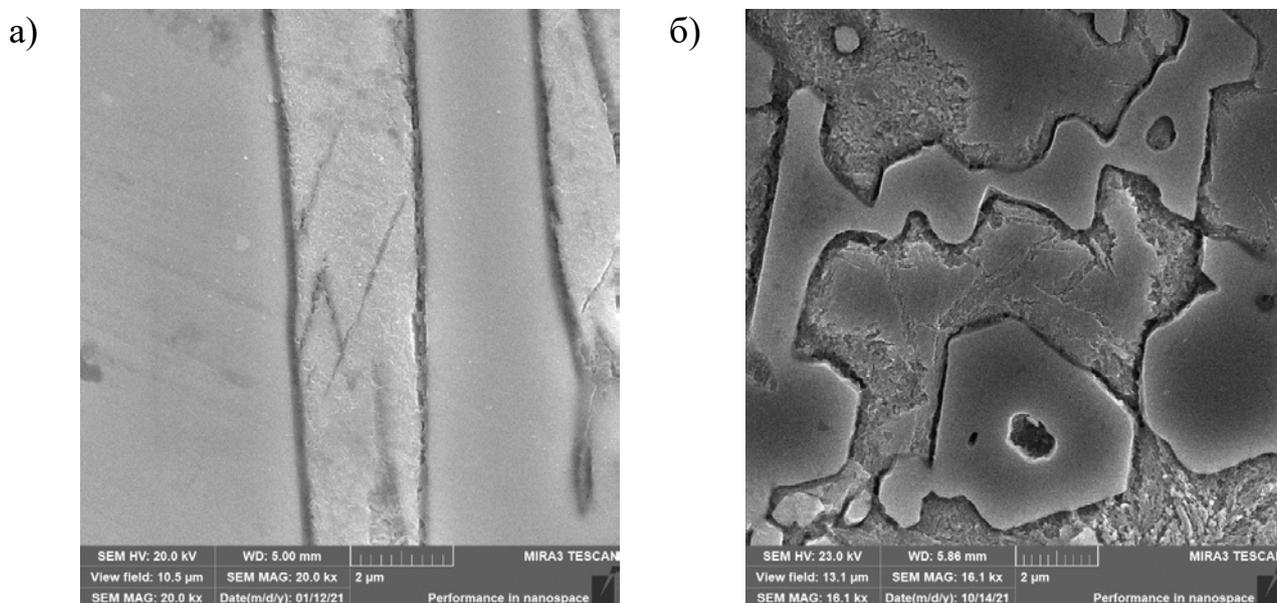


Рис. 5. Изучение микроструктуры на растровом микроскопе: *а* – зарождение мартенситной иглы; *б* – распространение распада за пределы мартенситной иглы

После этого при дальнейшем охлаждении происходит распад мартенсита на перлит в пределах площади мартенситной иглы. Возможно также, что превращение внутри мартенситной иглы ускоряет распад мартенсита в прилежащих объемах аустенита (рис. 5, *б*). Данный процесс наблюдался преимущественно на кромках отливки [2].

На рис. 6 представлена макроструктура кромки отливок.

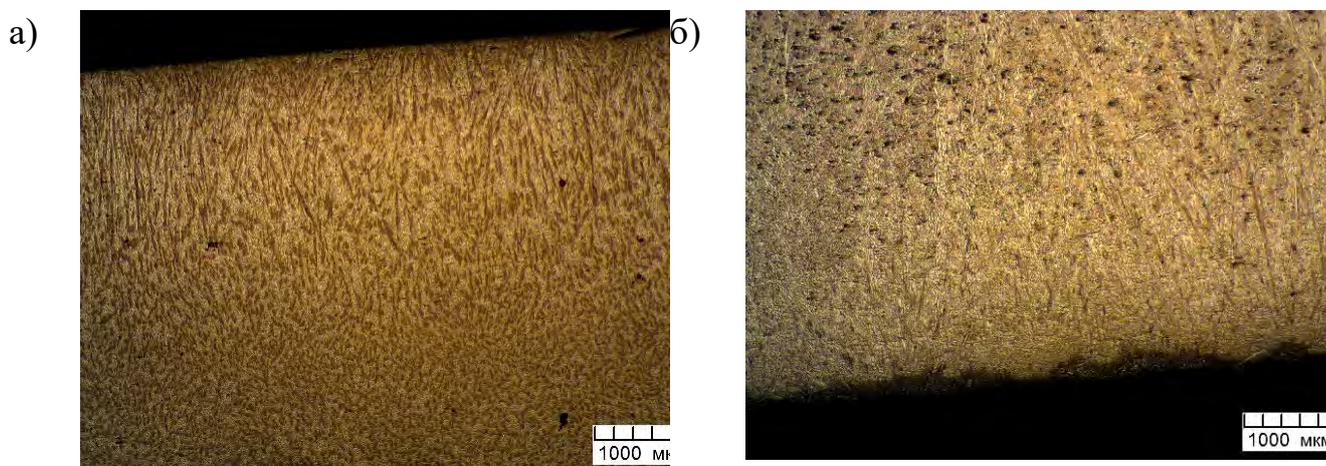


Рис. 6. Макроструктура кромки отливок: *а* – толщина пластины 0,5 мм; *б* – толщина пластины 1,2 мм

При минимальной толщине пластины свинца на кромке формируется полоса ориентированной структуры глубиной порядка 2000 мкм. При увеличении толщины слоя свинца аналогичная зона имеет толщину порядка 1000...1200 мкм.

Таким образом, эксперимент с литьем образцов из ИЧХ на свинцовые пластины различной толщины показал, что при толщине от 1,2 мм и выше они незначительно способствуют измельчению микроструктуры или, возможно, даже выступают изолирующим материалом. Представляет интерес дальнейшее изучение вопроса появления мартенситных игл при применении тонкой (0,5 мм) свинцовой пластины.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О применении внутренних источников теплоотвода при получении отливок из износостойких хромистых чугунов / В. А. Пумпур [и др.] // Наука и техника. – 2022. – № 21(6). – С. 464–472.

2. Влияние времени выбивки на структуру и свойства белого чугуна ИЧХ18ВМ / А. Г. Анисович [и др.] // Металлургия машиностроения. – 2022. – № 1. – С. 28–30.

#### Контакты:

vmil48@mail.ru (Короткин Григорий Петрович);

anna-anisovich@yandex.ru (Анисович Анна Геннадиевна);

lcti@yandex.by (Дувалов Павел Юрьевич);

slavanski.new@gmail.com (Андриенко Вячеслав Михайлович).