

Б. А. Кириевский, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр.,

e-mail: bkir@bigmir.net

Л. Н. Трубаченко, мл. науч. сотр.

Е. Н. Александрова, мл. науч. сотр.

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Проанализировано влияние холодильников на структуру и свойства хромистых чугунов. Получены рекомендации по оптимизации состава чугуна и параметров применяемых холодильников.

Ключевые слова: хромистый чугун, направленная кристаллизация, ориентированная структура, износостойкость.

Скорость охлаждения металла в процессе кристаллизации и последующего охлаждения отливки является одним из основных факторов, определяющих качество и эксплуатационные свойства литого изделия. В ряде случаев для повышения специальных свойств отливок целесообразно получение ориентированной в направлении теплоотвода структуры. Это перспективный способ, дающий эффект упрочнения отливок, аналогичный композиционным материалам [1, 2]. Неравномерное охлаждение с большим температурным градиентом приводит к высокой скорости роста кристаллов в направлении теплоотвода, которая опережает скорость образования зародышей в процессе кристаллизации. В результате образуется зона ориентированных столбчатых кристаллов. Эта зона может быть сплошной, с крупными кристаллами при значительном температурном градиенте (высокая температура заливки, интенсивный отвод тепла, низкая теплопроводность сплава) или иметь только частичное распространение при меньшем температурном градиенте и при меньшей линейной скорости кристаллизации. Отливки со структурой столбчатых кристаллов, направленных вдоль их осей, получают при кристаллизации расплава, охлаждающегося в форме при одностороннем отводе теплоты. При этом упрочняющая фаза выстраивается вдоль направления теплоотвода, армируя матрицу. Эффект направленной кристаллизации может быть получен путем использования в процессе формирования отливки наружного металлического холодильника.

Изучение влияния направленной кристаллизации на структуру и износостойкость хромистых чугунов проводили на опытных образцах. Образцы отливались с использованием наружного холодильника – стальной пластины, устанавливаемой в нижнюю опоку. Использовали пластины толщиной: $\delta_1 = 20$, $\delta_2 = 30$, $\delta_3 = 40$ мм. Пластины перед установкой в формы тщательно зачищали, покрывали противопригарной краской. Формы перед заливкой подогревали до температуры 60–100 °С, температура заливаемого металла – 1430–1450 °С. Размер полученных образцов – 130x130x30 мм. Образцы заливали хромистым чугуном трех составов: доэвтектического, эвтектического и заэвтектического. Химический состав и износостойкость опытных чугунов в условиях трения скольжения (P до 10 МПа; $V = 1$ м/с) представлены в таблице.

Установлено, что при одинаковых толщинах холодильников повышение содержания углерода в сплаве от 1,82 до 3,53 % уменьшает влияние холодильников на протяженность зоны с ориентированной в направлении теплоотвода структурой.

Химический состав и износостойкость опытных чугунов

Сплав	Массовая доля элементов, %				Толщина холо- дильни- ка, мм	Толщина ориенти- рованно- го слоя, мм	Износ, г/км
	C	Si	Mn	Cr			
Доэвтек- тический чугун	1,82	0,73	0,69	18,0	0	—	0,0175
					20	17	0,0166
					30	20	0,0154
					40	25	0,0138
Эвтектиче- ский чугун	3,02	0,82	0,66	17,56	0	—	0,0162
					20	12	0,0146
					30	14	0,0128
					40	20	0,0116
Завтек- тический чугун	3,53	0,80	0,62	17,9	0	—	0,0155
					20	—	0,0153
					30	—	0,0153
					40	3–5	0,0143

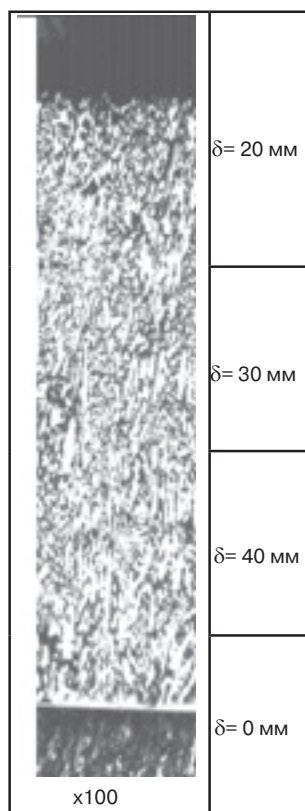


Рис. 1. Влияние интенсивности охлаждения на структуру хромистого чугуна доэвтектического состава

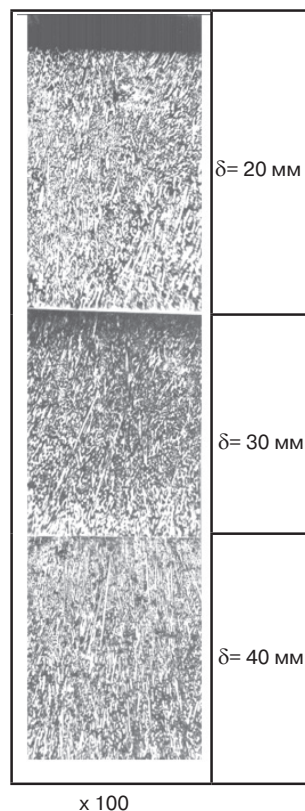


Рис. 2. Влияние интенсивности охлаждения на структуру хромистого чугуна эвтектического состава

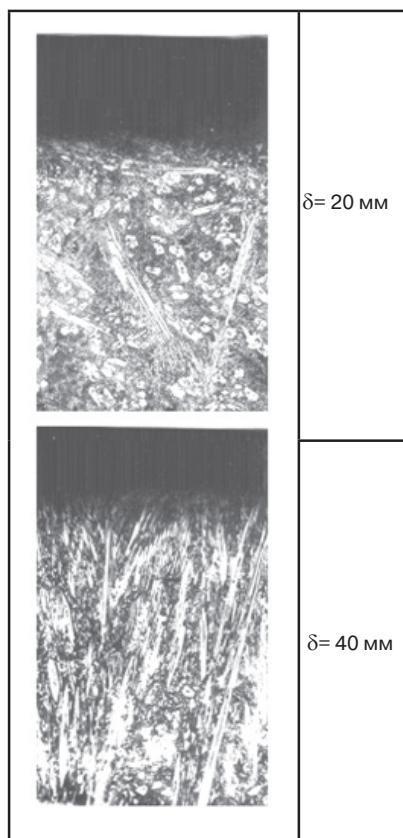


Рис. 3. Влияние интенсивности охлаждения на структуру хромистого чугуна заэвтектического состава

Это связано с различной теплопроводностью опытных чугунов. При использовании холодильника максимальной для данного эксперимента толщины (40 мм), отливка из доэвтектического чугуна имеет ориентированную структуру на 60 % высоты, отливка из эвтектического чугуна на 50 %, а в структуре заэвтектического чугуна ориентированная структура носит островковый характер и величина этих участков составляет 10–15 % от общей высоты отливки (рис.1, 2, 3). Для опытных чугунов одного состава изменение толщины холодильника значительно влияет на протяженность зоны с ориентированной в направлении теплоотвода структурой (см. табл.). В отливках доэвтектического чугуна ориентация структуры в направлении ускоренного теплоотвода наблюдается уже при использовании холодильника минимальной толщины (см. рис. 1). Зона отливки с ориентированной структурой состоит из дендритов аустенита, в промежутках между которыми находится карбидная эвтектика, по мере удаления от наружного холодильника дендриты аустенита теряют свою направленность и становятся более крупными. С увеличением толщины холодильника растет протяженность зоны ориентированной структуры, а структура отливки становится более дисперсной.

Аналогичные выводы можно сделать и для отливок из чугуна эвтектического состава. В этом случае карбидные иглы приобретают четкую направленность при толщине холодильника $\delta = 30$ мм и более (см. рис. 2).

Исследование структуры отливок из заэвтектического чугуна, как указывалось выше, показали, что отдельные участки ориентированной структуры отмечаются лишь при использовании холодильников максимальной толщины (см. рис. 3).

Лабораторные испытания износостойкости образцов из опытных сплавов в условиях трения / скольжения показали, что использование холодильников позволяет повысить износостойкость на 30–40 % (для до- и эвтектических чугунов, соответственно) (рис. 4). Повышение износостойкости происходит за счет измельчения структуры, повышения однородности и ориентирования структуры в направлении, перпендикулярном поверхности теплоотвода – рабочей поверхности отливки. В данном случае в структуре опытных чугунов присутствуют

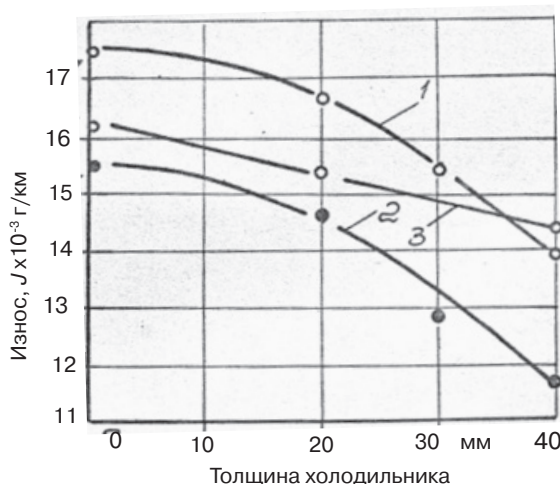


Рис. 4. Влияние интенсивности охлаждения на износостойкость хромистых чугунов: 1 – чугун доэвтектического состава; 2 – чугун эвтектического состава; 3 – чугун заэвтектического состава

карбиды типа Me_7C_3 , для которых характерна карандашная форма и анизотропия твердости: более высокая (14500–16500 МПа) в направлении оси «с», более низкая, (9500–10500 МПа) в направлении оси «а» [3, 4].

Реализуемая за счет холодильников направленная кристаллизация позволяет успешно использовать явление анизотропии для повышения износостойкости хромистых чугунов.

Список литературы

1. Мирзаева Н. М., Емелюшин А. Н., Мирзаев Д. А. Влияние ориентировки и дисперсности карбидов на износостойкость литого инструмента из хромистого чугуна // Изв. Вузов. Черная металлургия. – 1983. – № 4. – С. 72–75.
2. Гарбер М. Е., Леви Л. И. и др. Влияние структуры на износостойкость белых чугунов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1968. – № 11. – С. 22–25.
3. Chemical composition and morphology of $M7C_3$, eutectic carbide in high chromium white cast iron alloyed with vanadium. Filipovic Mirjana, Romhanji Endre, Kamberovic Zeljko. – ISIJ Int. 2012. – Vol. 52. – № 12. – С. 2200–2204.
4. Гольдштейн Я. Е., Хисматулина Н. С., Гольдштейн В. А., Мосина В. И. Структура и свойства износостойких белых чугунов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1986. – № 8. – С. 39–42.

Поступила 05.09.2018

References

1. Mirzaeva, N. M., Yemelyushin, A. N., Mirzaev, D. A. (1983) Effect of orientation and dispersion of carbides on the wear resistance of cast tools from chromium cast iron. Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya, pp. 72–75 [in Russian].
2. Garber, M. Ye., Levi, L. I. et al. (1968) The influence of the structure on the wear resistance of white cast irons. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov, no. 11, pp. 22–25 [in Russian].
3. Filipovich, M., Romhanji, E., Kamberovic Z. (2012) Chemical composition and morphology of $M7C_3$, eutectic carbide in high chromium white cast iron alloyed with vanadium. ISIJ Int., Vol. 52, no. 12, pp. 2200–2204 [in English].
4. Goldshteyn, Ya. Ye., Khismatulina, N. S., Goldshteyn, V. A., Mosina, V. I. (1986) Structure and properties of wear-resistant white cast irons. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov, no. 8, pp. 39–42 [in Russian].

Received 05.09.2018

Б. А. Кірієвський, д-р техн. наук, гол. наук. співр., e-mail: bkir@bigmir.net

Л. М. Трубоченко, мол. наук. співр.

О. М. Александрова, мол. наук. співр.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

ВПЛИВ СПРЯМОВАНОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ НА СТРУКТУРУ І ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ХРОМИСТИХ ЧАВУНІВ

Проаналізовано вплив холодильників на структуру і властивості хромистих чавунів. Отримано рекомендації щодо оптимізації складу чавуну і параметрів холодильників, що застосовувались.

Ключові слова: хромистий чавун, спрямована кристалізація, орієнтована структура, зносостійкість.

B. A. Kirievskiy, *Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher*,

e-mail: bkir@bigmir.net

L. N. Trubachenko, *Junior Researcher*

E. N. Aleksandrova, *Junior Researcher*

Phisico-technological Institute of Metals and Alloys NAS of Ukraine, Kyiv

INFLUENCE OF DIRECTED CRYSTALLIZATION ON THE STRUCTURE AND WEAR-RESISTANCE OF CHROMIUM CAST IRONS

The effect of refrigerators on the structure and properties of is analyzed. Recommendations are received on optimizing the composition of cast iron and the parameters of the refrigerators used.

Keywords: *chromium cast iron, directed crystallization, oriented structure, wear resistance.*

СОГЛАШЕНИЕ

О ПЕРЕДАЧЕ АВТОРАМИ ПРАВА НА ОПУБЛИКОВАНИЕ РУКОПИСИ

Мы, нижеподписавшиеся, авто_____

рукопись_____

_____ (язык – русский)

передаем без оплаты учредителям и редколлегии журнала "Процессы литья" право опубликовать эту рукопись.

Мы подтверждаем, что эта публикация: не нарушает авторских прав других лиц или организаций; не была ранее опубликована (за исключением публикации в виде резюме, части опубликованной лекции, тезисов, обзора или диссертации); не передана в другие издательства для публикации; одобрена для публикации всеми соавторами, а также организацией (институтом, вузом, заводом или ответственным учреждением), в которой она выполнена; не содержит коммерческой либо государственной тайны.

Передача права на опубликование статьи охватывает исключительное право на воспроизведение и распространение статьи, включая оттиски, переводы, электронные формы (он- и офлайн) или любые иные подобные формы воспроизведения как на территории Украины, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья.

После принятия рукописи к печати (при условии согласования всех замечаний рецензента) обязуемся опубликовать статью в течение 6-ти месяцев.

В случае необоснованной задержки публикации статьи автор (авторы) оставляет за собой право отозвать рукопись из редакции, при этом редакция теряет право на публикацию данной рукописи.

Подписи авторов

Зав. ред.-изд. сектором

(ФИО, организация, адрес,
контактный тел., email)

(подпись)