

Supplementary Material

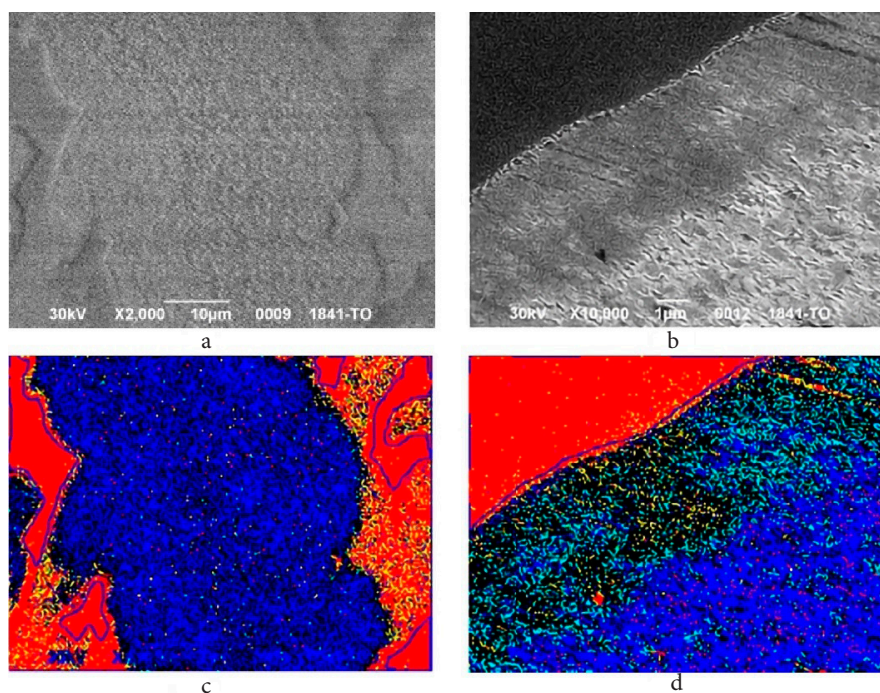


Рис. S1. (Color online) Распределение фаз в высокохромистом чугуна: SEM фотографии сплавов 4 и 5 (сигнал BEC и SEI, соответственно) после обработки в интервале магнитного превращения карбидов (350 и 450–500°C) (a, b) и изменчивость выявленных сочетаний групп фаз их составляющих (c, d).

Fig. S1. (Color online) Phase distribution in the high-chromium cast iron: SEM photographs of the alloys 4 and 5 (signal BEC and SEI, respectively) after processing in the interval of magnetic transformation of carbides (350 and 450–500°C) (a, b) and the variability of the revealed combinations of phase groups constituents (c, d).

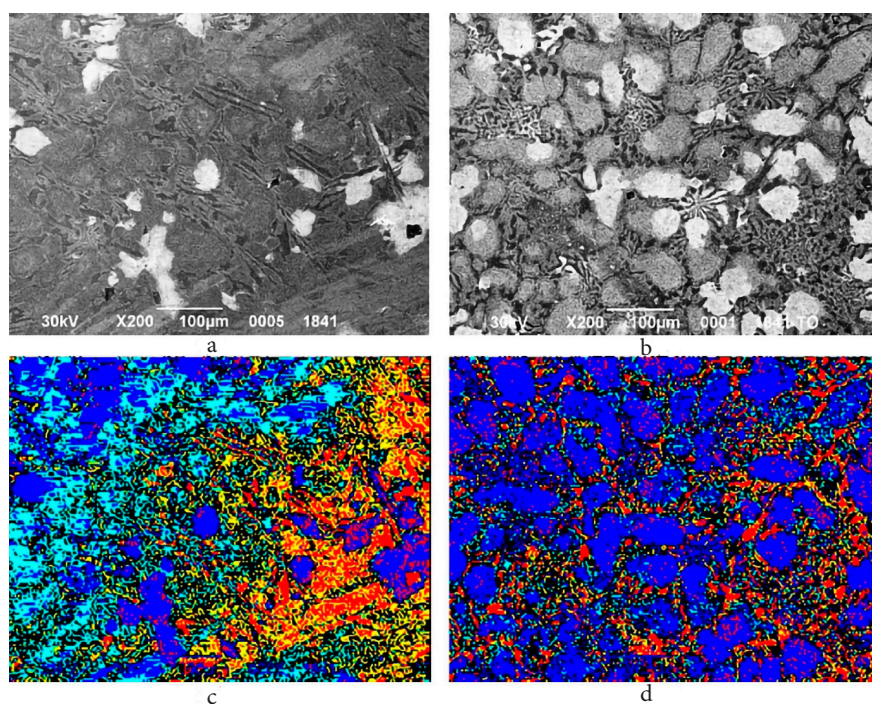


Рис. S2. (Color online) SEM фотографии 6, 7 высокохромистого чугуна (сигнал SEI), $\times 200$ (a, b) и изменчивость выявленных сочетаний групп фаз в литом состоянии (c) и после обработки (d) в интервале магнитного превращения карбидов (350 и 450–500°C).

Fig. S2. (Color online) SEM photographs 6, 7 of high-chromium cast iron (signal SEI), $\times 200$ (a, b) and variability of the detected combinations of phase groups in the cast state (c) and after treatment (d) in the range of magnetic conversion of carbides (350 and 450–500°C).

Табл. S1. Средние значения условных цветов на исследуемых изображениях фотографий.**Table S1.** Average values of the conditional colors in the studied images.

№ фото и состояние сплава No. photo and condition of the alloy	Тип фаз, % / Phase type, %						
	Ф1 / F1	Ф5 / F5	Ф6 / F6	A	Me ₃ C	Me ₂₃ C ₆	Me ₇ C ₃
Литое состояние / As-cast							
1	16.4	03.9	16.6	06.6	26.5	05.4	24.7
2	24.7	0.7	14.8	14.5	15.2	02.1	28.0
3	21.1	0.7	06.3	21.4	07.0	03.6	40.0
Средние значения/Average values	20.7	1.8	12.6	14.2	16.2	3.7	30.9
Обработка в интервале температур магнитного превращения карбидов (ТО) Processing in the interval of magnetic transformation of carbides (HT)							
4	12.0	11.1	13.8	05.4	32.3	07.2	18.2
5	26.2	10.4	14.5	12.0	15.6	01.6	19.7
Средние значения/Average values	19.1	10.8	14.2	8.7	24.0	4.4	19.0
Изображения микроструктур, ×200 / Images of microstructures, ×200							
6 (литое / as-cast)	29.5	0.9	09.5	20.3	07.5	03.0	29.3
7 (после ТО / after HT)	20.6	06.1	14.7	09.6	20.7	06.8	21.4
Среднее содержание фаз при распределении: / Average phase distribution:							
Общее, ×200/ Total, ×200	25.1	3.5	12.1	15.0	14.1	4.9	25.4
Локальное / Local (min-max)	12 – 26.2	0.7 – 11.1	6.3 – 16.6	5.4 – 21.4	7 – 32.3	1.6 – 7.2	18.2 – 40

Табл. S2. Изменчивость (%) выявленных сочетаний групп фаз.**Table S2.** Variability (%) of the detected combinations of phase groups.

№ фото No. photo	Изменчивость (среднее число пикселей, %) / Variability (average number of pixels, %)								
	Ф + A / F + A		Ф + K / F + C		A + K / A + C		Ф + A + K / F + A + C		
	Ф / F	A	Ф / F	K / C	A	K / C	Ф / F	A	K / C
Литое состояние									
1, 2, 3	6.46	2.52	4.46	4.51	2.55	6.45	2.90	2.75	3.57
	6.35 – 6.69	2.31 – 2.65	4.32 – 4.59	4.41 – 4.68	2.26 – 2.77	6.23 – 7.13	2.71 – 3.03	1.95 – 3.17	2.86 – 4.02
6	6.38	2.62	3.96	5.04	2.61	6.39	2.88	2.96	3.16
Обработка в интервале температур магнитного превращения карбидов Processing in the interval of magnetic transformation of carbides									
4, 5	7.13	1.78	4.50	4.50	2.09	6.53	3.31	1.82	3.65
	6.71 – 7.63	1.37 – 2.29	4.20 – 4.81	4.19 – 4.80	1.87 – 2.32	6.37 – 6.68	2.61 – 4.02	1.40 – 2.24	3.16 – 4.14
7	7.24	1.76	4.42	4.58	2.09	6.91	3.34	1.94	3.72
Средние значения / Average values									
1, 2, 3, 6	6.42	2.57	4.21	4.78	2.58	6.42	2.89	2.86	3.37
4, 5, 7	7.19	1.77	4.46	4.54	2.09	6.72	3.33	1.88	3.69
Взаимосвязь фаз в зависимости от состояния металла (литого и ТО) Interrelation between phases according to the state of metal (as-cast and HT)									
	+0.77	–0.8	+0.25	–0.24	–0.49	+0.3	+0.44	–0.98	+0.32

К вопросу стабильности карбида Me_7C_3 в процессе кристаллизации двухслойных прокатных валков:

Изменчивость фазового состава рабочего слоя из высокохромистого чугуна определяется стабильностью карбида Me_7C_3 . Важным было выявить в каких зонах и при какой температуре этот процесс начинается. Для ответа на этот вопрос использовали подход оптико-математического описания локальных структурных изменений и оценку термодинамических условий кристаллизации фаз.

Термодинамическими расчетами, представленными в [7], и в работе, опубликованной в 1990 г. в журнале «Металловедение и термическая обработка» (№ 1, 56–59) показано, что кристаллизация карбидов Me_7C_3 , Me_{23}C_6 и Me_3C происходит лишь одновременно при температуре 1200°C, где линии выделения этих фаз очень близки между собой при всех используемых для валков концентрациях углерода и хрома. Вместе с тем, при этой температуре в частично выявляемом карбиде Me_7C_3 существенно снижается концентрация Cr и C до 1.44% и 4.28% соответственно, что уменьшает его стабильность по сравнению с другими типами карбидов в этом температурном интервале. Кроме того, при кристаллизации больших масс металла возможно формирование эвтектики: γ -железо + Me_3C + Me_7C_3 + Me_{23}C_6 . Также следует отметить, что изменчивости фазового состава при локальных напряжениях в результате магнитного превращения в карбидных фазах в такой области могут обеспечить распад остаточного аустенита как в отдельных мелких зернах, так и в составе эвтектики. Эту количественную изменчивость фаз подтверждают и представленные результаты данной работы (см. Табл. 1). Четко видно, что доля карбида Me_7C_3 уменьшается на 10%, а карбидов Me_3C и Me_{23}C_6 возрастает почти в 2 раза.