

УДК 669.1.017

В. І. Савуляк, О. Б. Янченко, А. В. Філіпченко
ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ВИЛИВКА НА СТРУКТУРУ ЧАВУНУ З
ДРІБНОЗЕРНИСТИМ КОМПАКТНИМ ГРАФІТОМ

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

Досліджено вплив розподілу сульфідних включень, їх кількості та розмірів при різних швидкостях охолодження на механічні властивості.

Ключові слова: металевий кокінь, стрижнева форма, сульфідні, швидкість охолодження, чавун.

Рис. 8. Табл. 2. Літ. 2.

В. И. Савуляк, А. Б. Янченко, А. В. Филипченко
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВКИ НА СТРУКТУРУ ЧУГУНА С
МЕЛКОЗЕРНИСТЫМ КОМПАКТНЫМ ГРАФИТОМ

Исследовано влияние распределения сульфидных включений, их количества и размеров при различных скоростях охлаждения на механические свойства.

Ключевые слова: металлический кокиль, стержневая форма, сульфиды, скорость охлаждения, чугун.

V. I. Savulyak, A. B. Yanchenko, A. V. Filipchenko
CASTING EFFECT OF COOLING RATE ON THE STRUCTURE OF FINE-GRAINED
CAST IRON WITH COMPACTED GRAPHITE

The effect of the distribution of sulfide inclusions, their number and size, with different cooling rates on the mechanical properties.

Keywords: metal mold, rod-shaped, sulfides, cooling rate cast.

Проведена серія дослідних плавів по отриманню чавунних заготовок з дрібнозернистим компактним графітом (ЧДКГ) та підвишеним вмістом сірки. Плавку металу здійснювали в індукційній плавильній печі ИСТ – 006 з кислим тиглем ємністю 50 кг.

Як шихта використовувався переробний доєвтектичний чавун з вмістом вуглецю від 3,0% до 3,8 % і кремнію від 1,5 % до 1,9 %, при цьому сума вуглецю і кремнію залишалась в межах від 5,0 % до 5,3 % тому, що одночасне збільшення вмісту цих елементів спричиняє сильне збільшення швидкості графітизації [1, 2] та одержання половинчастої або навіть сірої структури виливків.

У шихту також входили марганець, феросиліцій (ФС 45) та сірка, яку вводили за розробленою технологією. Відливали заготовки у металевий кокінь або у суху стрижневу форму. Заготовки пройшли термічну обробку – графітуючий відпал. Режим термообробки: нагрівання до 980 °С, витримка 3 години, охолодження на повітрі.

Під час зниження температури термічної обробки до 900...950 °С ЧДКГ отримує ферито-перлітну матрицю. Істотного впливу на швидкість графітизації чавуну підвищений вміст сірки (у межах дослідженого) не чинить.

Зі заготовок, що пройшли термічну обробку, були зроблені зразки та проведені металографічні дослідження (рис. 2...4) та механічні випробування, результати випробувань приведені на рис. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад дослідних виливків з чавуну

№ плавки	Вміст елементів, %					ΣC% + Si
	C	Si	Mn	P	S	
2	3,75	1,48	0,07	0,12	0,27	5,24
3	3,54	1,73	0,15	0,14	0,34	5,27
4	3,38	1,76	0,15	0,10	0,33	5,14
5	3,23	1,89	0,12	0,10	0,24	5,12
6	3,07	1,93	0,13	0,12	0,24	5,00

Аналіз мікроструктур показав, що при литті у суху стрижневу форму вміст 3,76 % С та 1,48 % Si (плавка 2) не дозволяє одержати чисто перлітну металеву основу, у структурі присутня велика кількість фериту (рис. 2), однак, заготовки тієї ж плавки, відливої в кокінь, мали у своїй структурі лише незначну кількість фериту (рис. 3).

Аналогічну мікроструктуру мали і заготовки плавки 3, відливої у суху стрижневу форму. Заготовки всіх інших партій мали чисто перлітну структуру (рис. 4).

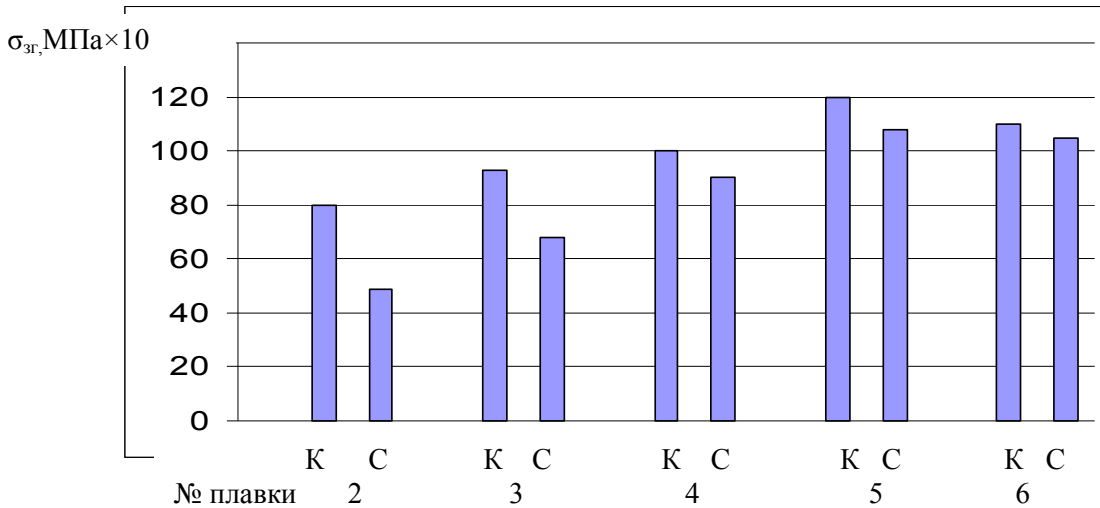


Рис. 1. Результати механічних випробувань дослідних партій (2, 3, 4, 5, 6 – номери плавки): К – виливки у металічний кокінь; С – виливки у суху стрижневу форму

Мікроструктура зразків дослідних плавки

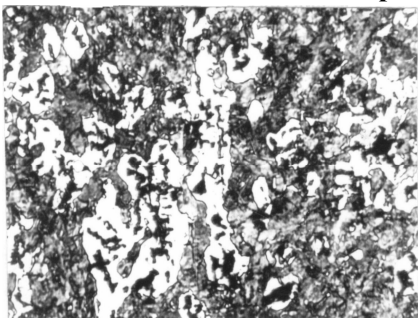


Рис. 2. Ферито-перлітна матриця мікроструктури зразків дослідної плавки 2с; × 400, травл.

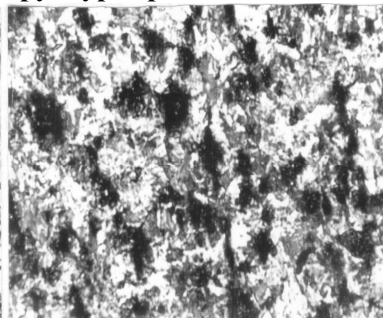


Рис. 3. Перліто-феритна матриця мікроструктури зразків дослідних плавки 2к та 3с; × 400, травл.

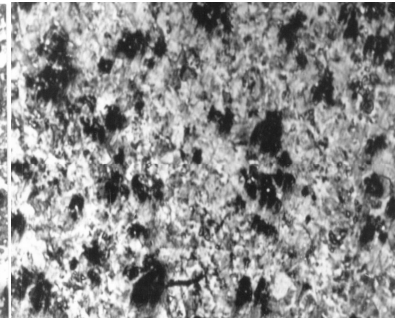


Рис. 4. Перлітна матриця мікроструктури зразків дослідних плавки 3к, 4с, 5с та 6с; × 400, травл

Відповідно і механічні властивості заготовок партії 2с виявилися значно нижчими, ніж у заготовки інших партій (рис. 4).

Навіть невелика кількість фериту (партії 2к і 3с) істотно знижує механічні властивості, збільшуючи в'язкість металу та поліпшуючи оброблюваність.

Проведено мікрорентгеноспектральний аналіз чавуну складу 3,0 % С, 1,5 % Si, 0,4 % Mn, 0,1 % P, 0,3 % S, відлитого у суху стрижневу форму та у металевий кокінь.

Якісний аналіз проводився за методом сканування по площі 100×100 мкм з одержанням зображення у поглинених електронах та у характеристичних рентгенівських променях відповідного елемента.

На рис 5 та рис. 6 представлена мікрограма частки шліфа (його дзеркальне відображення) у марганцевому, сірчаному та залізному $K\alpha$ – випромінюванню. Встановлено, що темно-сіра фаза – це сульфід марганця, а світло-коричневі сульфід заліза.

Однак, зробити висновок по цих фотографіях про існування комплексних сульфідів не є можливим рис. 5. та рис. 6.

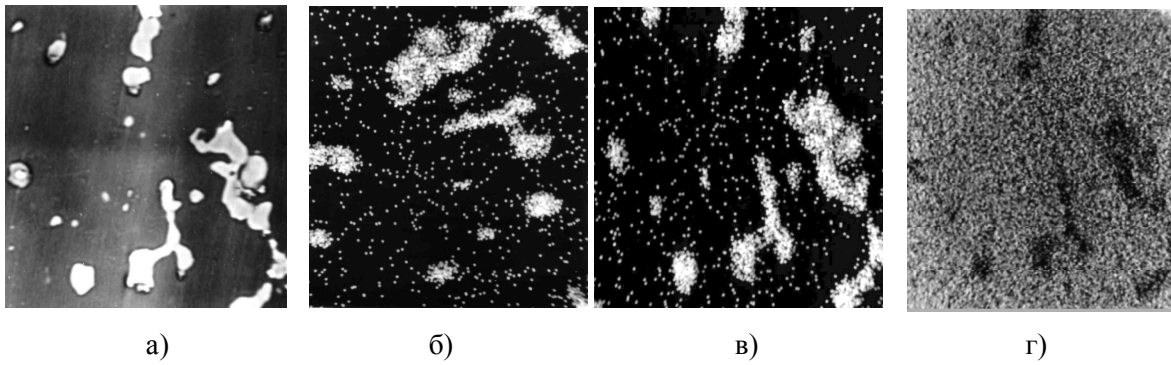


Рис. 5. Виливок у суху стрижневу форму $\times 1000$: а) знімання у поглинених електронах; б) знімання у характерних променях $Mn_{K\alpha}$; в) також $S_{K\alpha}$; г) також $Fe_{K\alpha}$

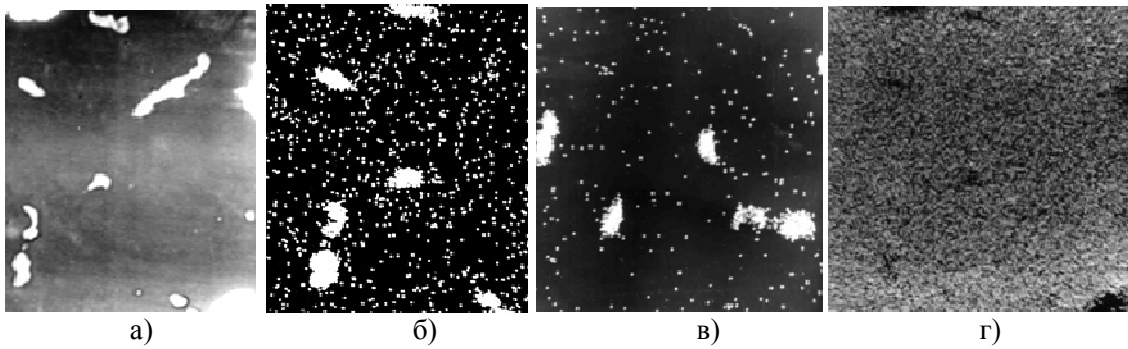


Рис. 6. Виливок у кокіль $\times 1000$, (ділянка 2): а) знімання у поглинених електронах; б) знімання у характеристичних променях $Mn_{K\alpha}$; в) те ж в $S_{K\alpha}$; г) те ж в $Fe_{K\alpha}$

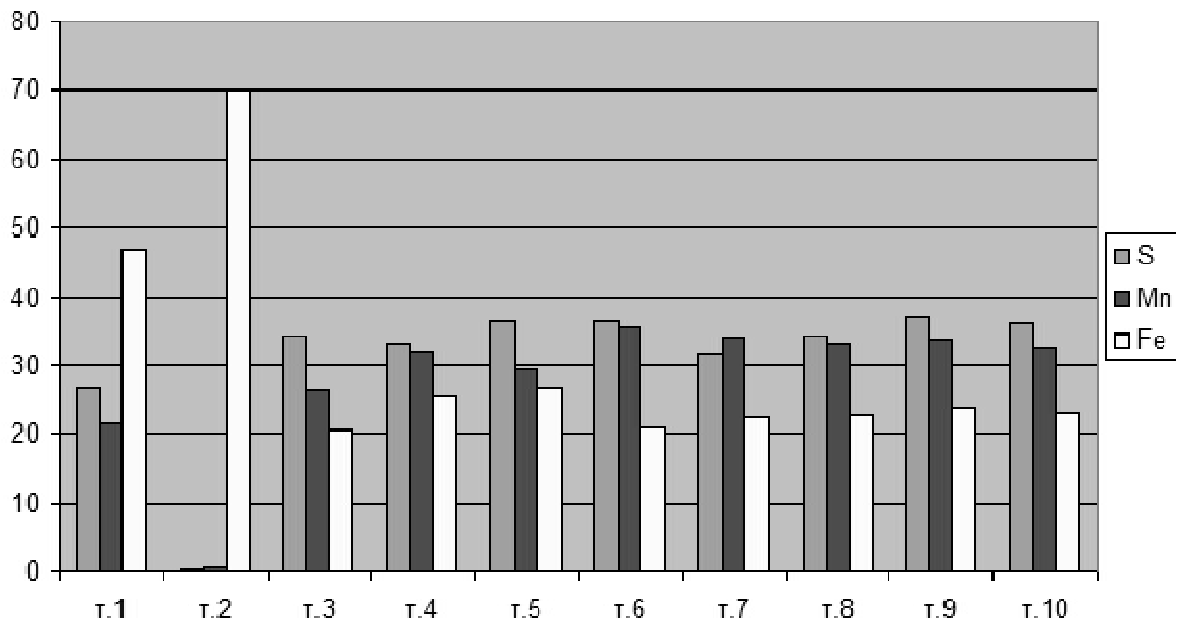


Рис. 7. Концентрація компонентів (випинок у суху стрижневу форму)

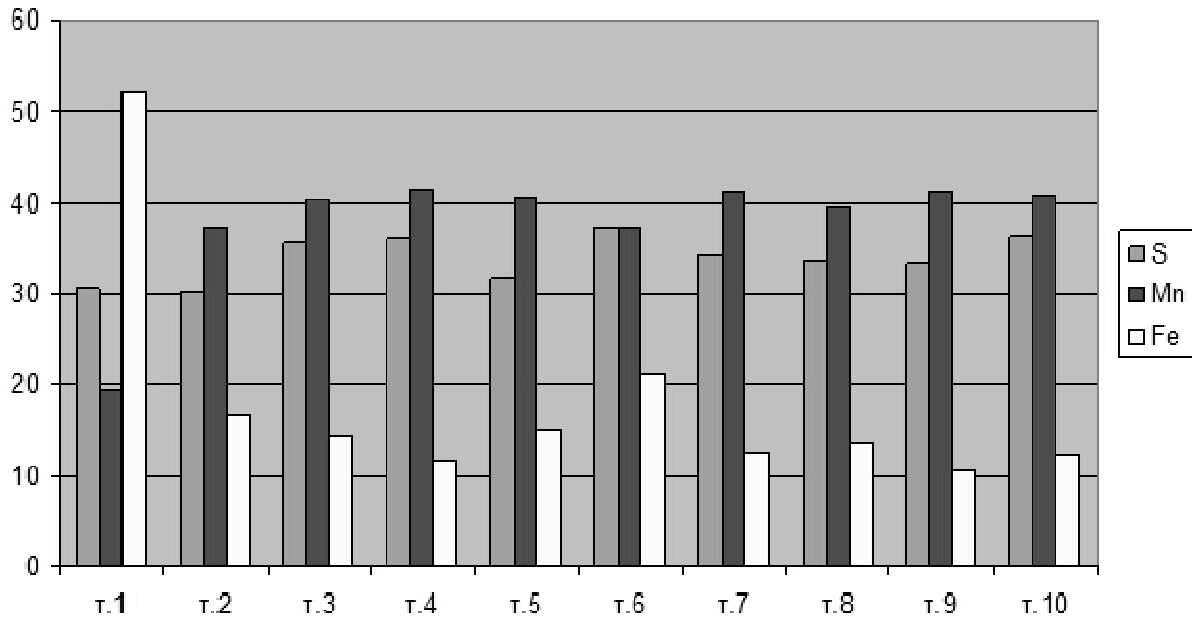


Рис.8. Концентрація компонентів (випусок у металевий кокіль)

Для виявлення природи сульфідної фази використовували рентгеноспектральний мікроаналізатор. Були отримані концентраційні криві розподілу марганцю і заліза. Результати кількісного аналізу представлені в таблиці 2 та на рис. 7 і рис. 8.

За цими даними можна припустити, що і в тому, і у іншому зразку переважають сульфідні типу (Mn, Fe) S. Проведений металографічний підрахунок площі та об'ємного відсотка сульфідної фази показав залежність розподілу сульфідних включень від швидкості охолодження.

Таблиця 2. Концентрація складових в сірчистому чавуні

	Відливка в суху стрижневу форму			Відливка в металічний кокіль		
	S	Mn	Fe	S	Mn	Fe
T.1	26,81	21,57	46,90	30,55	19,48	52,16
T.2	0,21	0,53	70,20	30,06	37,33	16,88
T.3	34,47	26,39	20,77	35,54	40,37	14,45
T.4	33,08	32,08	25,69	35,90	41,35	11,70
T.5	36,31	29,45	26,72	31,62	40,60	15,06
T.6	36,38	35,49	21,04	37,36	37,40	21,10
T.7	31,57	34,07	22,28	33,93	71,32	12,74
T.8	34,44	33,16	22,61	33,50	39,59	13,49
T.9	36,97	33,87	23,91	33,49	41,26	10,69
T.10	36,11	32,52	22,99	36,14	40,70	12,44

З аналізу отриманих результатів випливає, що об'ємний відсоток сульфідної фази при високій швидкості охолодження (випусок у кокіль) виявився значно меншим, ніж при повільному

оохолодженні (виливок у суху стрижневу форму). Очевидно, що при високій швидкості оохолодження частина сірки або залишається у твердому розчині, або утворюються сульфідні високого ступеня дисперсності.

Розподіл сульфідних включень по площі шліфа більш рівномірний при повільному оохолодженні. Зі збільшенням швидкості оохолодження нерівномірність розподілу сульфідів у площині шліфа зростає.

Дослідження кількості та розмірів сульфідів в залежності від швидкості оохолодження, показали такі результати.

Площа, яку займають сульфідні, і відповідно об'ємний відсоток включень під час повільної швидкості оохолодження відрізняються незначно. При високій швидкості оохолодження ці коливання більш значні.

З розгляду кількості включень по розмірних групах впливає, що незалежно від швидкості оохолодження характер розподілу включень залишається постійним. При цьому спостерігається, що у кожній розмірній групі кількість включень даного розміру при високій швидкості оохолодження менша, ніж під час повільного оохолодження.

Переважає розмір включень незалежно від швидкості оохолодження знаходиться у інтервалі від 0,4 мкм до 2,4 мкм. Включення більше за 3,4 мкм не виявлені.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що підвищений вміст сірки (у межах дослідженого), істотного впливу на швидкість графітизації чавуну не чинить.

2. З аналізу отриманих результатів встановлено, що об'ємний відсоток сульфідної фази при високій швидкості оохолодження (виливок у кокіль) виявився значно меншим, ніж при повільному оохолодженні (виливок у суху стрижневу форму).

3. Дослідження кількості та розмірів сульфідів в залежності від швидкості оохолодження, показали такі результати:

– площа, яку займають сульфідні, і відповідно об'ємний відсоток включень при повільній швидкості оохолодження відрізняються незначно;

– при високій швидкості оохолодження ці коливання більш значні.

1. О повышении содержания серы в ковком чугуне/ Г. Ю. Шульте, Н. А. Гендревич, А. Б. Янченко, А. А. Жуков // Литейное производство. – 1993. – №11. – С. 11–12.
2. Савуляк В. І. Енерго- та ресурсозбережні технології забезпечення якості корпусів вакуумних насосів доїльного устаткування / В. І. Савуляк, О. Б. Янченко // Вісник ВНАУ. – Вінниця.– ВНАУ Вип. 11 т. 1(65). – 2012. – С. 195–200.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2015.