

3. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния: монография. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
4. Жуков А. А. Геометрическая термодинамика сплавов железа: монография. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.

Одержано 06.04.17

Л. Ю. Ионова

Области формирования полностью или ограниченно метастабильных двойных эвтектик, не отражаемых в метастабильных диаграммах

Резюме

Показано в каких случаях и в каких именно областях в результате незавершенности перитектико-эвтектических реакций могут быть образованы метастабильные двойные эвтектики с полностью или ограниченно метастабильными карбидами.

L. Yu. Ionova

The areas of completely or limited metastable double eutectics not represented on metastable diagrams

Summary

It is shown in which cases and in which areas metastable double eutectics with completely and limited metastable carbides may be formed as a result of non-completed peritectic-eutectic reaction.

УК 669.1524-196: 621.78: 669.018.24
УДК 669.15-194.58 + 669.15-196

Вплив структурних особливостей на графітизацію в сталях та чавунах

Т. М. Миронова, доктор технічних наук, професор
І. О. Семенова, кандидат технічних наук

Національна металургійна академія України, Дніпро

Наведено результати досліджень впливу фазових та структурних перетворень, що передують відпалу, під час якого відбувається графітизація в нікелевих сталях та білих чавунах, легованих ванадієм. Встановлено вплив кількості та природи мартенситу на кінетику графітизації в сталі з різним вмістом нікелю. Визначено, що в деформованих ванадієвих білих чавунах графітизація інтенсивно відбувається при температурах нижчих за температури рекристалізації цементиту, а при підвищенні температури переважає утворення карбідів ванадію та аустеніту.

У якості заміниці антифрикційних матеріалів, таких, наприклад, як бронзи можуть розглядатися графітизовані сталі і білі чавуни [1, 2]. Процес графітизації є функцією багатьох чинників, які в свою чергу,

Фазові перетворення

залежать від хімічного і фазового складу вихідної структури та температур графітизації. Метою роботи було дослідження впливу на графітизацію фазових та структурних перетворень, що змінюють метастабільність сплавів, наприклад, мартенситного і карбідного перетворення, а також деформаційного наклепування.

Досліджено зразки литих сталей з різним вмістом нікелю та відповідно з різною часткою мартенситу і аустеніту в структурі (таблиця, сплави № 1, 2, 3, 4). Крім того, такі ж самі співвідношення мартенситу і аустеніту були отримані в зразках сталі з постійним хімічним складом, що містить 15 % нікелю (таблиця, сплав № 2) завдяки використанню додаткової аустенітизації і обробки холодом при температурах $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3, 4].

Вміст компонентів у досліджуваних сплавах

№ сплаву	Вміст елементів у в сплаві, %								Частка мартенситу, %
	C	V	Cr	Si	Mn	Ni	S	Pb	
1	1,05	-		0,09	0,18	20,03	0,025	0,024	-
2	1,03	-		0,15	0,17	15,02	0,021	0,025	25
3	1,04	-		0,11	0,25	10,01	0,019	0,025	60
4	1,03	-		0,1	0,21	5,02	0,027	0,026	90
5	2,65	1,68	0,72	0,54	0,41		0,031	0,029	-
6	2,77	1,57	0,15	1,03	0,36		0,032	0,031	-
7	2,62	1,64	0,27	2,2	0,34		0,30	0,035	-

За результатами кількісного мікроструктурного аналізу для експериментальних сталей були побудовані криві залежності кількості графітних часток на mm^2 від вихідної структури перед графітуючим відпалом при температурах $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

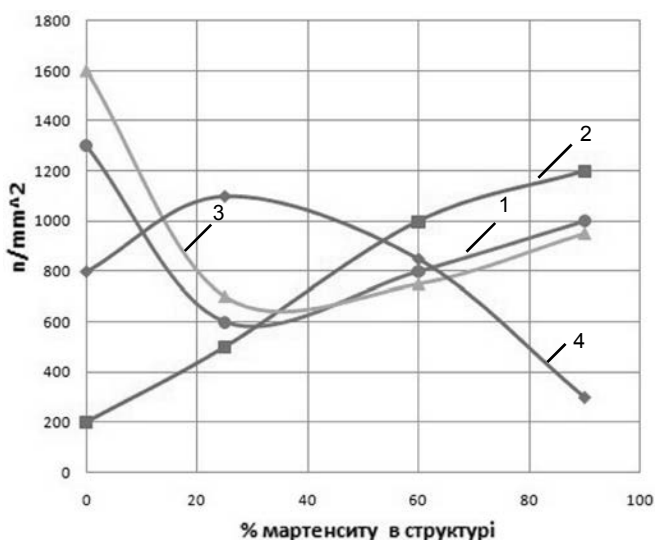


Рис. 1. Вплив структури сталі на кількість графіту, що утворюється в процесі 2-х годинного відпалу: 1 і 2 – при $850\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3 і 4 при $650\text{ }^{\circ}\text{C}$; 1 і 3 – для сталей № 1, 2, 3, 4 в литому стані; 2 і 4 – для сталі №2 після термічної обробки.

Як показали дослідження для даного класу сталей підвищення температури відпалу не є обов'язковою умовою для прискорення утворення графіту. А в високонікелевій сталі (табл., сплав № 4) навпаки графітизація відбувається більш прискорено при підкритичних температурах, тобто при 650 °С, (рис.1, крива 3). Крім того, збільшення кількості мартенситу у вихідній структурі однозначно прискорює графітизацію тільки при температурах вищих за критичні – 850 °С, а при 650 °С навпаки викликає уповільнення графітизації. Це можна пояснити тим, що на процес графітизації значно впливає ступінь пересиченості твердого розчину вуглецем, і чим він вищий, тим більше утворюється зародків графіту, і швидше здійснюється процес графітизації [1 – 3]. Уповільнення графітизації при температурі відпалу 650 °С в литих зразках сталі з різним вмістом нікелю змінного складу залежить від трьох факторів. По-перше, мартенсит, який утворюється при графітизації литої сталі у кількості 25 % має переважно двійникову, а не дислокаційну структуру у порівнянні зі зразками, в яких мартенситу більше 60 %. Більша частина розчиненого вуглецю сегрегується на дислокаціях, а у двійникових пластинах мартенситу набагато менше викривлень, які можуть взаємодіяти з атомами вуглецю [4]. Тому, на базі сегрегацій вуглецю в мартенситних ділянках при графітизуючому відпалі формується характерний для цих сталей відносно стійкий χ -карбід, який потім переходить у цементит. Ця стійкість χ -карбіду на першій стадії відпуску мартенситу є однією з причин уповільнення графітизації порівняно з литою аустенітною структурою (рис. 1, крива 1 і 3). По-друге, коли кількість мартенситу в литих зразках не перевищує 25 % і мартенсит утворюється при охолодженні на повітрі, в ньому відсутні мікротріщини [3], що не сприяє прискоренню графітизації. І нарешті – зразки сталі з вихідною аустенітною структурою містять найбільше Ni (20 %), що прискорює графітизацію.

В роботі також вивчали вплив структурного стану, а саме зміцнення під час деформування, евтектичного цементиту на графітизацію білих дактильованих чавунів (таблиця, сплави №5, 6, 7), що мають підвищену пластичність завдяки карбідному перетворенню (рис. 2 а) в легованому ванадієм цементиті [5]: $(\text{Fe,V})_3\text{C} \rightarrow \text{VC} + \text{аустеніт} + \text{Fe}_3\text{C}$. Структура цих сплавів в литому стані складається з дендритів первинного аустеніту, евтектичних колоній ледебуриту та евтектичних карбідів ванадію в кількості ~ 3 %. Перед графітизацією 30-кг вилівки чавунів підлягали відпалу і гарячій прокатці при 1050 °С на лабораторному двовалковому стані «300». Дана термомеханічна обробка не призводила до утворення графіту в структурі чавунів.

В проведених раніше дослідженнях [5 – 7] було визначено, що під час гарячого деформування дактильованих чавунів завдяки зазначеному карбідному перетворенню відбувається пластична течія пересиченого ванадієм евтектичного цементиту, що супроводжується його деформаційним зміцненням. При цьому утворення графіту в чавуні не спостерігається. Метою дослідження було визначення впливу на графітизацію під час післядеформаційного відпалу карбідного перетворення, деформаційного наклепування в цементиті та процесів знеміцнення, тобто звороту і

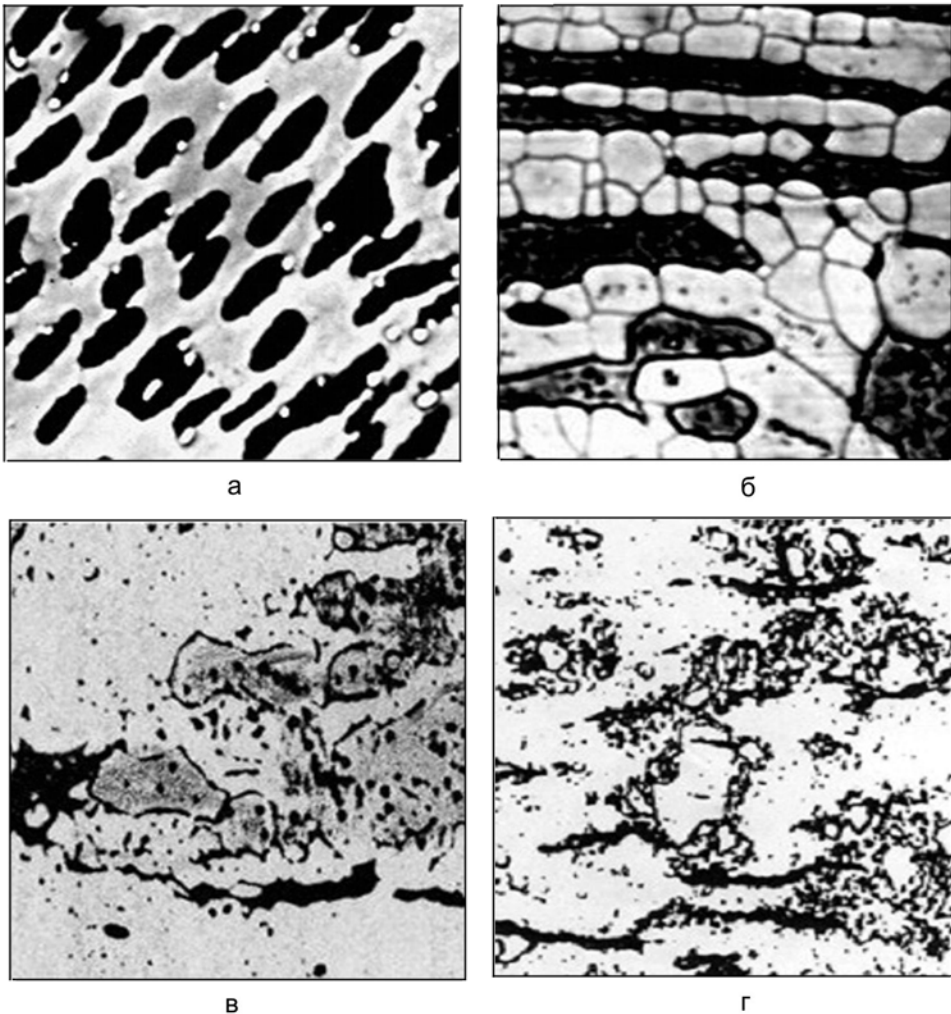


Рис. 2. Структурні перетворення в сплаві №7. а – утворення VC в цементиті; б – рекристалізація при 1000 °С, 5 годин; в, г – утворення графіту після прокатки при 850 °С, в – 3 год.; г – 10 год. х 1500.

рекристалізації (рис. 2 б), початок якої спостерігається при 950 °С [7]. Слід підкреслити, після деформування графітізація спостерігається тільки в сплавах з підвищеним вмістом кремнію, тобто в чавунах №6 і №7.

Кількісний мікроструктурний аналіз показав (рис. 3), що при підвищенні температури відпалу деформованих зразків кількість графітних включень не тільки не збільшується, а навпаки зменшується.

При дорекристалізаційних температурах, коли незалежно від тривалості витримки протікає тільки зворот, і дефектність цементиту кардинально не змінюється, відбувається безперервне зростання кількості графітних включень. Графіт зароджується на аустенітно-цементитній межі, а також на межі VC/цементит, VC/аустеніт (рис. 2 в). У процесі графітізації розчинення цементиту супроводжується утворенням дисперсних частинок карбиду ванадію (рис. 3 в, г). Розвиток статичної рекристалізації змінює графітізуючий ефект післядеформаційної обробки (рис. 3, криві 2 і 3).

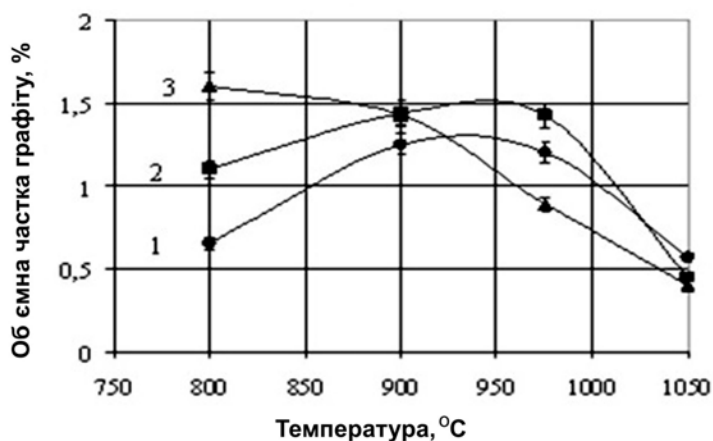


Рис. 3. Вплив температури відпалу на кількість графіту в чавуні (сплав №7), що утворився при різних витримці: 1 – 0,3 год., 2 – 1 год., 3 – 3 год.

Цементит, який рекристалізується, в більшій мірі повертає свою стабільність. В цьому випадку на межах, що утворюються в процесі рекристалізації цементиту виділяються карбіди ванадію.

Графітизація цементиту білого чавуну покращує його оброблюваність різанням, підвищує пластичність при холодній обробці тиском. Після повної графітизації цементиту пластичність чавуну досягає високого рівня: пластину з такого матеріалу завтовшки 3,2 мм осаджували вільним куванням у плоских бойках при кімнатній температурі до товщини 1,2 мм. Металографічні дослідження свідчать про відсутність мікротріщин в такому зразку.

Висновки 1. В високонікелевій сталі аустенітного класу швидкість графітизації залежить від ступеня перенасичення твердого розчину вуглецем та концентрації Ni, і більш прискорено вона відбувається при допідкритичних температурах (650 °C), в той же час наявність мартенситу в структурі сприяє її уповільненню.

2. При температурах, вищих за критичні (850 °C), збільшення кількості мартенситу у вихідній структурі прискорює графітизацію. При цьому на швидкість графітизації в нікелевих сталях великий вплив здійснює структура самого мартенситу: двійникова, що сприяє уповільненню через утворення відносно стійкого χ -карбіду, або дислокаційна та наявність мікротріщин, що мають ефект прискорення утворення графіту.

3. У ледебуритних чавунах, що містять ванадій, може відбуватися фазове перетворення: $(Fe,V)_3C \rightarrow$ графіт + VC + аустеніт. Для утворення графіту необхідно підвищення вмісту кремнію в чавуні до 2 %, а також застосування гарячої обробки тиском, що підвищує дефектність цементиту, і дорекристалізаційного відпалу при 750 – 870 °C. Кінцева структура чавуну складається з графітних включень компактної форми і дисперсних карбідів ванадію, що забезпечує високу пластичність чавуну і водночас зносостійкість.

Література

1. Тодоров Р.А. Графитизированные железоуглеродистые сплавы. – М.: Металлургия, 1981. – 320 с.

2. Семенова И.О. Влияние структурных особенностей на графитизацию литых никелевых сталей // Международный научно-технический журнал – М.: Металлургия машиностроения, 2007. – №1. – С. 29 – 30.
3. Семенова И.О. Особенности процесса графитизации в никелевых сталях // МТОМ. – №1. – 2011. – С. 260 – 265.
4. Kalish D., Roberts E. M. On distribution of carbon in martensit. – Met. Trans. 1971. v.2. – P. 2783 –2790.
5. Миронова Т. М. Структура и свойства деформируемых чугунов / Т.М.Миронова, В.З. Куцова. – Днепропетровск: Дриант, 2009. – 190 с.
6. Миронова Т.М. Управление формированием структуры в белых ледебуритных чугунах на различных этапах деформационного передела / Т.М. Миронова, М. М. Рябчий // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 4. – С. 79 – 81.
7. Миронова Т.М., Донская Т.Р., Сидорова А.Ю. О механизмах влияния фазовых переходов на поведение эвтектических карбидов при деформировании // Вісник Дніпропетровського університету. Серія Фізика. Радіоелектроніка – 2012. – Т. 20. – № 2. – Вип. 19. – С.97 – 104.

Одержано 04.04.17

Т. М. Миронова, І. О. Семенова

Влияние структурных особенностей на графитизацию в сталях и чугунах

Резюме

Приведены результаты исследований влияния фазовых и структурных превращений, предшествующих отжигу, во время которого происходит графитизация в никелевых сталях и белых чугунах, легированных ванадием. Установлено влияние количества и природы мартенсита на кинетику графитизации в сталях с разным содержанием никеля. Определено, что в деформированных ванадиевых белых чугунах графитизация интенсивно происходит при температурах ниже температуры рекристаллизации цементита, а при повышении температуры преобладает образование карбидов ванадия и аустенита.

T. M. Myronova, I. O. Semenova

Influence of structural features on graphitization in steels and cast-irons

Summary

Results of researches of influence of phase and structural transformations on graphitization in steels with nickel and white cast-irons alloyed with vanadium are shown. It is find an amount and nature of martensite influence on kinetics of graphitization in steels with the different amount of nickel. It is proven that after deformation in white cast-irons with vanadium graphitization intensively takes place at temperatures below than temperature of recrystallization of cementite, and formation of carbides of vanadium and austenite prevails at the increase of temperature.