

УДК 669.1

И. О. Семенова

*Национальная металлургическая академия Украины***ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ГРАФИТИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМУ ГРАФИТА ОТЖИГА В НИКЕЛЕВЫХ СТАЛЯХ**

Форма графіту визначає не тільки механічні властивості матеріалів, які містять графіт, але і впливає на їхню зносостійкість. Було зроблено спробу визначення можливості керування формою кристалів графіту відпалу шляхом зміни хімічного складу і режимів графітуючого відпалу.

Виходячі з того, що зміна хімічного складу призводить до зміни вихідної структури перед графітуючим відпалом, проведено дослідження вихідної структури нікелевих сталей з різним вмістом нікелю і вуглецю.

Показано, що з підвищенням вмісту нікелю компактність графіту відпалу росте, не дивлячись на присутність у вихідній структурі мартенситу. Як випливає з експериментальних даних, цьому ж сприяє, підвищення ступеню пересичення твердого розчину вуглецем.

Показана можливість отримання в антифрикційних сталях, що графітуються, компактного графіту відпалу, включаючи модифікування, яке традиційно застосовують при виробництві сплавів, що містять компактний графіт, що частіше пов'язане з певними технологічними труднощами.

Ключові слова: графітація, нікель, ступінь пересичення, форма графіту відпалу, дифузія.

Форма графита, как известно, определяет не только механические свойства графитосодержащих материалов, но и влияет на их износостойкость. Поэтому в данной работе была предпринята попытка определения возможности управления формой кристаллов графита отжига путем изменения химсостава и режимов графитизирующего отжига.

В виду того, что изменения химсостава приводит к изменению исходной структуры перед графитизирующим отжигом, в работе проведено исследование исходной структуры никелевых сталей с разным содержанием никеля и углерода.

Показано, что с увеличением содержания никеля компактность графита отжига возрастает, несмотря на присутствие в исходной структуре мартенсита. Этому же способствует, как следует из экспериментальных данных, увеличение степени пересыщения твердого раствора углеродом.

Показана возможность получения в антифрикционных графитизированных сталях компактного графита отжига, исключая модифицирование, традиционно применяемое при производстве графитосодержащих сплавов с компактным графитом и зачастую связанное с определенными технологическими трудностями.

Ключевые слова: графитизация, никель, степень пересыщения, форма графита отжига, диффузия.

As is known the graphite form determine not only mechanical properties of graphite-contain materials but influence on wear resistant. Therefore it is made an attempt to determine a control feature for crystal form of graphite annealing by chemistry and graphitizing annealing regimes changes.

In view of the fact that chemistry change result in original structure change before graphitizing annealing the original structure of nickel steel with different nickel and carbon content have been researched in the work.

It is shown that compactness of graphite annealing growth with increasing of nickel content in spite of martensite presence in the original structure. As follows from experimental data the growth of degree of carbon supersaturation of solid solution promote to it ones.

Thus, availability of compact graphite annealing in antifriction graphitizing alloys are showed including modification is used traditionally on production of the graphite-contain alloys with compact graphite and it is often attributed with specific operating problems.

Key words: graphitization, nickel, of degree of carbon supersaturation, form of graphite of annealing, diffusion.

Введение

Основное влияние на служебные свойства графитосодержащих сплавов, как известно, оказывает форма графита. При графитизирующем отжиге графит может выделяться в разнообразных формах: пластинчатой, кляксовидной, компактной и близкой к сферической [1]. Как известно [2], компактная и шаровидная форма графита способствует значительному повышению механических свойств.

Кроме того, по мнению многих исследователей [3], форма графита влияет не только на механические свойства материала, но и определяет его износостойкость. Поэтому в данной работе предпринята попытка, определения возможности управления формой кристаллов графита путем изменения содержания никеля в сталях и режимов графитизирующего отжига.

Результаты исследования

Проведенные исследования показывают, что в стали 10Н5, где перед отжигом мартенситные кристаллы имеют большое число микротрещин, первые графитные включения выделяются в этих микропустотах, наследуя их форму (рис.1а). Включения, зародившиеся на поверхности дисперсных кристаллов цементита в очень мелких трещинах и компактных пустотах, имеют компактную форму.

В стали 10Н10 графит, выделяющийся в основном в микротрещинах мартенситных кристаллов, имеет более компактную форму (рис.1б) чем графит в трещинах мартенсита стали 10Н5 (рис. 1а).

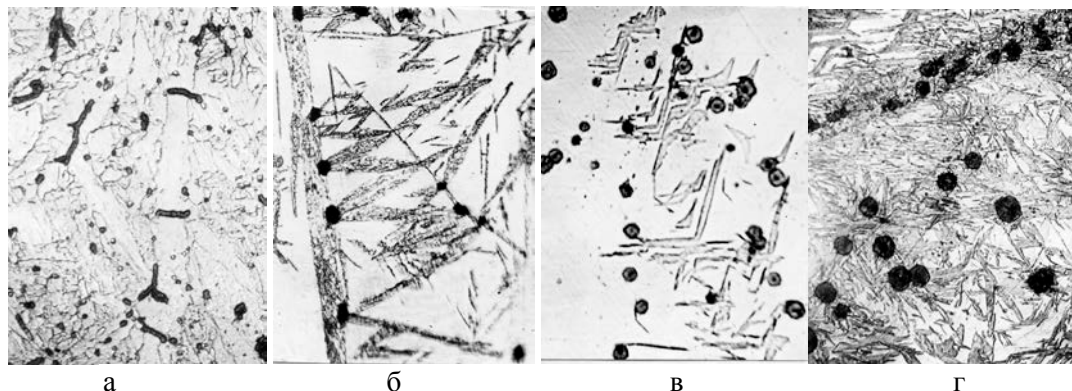


Рис. 1. Форма графита отжига в никелевых графитизированных сталях:
а – сталь 10Н5, исходная структура 90 % мартенсита + остаточный аустенит, х 600;
б – сталь 10Н10, исходная структура 60 % мартенсита + остаточный аустенит, х 600;
в – сталь 10Н15, исходная структура 15 % мартенсита + остаточный аустенит, х 600;
г – сталь 10Н20, исходная структура - аустенит, х 600;

Увеличение содержания никеля до 15 и 20 % существенно повышает компактность графита, который приобретает глобулярную форму (рис. 1 в, г). Причем компактен он не только при выделении из аустенита, но и при образовании на месте распавшихся мартенситных пластин (рис. 2 а, б).

О повышении степени компактности графита в сталях, при увеличении содержания никеля, свидетельствует и микроструктура сталей 15Н5 и 15Н10 (рис. 3) после отжига, имеющих в литом состоянии довольно сложную структуру (рис. 4).

Исходя из [4; 7], можно предположить, что повышение компактности графита в присутствии никеля объясняется дисперсностью и равномерностью распределения цементита, образовавшегося при отпуске мартенсита, увеличением коэффициента

самодиффузии железа в стали при повышении содержания никеля, а также преобладанием в аустените в отличие от феррита, объемной, а не граничной диффузии.

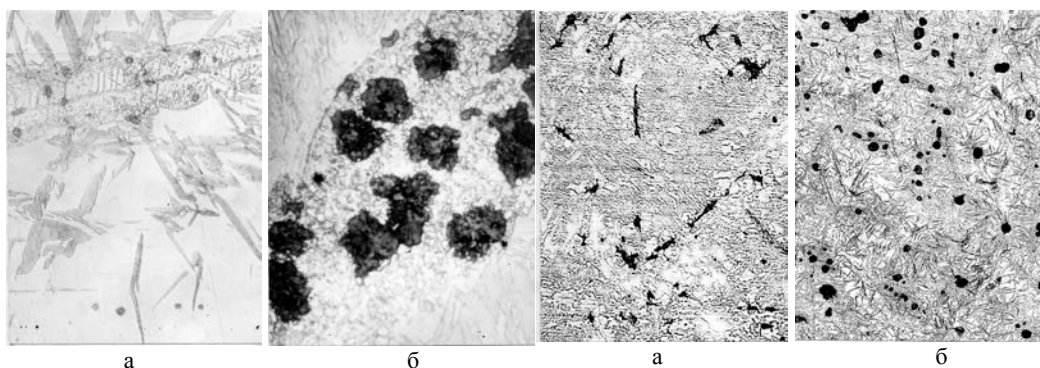


Рис 2. Форма графита отжига в участках распавшегося мартенсита стали 10H15: а – 15 мин., х 600; б – 10 час., х 2000

Рис 3. Форма графита отжига в промышленных графитизированных никелевых сталях: а – сталь 15H5, х 100; б – сталь 15H10, х 100

Кроме того, анализ работ, посвященных формообразованию графита как в случае его выделения из расплава, так и из твердого раствора [5; 6], свидетельствует о том, что образованию графита компактной и шаровидной форм способствуют ускоренные охлаждения (как из расплава, так и в твердом состоянии), создающие большие пересыщения углеродом.

Для подтверждения этих данных образцы стали 15H5 нагревали до температуры 1100°C, выдерживая их при этой температуре в течение 2 – 3 часов. Целью данного этапа обработки было переводение углерода в твердый раствор.

Затем образцы охлаждали по двум режимам. Первый заключался в охлаждении от указанной температуры вместе с печью до 650 °С. По второму режиму образцы, нагретые до 1100 °С, переносили в печь с температурой 650 °С. Охлажденные по обоим режимам образцы графитизировали в течение 6 часов. В результате в первом случае получили структуру, представленную на рис. 5а, а – во втором – рис. 5б.

Подобные структурные изменения подтверждают тот факт, что при достижении высокой степени пересыщенности твердого раствора углеродом, в стали 15H5 возможно формирование компактного графита.

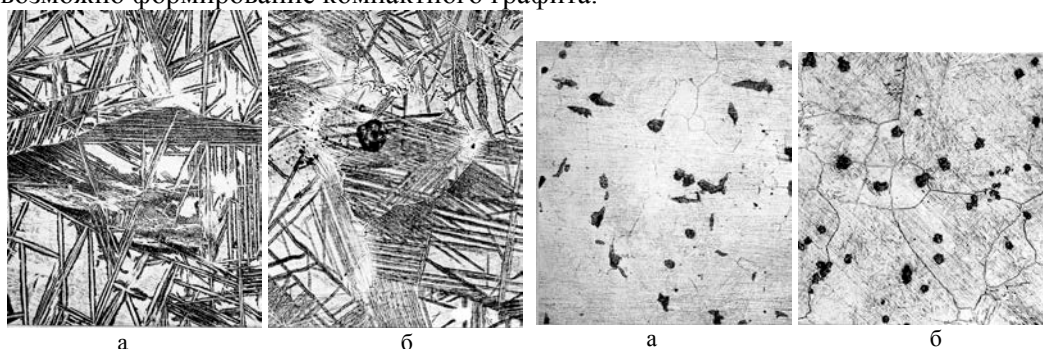


Рис 4. Микроструктура литых никелевых сталей: а – сталь 15H5, х 200; б – сталь 15H10, х 200

Рис 5. Зависимость формы графитных включений в стали 15H5 от скоростных охлаждений: а – нагрев до 1100°C, охлаждение с печью до 650°C, х 200; б – нагрев до 1100°C, и перенос в печь с температурой 650°C, х 200.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о возможности получения в никелевых сталях компактного графита при изменении условий графитизирующего отжига. Этот результат является важным экспериментальным фактом, указывающим на возможность повышения механических и служебных характеристик графитизированных сталей при легировании их никелем, исключая модифицирование, которое обычно рекомендуется при производстве кремнистых, графитизированных сталей и связано с определенными технологическими трудностями.

Библиографические ссылки

1. **Бунин К. П.** Строение чугуна. / К. П. Бунин, Ю. Н. Таран – М., 1972. 502 с.
2. **Бернштейн М. Л.** Термическая обработка металлопродукции. / М.Л. Бернштейн, А.Г. Рахштадт. – М., 1991. – 216с
3. **Горушкина Л. П.** Структура и свойства магниевого чугуна. / Л. П Горушкина. –Х., 1980. – 251с.
4. **Бунин К. П.** Графитизация стали. / К. П. Бунин, А. А. Баранов, Н. Н. Погребной. – К., 1961. – 145с.
5. **Корниенко Э. Н.** Перспективы производства отливок ЧШГ аустенитно-бейнитного класса / Э. Н. Корниенко, А. Г. Панов, Д. Ф. Хальфин // – Елабуга, 2004г. – 15 с.
6. **Сидоренко Р. А.** Влияние скоростей охлаждения на форму графита в чугуне / Р. А. Сидоренко, В. И. Череманский, М. Д. Харчук // Литейное производство. –1977. – № 10. – 272 с.
7. **Криштал М. А.** Диффузионные процессы в железных сплавах. / М. А. Криштал. – М., 1963. – 467 с.

Надійшла до редколегії 16.10.2011