

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПРИ ГРАФИТИЗАЦИИ ЛЕГИРОВАННОГО ВАНАДИЕМ ЦЕМЕНТИТА В ДЕФОРМИРУЕМЫХ БЕЛЫХ ЧУГУНАХ

доцент, к. т. н. Миронова Т.М.

Национальная металлургическая академия, Днепропетровск, Украина

Исследование фазовых превращений, которые изменяют эвтектическую составляющую при деформационной и термической обработке является очень важным рычагом влияния на свойства белых чугунов.

Карбидное превращение лежит в основе разработанных на кафедре металловедения НМетАУ способов обработки Fe-C сплавов эвтектического типа, которые радикально повышают их пластичность.

Белые чугуны имеют в своей структуре метастабильную фазу – цементит с повышенной свободной энергией. Карбидообразующие элементы, такие как Cr, V и т.д., растворяются в карбиде железа и повышают его стойкость к графитизации. Но, с другой стороны, они могут образовывать свои, более стабильные карбиды. Например, в чугунах легированных ванадием из кристаллов $(Fe)_3C$ выделяются карбиды VC, а вокруг них – частично обезуглероживанный цементит превращается в аустенитную оболочку. В процессе обезуглероживающего отжига в таком чугуне, колония ледобурита превращается в скопление мелких карбидов ванадия, которые повторяют ее контур (Рис.1). Зарождение частичек VC происходит в твердом растворе или же на границе растворяющегося карбида железа. Подвижность атомов ванадия и углерода в аустените намного выше, чем в цементите, а искажения кристаллической решетки, которые вносят частички VC, меньше.

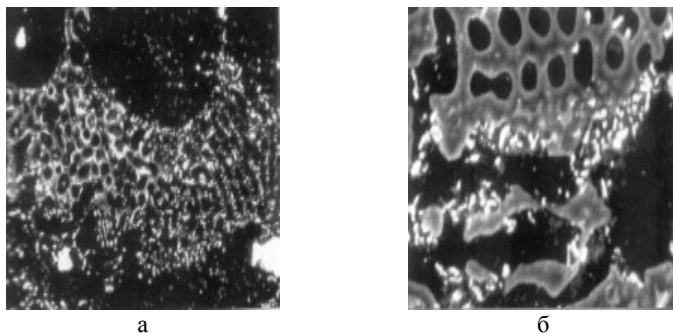


Рис. 1. Превращение в ледобуритных колониях в процессе обезуглероживающего отжига: а – х 800, б – х 2000.

При графитизации растворение цементита предшествует формированию включений графита, как и в случае превращений, происходящих при обезуглероживании ледобуритного чугуна и выделении частиц VC в аустените в процессе карбидного превращения.

Добавки кремния, способствуют развитию графитизации и изменяют ход твердофазовых превращений в ледобурите легированного ванадием чугуна, а именно: легированный цементит распадается на графит, карбиды ванадия и аустенит (рис. 2).

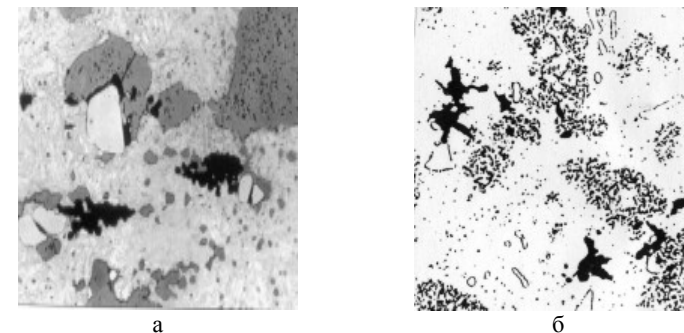


Рис. 2. Распад легированного цементита на графит, карбиды и аустенит, х2000: а – начальная стадия превращения; б – конечная стадия превращения

Если реакция протекает частично, то структура содержит остатки ледобуритных колоний, а ее завершение формирует в сплаве структуру, которая состоит из компактно расположенного графита и мелких частичек VC. Чугун с такой структурой обладает повышенной пластичностью, которая позволяет осуществлять даже теплую и холодную обработку давлением, например, волочение и правку изделий из чугуна сортопрокатка.

Само по себе карбидное превращение значительно повышает плотность дислокаций в эвтектическом цементите. Рентгеноструктурные исследования показали, что в чугунах, стойких к графитизации, после отжига ледобуритный цементит имеет аномально высокую плотность дислокаций – 10^{10} см^{-2} [1].

Горячая пластическая деформация отожженного чугуна приводит к дополнительному увеличению плотности дислокаций при обжатиях 35 и 55 % в 1,5-2 раза соответственно. Повышение термодинамического потенциала нерекристаллизованного цементита деформированного чугуна изменяет его энергетическое состояние и условия равновесия фаз.

Микроструктурные исследования показали, что температура и продолжительность отжига могут изменять направление фазовых превращений. Растворимость наклепанных зерен цементита в твердом растворе выше, чем менее дефектных кристаллов. Так, в чугунах, которые содержат около 0,5-1% кремния и до 0,2% хрома, отжиг после пластической деформации вызывает появление включений графита, хотя в литом состоянии даже намного большие высокотемпературные выдержки не приводили вообще к графитизации. Если же последеформационную обработку проводить при температурах выше температуры рекристаллизации цементита, то развиваются обратные процессы, которые приводят к формированию субзеренной структуры. Снижение степени дефектности цементита при отжиге выше 1050°C восстанавливает стабильность карбида железа и нивелирует возможность дальнейшей графитизации.

Таким образом, регулируя с помощью химического состава, режимов предшествующей, деформационной и последеформационной обработки фазовые превращения в ледебуритных чугунах, можно управлять их структурным состоянием и кардинально изменять свойства этих материалов в довольно широких границах, изменяя количество карбидов и графита.

Выводы.

1. Изучено влияние предварительной пластической деформации на формирование структуры в ванадийсодержащих белых чугунах с повышенным содержанием кремния. Установлено, что в деформированном состоянии в процессе последующего отжига при температурах ниже T_p^H цементит растворяется с образованием графита и карбидов ванадия. При более высоких температурах (T_p^H) в цементите происходит рекристаллизация, которая тормозит его растворение и графитизацию.

2. Структура исследуемого чугуна после деформации и графитизирующего отжига, состоящая из мелких карбидов ванадия и графитных включений, окруженных твердорастворной матрицей, обеспечивает повышенную пластичность и прочность изделий.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.Н. Таран, Э.В. Пирогова, Т.М. Миронова. Деформация и рекристаллизация цементита в чугунах, легированных ванадием. В сб. «Проблемы металлургического производства». Выпуск 101. – Киев. «Техника». – 1990. – С. 126-129.

УДК 624.011

РОЗРАХУНКОВА УМОВА МІЦНОСТІ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ ПРИ ОСЬОВИХ НАПРУЖЕННЯХ РОЗТЯГУ І СКЛАДНОМУ НАПРУЖЕНОМУ СТАНІ

ст. викладач Д.В. Михайловський

Київський національний університет будівництва і архітектури

Досвід впровадження деяких конструкцій з клеєної деревини (криволінійних балок, гнукклеєних рам) і наукові дослідження цих конструкцій і нових вузлових з'єднань (на зубчастий шип, на похило вклеваних стержнях) в останній чверті минулого століття свідчили про те, що діючі на той час і чинні досі норми проектування не адекватно відображають напружений стан цих конструкцій і вузлових з'єднань. Вже в 1982 р. в роботі [1], написаній провідними фахівцями ЦНДІБК (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), як недолік відмічена відсутність в нормах методики розрахунку конструкцій при складному напруженому стані клеєної деревини з урахуванням анізотропії її фізико-механічних властивостей. Методика передбачає врахування спільної дії різних напружень, коли може скластися їх несприятливе сполучення і міцність анізотропного матеріалу буде вичерпана раніше (навіть часто, значно раніше), ніж міцність при досягненні окремих напружень у відповідних перерізах границь міцності матеріалу при дії сепаратних напружень: згинальних, нормальних вздовж, впоперек волокон, дотичних.

В [1] для врахування складного напруженого стану (СНС) пропонувалась наступна умова міцності:

$$\frac{\sigma_x}{R_{x,\delta\delta}} + \frac{\sigma_y}{R_{y,\delta\delta}} + \frac{\tau_{xy}}{R_{xy,\delta\delta}} \leq 1. \tag{1}$$

За три роки до цього був виданий переклад «Wood HANDBOOK» [2], в якому міститься умова міцності у вигляді (формулу наведено в звичних для нас позначеннях):

$$\left(\frac{\sigma_{\alpha\alpha}}{R_{\alpha\alpha}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{R_{\tau\epsilon}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{90}}{R_{90}}\right)^2 \leq 1, \tag{2}$$

яка має назву критерій Норриса.

Виходячи з зовнішнього вигляду критерію (2), можна припустити, що його отримано з енергетичної теорії міцності. Але в ньому немає ознак врахування анізотропії механічних властивостей матеріалу. Також з припущенням це можна пояснити призначенням критерію Норриса. Він в [2] пропонується для перевірки міцності клеєної деревини в зоні скатів двоскатних балок при визначенні складових тензора СНС за формулами:

- згинальних крайових напружень $\sigma_{\alpha\alpha} = \frac{M}{W}$;
- дотичних напружень $\tau = \sigma_{\alpha\alpha} \cdot tg\alpha$;
- напружень впоперек волокон $\sigma_{90} = \sigma_{\alpha\alpha} \cdot (tg\alpha)^2$.

В такому окремому випадку, коли складові тензора СНС τ і σ_{90} знаходяться безпосередньо як наслідок функції від $\sigma_{\alpha\alpha}$, анізотропія враховується автоматично. Критерій (2) отримав застосування й пройшов перевірку в проектній практиці США. Однак в [2] немає вказівок про можливе поширення цього критерію на інші випадки СНС клеєної деревини, коли складові тензору напруженого стану при різних комбінаціях напружень (при σ_{δ} або σ_{δ} напруження τ і $\sigma_{90,\delta}$ чи $\sigma_{90,\delta}$) знаходяться по відповідним формулам опору матеріалів. Наприклад, для розрахунку увігнутих чи випуклих балок, арок, криволінійних карнизних вузлів рам, в зоні позacentрового стикування панелей верхніх поясів ферм і трикутних розпірних систем. В 80-х роках минулого сторіччя проф. Кліменко В.З. [4] запропонував критерій міцності для деревини, як анізотропного матеріалу, на основі енергетичної теорії міцності Генки-Мизеса. Однак цей критерій не набув розповсюдження в проектній практиці. В нещодавній статті проф. П.А. Дмитрисва [3] критерій Норриса пропонується для перевірки міцності клеєної деревини в зоні позacentрованих вузлів, тобто там, де немає прямої кореляції між місцевими напруженнями τ і σ_{90} від напружень зминання в торцях вздовж волокон. Здається, що для подібних випадків СНС умова міцності у вигляді критерію (2) може бути застосована при врахуванні в ній анізотропії фізико-механічних властивостей матеріалу для чого краще підійшов би критерій міцності, виведений проф. Кліменко В.З.

Автором зроблено уточнення умови міцності, отриманої проф. В.З. Кліменко [4]. Користуючись значеннями фізико-механічних