

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ЗЕРНИСТОГО БЕЙНИТА СТАЛИ 24Х2НАЧ*

В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов, Е.А. Иванайский, А.А. Иванайский (г. Барнаул, Россия)

В исследованиях [1-5] обнаружено, что в стали 24Х2НАЧ может формироваться своеобразная промежуточная структура зернистой морфологии представляющая из себя механическую смесь бейнитной α -фазы и глобулярных карбидов. Данную структуру по аналогии с зернистым перлитом наименовали зернистым бейнитом [5]. Установлено, что зернистый бейнит формируется в условиях непрерывного охлаждения при начале распада аустенита в верхнем интервале промежуточной области. Предложен механизм формирования зернистого бейнита. Однако некоторые высказывания и положения сделаны на основе косвенных, а не прямых доказательств. Для их уточнения необходимы дополнительные тонкие исследования, и в частности исследование фазового состава зернистого бейнита.

Целью настоящей работы было комплексное исследование фазового состава зернистого бейнита стали 24Х2НАЧ методами:

- 1) оптической микроскопии
- 2) рентгеноструктурного анализа
- 3) просвечивающей электронной микроскопии реплик
- 4) просвечивающей электронной дифракционной микроскопии тонких фольг. Исследование последним (четвертым) методом проводилось под руководством профессора Козлова Э.В. в лаборатории кафедры физики Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Образцы для исследования изготавливали из прутка стали 24Х2НАЧ следующего химического состава (вес. %): С-0,31%; Cr-1,2%; Ni-2,5%; Mn-0,65%; Si-0,37%; PЗМ-0,04%. Структуру зернистого бейнита получали методом торцевой закалки по методике изложенной в [4]. После торцевой закалки от 880°C на образце делали продольный шлиф, на котором для дальнейшего исследования выбирали участок с максимальной долей зернистого бейнита в структуре.

Микроструктура участка выбранного для исследования приведена на рисунок 1. Анализ полученной структуры и термокинетической диаграммы распада переохлажденного аустенита стали 24Х2НАЧ (рисунок 2 [3]) показывает, что ее формирование шло при ско-

рости охлаждения в пределах 2,0 – 2,5° С/с. Микроструктура выбранного участка состоит из 30-40% структурно-свободной α -фазы, и механической смеси. Основой последней является бейнитная α -фаза в которой присутствуют отличающиеся по размерам глобулярные включения. Включения в основном не имеют ориентировки в расположении, но распределены не равномерно. В отдельных участках видны скопления мелких включений. Часть мелких включений, по-видимому, являются карбидами, что, косвенно, подтверждается травлением щелочным раствором пикрата натрия. Основная доля структурно-свободной α -фазы состоит из доэвтектоидного феррита, образовавшегося при распаде определенного количества аустенита выше промежуточной области. Некоторая доля структурно-свободной α -фазы, по-видимому, состоит из мезоферрита образовавшимся на начальном безкарбидном этапе промежуточного превращения [5].

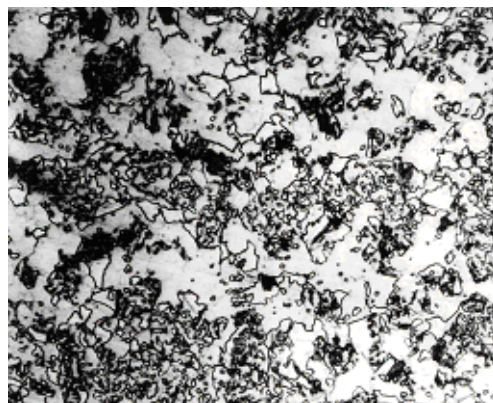


Рисунок 1 – Оптическая микрофотография исследуемой структуры ($\times 800$)

Рентгенограмма исследуемой структуры приведена на рисунке 3. Рентгеноструктурное исследование показало, что в структуре наряду с α -фазой присутствует и остаточный аустенит (γ -фаза). Количество остаточного аустенита 10%, содержание углерода в остаточном аустените составляет 1,3%, то есть многократно превышает его среднее содержание в стали. Таким образом, часть видимых в промежуточной структуре включений должны быть остаточным аустенитом.

*Работа выполнена при финансировании в виде гранта президента РФ на поддержку молодых российских ученых и ведущих научных школ Российской Федерации

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ЗЕРНИСТОГО БЕЙНИТА СТАЛИ 24Х2Н4С

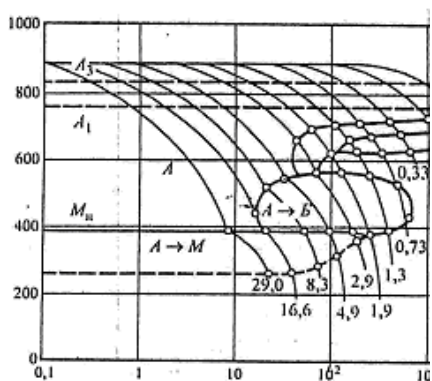


Рисунок 2 – Термокинетическая диаграмма распада переохлажденного аустенита стали 24Х2Н4С

Электронная микроскопия реплик, снятых с исследуемой структуры (рисунок 4) подтверждает наличие механической смеси состоящей из матрицы и значительно отличающихся по размерам глобулярных включений.

Очевидно, предположить, что более крупные глобулярные включения являются остаточным аустенитом, а мелкие карбидами. Мелкие включения в основном присутствуют в виде обособленных скоплений. Эти участки и являются зернистым бейнитом – механической смесью бейнитной α -фазы и глобулярных карбидов.

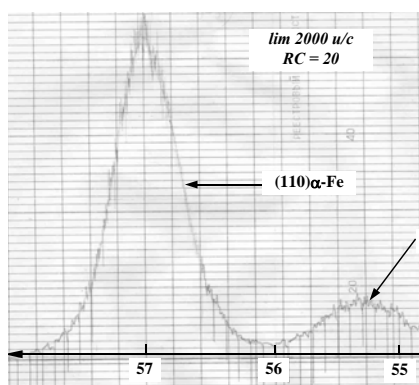
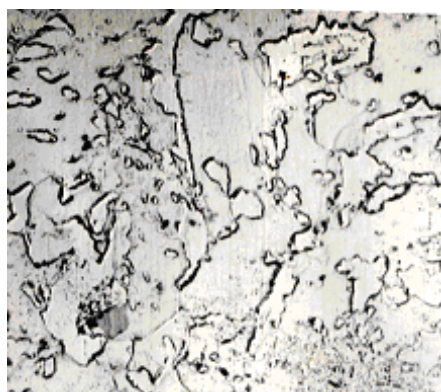
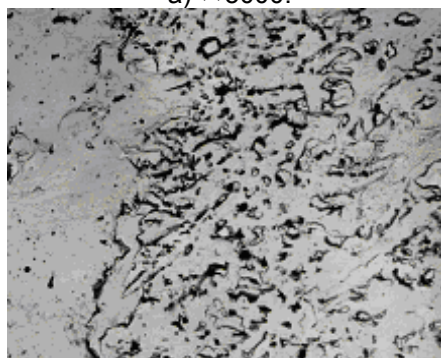


Рисунок 3 – Рентгенограмма, снятая на FeK_{α} излучении, с исследуемой структуры

Однако это предположение не бесспорно. Так литературные данные (кроме наших исследований) о возможности образования глобулярных карбидов в процессе промежуточного превращения отсутствуют, в то время как имеются данные об образовании безкарбидных промежуточных структур. Это давало основание оппонентам говорить, что глобулярные карбиды на самом деле являются мелкодисперсными глобулами остаточного аустенита.



а) $\times 5000$.



б) $\times 20000$.

Рисунок 4 – Электронная микроскопия реплик, снятых с исследуемой структуры

Проведенное исследование методом просвечивающей электронной дифракционной микроскопии тонких фольг однозначно доказало наличие карбидов в исследуемой структуре.

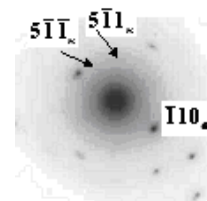
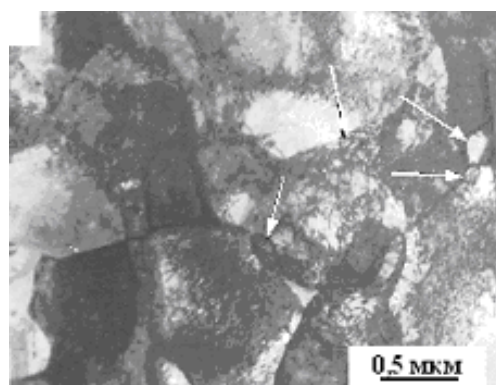


Рисунок 5 – Электронная микроскопия фольги исследуемой структуры. Карбиды $M_{23}C_6$ отмечены стрелками

Обнаружено, что карбидная фаза в основном состоит из карбидов хрома $(Fe,Cr)_{23}C_6$ округлой формы (рисунок 5). Выявлено, что остаточный аустенит присутствует в основном в виде отдельных зерен. В структуре также присутствует некоторое количество высокоуглеродистого мартенсита.

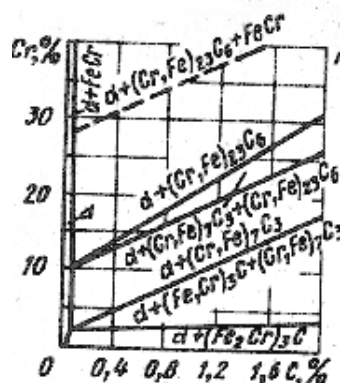


Рисунок 6 – Изотермические сечения тройной диаграммы состояния

Результаты определения типа основного карбида присутствующего в структуре неожиданны и нуждаются в объяснении. По имеющимся на сегодняшний день представлениям карбиды хрома $(Fe,Cr)_{23}C_6$ не должны образовываться в исследуемой стали. Тип образующегося карбида зависит от содержания в стали хрома и углерода (никель не участвует в карбидообразовании). Анализ диаграммы состояния Fe – Cr – C (рисунок 6 [6]) показывает, что при имеющемся в исследуемой стали содержании углерода 0.31% для образования карбида хрома необходимо присутствие в аустените более 10 % хрома, в то время как в стали имеется только 1,2 %. Предположительно присутствие карбида $(Fe,Cr)_{23}C_6$ в исследуемой структуре можно объяснить тем, что на начальных стадиях промежуточного превращения наряду с перераспределением углерода происходит и перераспределение хрома. Углерод перераспределяется от фронта фазовой γ - α перекристаллизации, а хром наоборот перераспределяется к фронту. В результате на фронте перекристаллизации аустенит оказывается обеднен углеродом и обогащен хромом. Из аустенита такого состава и происходит выделение глобулярных карбидов хрома.

В результате аустенит становится низкоуглеродистым и претерпевает γ - α превращение.

Выводы.

Исследованная структура представляет собой совокупность структурных составляющих образующихся последовательно из аустенита в процессе его непрерывного охлаждения. В структуре присутствует 30-35 % структурно-свободной α -фазы (феррит и мезоферрит), образовавшейся на начальной безкарбидной стадии распада. Остальная часть структуры является сложной механической смесью основой которой (матрицей) является бейнитная α -фаза. В матрице в виде включений различной дисперсности присутствует зернистый бейнит (обособленная механическая смесь бейнитной α -фазы и мелкодисперсных глобулярных карбидов). В матрице так же присутствуют включения мартенсита и остаточного аустенита.

Основную долю карбидной фазы составляет карбид хрома $(Fe,Cr)_{23}C_6$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свищенко В.В. Строение и механизм формирования зернистого бейнита // Труды Алтайского Государственного Технического Университета им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995. – С. 44-50
2. Кремнев Л.С., Свищенко В.В., Чепрасов Д.П. Строение и механизм формирования зернистого бейнита в стали 20X2H4Ч // МиТОМ. – 1997. – №9. – С.6-9.
3. Кремнев Л.С., Свищенко В.В., Чепрасов Д.П. Скоростной диапазон образования зернистого бейнита при распаде аустенита стали 20X2H4Ч // МиТОМ. – 1998. – № 5. – С. 17-19.
4. Кремнев Л.С., Свищенко В.В., Степанов А.В., Чепрасов Д.П. Влияние температуры аустенитизации стали 20X2H4Ч на строение бейнита // МиТОМ. – 1999. – № 11. – С. 15-17.
5. Свищенко В.В., Чепрасов Д.П., Антонюк О.В. Образование мезоферрита и зернистого бейнита в низкоуглеродистой низколегированной стали // МиТОМ. – 2004. – № 8. – С. 7-11.
6. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.