

ПРОЧНОСТЬ И ВЯЗКОСТЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ СО СТРУКТУРОЙ СОРБИТА ЗАКАЛКИ И ОТПУСКА

Гетманова М.Е., Комков Н.А., Филиппов Г.А.

ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва, Россия.
igs12@vandex.ru

В связи с возрастающими скоростями и грузоподъемностью железнодорожного транспорта возникает потребность в колесах с более высоким уровнем твердости, более 360 НВ и ударной вязкости $KCU \geq 18 \text{ Дж/см}^2$ [1].

Существующая технология производства железнодорожных колес после термообработки обеспечивает получение в ободе колес структуру тонкопластинчатого перлита с твердостью на глубине 30 мм от поверхности катания не менее 255 НВ [2]. Таким образом, существует необходимость в поиске новых типов структур, способных обеспечить повышение твердости и ударной вязкости в железнодорожных колесах.

Сорбит отпуска – является одной из таких структур [3]. Целью настоящей работы является сравнительное исследование механических свойств высокоуглеродистой стали со структурой сорбита отпуска и сорбита закалки.

Структуру сорбита отпуска получали на стали с химическим составом, представленным в таблице 1. Колесная сталь марки «Т» (таблица 1), термообработанная на структуру сорбита закалки (тонкопластинчатый перлит) служила для сравнения.

Таблица 1. Химический состав исследуемых сталей

| №№ обр. | Массовая доля элементов, % | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|--------|--------|-------|-------|
| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo | Cu | Al | Ti | V | Nb |
| 1 (сорбит отпуска) | 0,58 | 0,33 | 1,18 | 0,010 | 0,008 | 1,05 | 0,60 | 0,013 | 0,12 | | 0,003 | 0,26 | 0,047 |
| 2 (сорбит закалки) | 0,69 | 0,42 | 0,72 | 0,003 | 0,010 | 0,032 | 0,09 | | | <0,005 | <0,002 | 0,006 | - |

После проведения термической обработки на образцах 1 и 2 измерялась твердость и исследованы стандартные механические свойства при растяжении и при динамическом ударном изгибе. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2. Механические свойства следуемых сталей

| № пл. | Механические свойства | | | | | |
|-------|-----------------------|----------------|----------|--------|--------------------|-----|
| | σ_b | $\sigma_{0,2}$ | δ | ψ | KCU^{+20} | HRC |
| | Н/мм ² | | % | | Дж/см ² | |
| 1 | 1412 | 1328 | 11 | 32 | 14 | 41 |
| 2 | 1095 | 766 | 21 | 32 | 30 | 33 |

Из полученных данных установлено, что твердость структуры отпущенного сорбита превосходит твердость сорбита закалки и составляет 41 HRC против 33 HRC.

Однако, ударная вязкость образцов со структурой отпущенного сорбита составила $KCU^{+20}=14 \text{ Дж/см}^2$, а у стали со структурой сорбита закалки $KCU^{+20}=30 \text{ Дж/см}^2$

По прочностным характеристикам (σ_b , $\sigma_{0,2}$) выявлено превосходство структуры сорбита отпуска над структурой сорбита закалки, но показатель относительного удлинения (δ) при структуре сорбита закалки в 2 раза выше, чем у структуры отпущенного сорбита и

составляет $\delta = 21\%$ и $\delta = 11\%$ соответственно; величина относительного сужения для обоих типов структур одинакова – 32%.

Исследования структуры проведено методами оптической и просвечивающей электронной микроскопии.

Микроструктура стали №1 представляет (рисунок 1) мелкокристаллический отпущенный мартенсит (сорбит отпуска) пластинчатой и речной морфологии. Размер основной массы кристаллов не превышает 10 мкм.

Микроструктура сорбита закалки (рис. 2) включает колонии перлита с малой долей (менее 1%) свободного феррита в форме тонких прослоек на границах исходного аустенитного зерна.

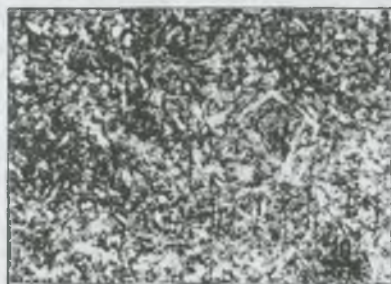


Рис. 1. Сталь №1 Микроструктура сорбита отпуска

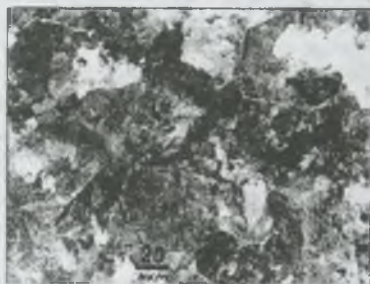


Рис. 2. Микроструктура стали №2. Тонкопластинчатый перлит и свободный феррит

Исследования тонкой структуры образцов со структурой сорбита отпуска выявили исходно двойникованные кристаллы, в которых цементит при отпуске выделился в форме пластинок по границам двойников (рис. 3). Однако основную долю занимают кристаллы речной морфологии, образующие группы (пакеты), в которых сопрягаются параллельные, одинаково ориентированные кристаллы. На их границах при отпуске выделяется пластинчатый цементит (рис. 4). Следует отметить, что отпуск при 570°C не привел к изменению не только морфологии кристаллов (сохранилась пластинчатая и речная их форма), но и к существенному уменьшению плотности дислокаций внутри их.



Рис. 3. Сталь №1 Двойники мартенсита. Электронный снимок



Рис. 4. Сталь №1. Пластины цементита на границах речных кристаллов мартенсита. Электронный снимок

При детальном исследовании структуры сорбита закалки на электронном микроскопе, видно, что тонкая структура стали №2 включает мелкие (~ 3 мкм) колонии перлита, в

которых межпластиночное расстояние составляет порядка 0,1–0,15 мкм (рис. 5). Такой перлит обычно классифицируется как тонкопластинчатый или сорбит закалки.

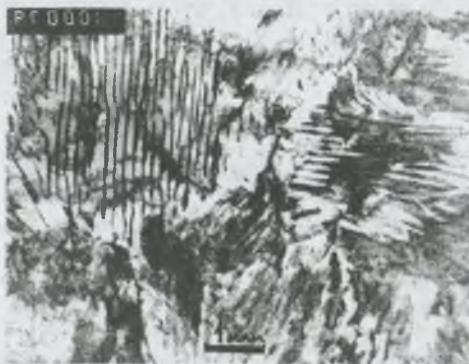


Рис. 5. Тонкая структура стали №2. Мелкие (~3 мкм) колонии тонкопластинчатого перлита. Электронные снимки на просвет

Заключение

Проведено сравнительное исследование механических свойств высокоуглеродистой стали со структурой сорбита отпуска и сорбита закалки.

Исследованы твердость, вязкость и стандартные механические свойства при растяжении высокоуглеродистой стали со структурой сорбита отпуска и сорбита закалки. Установлено, что твердость структуры отпущенного сорбита превосходит твердость сорбита закалки и составляет 41 HRC против 33 HRC; ударная вязкость образцов со структурой отпущенного сорбита составила $KCU^{+20}=14$ Дж/см², а у стали со структурой сорбита закалки $KCU^{+20}=30$ Дж/см². По прочностным характеристикам ($\sigma_b, \sigma_{0,2}$) выявлено превосходство структуры сорбита отпуска над структурой сорбита закалки, но показатель относительного удлинения (δ) при структуре сорбита закалки в 2 раза выше, чем у структуры отпущенного сорбита и составляет $\delta=21\%$ и $\delta=11\%$ соответственно; величина относительного сужения для обоих типов структур одинакова 32%.

Проведены исследования микро- и тонкой структуры образцов со структурой сорбита отпуска и сорбита закалки.

Список литературы

1. Маркин В.С., Шишов А.А., Сухов А.В., Филиппов Г.А. Освоение производства новых видов цельнокатаных колес для железнодорожного транспорта. Сталь. 2007 №9, с. 79-83.
2. Изотов В.И., Гетманова М.Е., Буржанов А.А., Киреева Е.Ю., Филиппов Г.А. Влияние структуры перлитной стали на механические свойства и особенности разрушения при изгибном нагружении// ФММ. 2009. Т.108. №6. С. 638-648.
3. В.М. Счастливцев, Д.А. Мирзаев, И.Л. Яковлева, К.Ю. Окишев, Т.И. Табатчикова, Ю.В. Хлебников. Перлит в углеродистых сталях. Екатеринбург, УрОАН, 2006, 311 с.