



УДК 669.74.21

Поступила 04.10.2016

К ВОПРОСУ О ПОНЯТИИ «ЗЕРНИСТЫЙ ПЕРЛИТ» TOWARDS THE CONCEPT OF GLOBULAR PEARLITE

А. Г. АНИСОВИЧ, М. К. СТЕПАНКОВА, Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru,

А. А. АНДРУШЕВИЧ, Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 99. E-mail: andru49@mail.ru

A. G. ANISOVICH, M. K. STEPANKOVA, Physical-Technical Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 10, Kuprevicha str. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru,

A. A. ANDRUSHEVICH, Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus, 99, Nezavisimosti ave. E-mail: andru49@mail.ru

Рассматриваются неточности в объяснении понятий «зернистый перлит» и «феррито-карбидная смесь». Объясняется необходимость привязки понятия «зернистый перлит» к конкретному зерну с содержанием углерода 0,8% с привлечением иллюстративных данных, полученных на современном металлографическом оборудовании. Обсуждается вопрос изложения учебного материала в процессе преподавания дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» применительно к учебному процессу технических вузов, в частности Белорусского государственного аграрного технического университета.

Explanatory imprecisions of concept of globular pearlite and ferrite-carbide-mixture are considered. The need of concept binding of globular pearlite to specific grain with 0.8% carbon content is explained with the assistance of exemplary data obtained at the present metallographic equipment. The question of educational material presentation concerning the process of teaching of discipline «Materials and construction materials technology» is discussed in relation to the educational process of technical universities, in particular, the Belarusian State Agrarian Technical University.

Ключевые слова. *Материаловедение, зернистый перлит, феррито-карбидная смесь, технология конструкционных материалов.*

Keywords. *Materials Science, globular pearlite, ferrite-carbide-mixture, construction materials technology.*

Сложные структуры, формирующиеся в термически обработанной стали, фактически отвечают за комплекс свойств стальных полуфабрикатов и изделий. В настоящее время рассмотрению процессов их формирования уделяется недостаточное внимание в учебном процессе в технических вузах, в частности Белорусском государственном аграрном техническом университете (БГАТУ) по дисциплинам «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Материаловедение» и др.

Одними из важнейших структур для конструкционных сталей являются феррито-карбидные структуры [1–4], которые формируются при распаде аустенита в процессе первичной либо окончательной термической обработки (отжига). Их свойства определяются свойствами каждой из фаз; соотношением количества фаз; размерами и формой карбидов.

Форма карбидов имеет большое значение для оценки прочности стали. Принято различать пластинчатую и зернистую форму карбидов. Твердость пластинчатых структур выше, чем зернистых, но зернистые структуры более выгодны с точки зрения повышенных пластических характеристик при обработке давлением (холодной штамповке, волочении и др.), а главное, обрабатываемости резанием стальных заготовок. Поэтому на это необходимо обращать внимание студентов – будущих инженеров, специализирующихся на изготовлении и ремонте деталей в различных областях машиностроения.

При равной твердости HRC сталей получаются примерно одинаковые значения предела прочности и относительного удлинения, но предел текучести и относительное сужение гораздо выше у структур с зернистой формой карбидов (рис. 1).

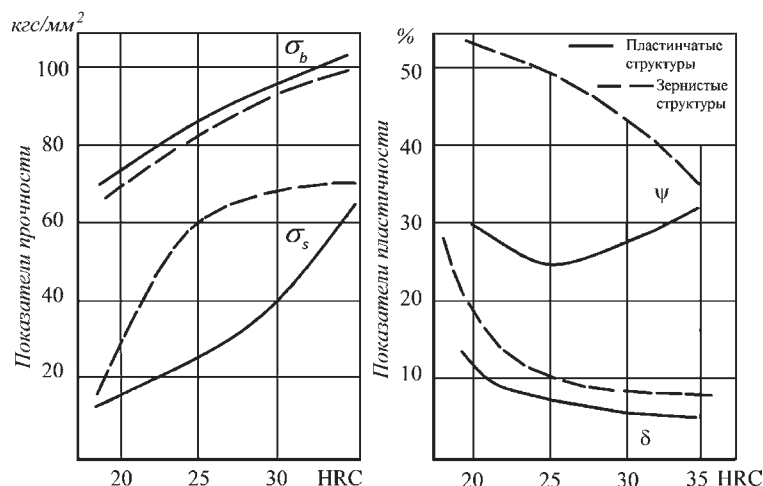


Рис. 1. Механические свойства стали с 0,84% С с пластинчатой и зернистой структурами [1]

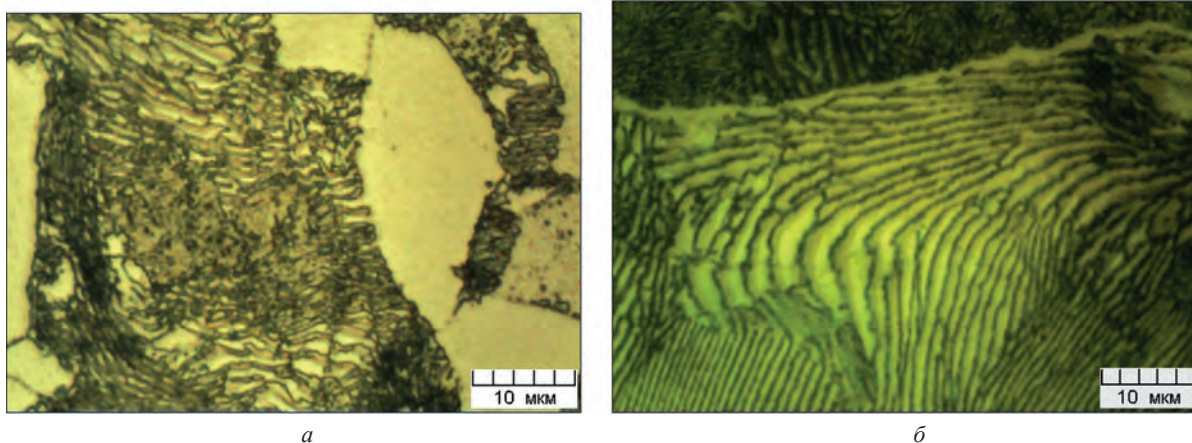


Рис. 2. Пластинчатый перлит: сталь 30 (а), эвтектоидная сталь У8 (б)

В соответствии с классическим определением перлит – это структурная составляющая сталей и чугунов, представляющая собой эвтектоидную смесь феррита и цементита определенного химического состава (0,8% углерода). При этом обычно указывают: в доэвтектоидной стали есть зерна феррита и перлита; в эвтектоидной стали присутствуют только зерна перлита. Тем не менее, принцип один – при объяснении структуры стали существование перлита относят к определенному типу зерна, содержание углерода в котором составляет точно 0,8% (эвтектоид). В обычных условиях перлит имеет пластинчатую структуру, состоящую из чередующихся пластинок феррита и цементита. На рис. 2 представлены микроструктуры перлита в доэвтектоидной (а) и эвтектоидной (б) сталях, полученные с использованием металлографического микроскопа «Микро-200».

При изложении в учебном процессе данного вопроса трудностей с таким представлением обычно не возникает.

Формирование зернистого перлита, как правило, объясняется исходя из технологических целей, например, для проведения операций обработки давлением заготовок из заэвтектоидной стали, когда требуется получить полуфабрикат со структурой, которая деформировалась бы наилучшим образом. В соответствии с [1] перлит при нагреве превращается в неоднородный аустенит, который при дальнейшем нагреве превращается в зернистый перлит. Соответствующий неполный отжиг проводят при температуре порядка 780 °С. При этом в качестве примера демонстрируются скоагулировавшиеся зерна цементита на фоне ферритной матрицы. На рис. 3, а приведена иллюстрация из [1]. Содержание углерода в данной стали соответствует заэвтектоидному составу и структура не может быть идентифицирована как зернистый перлит. На рис. 3, а фактически представлен зернистый цементит на фоне ферритной матрицы – феррито-карбидная смесь с содержанием углерода, превышающем эвтектоидный состав в 1,5 раза.

Материалы ГОСТ 8233 (издание 2012 г., без изменений иллюстративного материала) дают шкалу размеров зернистого перлита (рис. 3, б). В зависимости от дисперсности зерен цементита зернистый перлит подразделяется на 10 баллов. На рис. 3, б показан эталон структуры по данному стандарту, соот-

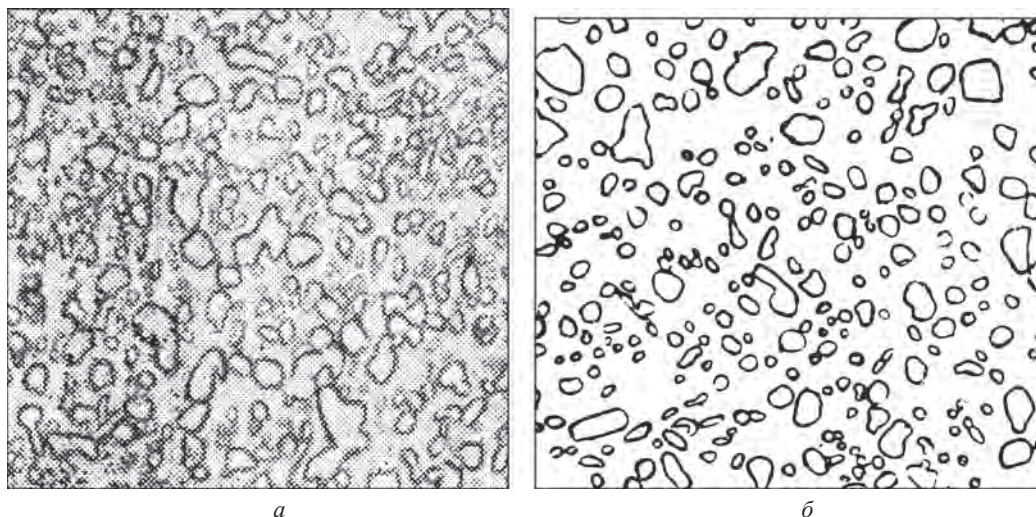


Рис. 3. Зернистый перлит в стали с 1,25% С, полученный при нагреве на 780 °С и изотермического превращения при 710 °С (а) и эталон структуры зернистого перлита; шкала № 2 ГОСТ 8233-56, балл 10 (б); увеличения уравнены

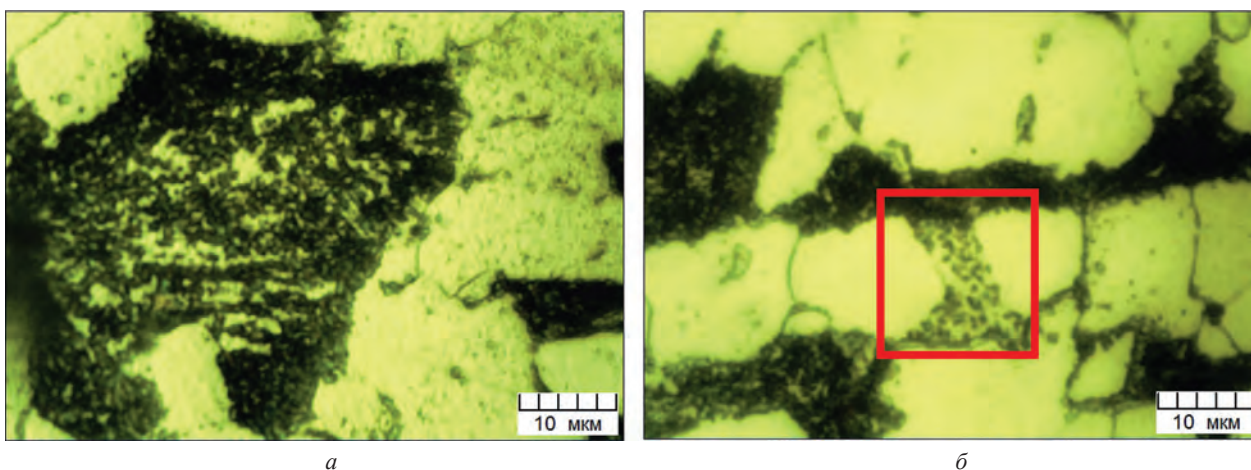


Рис. 4. Перлит в стали 12ХМ (теплостойкая сталь, образец бесшовной трубы для работы при высоких температурах): а – перлитное зерно, неполное превращение; б – зернистый перлит (выделенное зерно)

ветствующий по масштабу рис. 3, а. С формальной точки зрения применение ГОСТ 8233 для оценки структуры сталей неэвтектоидного состава некорректно. ГОСТ 8233 предполагает оценку именно зернистого перлита.

Применительно к сталям неэвтектоидного состава говорить о зернистом перлите можно только для отдельного перлитного зерна. На рис. 4 показан такой перлит в доэвтектоидной стали 12ХМ (С – 0,12%, Cr – 4%, Мо – 0,5%). Термическая обработка – неполный отжиг на зернистый перлит при температуре 850 °С, охлаждение с печью до комнатной температуры. В зерне на рис. 4, а пластинчатый перлит превратился в зернистый неполностью. Еще видны пластинки, включения цементита расположены в полосах. На рис. 4, б выделено зерно, в котором превращение прошло полностью и структура данного зерна может быть классифицирована как зернистый перлит.

Если отжиг продолжить, то процесс изменения структуры идет дальше, и постепенно структура становится совершенно однородной. На рис. 5 показан пример дальнейшего изменения перлита – цементит укрупняется, зерна феррита уже нельзя различить, но включения цементита еще расположены группами на месте бывших зерен пластинчатого перлита. На рис. 5, б – структура однородная и состоит из ферритной матрицы и круглых (глобулярных) включений цементита [3].

В практикуме по лабораторным и практическим работам для студентов БГАТУ [2], обучающихся по группе специальностей 7406 Агроинженерия в разделе «Материаловедение», входящему в состав дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», образование перлита описывается следующим образом: «Механические свойства стали зависят от формы и размера цементитных включений. Можно добиться образования округлых зерен цементита отжигом на зернистый перлит. Такая структура (зерна цементита в ферритной матрице, рис. 6) может быть получена для эвтектоидной

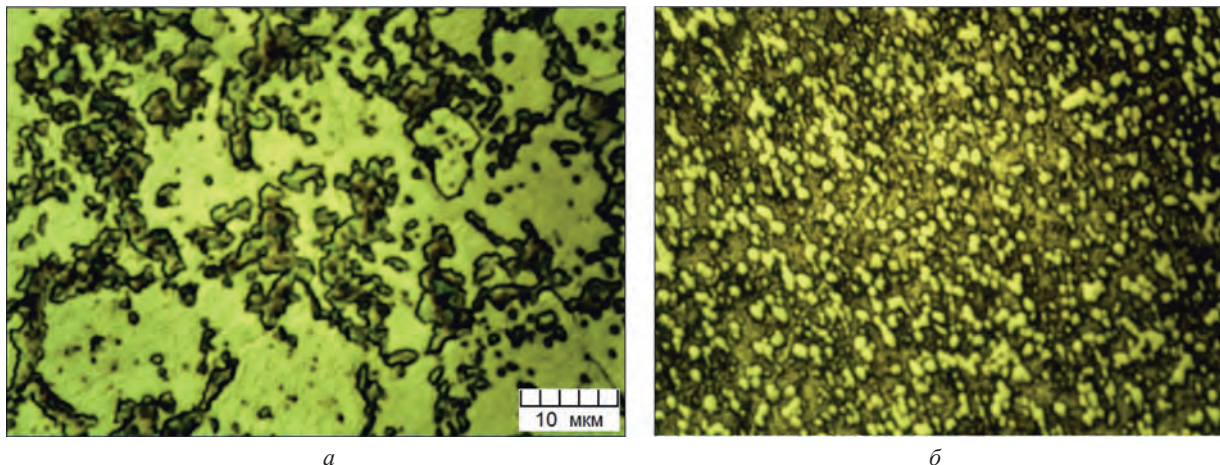


Рис. 5. Структура стали 15X5M в процессе формирования феррито-карбидной смеси (а) и окончательно сформированная феррито-карбидная смесь в подшипниковой стали ШХ15 (б)

и заэвтектоидной сталей». Соответствующие зернистые структуры будут различаться долей карбидной фазы. В соответствии с диаграммой состояния в результате отжига при образовании зернистого перлита содержание цементита в микроструктуре эвтектоидной и заэвтектоидной сталей может изменяться от 12 до 30% в зависимости от содержания углерода.

Поэтому при изучении микроструктур сталей в равновесном состоянии при объяснении понятия зернистого перлита следует четко разграничивать следующее:

- при рассмотрении стали эвтектоидного состава структура является действительно перлитом; границы ферритных зерен в такой структуре не всегда выявляются;

- для стали неэвтектоидного состава структура представляет собой феррито-карбидную смесь, полученную технологической операцией отжига. Понятие «зернистый перлит» в этом случае может рассматриваться только в связи с конкретным зерном перлита (например, рис. 4, б).

В связи с этим представлять отжиг на зернистый перлит для сталей, содержание углерода в которых не соответствует эвтектоидному, можно только в технологическом смысле, понимая под этим процесс формирования глобулярной структуры цементита или, в обычном понимании, ликвидации структурной составляющей с пластинчатой морфологией.

Эти особенности следует учитывать в процессе изучения металловедения и родственных дисциплин при изложении понятия «зернистый перлит», а также в практической деятельности.

Литература

1. Гуляев А. П. Металловедение, изд. 5-е. М.: Metallurgy, 1977. 647 с.
2. Андрушевич А. А. Материаловедение: практикум / А. А. Андрушевич [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Минск: БГАТУ, 2013. 182 с.
3. Что такое зернистый перлит? // Structure.by [Электронный ресурс]. 2014. Режим доступа: <http://www.structure.by>. Дата доступа: 12.06.2014.
4. Гуляев А. П. Термическая обработка стали. М.: Metallurgy, 1958. 384 с.

References

1. Guliaev A. P. *Metallovedenie* [Physical metallurgy]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1977. 647 p.
2. Andrushevich A. A., Romanova T. K., Anisovich A. G., Chugaev P. S. *Materialovedenie: praktikum* [Material science. Technology of structural materials]. Minsk, BGATU Publ., 2013. 182 p.
3. What is globular pearlite? Art of metallography[electronic resource]. 2014. Access mode: <http://www.structure.by>. Access date: 12.06.2014.
4. Guliaev A. P. *Termicheskaya obrabotka stali* [Thermal treatment of Steel]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1958. 384 p.

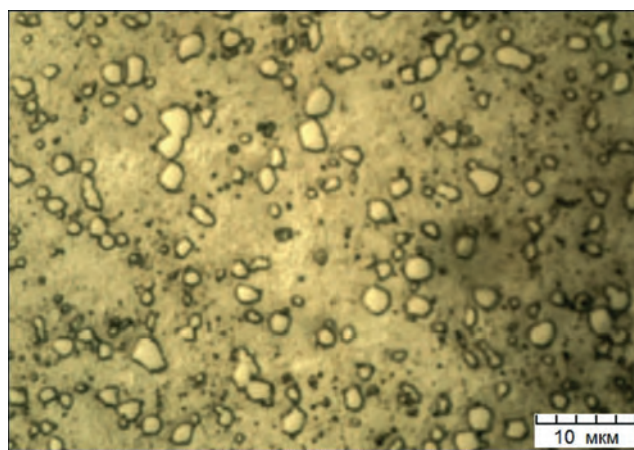


Рис. 6. Микроструктура стали 65Г после отжига на зернистый перлит