Доброе утро, гр. 44. Следующий наш шаг - оформляем лабораторную работу № 4. Оцениваю четкость схем и рисунков, полноту описания, аккуратность. Сдаем 23.04. С ув. Мамонова Н.В.

**Лабораторная работа №4**

**Микроанализ серых ковких и высокопрочных чугунов**

|  |  |
| --- | --- |
| **Цель работы:** | Научиться различать структурные составляющие чугунов и определять по структуре (форме включений графита и металлической основе) вид чугуна. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Приборы, материалы и инструмент** | Фотографии микроструктур серых, ковких и высокопрочных чугунов (с различным содержанием углерода) в равновесном состоянии. |

|  |  |
| --- | --- |
| **Порядок выполнения лабораторной работы** | 1. Изучить и описать классификацию серых чугунов по форме включений графита и по металлической основе. Указать как форма включений и основы влияет на свойства чугуна. 2. Изучить под микроскопом выданные образцы чугунов, схематически зарисовать их микроструктуры, определить название чугуна в соответствии с приведенной классификацией, подписать его структурные составляющие.3. Кратко описать условия получения серых, ковких и высокопрочных чугунов.4. Сделать выводы по работе, проанализировав структуры исследуемых образцов чугуна и их влияние на свойства. |

**Теоретическая часть**

Чугун — самый распространенный дешевый железоуглеродистый конструкционный литейный материал, содержащий свыше 2,14% углерода, до 4,5% — кремния, до 1,5% — марганца, до 1,8% — фосфора и до 0,08% — серы.

В структуре чугунов могут быть разные составляющие в зависимости от того, какая часть углерода оказывается в структурно-свободном состоянии. Это же определяет название чугунов: белый и серый.

***Белый чугун*** представляет собой сплав железа с углеродом в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде химического соединения — цементита. Излом белого чугуна светлый, блестящий. Большое количество цементита делает белый чугун очень хрупким, поэтому он практически не применяется как конструкционный материал. ***Серый чугун*** широко применяется в машиностроении. Такое название он получил по серому, матовому цвету излома, обусловленному наличием в структуре чугуна свободного углерода в виде графита.

Серые чугуны классифицируют:

А). По металлической основе на:

- ферритные,

- перлитные,

- феррито-перлитные.

Б). По форме включений графита на:

- серый чугун с пластинчатым графитом;

- высокопрочный чугун с шаровидным графитом;

- ковкий чугун с хлопьевидным графитом.

Свойства чугунов зависят как от структуры металлической основы, так и от характера графитных включений (формы, размеров, количества этих включений).

На прочностные свойства существенно влияет структура металлической основы. Чугун с перлитной структурой обладает наибольшей твердостью, прочностью и износостойкостью. Наличие феррита в структуре металлической основы вызывает снижение прочностных характеристик и износостойкости. Наименьшую прочность, твердость и износостойкость имеет ферритный чугун.

Пластичность чугунов мало зависит от структуры металлической основы.

Форма графитных включений мало влияет на твердость чугуна, однако на прочность и пластические свойства она оказывает значительное влияние. Наиболее благоприятной формой графита является шаровидная, а пластинчатый графит снижает прочность и пластичность чугуна.

Включения графита пластинчатой формы действуют как острые внутренние надрезы или трещины, ослабляющие металлическую основу и уменьшающие прочность и пластичность чугуна. Чем крупнее пластинки графита и менее равномерно распределены по объему, тем меньше прочность чугуна при растяжении. Форма и размеры включений графита практически не влияют на прочность чугуна при сжатии. Они также менее значительно, чем при растяжении, снижают прочность чугуна при изгибающем действии нагрузки.

Чем компактнее форма включений графита и чем меньше их количество, тем в меньшей степени они ослабляют металлическую основу, тем выше прочность и пластичность чугуна при одной и той же структуре металлической основы. Так, чугун с шаровидной формой включений графита имеет значительно более высокую прочность при растяжении и изгибе, чем чугун с пластинчатой формой графитных включений (отсюда и название чугуна — высокопрочный).

Пластичность чугуна очень заметно зависит от формы включений графита:

Графит . . Пластинчатый Хлопьевидный Шаровидный

δ , % ... 0,2—0,5 5—10 10—15

Кроме снижения прочности и пластичности включения графита заметно понижают также модуль упругости чугуна, значения которого оказываются значительно ниже, чем у стали.

Следует отметить, что в определенных случаях наличие графита в структуре полезно и дает чугуну преимущества перед сталью: включения графита облегчают обрабатываемость чугуна резанием (стружка делается ломкой); благодаря смазывающему действию графита чугун обладает хорошими антифрикционными свойствами, т. е. хорошо работает на трение; чугун с включениями графита обладает способностью быстро гасить вибрации, колебания; графит делает чугун практически нечувствительным к поверхностным надрезам и другим дополнительным дефектам на поверхности.

Следует также отметить хорошие литейные свойства чугуна, дающие ему преимущество по сравнению со сталью.

**Микроструктура серых чугунов**

Серые чугуны получаются при более медленном охлаждении, чем белые, и их свойства зависят от формы, размеров, количества, характера распределения графитных включений, от структуры металлической основы.

При медленном охлаждении графит имеет форму разветвленных розеток с пластиновидными лепестками. В плоскости шлифа чаще наблюдаются изолированные пластинки графита, являющиеся ветвями единого графитового скелета. Обычно графитную фазу анализируют на нетравленых шлифах.

**Микроструктура серых чугунов в нетравленом виде.** При рассмотрении в микроскоп нетравленого микрошлифа серого чугуна хорошо видны включения пластинчатого графита (рис. 1).



Рисунок 1 - Включения пластинчатого графита. Шлифы нетравленые (Х100): *а* — прямолинейные; б — завихренные; *в* — розеточные, *г* — междендритные

На величину и расположение включений графита влияют скорость охлаждения, температура и время выдержки расплавленного чугуна перед отливкой, химический состав чугуна, введение в чугун некоторых примесей (модификаторов). Например, скорость охлаждения влияет таким образом, что при прочих равных условиях графит образуется тем крупнее, чем медленнее охлаждение. Чем больше перегрев жидкого чугуна и чем дольше время выдержки при этом, тем мельче получаются графитные включения.

**Микроструктура серых чугунов в травленом виде.**

Возможны следующие типы структур серых чугунов:

- феррит + пластинчатый графит — ферритный серый чугун (рис. 2);

- феррит+перлит+пластинчатый графит — феррито-перлитный серый чугун (рис. 3; соотношение количества феррита и перлита в структуре чугуна может быть различным в зависимости от химического состава и условий охлаждения);

- перлит+пластинчатый графит — перлитный серый чугун (рис. 4).



Рисунок 2 - Ферритный серый чугун — феррит+пластинчатый графит: *а* - микроструктура (Х500); *б* - схема микроструктуры.



Рисунок 3 - Ферритно-перлитный серый чугун - феррит+перлит+пластинчатый графит:

*а* — микроструктура (X500);

*б* — схема микроструктуры



Рисунок 4 - Перлитный серый чугун — перлит+пластинчатый графит: *а* — микроструктура (Х500); *б* — схема микроструктуры

Металлургическая промышленность выпускает одиннадцать марок серых чугунов: СЧ 10 — из него изготавливают детали, для которых прочностная характеристика не является обязательной, — запорную арматуру (вентили, клапаны, задвижки), сковороды, крышки и так далее; СЧ 15, СЧ 18 — из них изготавливают рычаги, шкивы, фланцы, звездочки, корпусные малонагруженные детали. Чугуны марок СЧЗО и СЧ35 (σв не менее 300 и 350 МПа, НВ 180—269) обладают наиболее высокими механическими свойствами. Их применяют для работы при высоких нагрузках или в тяжелых условиях износа (зубчатые колеса, гильзы блоков цилиндров, распределительные валы и др.).

Цифры в марке чугуна показывают предел прочности при растяжении. Например, чугуны марок СЧ10 и СЧ15 имеют предел прочности при растяжении 100 и 150 МПа соответственно.

**Микроструктура высокопрочных чугунов**

Высокопрочный чугунполучают путем введения магния — до 0,9% и церия — до 0,05% в жидкий серый чугун перед разливкой его в формы. Этот процесс называется модифицированием.

Высокопрочный чугун имеет более высокое содержание углерода и кремния и пониженное содержание марганца. В этом чугуне сочетаются ценные свойства стали и чугуна.

**Микроструктура высокопрочных чугунов в нетравленом виде.** При рассмотрении в микроскоп нетравленого микрошлифа высокопрочного чугуна хорошо видны включения шаровидного графита (рис. 5).



Рисунок 5 - Высокопрочный чугун — включения шаровидного графита, шлиф нетравлен (Х100)

**Микроструктура высокопрочных чугунов в травленом виде.** В высокопрочных чугунах могут быть те же типы структур, которые были указаны для серых чугунов, но графит в этих чугунах шаровидный. Таким образом, возможны следующие типы микроструктуры высокопрочных чугунов:

- феррит + шаровидный графит — ферритный высокопрочный чугун (рис. 6);

- феррит + перлит+ шаровидный графит — феррито-перлитный высокопрочный чугун (рис. 7; соотношение между количеством феррита и перлита в высокопрочном чугуне может быть различным в зависимости от химического состава и условий охлаждения);

- перлит+ шаровидный графит — перлитный высокопрочный чугун (рис. 8).



Рисунок 6 - Ферритный высокопрочный чугун — феррит + шаровидный графит: *а -* микроструктура (Х500); б - схема микроструктуры



Рисунок 7 - Ферритно-перлитный высокопрочный чугун—феррит + перлит + шаровидный графит: *а -* микроструктура (Х100); б - схема микроструктуры



Рисунок 8 - Перлитный высокопрочный чугун — перлит + шаровидный графит: *а* - микроструктура (Х100); б - схема микроструктуры

В обозначение и марок высокопрочных чугунов входят два числа **(**ВЧ 38-17)— первое указывает предел прочности на разрыв, второе — относительное удлинение. Например, чугун марки ВЧ38-17 — это высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении не менее 350 МПа и относительным удлинением не менее 10 *%.*

Чугуны с шаровидным графитом по механическим свойствам приближаются к сталям, сохраняя при этом хорошие литейные свойства, способность легко обрабатываться резанием, гасить вибрации, обеспечивать высокую износостойкость и коррозионную стойкость.

Это позволяет применять высокопрочный чугун в качестве заменителя литой стали, антифрикционных сплавов, для изготовления прокатных валков, труб для нефтепроводов. Высокопрочные чугуны применяют в авто-, тракторо-и дизелестроении, их используют для изготовления коленчатых валов, поршней и многих других ответственных деталей, работающих при высоких циклических нагрузках и в условиях изнашивания.

Всего выпускают десять марок высокопрочного чугуна. Например: ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-7, ВЧ 100-2, ВЧ 120-2.

**Микроструктура ковких чугунов**

Ковкие чугуны с хлопьевидным графитом обладают хорошим сочетанием прочности и пластичности. Получают ковкий чугун путем специальной термической обработки белого доэвтектического чугуна примерно следующего состава: 2,5—3 % С; 0,7—1,5 % Si; 0,2—1 % Мп; до 0,2 %S, до 0,18 % Р.

**Микроструктура ковких чугунов в нетравленом виде.** При рассмотрении в микроскоп нетравленого микрошлифа ковкого чугуна хорошо видны включения хлопьевидного графита (углерода отжига) (рис. 9).



Рисунок 9 - Ковкий чугун - включения хлопьевидного графита (углерода отжига), шлиф нетравлен (Х100)

**Микроструктура ковких чугунов в травленом виде.** Металлическая основа ковкого чугуна может быть ферритной, феррито-перлитной и перлитной. В соответствии с этим различают ковкий чугун ферритный (рис. 10), феррито-перлитный (рис. 11) и перлитный (рис. 12).



Рисунок 10 - Ферритный ковкий чугун — феррит + хлопьевидный графит: *а* - микроструктура (Х200); *б —* схема микроструктуры

Рисунок 11 - Ферритно-перлитный ковкий чугун — феррит + перлит + хлопьевидный графит: *а* — микроструктура (Х200); *б* — схема микроструктуры



Рисунок 12 - Перлитный ковкий чугун — перлит и хлопьевидный графит: *а* — микроструктура (Х500); б—схема микроструктуры

Чугуны ферритного класса КЧ 35-10 и КЧ 37-12 имеют высокие пластические свойства (δ = 12-15 %), их используют для производства деталей, эксплуатируемых при высоких динамических и статических нагрузках, — картеров, редукторов, ступиц и т. д. Перлитные ковкие чугуны менее пластичны, но имеют более высокую прочность, твердость и износостойкость, что позволяет применять их для изготовления втулок, муфт, роликов, цепей конвейера и т.д. В маркировке ковких чугунов учитываются предел прочности при растяжении и относительное удлинение.