

УДК 669.15

Алимов В. И.
Баранов Д. А.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННОГО СЕРОГО ЧУГУНА

В традиционных технологиях изделия из серого чугуна горячей пластической деформации не подвергают из-за его низкой пластичности: эксплуатационные свойства таких изделий определяются структурой основы, сформированной при охлаждении отливки и размером графитных включений. В то же время показано, что возможно деформирование еще менее пластичных белых высокохромистых (16 % Cr) чугунов [1], что позволяет повысить износостойкость и эксплуатационную стойкость изделий за счет механотермической обработки карбидной фазы и термомеханической обработки твердого раствора.

В серых чугунах при подобной обработке возможно изменение формы и количества графита и термомеханическое упрочнение аустенита, поведение которого при последующем охлаждении определяется скоростью охлаждения: все это может привести к повышению твердости и износостойкости поверхностных слоев плоских изделий типа броневых плит и станин, широко используемых в коксохимическом производстве и станкостроении [2–5].

Целью настоящей работы является изучение влияния горячей деформации и последующего ускоренного охлаждения на структуру и свойства серого чугуна.

Для исследований использовали слиток размером $23 \times 34 \times 105$ мм из ваграночного чугуна промышленной плавки с содержанием химических элементов, % масс: 3,62 C; 2,50 Si; 0,97 Mn; 0,056 S; 0,062 P; 0,20 Cr, отлитый в земляную форму. От слитка отрезали два поперечных темплета толщиной 9 мм каждый (рис. 1), один из которых подвергали горячему деформированию. Перед деформацией темплет нагревали в трубчатой лабораторной печи типа Т-40/600 до температуры 1000 ± 5 °C в течение 13,5 мин (из расчета 1,5 мин на 1 мм толщины): прокатку проводили на лабораторном двухвалковом стане с диаметром валков 100 мм, при этом обжатие, оцененное по уменьшению толщины темплета, составило 25 %. Прокатанный темплет охлаждали ускоренно на металлической плите. После подготовки поверхности измеряли твердость, а на образцах, вырезанных по схеме рис.1, изучали структуру: оценку параметров структуры производили по ГОСТ 3443-77.

Изучение распределения твердости поверхности литого и деформированного темплетов (рис. 2) показало, что твердость чугуна после деформирования возрастает примерно в 1,5 раза (средняя твердость темплета литого чугуна – HRB 67 ± 1 (120 ± 2), а деформированного – HRB 101 ± 2 (247 ± 12),: абсолютный разбег твердости после деформирования несколько возрастает.

Из результатов изучения структуры образцов (табл. 1–4) следует, что горячая деформация прокаткой с обжатием 25 % не показала существенного влияния на общий размер включений графита, а повлияла, главным образом, на их форму: вдоль боковой поверхности темплета, перпендикулярно направлению прокатки графит присутствует в округлой форме, в отличие от пластинчатого и вермикулярного графита в литом образце (табл. 1).

Размер включений графита после деформации несколько уменьшается (табл. 2), а его количество – возрастает (табл. 4). В структуре металлической основы деформированного темплета наряду с ферритом присутствуют неравновесные составляющие бейнитного типа (литой образец имеет феррито-перлитную металлическую основу).

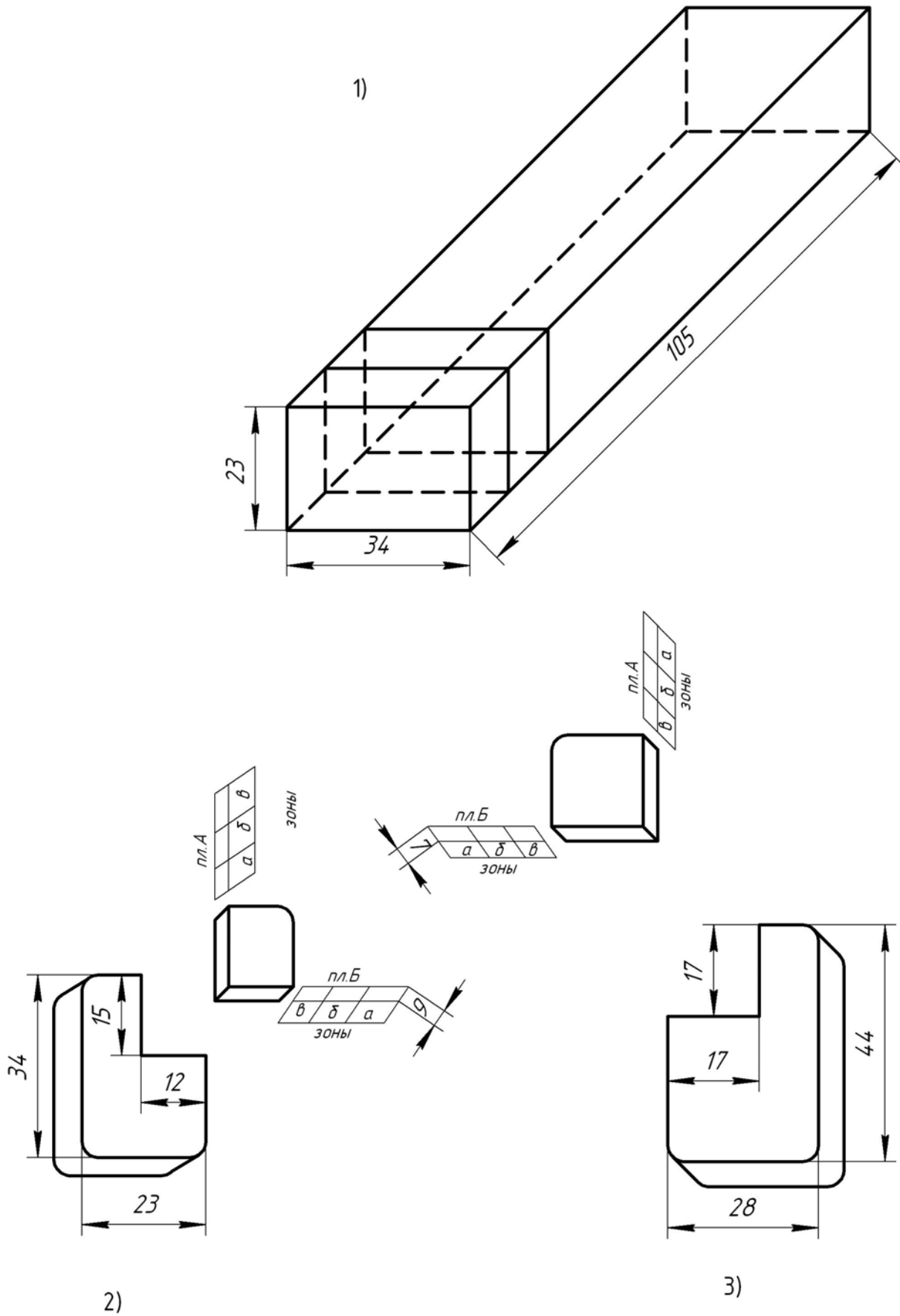


Рис. 1. Схема исходного слитка из чугуна, образцов и плоскостей для исследования:
1) исходный литой слиток;
2) темплет исходного литого чугуна;
3) темплет деформированного чугуна

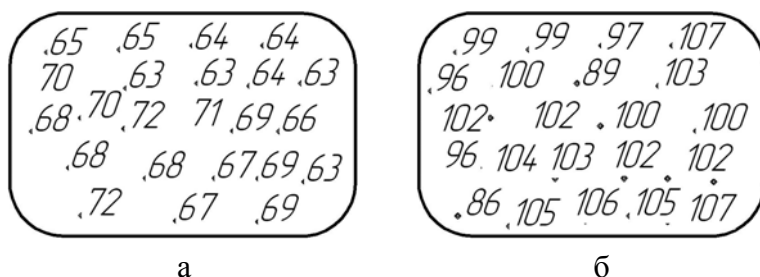


Рис. 2. Распределение твердости (HRB) на темплетях из литого (а) и деформированного (б) чугуна

Таблица 1

Форма включений графита в структуре горячедеформированного и литого образцов (шкала 1, ГОСТ 3443-77)

Плоскость	Зона	Горячедеформированный образец	Литой образец
А	а	Шаровидная неправильная Гф12 (вытянутая)	Пластинчатая прямолинейная Гф1 и гнездообразная Гф4
	б	Пластинчатая прямолинейная Гф1 (вытянутая)	То же
	в	То же	То же
Б	а	Шаровидная неправильная Гф12 (вытянутая)	Вермикулярная извилистая Гф5 и вермикулярная утолщенная Гф6
	б	Пластинчатая завихренная Гф2 (вытянутая)	Пластинчатая прямолинейная Гф1 и вермикулярная утолщенная Гф6
	в	Пластинчатая прямолинейная Гф1 (вытянутая) и шаровидная неправильная Гф12 встречаются	Пластинчатая завихренная Гф2. Кроме того, на пл. Б и в зонах «б» и «в» пл. А «пятна» колоний междендритного графита

Таблица 2

Размер включений в структуре горячедеформированного и литого образцов (шкала 2, ГОСТ 3443-77)

Плоскость	Зона	Горячедеформированный образец	Литой образец
А	а	Ряд 2, граз 15 – граз 25	Ряд 1, граз 90 – граз 180
	б	Ряд 1, граз 180 – граз 180	То же
	в	Ряд 1, граз 90 – граз 180	То же
Б	а	Ряд 2, граз 45	Ряд 1, граз 45 – граз 90
	б	Ряд 1, граз 360	Ряд 1, граз 180 – граз 360
	в	Ряд 1, граз 90 ; Ряд 2, граз 45	Ряд 1, граз 90 – граз 180

Таблица 3

Распределение включений графита в структуру чугуна с пластинчатым графитом (шкала 3, ГОСТ 3443-77)

Плоскость	Зона	Горячедеформированный образец	Литой образец
А	а	Шаровидный графит	Неравномерное Гр 2
	б	Неравномерное Гр 2	Розеточное Гр 7
	в	Неравномерное Гр 2 и колонии пластинчатого графита Гр 3	Равномерное Гр 1
Б	а	Шаровидный графит	Вермикулярный графит
	б	Неравномерное Гр 2	Неравномерное Гр 2
	в	То же	То же

Таблица 4

Количество графита в структуре горячедеформированного и литого образцов в процентах (шкала 4, ГОСТ 3443-77)

Плоскость	Зона	Горячедеформированный образец	Литой образец
А	а	Ряд 2, Г2, Г4	Ряд 1, Г5
	б	Ряд 1, Г11	Ряд 1, Г9
	в	Ряд 1, Г9	Ряд 1, Г7
Б	а	Ряд 2, Г10, Г12	Ряд 1, Г11
	б	Ряд 1, Г11	Ряд 1, Г9
	в	Ряд 1, Г9	То же

ВЫВОДЫ

1. Однократная горячая пластическая деформация прокаткой с обжатием 25 % приводит к повышению твердости серого чугуна в 1,5 раза.
2. Горячее деформирование серого чугуна приводит к некоторому измельчению графитных включений, но в большой мере влияет на их форму: металлическая основа упрочняется за счет формирования неравновесных структур при ускоренном охлаждении после деформирования.
3. При горячем деформировании серого чугуна возможно раздробление пластин графита, а диффузионные процессы, происходящие при аустенитизации, горячем деформировании и последующем охлаждении в области выше точки Ас₁, способствуют скруглению «обломков» бывших пластин графита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов А. А. Совмещение горячей деформации и термической обработки легированного чугуна / А. А. Баранов, В. И. Алимов, А. П. Штырно // Изв. РАН СССР. Металлы. – 1999. – № 2. – С. 75–78.
2. Об улучшении качества металлопродукции, деталей и инструментальных материалов в условиях коксохимического производства / В. И. Алимов, А. С. Парфенюк, Г. А. Власов, Е. П. Пономаренко, А. С. Гайдаенко // Кокс и химия. – 2001. – № 5. – С. 38–41, сооб. 1. – 2002. – № 4. – С. 35–38, сооб. 2.
3. Баранов Д. А. Механотермические способы совершенствования многофазных железных сплавов / Д. А. Баранов. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – 232 с.
4. Алимов В. И. Создание и использование анизотропии коррозионной устойчивости в высокоуглеродистых сплавах / В. И. Алимов, Д. А. Баранов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 4/1 (46). – С. 62–70.
5. Патент на корисну модель № 52509, МПК С21Д 9/22. Складений різальний інструмент / В. І. Алімов, О. І. Шевелєв, Д. О. Баранов, М. В. Георгіаду (Україна). – Заявлено 18.03.2010; опубл. 25.08.2010, Бюл. № 16.

Алимов В. И. – д-р техн. наук, проф. ДонНТУ;

Баранов Д. А. – канд. техн. наук, докторант ДонНТУ.

ДонНТУ – Донецкий национальный технический университет, г. Донецк.

E-mail: baranovda@rambler.ru