

ДЕФОРМИРОВАННЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

А. А. Баранов, Д. А. Баранов
ДНТУ

Наведені результати дослідження впливу холодної, теплої та горячої прокатки на будову та властивості високоміцного чавуну. Визначена зміна форми графіту під час деформування та її роль в формуванні анізотропії чавунних виробів. Розглянути перспективи та шляхи розширення виробництва у Донбасі деформованого високоміцного чавуну.

Современная техника предъявляет повышенные требования к материалам. Они должны быть многофункциональными и дешевыми, технологичными в обработке и долговременными в эксплуатации. Этим требованиям удовлетворяют композиционные материалы, в которых каждый из компонентов выполняет определенные функции. К таким материалам следует отнести деформированный высокопрочный чугун с направленными частицами графита. В последние годы из такого чугуна изготавливают шары помольных мельниц, шестерни и зубчатые колеса, водо- и газопроводные трубы, тонкий лист и др. [1, 2].

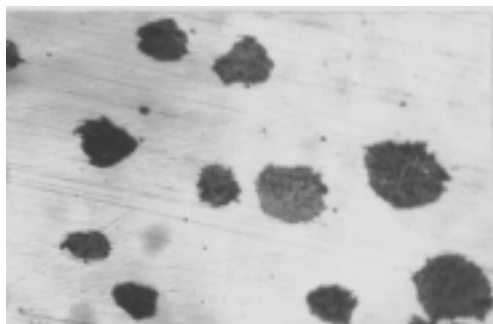
Многофункциональность деформированного высокопрочного чугуна обусловлена его структурой, в которой графитные частицы в виде вытянутых пластин и нитей размещены в металлической основе – феррите, бейните или мартенсите. Включения графита придают материалу повышенную прочность, износостойкость, сопротивление коррозии при низких и высоких температурах. Воздействуя на металлическую основу деформированного чугуна путем последующей термической обработки, можно в широком диапазоне формировать служебные свойства изделий. В технологии их изготовления важную роль играет совмещение деформации и термической обработки, благодаря которому, как и для стали [3], сокращаются материальные и энергетические затраты. Соглашаясь в оценке перспективности деформирования высокопрочного чугуна, исследователи, вместе с тем, дают неоднозначные рекомендации относительно технологических параметров.

При выборе температурного интервала горячей деформации исходят из следующего. Верхнюю температуру нагрева ограничивают

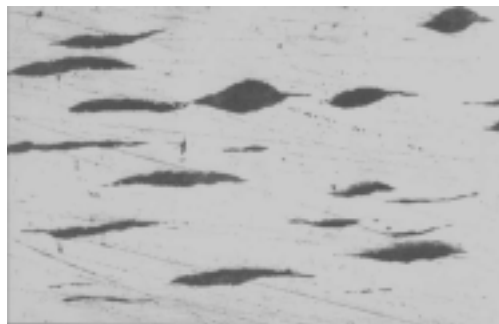
из-за возможного оплавления и она не превышает 1100°C. Нижняя температура, как и при прокатке стали, не опускается ниже 850°C. Высокое содержание в чугуна кремния, повышающего порог рекристаллизации, требует повышения температуры окончания прокатки. Поэтому рекомендуют производить горячую прокатку чугуна в температурном интервале 1050 - 950°C. Сравнительно узкий температурный интервал горячей прокатки осложняет технологию. Авторы работы [4] рекомендуют ограничиться одним проходом с обжатием 20 – 30%. В других работах (см. напр. [5]) рекомендовано многократное обжатие, позволяющее получать тонкий лист (до 1 мм) с высокой деформируемостью и свариваемостью. Изменения в технологии обработки высокопрочного чугуна путем включения в неё горячей деформации нередко влекут за собой ограничения и в химическом составе чугуна.

Выполненные нами экспериментальные исследования поведения высокопрочного чугуна, содержащего 2,88%С, 2,84%Si, 0,78%Mn и 0,048%Mg, при холодной (20°C), теплой (600°C) и горячей прокатке (1000°C) клиновидных образцов, позволили уточнить рациональные параметры и выявить ряд особенностей формирования структуры и свойств чугуна. Оказалось, что изменение формы графита при прокатке находится в сложной зависимости от температуры и степени обжатия. Оставаясь небольшим после малых и средних обжатий, формоизменение становится значительным после обжатий 50 – 60% и приводит к образованию трещин при увеличении обжатия до 70 – 75%. Фиксируемая после прокатки структура чугуна имеет различный вид: в плоскости прокатки графит сохраняет компактную форму (рис. 1а), в то время как, на боковых поверхностях приобретает вид дисков, вытянутых в направлении течения металла, а при больших обжатиях приобретает и «хвосты» (рис. 1б). В поперечных сечениях проката графит имеет вид эллипсов (рис. 1в). Во многих сечениях графитных частиц сохраняется характерный для высокопрочного чугуна плеохроизм, что достаточно хорошо выявляется при просмотре в микроскопе в поляризованном свете. В графите обнаруживаются несплошности, которые особенно заметны, если поверхность шлифа совпадает с плоскостью прокатки.

На основании анализа плоских сечений деформированного чугуна выполнена компьютерная репродукция графитных частиц и прослежено за её трансформацией по мере изменения параметров прокатки.



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Структура высокопрочного чугуна после горячей прокатки с обжатием 60%, х500:

а – в плоскости прокатки;

б – на боковой поверхности;

в – в поперечном сечении

Для характеристики изменения механических свойств высокопрочного чугуна под влиянием прокатки замеры твердости в различных сечениях заготовок.

Из приведенных на рис. 2 данных о твердости в плоскости прокатки, можно заключить, что холодная и теплая деформация упрочняет высокопрочный чугун и тем больше, чем выше степень обжатия. Подобный характер зависимости твердости и следовало ожидать, поскольку повышение плотности дислокаций в феррите упрочняет чугун, несмотря на трансформацию формы графита от шаровидной к пластинчатой. Как видно, перестроение дислокаций при динамической полигонизации, имеющее место в теплокатанном чугуне, не снижает деформационное упрочнение. Упрочнение имеет место и при горячей прокатке. Влияние наклепа металлической основы чугуна при горячей деформации ограничено, поскольку из-за высокой температуры следует ожидать разупрочнения из-за развития динамической полигонизации и рекристаллизации. По-видимому, в упрочнение горячедеформированного чугуна вносит большой вклад формаизменение графита. По мере деформирования увеличивается площадь межфазного контакта графита и матрицы, характеризующегося высокой адгезией. Перемещение дислокаций в подобной системе сопряжено с дополнительными трудностями, поскольку связано с увеличением протяженности и энергоемкости межфазных поверхностей. Лишь при высо-

ких степенях обжата ($>60\%$) заметен спад упрочнения, однако твердость и после больших обжатов всегда оставалась выше твердости исходного чугуна. Таким образом, горячая прокатка высокопрочного чугуна, несмотря на динамическую рекристаллизацию и формоизменение графита, значительно упрочняет чугун. Деформированный высокопрочный чугун следует рассматривать как материал, в котором металлическая основа упрочнена графитом.

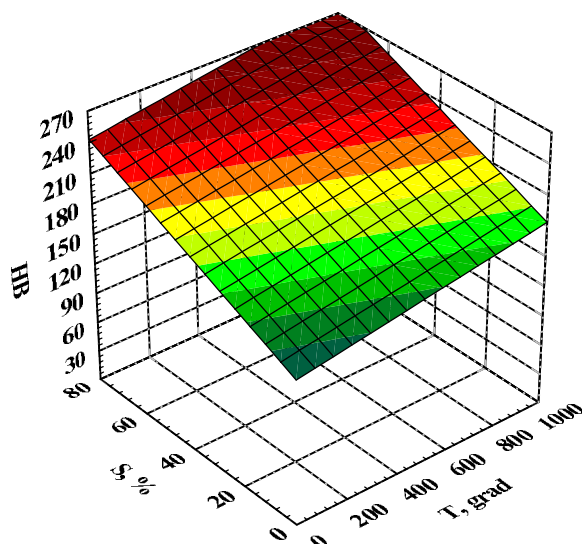


Рисунок 2 – Влияние температуры и степени обжата на твердость высокопрочного чугуна

Сложный характер изменения формы графита в процессе деформирования высокопрочного чугуна является причиной формирования анизотропии чугунных изделий. По полученным нами данным, склонность к обезуглероживанию и окислению зависит от ориентации вытянутых графитных частиц относительно испытываемой поверхности. Механические свойства деформированного чугуна также определяются направлением испытания. Чувствительной к ориентации графитных частиц становится и коррозионная стойкость деформированного чугуна в кислотах. Зависимость свойств чугуна от условий деформирования используют для повышения стойкости изделий путем локального изменения структуры. Так, локализацией деформации при горячем прессовании автомобильных шестерен из высокопрочного чугуна удалось повысить их контактно-усталостную выносливость [2].

Приведенные данные о структуре, свойствах и применении деформированного высокопрочного чугуна свидетельствуют о больших перспективах этого нового конструкционного материала. В освоении технологии его большую роль играют совмещение деформации и тер-

мической обработки, благодаря которому удастся изготавливать сложные по конфигурации и ответственные изделия.

Для массового применения деформированного высокопрочного чугуна появляется необходимость в увеличении его производства. К решению этой задачи следует привлечь доменный чугун с шаровидным графитом. Получение этого чугуна оправдано в связи с низким содержанием серы, а следовательно, и небольшими затратами на модифицирование, которое призвано удалить серу и кислород из расплава и способствовать аномальной кристаллизации графитной эвтектики. В донецком регионе имеется опыт производства отливок высокопрочного чугуна доменной плавки [7]. Пока чугун использовался для изготовления сталеразливочной посуды, в частности, изложниц. Не менее оправдано использование доменного чугуна с шаровидным графитом и в качестве конструкционного материала. Решение этой проблемы видится в разливке чугуна на машинах непрерывного литья с последующей горячей прокаткой в заготовки, которые затем применять для изготовления различных изделий в машиностроении. Такой путь решения проблемы деформированного высокопрочного чугуна сулит значительные экономические эффекты, позволит повысить качество металлургической продукции и внесет свой вклад в экономический подъем Донбасса.

Литература

1. Горячая пластическая деформация высокопрочного чугуна / Н. П. Лякишев, Г. В. Щербединский // 5-ое собрание металлургов России. – Краснодар, 10 – 13 сент. 2001: Сборник трудов. - Краснодар, 2001. – С. 249 – 251.
2. Взаимосвязь исходного состояния с физико-механическими свойствами деформированного высокопрочного чугуна / А. А. Снежко, В. А. Тиманюк, В. И. Покровский, В. Н. Бабич // Процессы литья. – 1993, №1. – С. 71 – 75.
3. Проблемы совмещения горячей деформации и термической обработки / А. А. Баранов, А. А. Минаев, А. Л. Геллер, В. П. Горбатенко. – М.: Металлургия, 1985. - 128с.
4. Зеленцов А. Н., Балакина М. В. Влияние обжатий и температуры на твердость прокатных клиньев из чугуна с шаровидным графитом // Изв. вузов. Черн. металлургия. – 1991, №11. – С. 43 – 44.
5. Щербединский Г. В., Копьев М. И. Получение деформируемого высокопластичного и высокопрочного чугуна. Структура и свойства // Металлы, 1995. - №. С. 96 – 100.
6. Влияние пластической деформации на структуру и механические свойства высокопрочного чугуна / Н. И. Бех, А. А. Снежко, В. С. Шумихин, В. И. Покровский // Литейное производство. – 1993, №12. – С. 4 – 7.
7. Доменный чугун с шаровидным графитом для крупных отливок / А. М. Зборщик, В. А. Курганов, Ю. В. Бычков и др. – М.: Машиностроение, 1995. - 128с.