

ДЕФОРМИРОВАННЫЙ ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН – НОВЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Д. А. Баранов

Донецкий национальный технический университет

У доповіді наведено літературні дані і результати виконаних в ДонНТУ досліджень структури і властивостей деформованого високоміцного чавуну. При розробці технології потрібно враховувати анізотропний характер цього матеріалу, який відрізняється універсальністю. Приведені практичні рекомендації по обробці тиском і термообробці високоміцного чавуну.

Область применения деформированного высокопрочного чугуна непрерывно расширяется. Еще недавно пластическая деформация чугуна являлась лишь предметом лабораторных исследований, а полученные при этом экспериментальные результаты оставались невостребованными производителями. Лишь в последние годы благодаря успешным решениям ряда технических задач и открытию способов повышения деформируемости высокопрочного чугуна разработаны и освоены в производстве эффективные технологии прокатки,ковки, прессования и штамповки чугуна [1, 2]. В настоящее время лист, трубы, сварочная проволока, различные детали узлов трения скольжения и др. изготавливаются из деформированного высокопрочного чугуна [3 – 5]. Повышенные значения прочности, износостойкости, сопротивления коррозии и других свойств позволяют деформированному чугуну успешно конкурировать с другими материалами. По праву, его считают новым перспективным материалом современного машиностроения [1].

Несмотря на сравнительно большое число работ, посвященных изучению структуры и свойств деформированного чугуна, обработке давлением и термической обработке, многие вопросы технологии остаются неразработанными и малоизученными. Это сдерживает расширение производства, затрудняет поиск новых технологических решений, сужает область применения. Имея в виду высокие эксплуатационные свойства высокопрочного чугуна, благодаря которым, в частности, он с успехом заменяет серый чугун, стали и пластмассы в такой важной области как производство труб для транспортировки воды, нефти, газа, включение в технологию различных видов обработки давлением является вполне оправданным. Под ее влиянием графитные включения, шаровидные до деформации, под ее воздействием приобретают вид дисков или стержней,

однообразно ориентированных в чугуна. Это придает механическим и физико-химическим свойствам деформированного чугуна анизотропный характер. В связи с этим при выборе технологии изготовления изделий необходимо так ориентировать диски и стержни графита, чтобы они обеспечивали рабочим поверхностям изделий максимальные показатели свойств. Так, в деталях узлов трения скольжения максимальной износостойкостью обладают поверхности, размещающиеся перпендикулярно к большим осям дисков графита, а минимальной – поверхности, в которых лежат графитовые диски. Сопротивление коррозии, наоборот, максимальное у поверхностей, параллельных графитовым дискам, и пониженное – у поверхностей, перпендикулярных плоскости дисков. Анизотропны и механические свойства деформированного чугуна [6]. Все это усложняет работу технолога и конструктора при выборе вида и параметров механической и термической обработок изделий.

Деформированный высокопрочный чугун характеризуется высокой универсальностью. Если весь углерод находится в графитовой фазе, чугун мягок и пластичен, легко подвергается механической обработке, поскольку имеет ферритную металлическую основу. В таком состоянии он хорошо сопротивляется коррозии и деформируется на холоду. Лист и трубы из деформированного высокопрочного чугуна многие годы не требуют окраски.

Нагревом до высокой температуры можно частично растворить графит и увеличить содержание растворенного углерода. Это разрешает использовать закалку, нормализацию и другие обработки для придания чугуну требуемого комплекса свойств. Особенно эффективны локальные виды термообработки. Так, закалка с применением индукционного нагрева позволяет получить вокруг графита мартенситную или ледебуритную оболочку и настолько повысить твердость чугуна, что закаленный чугун можно использовать как инструментальный материал. Размещение вытянутого графита поперек режущей кромки инструмента обеспечивает сохранность свойств и предупреждает опасность выкраивания твердых частиц.

Деформированный высокопрочный чугун может быть использован и как материал с особыми физико-химическими свойствами. Обладая высокой износостойкостью, он может с успехом конкурировать с цветными сплавами, применяемыми для изготовления деталей узлов трения скольжения. Высокая коррозионная стойкость допускает эксплуатацию в агрессивных средах. Чугуны с вытянутым графитом хорошо поглощают вибрации и могут применяться для изготовления шумопоглощающих изделий, в частности метизов [7]. Свойства деформированного чугуна в настоящее время изучаются многими

исследователями, в том числе и в ДонНТУ, так что приведенные выше примеры успешного использования могут быть значительно увеличены.

Универсальность деформированного высокопрочного чугуна делает его весьма привлекательным для малого предпринимательства. В этом случае для обеспечения производства нет необходимости в больших складских запасах, что сокращает вынужденные потери на коррозию при длительном хранении металла. Предприниматель, учитывая рыночную конъюнктуру, окажется способным без потерь и безболезненно переходить от одного вида продукции к другой без замены исходного материала. Имея в виду пониженную плотность чугуна (он на 10% легче стали), применение деформированного высокопрочного чугуна сопряжено и со снижением массы изделий.

Деформированный высокопрочный чугун хорошо сваривается с применением чугунных электродов. Это позволяет использовать электросварку для ремонта проката и поковок, при производстве которых обнаруживаются несплошности литейного или деформационного происхождения. Для ремонта можно применять холодную электросварку, поскольку для продолжения прокатки иковки отремонтированную заготовку повторно нагревают, что устраняет отбел наплавленного металла. Карбиды, возникающие в сварном шве, графитизируют при 800 - 900°C в течение нескольких минут. Деформирование устраняет поры и пузырьки, образующиеся при сварке. Электросварка может быть использована и при изготовлении сложных по конфигурации сварнокованных и сварнокатанных изделий, аналогом которых являются сварнолитые изделия [8].

При исследовании структуры чугуна, подвергнутого локальному оплавлению при электросварке или при поверхностном индукционном нагреве, обратили внимание на образование ультрадисперсной структуры графита, образующейся при нагревании деформированного чугуна. В зависимости от энергетических параметров обработки в приповерхностных слоях горячедеформированного чугуна формировалась зона с дисперсной аустенито-цементитной эвтектикой, при последующем нагреве которой образовались многочисленные ультрадисперсные выделения свободного углерода. Поперечник выделений и расстояние между ними составляли примерно 1 мкм. До распада цементита, происходящем при повторном нагреве, микротвердость достигала 20 ГПа, что, наряду с результатами металлографического исследования, позволяет предположить образование бесструктурного мартенсита – гарденита. Подобные структуры возникают и в сварных швах магниевого чугуна [9]. Характерно, что при горячей осадке сварного шва, предпринимаемой с целью уплотнения, шаровидная форма графитных частичек практически не меняется. Это позволяет заключить о высокой стабильности размеров и формы ультрадисперсных частичек свободного углерода в отличие от

крупных частиц. Значительные деформации при осадке сварного шва настолько сильно формоизменяют крупный графит, что образующиеся структуры становятся сходными со структурой перлита. В отличие от перлита, в сформированной слоистой структуре ферритные прослойки чередуются не с цементитными, как в перлите, а с графитными пластинками. Подобного измельчения структуры свободного углерода можно добиться термоциклированием в интервале температур полиморфных превращений, многократной закалкой или интенсивным деформированием высокопрочного чугуна при температурах, превышающих 1000°С [10].

Чугун с шаровидным графитом дороже стали, что снижает интерес к этому материалу. С целью снижения затрат на производство деформированного высокопрочного чугуна предпринимаются попытки [11] использовать для его производства доменный чугун. Разрабатываемый в ДонНТУ технологический процесс производства доменного чугуна с шаровидным графитом [12, 13] предусматривает двукратное модифицирование сфероидизирующими графит лигатурами. Обработку лигатурами производят на выпуске чугуна из доменной печи, транспортировке чугуновозного ковша и накануне разливки. Благодаря двойной обработке модификаторами снижается содержание серы, графит приобретает шаровидную форму, увеличивается число графитных частиц. Последнее является важнейшей задачей модифицирования доменного чугуна, поскольку в полученных ранее отливках величина графитных частиц достигала 600 мкм [14]. При наличии немногочисленных включений крупного графита трудно ожидать достаточной деформируемости заготовки при горячей прокатке. Следует учесть, что получение деформируемого доменного чугуна улучшит экологическую обстановку в Донбассе, снизит материально-энергетические затраты в связи с устранением многократных нагревов, уменьшит материалоемкость машин и т. д.

В заключение отметим, что структура и свойства деформированного высокопрочного чугуна изучены недостаточно, а возможности повышения качества чугунных изделий с применением пластической деформации далеко не исчерпаны. Формирование в распространенном в технике материале – графитизированном чугуне – разнообразных состояний, сходными с современными композиционными материалами, должно привести исследователя к новым и интересным решениям, благодаря которым вполне окупятся затраты на исследования.

Библиографический список

1. Горячая пластическая деформация высокопрочного чугуна / Н. П. Лякишев, Г. В. Щербединский // 5-ое собрание металлословов России.

- Краснодар, 10 –13 сент. 2001: Сборник трудов. - Краснодар, 2001. – С. 249 – 251.
2. Баранов А. А., Баранов Д. А. Перспективы технологий, основанных на совмещении горячей деформации и термической обработки чугуна // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 2002, №6. – С. 34 – 40.
 3. Кузенков Е. В. Обеспечение надежности и безаварийности сети водоснабжения и водоотведения при использовании труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом // Производство проката. – 2003, №1. – С. 43 – 45.
 4. 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.
 5. Антонишин Ю. Т. Пластическая деформация чугуна. – Мн.: Навука і тэхніка, 1991. – 119с.
 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. Деформируемый высокопрочный чугун / Д. А. Баранов, А. П. Митьев, А. А. Рыжиков, В. И. Бурдук, Л. Г. Коник // Металлообработка. - 2003, №2 (14). – С. 43 – 45.
 8. Метлицкий В. А. Сварка чугуна при восстановлении и изготовлении литосварных узлов и конструкций // Сварочное производство. - 2003, №9. – С. 36 – 42.
 9. Металлография сварных соединений чугуна / В. Ф. Грабин, Ю. Я. Грецкий, Г. М. Кранина и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 192 с.
 10. Баранов Д. А., Баранов А. А., Лейрих И. В. Ультрадисперсные образования свободного углерода в сплавах железа // Материалы VIII Международной конференции "Водородное материаловедение и химия углеродных наноматериалов". – Судак, 14 – 20 сент. 2003. - С. 530 – 533.
 11. Баранов А. А., Баранов Д. А. Деформированный высокопрочный чугун – перспективный конструкционный материал // Матеріали науково-практичної конференції “Донбас – 2020: Наука і техніка - виробництву”. – Донецьк, 04 – 06 февр. 2002. – С. 301 – 305.
 12. Баранов Д. А. Прокат и поковки из доменного чугуна с шаровидным графитом / Сб. «Прогрессивные технологии в машиностроении». – К.: АТМ України, 2002. – С. 14 - 16.
 13. Баранов Д. А. О деформируемом доменном чугуне // Металлургия машиностроения. - 2003, №2. – С. 24 – 26.

14. Доменный чугун с шаровидным графитом для крупных отливок / А. М. Зборщик, В. А. Курганов, Ю. В. Бычков и др. – М.: Машиностроение, 1995. - 128с.

Поступила в редакцию 12.01.04