

УДК 621.78:669.13

К.И.Узлов, А.Н.Хулин, Ж.А.Дементьева, А.Л.Сафронов, А.В.Кныш

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ВЫДЕРЖКИ ПРИ АУСТЕМПЕРИНГЕ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Исследовано влияние температуры изотермической выдержки при аустемперинге на микроструктуру и механические свойства высокопрочного чугуна. Изучены зависимости предела прочности, твердости и пластичности от температуры солевой ванны при изотермической закалке. Определены режимы аустемперинга, при которых высокопрочный чугун (ВЧ) приобретает максимальную прочность, твердость и пластичность в исследованном интервале температур.

Постановка задачи. В настоящее время высокопрочный чугун (ВЧ) является одним из основных конструкционных литейных материалов, который используется для производства таких ответственных деталей, как коленчатые валы, шестерни, зубчатые колеса автомобилей и тракторов, зубья ковшей карьерных машин и других изделий от которых требуется высокая прочность, износостойкость и в то же время удовлетворительные пластичность и вязкость. Как известно [Elliott R. Cast Iron Technology.(Manchester University) Butterworths.: London, Boston, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington., 1988.– 244 p.], изотермическая закалка (аустемперинг) как один из видов термической обработки позволяет существенно повышать комплекс механических свойств литого ВЧ.

Целью настоящей работы является исследование влияния температуры изотермической выдержки при аустемперинге на такие свойства чугуна с шаровидным графитом, как предел прочности, твердость и относительное удлинение.

Изложение основных материалов исследования. Материалом для исследований послужил литой ВЧ с типичной для него перлитной матрицей и ферритной структурной составляющей вокруг графитных включений (рис.1, а). Для исследования влияния температуры изотермической выдержки на изменение микроструктуры металлической матрицы и механические свойства разрывные образцы из высокопрочного чугуна помещались в печь с температурой 840⁰С для аустенитизации в течении 50 минут, после чего образцы помещались в солевую ванну с температурами 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420⁰С для изотермической выдержки, равной 2 часам для всех исследуемых температур.

Микроструктурный анализ показал (рис.1, б–к), что в исследованном интервале температур (260...420⁰С) изотермической выдержки в металлической матрице чугуна формируются бейнитные структуры с различной морфологией. При низких температурах образуются игольчатые структуры с высокой твердостью (до 486 НВ, рис.2), что говорит о наличии структуры «нижний бейнит» с ее типичной игольчатой «мартенситоподобной» морфологией (рис.1, б–г).

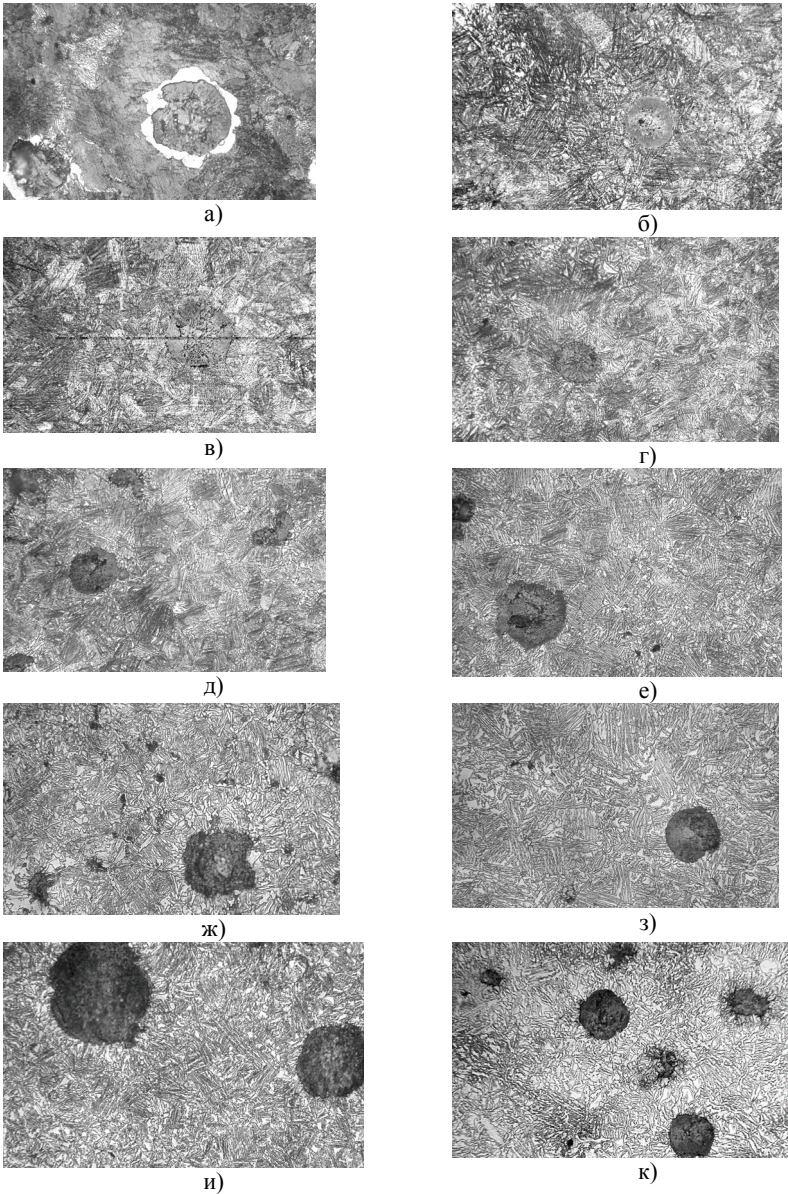


Рис. 1. Микроструктуры исследуемого чугуна ($\times 500$):
 а) литая структура; б) изотермическая выдержка при 260°C ; в) изотермическая выдержка при 280°C ; г) изотермическая выдержка при 300°C ; д) изотермическая выдержка при 320°C ; е) изотермическая выдержка при 340°C ; ж) изотермическая выдержка при 360°C ; з) изотермическая выдержка при 380°C ; и) изотермическая выдержка при 400°C ; к) изотермическая выдержка при 420°C ;

При высоких температурах формируются структуры с линзообразной формой бейнитных пластин и более низкой твердостью, это говорит о закономерном формировании структуры «верхний бейнит» [1] (рис.1, з–к).

Результаты механических испытаний показаны на рис. 2–4. Как видно из рис. 2 при повышении температуры солевого расплава от 260 до 320⁰С твердость ВЧ снижается практически прямолинейно от 486 НВ при 260⁰С до 350 НВ при 320⁰С. В интервале температур 320...360⁰С наблюдается снижение интенсивности падения твердости (350→329НВ), что говорит, очевидно, о формировании в этом интервале переходных структур от «нижнего» к «верхнему» бейниту (рис. 1, д), е), ж)). Для более детального изучения микроструктур в этом интервале температур необходим дополнительный детальный структурный анализ на нанокристаллическом уровне. Затем при температурах 360...420 наблюдается снова прямолинейное падение твердости (329→241НВ) ВЧ. Прочность снижается прямолинейно от 1534 МПа при 260⁰С до 984 МПа при 360⁰С, после чего остаётся практически на одном уровне (984–953 МПа) вплоть до 420⁰С (рис. 3).

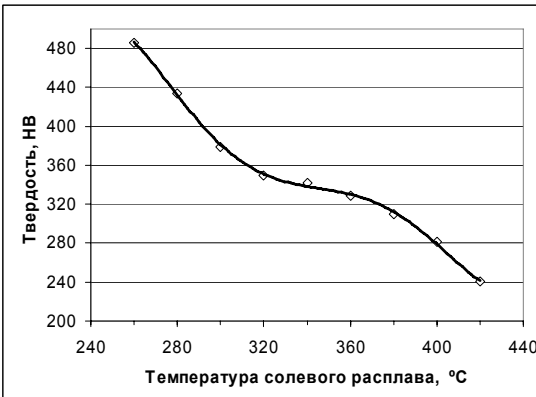


Рис.2. Зависимость твердости ВЧ от температуры солевого расплава при аустемперинге.

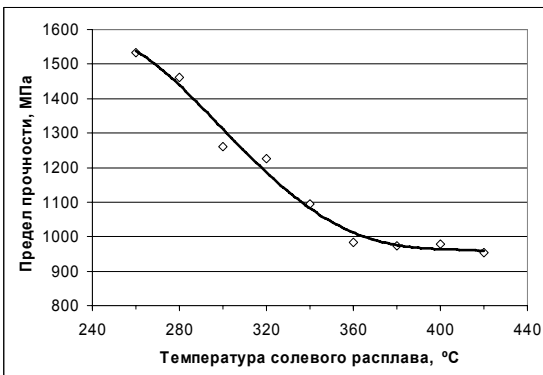


Рис.3. Зависимость предела прочности (σ_b) ВЧ от температуры солевого расплава при аустемперинге.

По другому обстоит дело с пластичностью ВЧ: при повышении температуры изотермической выдержки от 260 до 380⁰С δ_5 интенсивно возрастает до значения 7,5%, после чего эта характеристика практически не изменяется и остаётся на уровне 7,5–8,0% (рис. 4).

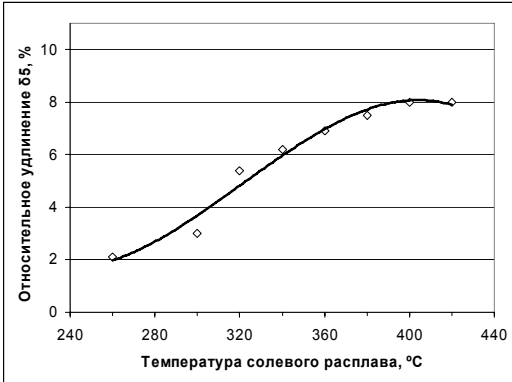


Рис.4. Зависимость относительного удлинения ВЧ от температуры солевого расплава при аустемперинге.

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что в исследованном интервале температур изотермической выдержки максимальную прочность и твердость высокопрочный чугуны с шаровидным графитом приобретает при 260⁰С, а наибольшие значения его пластичности достигаются при 380...420⁰С. Изменение гармонического характера поведения функций механических свойств в температурных интервалах 250–320⁰С; 320–380⁰С; 380–450⁰С является предметом отдельного детального анализа.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук, проф. В.В.Парусовым*