

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мэнсон С. Температурные напряжения и малоцикловая усталость. — М., 1974.
2. Тимашенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. — М., 1975.
3. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. — М., 1969.
4. Пехович А. И., Жидких В.М. Расчеты теплового режима твердых тел. — Л., 1976.

УДК 669.14.018

О.С. КОМАРОВ, д-р техн. наук, Н.И. УРБАНОВИЧ,
В.В. ИВАШИН, канд. техн. наук, Н.М. БОЯРЧУК (БПИ)

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Наряду с плохой обрабатываемостью резанием хрупкость высокохромистых чугунов (ВХЧ), обладающих уникально высокой износостойкостью, является основным препятствием на пути расширения производства отливок из этого сплава. Измельчение первичной структуры чугуна, снижение углеродного эквивалента и комплексное легирование V, Mo, Nb, Ti позволяют повысить его ударную вязкость (КС), но не выше 10 Дж/см² [1]. В связи с тем что при снижении содержания углерода уменьшается износостойкость чугуна, а комплексное легирование дорого, ставилась задача максимально повысить КС за счет оптимизации первичной и вторичной структуры.

Стандартные образцы для испытаний на изгиб, ударный изгиб и разрыв отливали из ВХЧ 10 различных марок в сухих разовых формах на основе синтетической смолы. Результаты испытаний сведены в табл. 1.

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что, несмотря на широкий диапазон содержания углерода в различных марках (от 2 до 3,5%), КС остается низкой для всех чугунов. Неэффективно и применение обычного режима ТО. Структура литых образцов состояла из эвтектических карбидов различной степени дисперсности и металлической основы — смеси аустенита и мартенсита. Применение ТО не внесло существенных изменений в микроструктуру. Характерно, что все чугуны в изломе образцов ϕ 30 мм имели сквозную транскристаллизацию. Из таблицы видно, что чугуны с содержанием хрома 28...30% имеют высокие прочностные характеристики, но с целью экономии Cr в качестве базового был выбран экономно легированный сплав ИЧ270Х18Н, содержащий до 1% Ni и до 0,5% Mo. Для него исследовали возможность существенного повышения КС за счет устранения транскристаллизации и путем оптимизации режима ТО.

Модифицирование комплексной добавкой (0,05% V + 0,03% Al + 0,005% Bi + 0,3% SiCa) позволило получить образцы с равноосной структурой. Из образцов, имеющих транскристаллитную и равноосную структуру, методом электроэрозионной обработки вырезали стандартные образцы для определения КС. Устранение транскристаллизации позволило повысить КС с 4,5 до 7,7 Дж/см².

С целью проверки возможности повышения КС за счет ТО из немодифицированного чугуна ИЧ270Х18Н отливали образцы для испытаний на ударный

Табл. 1. Свойства ВХЧ различных марок

Номер сплавки	Марка чугуна	$\sigma_{\text{н}}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	КС, Дж/см ²	HRC ₃
1	ИЧ 280Х17Н3Г	680/650	350/370	5,5/5,4	50/56
2	ИЧ250Х28Г3С	660	500	3	54
3	ИЧ300Х1215	550/710	250/280	4,5...4,3	50/57
4	ИЧ350Х12ГЧМ	400	270	3	49
5	ИЧ300Х17Н3ГЗ	400/460	250/260	4,5/4	48/53
6	ИЧ280Х28Н2	860	270	6	53
7	ИЧ270Х18Н	770	300	5	50
8	ИЧ310Х17Г3Д2	460	210	3,5	50
9	ИЧ300Х10Г2М	490	143	3,3	56
10	ИЧ210Х30Г2	1030	450	4,3	55

Примечание. В числителе представлены значения характеристик в литом состоянии, а в знаменателе после ТО, заключающейся в нагреве с печью до 930 °С, выдержке в течение 2 ч, закалке в масле и отпуске при 250 °С в течение 2 ч.

изгиб и в атмосфере аргона проводили ТО, первая стадия которой заключалась в закалке на воздухе после выдержки в течение 2 ч с температур 850...1150 °С, а вторая стадия — в отпуске в течение 2 ч при температурах 200...700 °С.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что существенного повышения КС (14...18 Дж/см²) можно достичь только в результате нагрева образцов под закалку до температур выше 1150 °С. Нагрев до 1150 °С приводит к растворению карбидов в аустените, в результате чего происходит скругление острых кромок карбидов.

Характер изменения структуры металлической основы исследовали на дифрактометре ДРОН-3 с использованием CoK_{α} -излучения. Постоянную решетку аустенита и мартенсита определяли по линиям (311) и (220) соответственно. Резкое охлаждение пересыщенного углеродом и хромом аустенита с температуры 1150 °С обеспечивает большее остаточное его содержание в структуре ($\approx 55\%$), а высокий отпуск (600 °С) приводит к частичному распаду остаточного аустенита с образованием вторичных карбидов и $\alpha\text{-Fe}$. В то же время закалка с обычных температур (850 °С) характеризуется низким содержанием аустенита и его полным отсутствием после высокого отпуска.

Таким образом, оптимизация режима ТО, так же как и устранение трансформации, позволяет в 2–3 раза повысить КС чугуна. С целью проверки совместного влияния на нее двух факторов из образцов на изгиб, модифицированных комплексной добавкой, вырезали образцы для определения КС и подвергали их ТО по оптимальному режиму. В результате удалось получить КС в пределах 25...30 Дж/см², что позволяет расширить сферу применения высокохромистых чугунов и рекомендовать их для изготовления деталей, работающих в условиях ударных нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. — М., 1983.