

УДК 621.74

С.В.Петрова (6 курс, каф. ФХЛСиП), Л.М.Морозова, к.т.н., доц.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НИЗКОАЛЮМИНИЕВОГО ЧУГУНА

По комплексу технологических, механических и эксплуатационных свойств низкоалюминиевые чугуны (НАЧ) являются перспективным конструкционным материалом, однако имеющиеся литературные данные о составе и свойствах НАЧ весьма противоречивы и не позволяют рекомендовать эти чугуны для изготовления конкретных деталей.

Целью настоящей работы являлось систематическое исследование влияния химического состава и модифицирования НАЧ на их структуру и свойства с тем, чтобы рекомендовать их использование для получения деталей электрических погружных насосов и разработать технологию получения конкретных отливок. Детали электрических погружных насосов работают в условиях гидроабразивного износа и имеют малую толщину стенок- от 2 до 8 мм.

В исследованных составах НАЧ содержание углерода, кремния и марганца обеспечивалось на постоянном уровне. Варьируемые факторы:

Пределы варьирования	Химические элементы (масс.%)				
	Al (x_1)	Cu (x_2)	Cr (x_3)	V (x_4)	P (x_5)
Верхний уровень (+1)	4,5	0,90	0,40	0,15	0,40
Нижний уровень (-1)	1,5	0,00	0,00	0,00	0,08

Для графитизирующей обработки расплава применяли модификаторы на основе ферросилиция, для вермикуляризирующей обработки использовали бескремнистые сплавы, содержащие РЗМ, кальций, алюминий, железо и другие элементы.

Для рафинирования и защиты расплава от окисления применяли флюсы: известняк CaCO_3 , плавиковый шпат CaF_2 , криолит Na_3AlF_6 , древесный уголь. Плавки проводили в тигельной индукционных печах емкостью 20 и 50 кг., питаемых генератором МГП-52 с частотой 2500 Гц и мощностью 52 кВт.

Были получены и исследованы 17 составов чугунов с пластинчатым графитом, определены структура (графит, матрица), литейные (жидкотекучесть, усадка, склонность к отбелу) и механические ($\sigma_{\text{в}}$, $\sigma_{\text{из}}$, НВ) свойства.

Во всех экспериментах содержание углерода находилось в пределах 3,6...3,8 %, кремния – 0,6...1,0 %, марганца– 0,6...0,8 %, т.е. в пределах отклонений, допустимых в производственных условиях .

Статистической обработка результатов экспериментов, с помощью пакета прикладных программ “Statistica”, позволила получить следующие уравнения множественной регрессии:

$$\text{НВ}=206,03 - 7,14\text{Al} - 21,57\text{P} + 114,11\text{Cr} + 0,06\text{Cu} + 41,3\text{V} \\ (\text{R}=0,9218)$$

$$\sigma_{\text{из}}=619,93 - 71,67\text{Al} - 173,14\text{P} + 87,89\text{Cr} + 1,17\text{Cu} + 195,91\text{V}, \text{ МПа} \\ (\text{R}=0,8459)$$

$$\sigma_{\text{в}}=206,56 - 17,88\text{Al} + 48,99\text{P} + 18,57\text{Cr} + 0,08\text{Cu} + 121,88\text{V}, \text{ МПа} \\ (\text{R}=0,7667)$$

Анализ полученных уравнений показывает, что наиболее существенное влияние на твердость НАЧ оказывают (по убывающей степени) хром и ванадий, способствующие

перлитизации матрицы, не образующие при исследованных концентрациях собственных карбидов и практически не влияющие на величину отбела; фосфор, образующий фосфидную эвтектику и несколько снижающий твердость за счет повышения степени графитизации; медь практически не влияет на механические свойства, но позволяет, снижая опасность отбела, повысить содержание хрома и обеспечивает однородность структуры в различных сечениях отливок. Алюминий, являясь в исследованных концентрациях сильным графитизатором, снижает твердость и прочность, улучшая обрабатываемость чугуна. Ванадий и хром существенно повышают прочность НАЧ за счет перлитизации матрицы и увеличения дисперсности перлита; алюминий при содержании более 2,5% снижает прочность НАЧ за счет повышения степени графитизации. Распределение твердости в исследованных чугунах подчиняется нормальному закону, и преимущественные значения твердости лежат в пределах 210...230НВ.

Повышенное содержание фосфора приводит к образованию включений фосфидной эвтектики различной дисперсности, которая при содержании фосфора выше 0,3% образуют сетку различной степени сплошности. В исследованных пределах фосфор несколько повышает жидкотекучесть НАЧ, при этом не оказывая существенного влияния на механические свойства чугуна. Практически во всех исследованных чугунах, как в пластинах толщиной 3 мм, так и в образцах диаметром 30 мм, обеспечивалась перлитная структура, за исключением чугунов, где незначительное присутствие феррита объясняется отсутствием хрома и меди. Наиболее существенное влияние на прочность НАЧ оказывает ванадий, который одновременно способствует получению более дисперсной структуры графита и матрицы. Чугуны, одновременно легированные ванадием и медью, обладают максимальной прочностью. У всех исследованных чугунов объем усадочной раковины не превышал 3%, что позволяет получать отливки из НАЧ с минимальным объемом прибылей, не превышающим объем прибылей в отливках из серых чугунов. Во всех исследованных чугунах с пластинчатым графитом отсутствовал отбел на клиновой пробе.

Чугуны с вермикулярным графитом по сравнению с чугунами с пластинчатым графитом обладают более высокими механическими свойствами, что обеспечивает, в частности, более высокое сопротивление образованию холодных и горячих трещин. Систематические данные о структуре и свойствах низкоалюминиевых чугунов с вермикулярным графитом практически отсутствуют. Поэтому в работе исследовалась возможность получения НАЧ с вермикулярным графитом (НАЧВГ). В качестве базового был принят состав разработанного НАЧ с пластинчатым графитом. НАЧВГ, полученный за счет введения бескремнистого сфероидизирующего модификатора совместно с ферросилицием, обеспечил высокий уровень механических свойств и коррозионной стойкости в различных средах и является перспективным материалом для использования в нефтедобывающей и нефтехимической промышленности.