

Б. Г. Зеленый, А. А. Шейко, В. М. Евко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ АУСТЕНИТНЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЧУГУНОВ В ПАРАХ ГЕПТИЛА И АМИЛА

Исследована коррозионная стойкость аустенитных чугунов в парах гептила и амила. Определен химический состав аустенитного высокопрочного чугуна для корпусных деталей взрывозащищенных электродвигателей.

Ключевые слова: гептил, амил, аустенитный высокопрочный чугун, коррозионная стойкость.

Досліджена корозійна стійкість аустенітних високоміцних чавунів у парах гептилу та амілу. Визначено хімічний склад аустенітного високоміцного чавуну для корпусних деталей вибухозахисених електродвигунів.

Ключові слова: гептил, аміл, аустенітний високоміцний чавун, корозійна стійкість.

It was study the corrosion resistance of austenitic ductile irons in heptyl vapor and amyl vapor. The data of chemical composition of austenitic ductile iron for special blast – resistant electric motor is shown.

Keywords: heptyl, amyl, austenitic ductile irons, corrosion resistance.

Гептил и амил являются высокоагрессивными токсичными компонентами жидкого топлива. Надежность и долговечность взрывозащищенных электродвигателей, эксплуатируемых в атмосфере, насыщенной парами гептила и амила, во многом определяются коррозионной стойкостью материалов, применяемых для изготовления деталей их оболочки. Для изготовления деталей взрывонепроницаемой оболочки (станина, подшипниковые щиты, детали выводных устройств) таких электродвигателей используется прокат стали марок 12X18H10T, 12X18H9T, которые имеют высокую коррозионную стойкость в указанных средах. Изготовление конструктивно-сложных сварных деталей оболочки из проката стали характеризуется низким коэффициентом использования металла (0,2-0,3) и высокой трудоемкостью. Замена сварных деталей из проката на литые из аустенитного высокопрочного чугуна (АВЧ), обладающего высокой технологичностью и сравнимаемыми физико-механическими свойствами со свойствами проката стали (табл. 1), позволила увеличить коэффициент использования металла (0,6-0,8) и снизить трудоемкость изготовления деталей в 3-4 раза. Кроме того, АВЧ по магнитным, теплофизическим и виброгасящим характеристикам превосходят аналогичные показатели проката стали [1, 2], что способствует увеличению срока безотказной эксплуатации электродвигателей.

Выбор химического состава и структуры АВЧ для производства литых деталей оболочки определен на основании результатов исследования коррозионной стойкости аустенитных чугунов (различной степени легирования и параметров структуры) в атмосфере, насыщенной парами гептила и амила. Химический состав АВЧ опытных плавок приведен в табл. 2.

Соотношение массовых долей легирующих элементов и их сумма в чугуне варьировалось, исходя из условия получения стабильного аустенита в структуре. Одновременно с образцами из АВЧ испытаниям подвергались и образцы из проката стали

Таблица 1. Характеристики механических свойств АВЧ и проката сталей

Аустенитный высокопрочный чугуи					Прокат стали		
шифр плавки	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	KCU, Дж/см ²	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
01	$\frac{470}{547}$	$\frac{280}{320}$	$\frac{21,5}{48,0}$	$\frac{-}{65}$	толстолистовой 12X18H9T		
					546	220	38
02	$\frac{535}{530}$	$\frac{350}{330}$	$\frac{20,8}{22,8}$	$\frac{-}{35}$	сортовой 12X18H9T		
					550	200	40
03	540	340	40,4	64,2	трубный 12X18H9T		
04	565	380	34,4	46,3	500	-	40
05	530	355	30,6	42	толстолистовой 12X18H10T		
06	460	370	32,6	45,4	520	210	43
07	$\frac{535}{510}$	$\frac{395}{310}$	$\frac{18,6}{25,4}$	$\frac{29,1}{35,5}$	сортовой 12X18H10T		
					520	200	40

Примечание: в числителе указаны свойства АВЧ в литом состоянии, в знаменателе – после термообработки (пл. 01, 02, 07); свойства АВЧ (пл. 03, 04, 05, 06) – после термообработки

Таблица 2. Химический состав аустенитных чугунов опытных плавов

Шифр плавки	Массовая доля элементов, %						
	C	Si	Ni	Mn	Cu	Mg	другие
01	3,27	2,49	10,0	6,21	-	0,051	0,31 Co
02	3,21	2,57	9,42	6,52	2,18	0,045	-
03	3,01	2,75	12,50	3,53	-	0,041	0,35 Co
04	3,12	2,72	12,40	3,73	1,62	0,042	-
05	2,98	2,69	13,0	3,79	4,44	0,041	-
06	2,95	2,51	20,70	1,54	-	0,057	-
07	2,89	2,46	20,0	0,5	3,02	0,053	-

Примечание: массовая доля (%) S ≤ 0,01; P ≤ 0,1; Cr ≤ 0,1

временно с образцами из АВЧ испытаниям подвергались и образцы из проката стали 12X18H10T. Количество образцов для испытаний (каждого варианта) – не менее 7 шт. Образцы из АВЧ испытывались как в литом состоянии, так и после термической обработки – высокотемпературного гомогенизирующего отжига. Коррозионную стойкость материала к воздействию атмосферы, насыщенной парами гептила и амила (раздельно) с массовой концентрацией $1 \pm 0,5$ г/м³ каждого продукта при температуре 50 ± 2 °C и относительной влажности $(100^{+0}_{-5})\%$, определяли в течение 15-ти суток с промежуточным съемом через 5.

Указанные режимы испытания соответствуют реальным условиям и гарантируют надежную эксплуатацию электродвигателей на протяжении 12 лет в атмосфере с массовой концентрацией паров каждого продукта 0,005 г/м³. Согласно техническим требованиям, линейная скорость коррозии (v_1) не должна превышать 0,01 мм/год.

Исследования образцов из АВЧ после испытаний в парах гептила показали, что после термической обработки аустенитные чугуны указанных составов (см. табл. 2) относятся к группе весьма стойких материалов. Их скорость коррозии составила не более 0,002 мм/год. В литом состоянии при наличии в структуре карбидных включений на поверхности образцов наблюдали коррозию в виде отдельных пятен. В этом

Новые литые материалы

стойкостью в парах гептила (до 0,001 мм/год) обладает аустенитный чугун после термической обработки, содержащий оптимальное количество легирующих элементов, гарантирующее получение структуры стабильного аустенита (пл. 01, 02, 03). Скорость коррозии образцов из проката стали 12Х18Н10Т в парах гептила составила менее 0,001 мм/год.

При исследовании коррозионной стойкости аустенитных чугунов в парах амила не выявили существенного влияния повышенного содержания никеля (до 20 %) на изменение показателей коррозии. Чугун с массовой долей никеля до 12,4 и 3,5-6,2 % Mn (пл. 01, 03) по своей коррозионной стойкости аналогичен чугуну, содержащему 20,7 % Ni и 1,54 % Mn (пл. 06), при идентичной форме графита и структуре металлической основы (табл. 3).

Таблица 3. Показатели коррозии аустенитных высокопрочных чугунов и проката стали 12Х18Н10Т в парах амила

Шифр плавки	Характеристика структуры (ГОСТ 3443-87)			Скорость коррозии		Состояние материала
	форма графита	размер графита	количество карбидов	v_m , г/(м ² ·ч)	v_1 , мм/год	
01	ШГ ф5	ШГд25	Ц6	0,00241	0,00282	литое т. о
	ШГ ф5	ШГд25	сл.	0,0018	0,00219	
02	ШГ ф5	ШГд25	Ц6	0,0511	0,06	"-"
	ШГ ф5	ШГд35	Ц2	0,0385	0,045	
03	ШГф4	ШГд25	Ц2	0,00316	0,0037	т. о
04	ШГф4	ШГд25	Ц4	0,0081	0,0095	"-"
05	ШГф4	ШГд25	сл.	0,0183	0,0214	"-"
06	ШГф4	ШГд45	сл.	0,00728	0,0085	"-"
07	ШГ ф5	ШГ д45	Ц4	0,053	0,0085	литое т. о
	ШГ ф5	ШГ д45	Ц2	0,051	0,062	
Сталь 12Х18Н10Т	-	-	-	0,0006	0,0007	прокат

Примечание: т. о. – после термической обработки; сл. – следы

Отмечено понижение коррозионной стойкости АВЧ, легированных медью, независимо от массовой доли никеля в чугуне и сравниваемых параметров структуры. При этом линейная скорость коррозии (v_1) для аустенитных чугунов с более низким содержанием никеля (9-10 %) при легировании медью увеличивается более чем в 10 раз, а для чугунов, содержащих 12-20 % Ni – в 2,5-7,0 раз. Поверхность образцов из чугуна, не содержащих в своем составе медь, после испытаний в парах амила покрыта равномерным твердым слоем продуктов коррозии темно-бурого цвета. Поверхность образцов из чугунов, легированных медью, покрыта рыхлым слоем продуктов коррозии бурого цвета, а после их удаления на поверхности остаются многочисленные глубокие поражения в виде язв, что особенно характерно при испытаниях образцов из чугуна в литом состоянии (рис. 1). Микроструктурным анализом выявлено, что коррозионное разрушение поверхности происходит в местах расположения структурно-свободных карбидов или других включений, выделившихся по границам зерен. В литом состоянии существующие структурная неоднородность, неравномерность распределения легирующих элементов по сечению зерна, а также включения графита неправильной шаровидной формы [3] приводят к более интенсивной коррозии металла. Гомогенизирующая термическая обработка позволила частично устранить структурную неоднородность в чугуне, что привело к повышению его коррозионной стойкости. В этом случае наблюдали равномерную коррозию по всей поверхности образца (рис. 2).

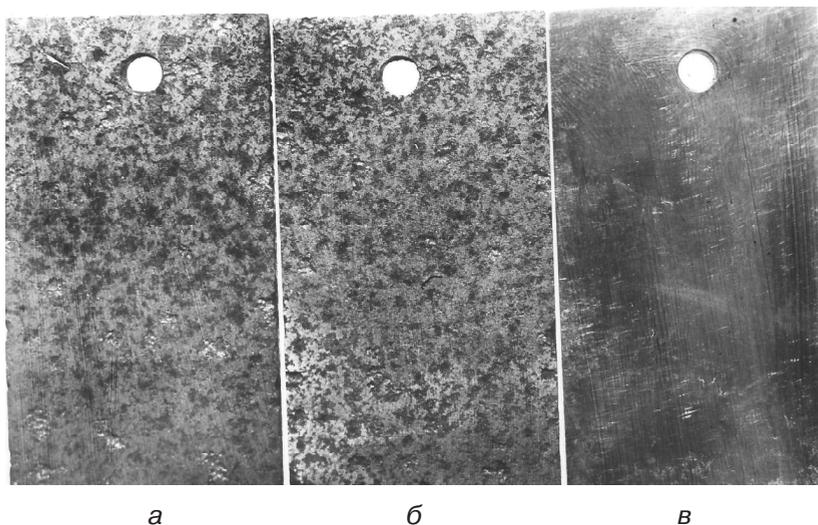


Рис. 1. Внешний вид образцов АВЧ после испытаний в парах аммиака: а – пл. 02; б – пл. 06; в – пл. 01

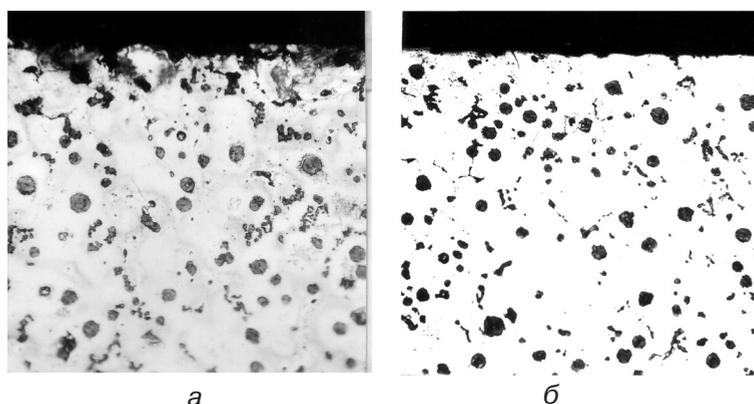


Рис. 2. Характер разрушения поверхности после испытаний в парах аммиака образцов из АВЧ (пл. 01) в литом состоянии (а) и после термической обработки (б)

Результаты сравнительных испытаний показали, что наиболее близким по показателем коррозионной стойкости к прокату стали 12Х18Н10Т является аустенитный высокопрочный чугун, легированный никелем, марганцем и кобальтом после термической обработки (пл. 01, 03).

Коррозионным испытаниям в атмосфере, насыщенной парами гептила и аммиака (раздельно), были подвергнуты опытные электродвигатели в сборе с оболочкой из аустенитного высокопрочного чугуна, легированного никелем (9-10 %), марганцем (5-7 %) и кобальтом (0,3-0,4 %). Детали оболочки электродвигателей изготовлены по технологии серийного производства. Механические свойства АВЧ, определенные на образцах, вырезанных из деталей оболочки, следующие: $\sigma_b \geq 530$ МПа; $\sigma_{0,2} \geq 320$ МПа; $\delta \geq 40$ %; $KCU \geq 55$ Дж/см²; $HB \leq 179$. После испытаний электрические и эксплуатационные (рабочие) характеристики электродвигателей не изменились.

Таким образом, взрывозащищенные электродвигатели с оболочкой из аустенитного высокопрочного чугуна являются коррозионностойкими к воздействию паров гептила и аммиака, соответствуют техническим требованиям, что позволило освоить их серийное производство.



Список литературы

1. Влияние модифицирования на механические свойства аустенитного чугуна / В. Н. Бондаревский, Б. Г. Зеленый, В. П. Латенко и др. // Литейн. пр-во. – 2003. – № 8. – С. 16-19.
2. Шейко А. А., Зеленый Б. Г., Латенко В. П. Маломагнитный высокопрочный чугун ЧН10Г6Ш для деталей электромашин и электрооборудования // Металл и литье Украины. – 1995. – № 5. – С. 13-18.
3. Томашов Н. Д., Чернова Г. П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 359 с.

Поступила 08.12.2010

УДК 669.162.275: 620.17

И. Г. Неижко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ ВОЗЛЕ ГРАФИТНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЧУГУНАХ

Анализ взаимосвязи деформаций и напряжений показал, что при одноосном растяжении в области упругих деформаций в материале возле трещин, полостей и неметаллических включений не могут возникнуть деформации и напряжения, существенно превышающие приложенные (в несколько раз). Это противоречит выводам многих работ по расчету концентрации напряжений в данных участках упругих материалов. При переходе в область упруго-пластических деформаций трещины, полости и неметаллические включения (графит) играют первостепенную роль в деформациях, напряжениях и разрушении материалов, анализ их существенно сложнее, чем в области только упругих деформаций.

Ключевые слова: *чугун, прочность, упругая деформация, концентрация напряжения, графитные включения.*

Аналіз взаємозв'язку деформацій та напруження дав можливість встановити, що при одноосному розтяганні на ділянці пружних деформацій в матеріалі біля тріщин, порожнин та неметалевих включень не можуть формуватися деформації і напруження, суттєво більші, ніж прикладені (в декілька разів). Цей висновок не співпадає з результатами багатьох робіт по розрахунку концентрації напруження в цих місцях матеріалу. При пружно-пластичних деформаціях тріщини, порожнини та неметалеві включення (графіт) в деформаціях, напруженнях та руйнуванні матеріалів грають важливу роль, їх аналіз суттєво більш складніший, ніж в області тільки пружних деформацій.

Ключові слова: *чавун, міцність, пружна деформація, концентрація пружності, графітні включення.*

Analysis of relation between deformation and stresses allowed to establish that under uniaxial tension in the region of elastic deformation of material near cracks, cavities and non metallic inclusions deformation and tensions significantly exceeding applied ones (more then in few times) can not