

УДК 621.762.004

ИССЛЕДОВАНИЕ ХЛАДОСТОЙКОСТИ ЛЕГИРОВАННОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

А.Т.Мамедов, Э.Э.Джафаров, Н.Г.Поладов

*Азербайджанский технический университет
AZ 1073 Баку, пр. Г.Джавида, 25; e-mail: aztu@aztu.org*

В работе исследовано влияние легирующих элементов на хладостойкость высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Установлено, что высокопрочный чугун с шаровидным графитом, легированный никелем и медью в количествах соответственно 1.5 и 0.5, можно рекомендовать для деталей ответственного назначения запорных устройств (седло, шиббер и т.д.), работающих в условиях с отрицательными климатическими температурами.

Ключевые слова: *чугун, седло, шиббер*

Вопросы повышения надежности и долговечности нефтепромыслового оборудования, в том числе деталей запорных устройств, приобретают особую важность и актуальность [1]. В настоящее время при производстве деталей задвижек успешно применяется высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ). Разработка и внедрение надежных деталей запорных устройств предъявляет повышенные требования к материалам и, наряду с высокими прочностными характеристиками, требуется достаточный уровень пластических свойств и ударной вязкости [2].

Изучение ударной вязкости ВЧШГ при низких температурах особенно актуально, в связи с усиливающейся тенденцией его применения в оборудовании ответственного назначения, работающем в регионах с отрицательными климатическими температурами [3,4].

Целью настоящей работы является повышение хладостойкости ВЧШГ посредством использования легирующих элементов, в частности меди и никеля, в количествах соответственно 0.5 и 1.0%. Выбор этих элементов связан с их эффективным положительным воздействием на структуру, механические свойства, плотность и электродный потенциал чугуна.

Методика проведения экспериментов. Исследования проводились в соответствии с выбранной методикой. С целью уточнения требуемой величины ударной

вязкости применительно к экономно-легированному высокопрочному чугуну с различными структурами матрицы, была принята для реализации следующая методика исследования [4].

На первом этапе стандартные образцы с V и U ($R=0.25$ и 1 мм) и без надреза, изготовленные из клиньев одной плавки и прошедшие совместную термическую обработку на получение перлитной структуры матрицы, были испытаны на ударный и статический изгиб при климатических температурах $+20$, -40 , -60°C . Результаты испытаний позволили определить влияние на работу разрушения вида нагружения, температуры и концентраторов напряжений.

Испытания на ударный изгиб проводили по ГОСТ 9454-78, на статический изгиб – на машине ЦДМ-30 при относительной скорости перемещения копра и опор 5 мм/мин. Работа разрушения определялась из диаграммы нагрузка–прогиб. Контроль температуры осуществляли термометром с погрешностью измерения $\pm 0.5\%$. Для охлаждения образцов применяли криостат со смесью твердой углекислоты (сухого льда) с этиловым спиртом.

На втором этапе с целью определения влияния климатических температур и времени выдержки испытания были проведены на стенде, имитирующем работу запорных устройств в реальных условиях эксплуатации при температуре -60°C .

Запорная установка с деталями из легированного ВЧШГ – корпуса, шибера и седло, устанавливалась в холодную камеру, смонтированную на стенде. Температура в течение всего времени испытаний поддерживалась добавлением сухого льда. Число циклов открытия и закрытия запорных устройств определялось требованиями эксплуатации и было равно 500. Рабочая среда (керосин) была принята из соображений высокой проницаемости и незамерзаемости при температуре -60°C .

Положительные результаты стендовых испытаний должны были подтвердить данные, полученные на первых двух этапах лабораторных испытаний и позволить рекомендовать изготовление опытной партии запорных устройств с деталями из легированного ВЧШГ для проведения эксплуатационных испытаний.

В работе были опробованы образцы семи плавок чугуна, химический состав которых приведен в табл. 1. Содержание фосфора во всех плавках составляло менее 0.1 %, а серы – 0.02%.

Табл. 1. Химический состав плавок

Номер плавки	Содержание элементов, %					
	C	Si	Mn	Ni	Cu	Mg
1	3.33	2.85	0.45	-	-	0.07
2	3.43	2.90	0.40	1.0	-	0.06
3	3.34	2.85	0.49	1.5	-	0.07
4	3.70	2.80	0.50	2.0	-	0.06
5	3.23	2.95	0.45	1.0	0.5	0.05
6	3.21	2.92	0.46	1.5	0.5	0.04
7	3.16	3.00	0.48	1.5	0.8	0.05

Следует учитывать, что в разрабатываемом бейнитном чугуне, как показали исследования, имеется значительное количество аустенита. Снижение температуры эксплуатации деталей может привести к частичному или даже полному превращению аустенита в мартенсит и вследствие этого вызвать охрупчивание материала.

Исследование хладостойкости проводилось для чугунов с ферритной, перлитной и бейнитной матрицами. Первые предназначены для изготовления корпусных деталей, вторые и третьи – для деталей движков, работающих в условиях трения и изнашивания. Испытания проводились при температурах $+20$, -20 , -40 и -60°C . Резуль-

таты хладостойкости чугунов приведены в табл.2.

Анализ полученных результатов (рис.1) показывает, что металлическая основа является доминирующим фактором, определяющим величину ударной вязкости чугуна. При этом показатель ударной вязкости чугуна с ферритной основой выше показателя чугуна с ферритно-перлитной и перлитной основами. Это связано с тем, что при разрушении чугуна с ферритной матрицей, имеющей значительный запас пластичности, происходит замедление скорости распространения трещины между включениями графита.

Табл.2. Результаты хладостойкости высокопрочного чугуна

Номер плавки	Структура металлической основы	Механические свойства			Ударная вязкость, Дж/см ²			
		σ_b , МПа	НВ	δ , %	Температура испытания, °С			
					+20	-20	-40	-60
1	ферритная	450	1560	14	107	85	66	39
	ферритно-перлитная	495	1700	10	62	51	42	27
	перлитная	580	2410	2.2	26	22	16	11
2	ферритная	520	1590	19	112	95	79	48
	ферритно-перлитная	570	1670	13	102	81	64	37
	перлитная	630	2350	3.7	40	31	23	15
3	ферритная	560	1760	15	116	98	82	50
	ферритно-перлитная	590	1870	10	102	84	65	34
	перлитная	700	2550	2.6	37	29	18	12
4	ферритная	580	1610	12	115	106	91	55
	ферритно-перлитная	600	1920	10	102	88	69	34
	перлитная	730	2630	2.9	36	28	16	11
5	ферритная	580	1800	15	141	115	106	69
	ферритно-перлитная	620	2000	11	112	92	86	55
	перлитная	720	2550	2.8	50	40	29	12
6	ферритная	490	1630	17	132	121	108	69
	ферритно-перлитная	530	1700	13	126	113	96	53
	перлитная	600	2400	2.3	46	33	28	14
7	ферритная	480	1620	17	130	118	105	67
	ферритно-перлитная	520	1680	14	124	110	94	51
	перлитная	580	2370	2.5	45	31	25	13

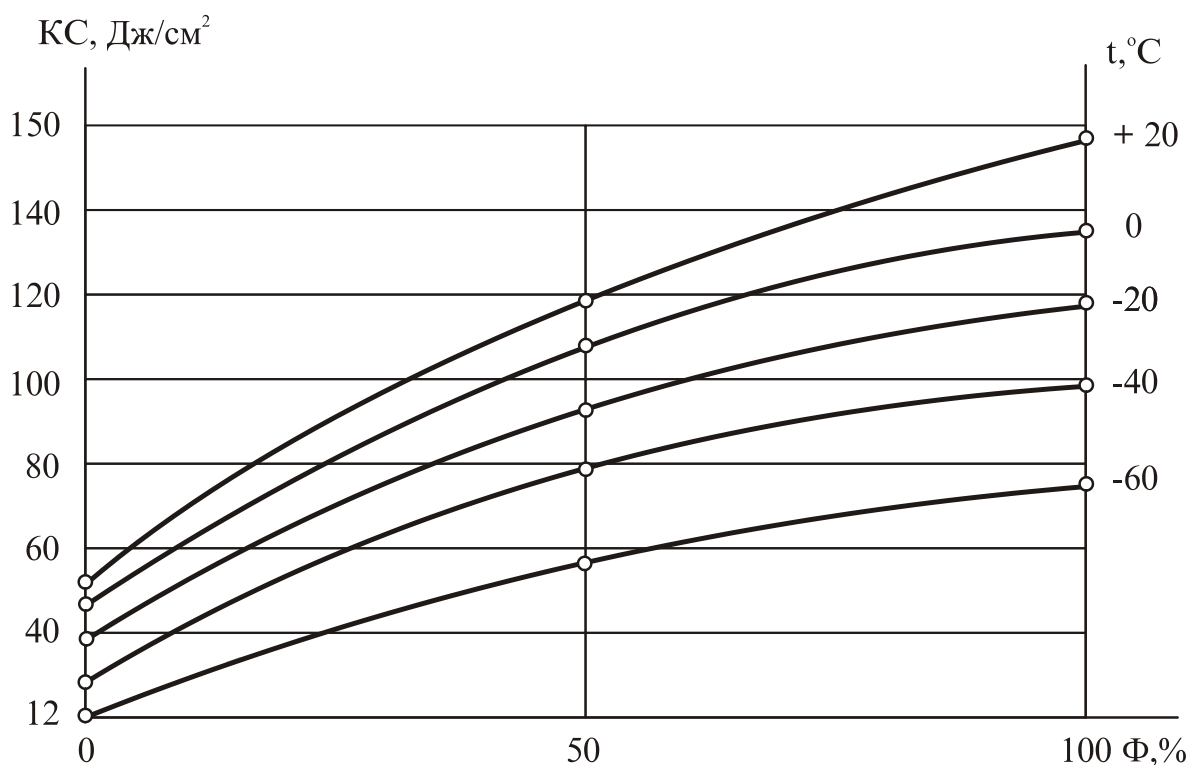


Рис.1. Влияние количества феррита в матрице ВЧШГ, легированного 1.0% Ni и 0.5% Cu

Необходимо также отметить, что ударная вязкость ВЧШГ, полученного способом литья в кокиль, выше, чем у чугуна, полученного литьем в песчаную форму и термообработанного по аналогичному с кокильным чугуном режиму. Объяснить это можно значительно меньшей ликвацией по сечению отливки химических элементов, в первую очередь, кремния, и меньшей величиной эвтектического зерна у кокильных отливок, обусловленного их высокой скоростью затвердевания и охлаждения в кокиле. Это обусловлено и высокой плотностью ВЧШГ, полученного литьем в кокиль, наличием в его структуре дисперсных, равномерно распределенных включений графита шаровидной формы.

Что касается более высоких показателей ударной вязкости легированных ВЧШГ, по сравнению с нелегированными, то это, вероятно, следует объяснить повышением степени гомогенности структуры и уменьшением величины зерна при легировании и особенно такими элементами, как никель и медь.

Именно, благодаря этим элементам,

ферритно-перлитный и перлитный чугуны, легированные медью и никелем, имеют более высокие показатели ударной вязкости, чем нелегированный ВЧШГ с аналогичной структурой. Происходит это, в основном потому, что оба эти элемента содействуют образованию вокруг включений шаровидного графита ферритной оболочки с невысоким содержанием кремния, которая является своеобразным демпфером, тормозящим процесс распространения трещины.

Приведенные результаты (рис.2) свидетельствуют о том, что наиболее интенсивное падение ударной вязкости с понижением температуры происходит у перлитных чугунов. Свойства ферритных и бейнитных чугунов изменяются в меньшей степени. В то же время КС ферритных и бейнитных чугунов одного и того же состава находится примерно на одном уровне.

Лучшие показатели ударной вязкости при -60°C обнаружены для чугуна, легированного 2% Ni. Однако чугун, легированный 1.0% Ni и 0.5% Cu, также показал достаточный уровень свойств, что подтверждает правильность его выбора.

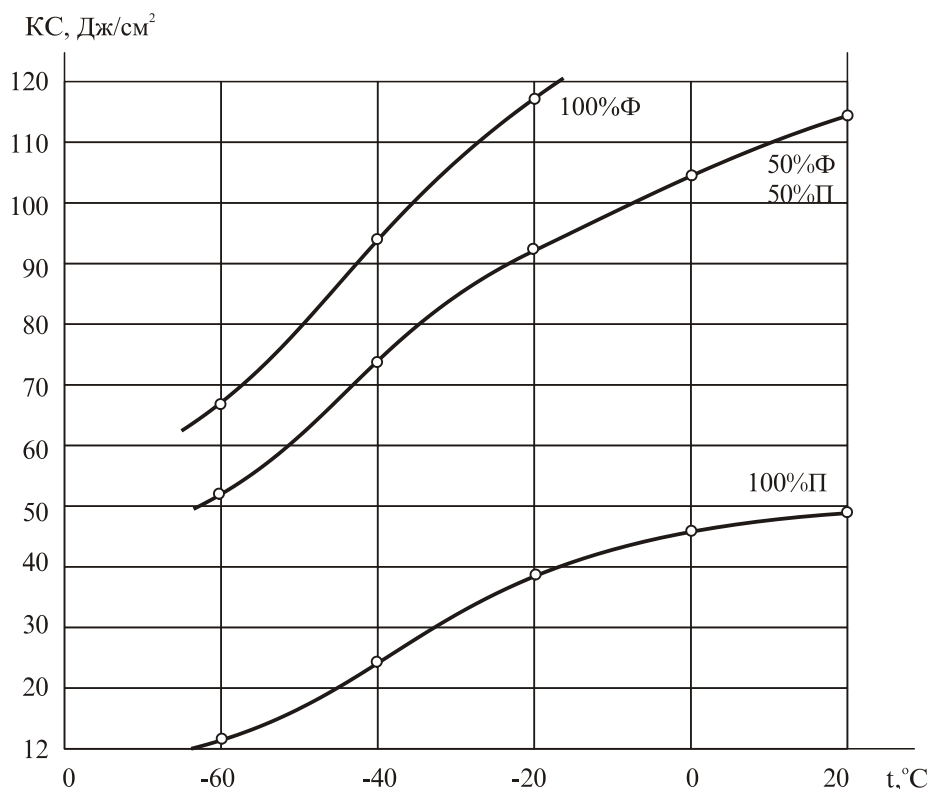


Рис.2. Влияние температуры на хладостойкость ВЧШГ, легированного 1.0% Ni и 0.5% Cu

ВЧШГ с ферритной структурой охрупчивается при понижении температуры.

Тип концентратора напряжений оказывает незначительное влияние на работу разрушения легированного ВЧШГ, а его наличие в полтора-два раза уменьшает ее. Понижение температуры незначительно влияет на работу разрушения легированного ВЧШГ с перлитной структурой.

Заключение. Таким образом, ВЧШГ, легированный никелем и медью в количествах, соответственно 1.5 и 0.5%, можно рекомендовать для деталей ответственного назначения запорных устройств (крышка подшипника, крышка корпуса, седло, шиббер и т.д.), работающих в условиях с отрицательными климатическими температурами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиршович Н.Г. Справочник по чугуно-му литью. Л.: Машиностроение. 1978. 758с.
2. Дубинин Н.П. и др. Кокильное литье. М.: Машиностроение. 1987. 460с.
3. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом. Теория, технология производ-ства, свойства и применение. Под ред. М.В. Волощенко. Киев: Наукова думка. 1989. 203 с.
4. Гасанли Р.К. и др. Высокопрочный чугун для деталей запорных устройств. АЗНИИ-ТИ. Баку. 1992. №90. 12 с.

YÜKSƏKMÖHKƏM ÇUQUNUN SOYUĞA DAVAMLILIĞININ TƏDQIQI

A.T.Məmmədov, N.Q.Poladov, E.H.Cəfərov

İşin məqsədi kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqunun legirləyici elementlərin, xüsusilə mis və nikelin istifadəsi yolu ilə soyuq davamlılığının artırılmasıdır. Sübut olunmuşdur ki, müvafiq olaraq 1.5 və 0.5% miqdarında mis və nikellə legirlənmiş kürəvi qrafitli yüksəkmöhkəm çuqunun mənfi iqlim temperaturları olan regionlarda işləyən bağlayıcı qurğuların (yəhər, şiber və s.) məsul təyinatlı detalları üçün tövsiyə etmək olar.

Açar sözlər: çuqun, legirləyici elementlər, yəhər, şiber

RESEARCH OF COLD ENDURANCE OF DOPED HIGH-STRENGTH CAST IRON

A.T.Mamedov, E.E.Jafarov, N.G.Poladov

The work examined the influence of doped elements on cold resistance of high-strength cast iron with globular graphite. It found that high-strength cast iron with globular graphite, doped with nickel and copper in the ratio 1.5 u 0.5, may be recommended for parts of closure systems (saddle, gate valve, etc) operating in terms of negative climatic temperatures.

Keywords: cast iron, saddle, gate valve

Поступила в редакцию 06.12.2011