

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО И АМОРФНО- КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ СПЛАВА ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НАСЫЩЕНИЯ ВОДОРОДОМ

Д.В. Пьянков, А.А. Калашникова

Научный руководитель – к.х.н., доцент Н.А. Медведева; к.х.н., доцент М.Д. Плотникова

*Пермский государственный национальный исследовательский университет  
614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева 15, info@psu.ru*

В данной работе представлены результаты механических испытаний кристаллического и аморфно-кристаллического  $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$  сплава после электролитического насыщения водородом.

Ранее фазовые и структурные превращения  $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$  сплавов изучали в сернокислых электролитах без и в присутствии стимуляторов наводороживания [1]. В данных условиях, вследствие фазовых превращений, наблюдалось значительное ухудшение механических свойств материалов. Поэтому в настоящей работе электролитическое насыщение водородом проводили в щелочных электролитах методом катодной поляризации при плотности тока  $0,01 \text{ А/см}^2$  в термостатируемой электролитической ячейке в течение трех часов. Состав электролита был следующим: 1) 1 М раствор КОН, 2) 6 М раствор КОН, 3) 1 М раствор КОН + 0,005 М раствор  $(NH_2)_2CS$ .

Для механических испытаний (растяжения) использовали образцы кристаллического и аморфно-кристаллического сплавов (полученных одновалковым струйным методом с различной скоростью охлаждения [2]) с размерами:  $10 \times 1,4 \times 0,04 \text{ мм}$ .

Растяжение  $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$  сплава кристаллической и аморфно-кристаллической структуры проводили на испытательной универсальной машине ИР 5081-1.0 фирмы «Импульс» с универсальным электронным динамометром АЦДУ-1И-1 (1 кН) и зажимами, предотвращающими проскальзывание образцов при растяжении.

В ходе деформационных испытаний установлено, что в исходном состоянии сплавы с кристаллической структурой имеют низкий условный предел текучести ( $\sigma_{0,2} = 30 \pm 1,5 \text{ МПа}$ ). Дальнейшее нагружение образцов приводит к самоупрочнению сплава и достижению предела прочности материала  $\sigma_B = 738 \pm 15 \text{ МПа}$ .

Введение водорода в кристаллический сплав значительно снижает предел прочности

( $\sigma_B = 115 \pm 5 \text{ МПа}$  в 1 М растворе КОН и  $\sigma_B = 98 \pm 5$  в 1 М растворе КОН + 0,005 М растворе  $(NH_2)_2CS$ ) и относительное удлинение до разрушения по сравнению с исходным состоянием сплава. При этом, практически не изменяется значение условного предела текучести ( $\sigma_{0,2} = 25 \pm 0,9 \text{ МПа}$  в 1 М растворе КОН и  $\sigma_{0,2} = 23 \pm 1$  в 1 М растворе КОН + 0,005 М растворе  $(NH_2)_2CS$ ).

Растяжение исходных аморфно-кристаллических сплавов приводит к значениям условного предела текучести и предела прочности значительно большим, чем у кристаллического сплава:  $\sigma_{0,2} = 112 \pm 5,7 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_B = 1300 \pm 17 \text{ МПа}$ , а деформация до разрушения существенно меньше.

Насыщение аморфно-кристаллического сплава в 1 М растворе КОН приводит также к уменьшению предела прочности ( $\sigma_B = 937 \pm 11 \text{ МПа}$ ) и условного предела текучести ( $\sigma_{0,2} = 93 \pm 3,3 \text{ МПа}$ ), по сравнению с исходным сплавом. Следует отметить, что аморфно-кристаллический сплав выдерживает большие значения деформации до разрушения. Добавка стимулятора наводороживания (тиомочевина) в 1 М раствор КОН привела к существенному снижению предела прочности до  $\sigma_B = 100 \pm 5 \text{ МПа}$  и условного предела текучести до  $\sigma_{0,2} = 23 \pm 0,8 \text{ МПа}$ .

Иначе воздействует на сплавы 6 М раствор КОН. Предел прочности кристаллического ( $\sigma_B = 182 \pm 7 \text{ МПа}$ ) и аморфно-кристаллического ( $\sigma_B = 160 \pm 5 \text{ МПа}$ ) сплавов ниже, чем у исходных образцов, но заметно больше, чем при насыщении 1 М КОН и 1 М КОН с добавкой тиомочевина. Предел текучести возрастает для обоих образцов и принимает равные значения ( $\sigma_{0,2} = 32 \pm 1 \text{ МПа}$ ).

Подобное поведение сплавов, вероятно, вызвано изменением фазового состава системы. При наводороживании возможно появление фазы В19' [3], что приводит к искажению кристаллической структуры и упрочнению материала.

## Список литературы

1. Спивак Л.В., Скрябина Н.Е., Шеляков А.В. // Вестник пермского университета, 2005.– Вып.1.– С.21–26.
2. Skryabina N.Y., Fruchart D., Cagnonb L., Shelyakov A.V. // Journal of Alloys and Compounds, 2009.– V.480.– P.91–93.
3. Скрябина Н.Е., Фрушар Д., Шеляков А.В. // Вестник пермского университета. Физика, 2008.– Вып.1.– С.62–67.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРЛИТОВЫХ МИКРОСФЕР В ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРАХ

Е.А. Резвая, С.К. Пандей

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, rezvaya\_katya@mai.ru

Известно, что при закреплении обсадной колонны при эксплуатации нефтяной скважины имеются сложности, связанные с проницаемыми пластами и пластами с низким поровым давлением. С целью разобщения пластов в колонну закачивают тампонажный раствор, который вытесняет находящийся в ней буровой раствор и продавливает в затрубное пространство на определенную высоту. Вопросы составов тампонажных растворов, которые являются комбинацией различных материалов и должны отвечать целому ряду необходимых требований по качеству, физическим и химическим свойствам, являются актуальными. В частности, для их изготовления используют различные воздухововлекающие добавки [1, 2].

В данной работе в качестве облегчающей добавки использованы перлитовые микросферы, с насыпной плотностью 100 кг/м<sup>3</sup>, для приготовления тампонажного раствора использован цемент марки ПЦТ-100. Данный вид микросфер получают из природного сырья без проведения такой дополнительной высоко энергос затратной

стадии, как стекловарение, как в случае получения стеклянных микросфер. Это указывает на преимущество перлитовых микросфер перед стеклянными.

Цель работы – установить состав облегченного тампонажного раствора с применением полых микросфер, полученных из перлита, отвечающий требованиям ГОСТа 1581-96 «Портландцементы тампонажные. Тампонажные портландцементы на основе портландцементного клинкера, предназначенные для цементирования нефтяных, газовых и других скважин».

В результате исследования разработан рецепт тампонажного раствора с перлитовыми микросферами и определены его основные характеристики при различном водоцементном соотношении (В/Т): плотность, растекаемость, водоотделение, время заустевания, прочность на изгиб.

Необходимо учитывать, что цемент поглощает строго определенное количество воды, примерно 15–20% от своего веса. Вода, введенная в раствор сверх этого количества, испаряет-

**Таблица 1.** Характеристики облегченного тампонажного раствора

Измеряемые параметры	Содержание в смеси цемента и микросфер, %							Требования ГОСТ 1581-96
	99/1	98,5/1,5	98/2	99/1	98,5/1,5	98/2	97/3	
	В/Т							
	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,73	1,63	1,61	1,49	1,44	1,41	1,40	1,40–1,50
Растекаемость, мм	220,0	197,5	180,0	250,0	250,0	250,0	250,0	Не менее 180,0
Водоотделение, мл	0,00	0,00	0,00	7,25	7,75	8,25	3,15	Не более 7,50
Время загустевания, мин	85	15	20	155	175	160	152	Не менее 90
Прочность, МПа	3,65	3,90	4,26	3,53	2,91	2,36	1,93	Не менее 1,00