

# СЕКЦИЯ 3. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЭКСПЕРМЕНТА

## ВЛИЯНИЕ ОЛОВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ В КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЕ

*Ананьин А.Н.*

*Руководитель – профессор, д.т.н. Березовская В.В.*

УрФУ, г. Екатеринбург

**alexhey007@mail.ru**

В работе исследованы нержавеющие стали ферритного и аустенито-мартенситного класса с микродобавками олова. Проведены испытания механических свойств при растяжении на воздухе и в коррозионной среде (3,5%-NaCl). Показано, что влияние олова на механические свойства обусловлено его участием в дисперсионном упрочнении сталей с образованием фазы типа Fe(Sn,Si), которая может растворяться в коррозионной среде.

Известно, что половина добываемого во всем мире олова расходуется на получение белой жести, используемой главным образом для изготовления консервных банок, остальная часть находит много применений: типографский шрифт, отлитый из сплава с 5–30 % Sn; подшипники, изготовленные из баббитов (сплавов Sn-Pb, Sn-Cu, Sn-Sb). При вторичной переработке такого металла, содержащего в среднем до 1,8% Sn, получают стали с повышенным содержанием этого элемента.

Цель работы – исследование влияния олова на механические свойства коррозионностойких сталей разной системы легирования (табл.). В качестве материала исследования использовали листовую прокат промышленных и модельных сталей ферритного и аустенито-мартенситного классов после стандартной термообработки.

Таблица. Химический состав исследованных сталей (мас. %)

Марка	C	Si	Mn	P	Cr	Al	Ti	Sn	
009X15T	0.009	0,25	0,2	0,01	14,77	0,02	0,18	<b>0.092</b>	
006X15DT	0.0057	0.26	0.24	0.01	14.64	0.03	0.15	<b>0.089</b>	
005X15T	0,0051	0,26	0,21	0,01	14,05	0,02	0,15	<b>0,01</b>	
006X16	0,0062	0,23	0,21	0,01	16,39	0,02	0,02	<b>0,008</b>	
007X17T	0,0067	0,25	0,19	0,01	16,92	0,03	0,16	<b>0,15</b>	
006X17T	0,0063	0,27	0,20	0,01	16,8	0,03	0,18	<b>0,28</b>	
006X16T	0,0058	0,27	0,20	0,01	16,86	0,02	0,16	<b>0,37</b>	
Марка	C	Si	Mn		Cr	Ni	N	Cu	Sn
05X16H5ГЗД	0,048	0,43	<b>2,54</b>	0,0011	15,63	4,75	0,134	0,237	<b>0.013</b>
04X16H5ГД	0.040	0.44	<b>0.56</b>	0,0014	16,23	4,94	0,114	0,235	<b>0.045</b>
04X16H5ГЗД	0.039	0.38	<b>2.51</b>	0,0010	16.14	4.88	0.128	0.230	<b>0.083</b>
05X16H5ГЗД	0.049	0.39	<b>2.52</b>	0,0013	16.13	4.96	0.105	0.240	<b>0.135</b>

Было показано, что в ферритных сталях (№ 1–7) временное сопротивление и условный предел текучести повышаются при повышении

содержания олова (рис. 1, 2, 8), что связано с выделением избыточной фазы, содержащей Sn и Si, относительное удлинение при этом незначительно повышается (рис. 3). В коррозионной среде прочность сталей снижается, а пластичность в интервале концентраций 0–0,3% Sn оказывается более высокой, что обусловлено растворением избыточной фазы, как показано в статье Хозяиновой П.Ю.

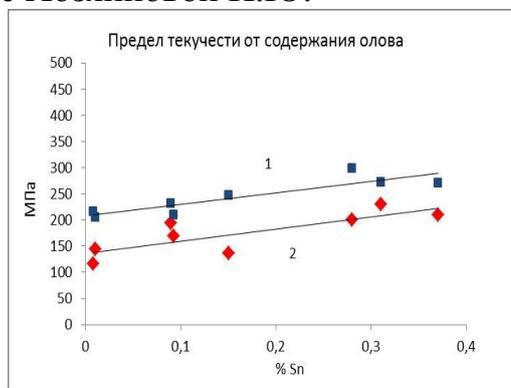


Рис. 1

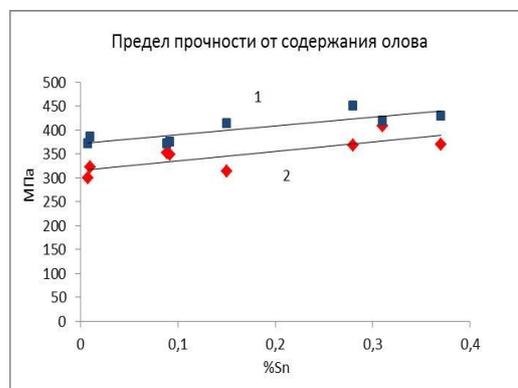


Рис. 2

Рис.1. Зависимость  $\sigma_{0,2}$  от содержания олова: 1 – испытание на воздухе; 2 – в 3,5%-NaCl

Рис.2. Зависимость  $\sigma_B$  от содержания олова: 1 – испытание на воздухе; 2 – в 3,5%-NaCl



Рис.3. Зависимость  $\delta_5$  от содержания олова: 1 – испытание в 3,5%-NaCl; 2 – на воздухе

Зависимости предела прочности и твердости в аустенито-мартенситных сталях (№ 8–11) от содержания олова, как показано на рис. 4 и 9, носит немонотонный характер. В интервале концентраций 0–0,08 мас.% Sn, очевидно из-за повышения температур  $M_H$  и  $M_D$  с повышением содержания олова [1], снижается количество мартенсита при испытании механических свойств, вследствие чего снижается и  $\sigma_B$ . При большем содержании олова проявляется эффект дисперсионного твердения фазой, содержащей Sn и Si [2]. В 3,5%-NaCl избирательное растворение олова ослабляет этот эффект.

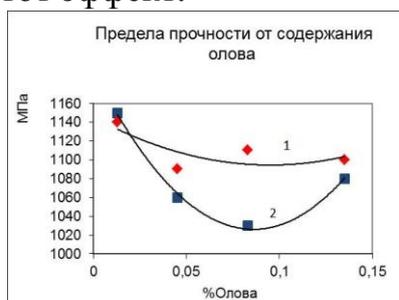


Рис. 4

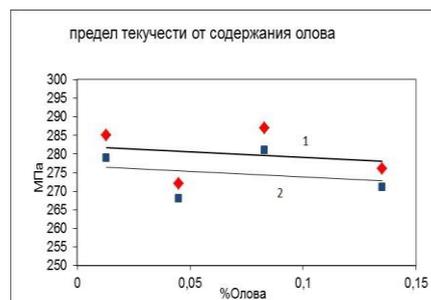


Рис. 5

Рис.4. Зависимость  $\sigma_b$  от содержания олова: 1 – испытание в 3,5%-NaCl; 2 – на воздухе  
 Рис.5. Зависимость  $\sigma_{0,2}$  от содержания олова: 1 – испытание в 3,5%-NaCl; 2 – на воздухе

Предел текучести с увеличением содержания олова незначительно уменьшается (рис. 5), а относительное удлинение остается практически неизменным как на воздухе, так и в коррозионной среде (рис. 6).

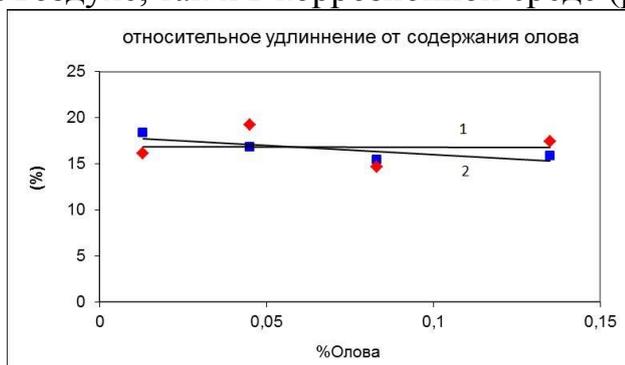


Рис.6. Зависимость  $\delta_5$  от содержания олова: 1 – испытание в 3,5%-NaCl; 2 – на воздухе

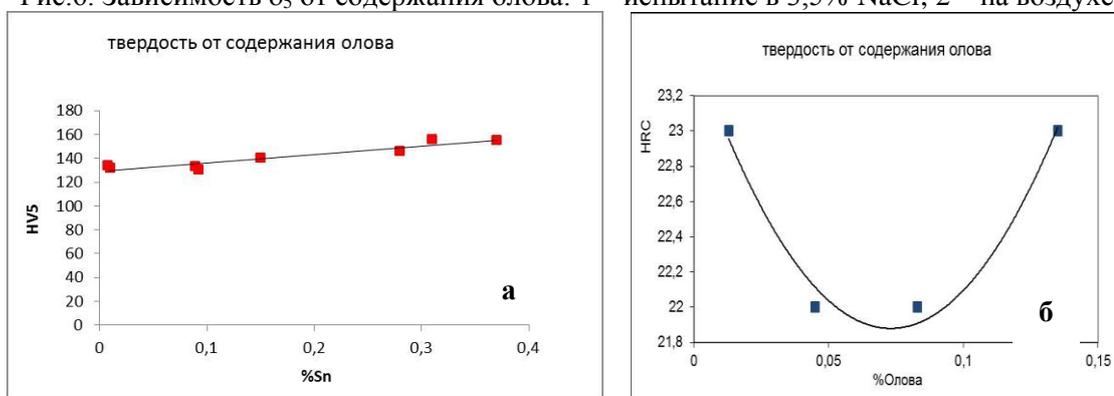


Рис.8. Зависимость твердости от содержания олова: а – ферритные стали; б – аустенито-мартенситные стали

Таким образом, ферритные стали при испытании механических свойств в 3,5%-NaCl разупрочняются на ~20%, а пластичность повышается ~ на 20% при содержании олова  $\leq 0,3\%$ . Аустенито-мартенситные стали, напротив, в коррозионной среде имеют большую прочность за счет избирательного растворения олова, и повышения содержания мартенсита деформации при испытании. Пластичность при этом не изменяется.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Э. А. Гудремон - «Специальные стали» Том 2, 1966 г. – 540 с.
2. Березовская В.В., Меркушкин Е.А., Ананьин А.Н. Влияние микролегирования оловом и/или азотом на структуру и свойства коррозионностойких сталей разной системы легирования // Инновации в материаловедении и металлургии. Материалы III Международной интерактивной научно-практической конференции. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2013. С. 165-166.