



The results of investigations of the steels of types 20L and 20GSL, modified by the silicon-free hardener AKTse complex, allows to recommend it for out-of-furnace treatment (modification) of such steels.

С. Н. ПРИМЕРОВ, В. В. ВЕЛЬМИСОВ, ЗАО «НПО БКЛ»,
Е. С. МУРЗИН, ОАО «Балтийский завод», Г. М. СЛЕПНЕВ, ОАО «Энергомаш»

УДК 621.74

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛИ ДЛЯ ОТЛИВОК АРМАТУРЫ

Прогресс в арматуростроении неразрывно связан с выполнением основной задачи сталеплавильного производства – повышением качества недорогих углеродистых и низколегированных марок стали. В настоящее время для изготовления отливок запорной и трубопроводной арматуры широко применяют сталь марок 20Л и 20ГСЛ. Как правило, эти стали выплавляют в дуговых печах с основной и кислой футеровкой методом переплава. Химический состав и режимы термообработки отливок, изготовленных из этих сталей, определяются ГОСТ 977-88 или ТУ в зависимости от предъявляемых к отливкам требований.

На ряде предприятий, выпускающих арматуру, исследовали возможность повышения качества отливок и всего уровня механических

свойств стали, применяя внепечную обработку (модифицирование) новыми бескремневыми комплексными лигатурами (БКЛ). Опытные плавки проводили в дуговых печах ДСП-3, ДСП-6 и ДСП-12 с основной и кислой футеровкой по действующей технологии. Раскисление в печи осуществляли рассчитанным количеством FeMn и FeSi. В процессе выпуска расплава из печи при заполнении 1/3 объема разливочного ковша под струю вводили 0,2% лигатуры марки АКЦе, содержащей Al, Ca, PM3 и Ni.

Для металлографических исследований и механических испытаний полученного металла изготавливали образцы на растяжение и ударную вязкость. В табл. 1 приведены режимы термообработки стали опытных плавков.

Таблица 1.

Сталь	Нормализация	Отпуск
20ГСЛ (ТУ 108-1292-84)	880–930 °С, 4ч	630–660 °С, 4ч
20ГСЛ (ГОСТ 977-78)	870–890 °С, 4 ч	570–590 °С, 4ч
20Л (ГОСТ 977-88)	880–900 °С, 4 ч	

Химический состав и результаты механических испытаний образцов, изготовленных из сталей опытных плавков, даны в табл. 2. Из сравнения полученных результатов видно, что модифицирование стали 20ГСЛ лигатурой АКЦе приводит к одновременному повышению прочности, пластичности и ударной вязкости. При этом особенно существенно увеличивается ударная вязкость модифицированного металла при обычной и отрицательной температурах испытаний. Если у образцов из немодифицированной стали (вариант

№2) значение ударной вязкости при 20 и –60 °С составляло соответственно 87 и 38 Дж/см², то после модифицирования (вариант №3) эти показатели увеличились соответственно до 120 и 57 Дж/см². Следует отметить, что нормализацию и отпуск опытных образцов обоих вариантов осуществляли в термической печи предприятия. Такая же термообработка этих образцов, но выполненная в лабораторной муфельной печи с более четким соблюдением заданных параметров, обеспечивает дальнейшее повышение

Таблица 2.

Номер варианта	Сталь	Химический состав ¹ , %					Механические свойства					
		C	Si	Mn	S	P	σ _{0,2}		δ, %	ψ, %	KCU, Дж/см ²	
							МПа				20 °С	–60 °С
1*	20ГСЛ	0,16–0,22	0,60–0,80	1,0–1,3	до 0,03	до 0,03	540	294	18	30	29	
2		0,19	0,62	1,16	0,017	0,015	540	340	26	60	87	38
3		0,18	0,52	1,25	0,014	0,018	560	360	28	66	120	57
4		0,18	0,52	1,25	0,014	0,018	580	410	31	70	153	108
5	20ГСЛ	0,15	0,58	1,025	0,010	0,022	508	295	32	61	1,78	60
6		0,15	0,58	1,25	0,010	0,022	510	342	30	71		196
7**	20Л	0,17–0,25	0,20–0,52	0,45–0,90	до 0,05	до 0,05	412	216	22	35	49	–
8		0,17	0,27	0,52	0,042	0,027	475	287	30	50	65	10
9		0,18	0,22	0,51	0,026	0,023	432	248	31	64	140	80

¹Fe – остальное, содержание Cr, Ni, Cu – до 0,03% каждого.

* По ТУ 1081292-84.

** По ГОСТ 977-88.

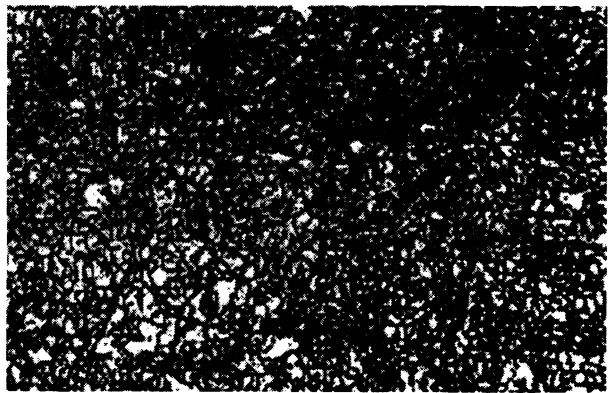
всего комплекса механических свойств модифицированной стали, включая хладостойкость (вариант №4).

Аналогичные результаты получены и на других предприятиях при выплавке и модифицировании стали марок 20Л и 20ГСЛ, подвергнутых термообработке по режиму, рекомендованному ГОСТ в цеховых условиях (вариант №5). Хладостойкость опытных образцов из стали 20ГСЛ, но термообработанных в муфельной печи, увеличивается в 3 раза (вариант №6). Для стали 20Л в этом случае значение ударной вязкости при -60°C повысилось с 10 до 80 Дж/см², что свидетельствует о неудовлетворительной работе термических печей в цеховых условиях (соответственно варианты № 8 и 9).

Полностью соответствуют приведенным данным результаты металлографических исследований. Так, резко измельчается дендритная структура модифицированной стали, характеризующаяся более развитыми осями 2-го порядка. Однако при этом необходимо обратить внимание на неоднородность и разнотернистость исследуемого литого металла серийных плавок, термообработанного в условиях цеха, что, видимо, объясняется качеством проведенной термообработки.

Так, вероятно, был осуществлен неравномерный нагрев заготовок для образцов или скорость охлаждения металла при нормализации была недостаточна для его сквозного прокаливания. Микроструктура стали 20Л после нормализации в термическом цехе – крупнозернистая с вытянутыми иглами видманштетта. При проведении термообработки в лабораторной муфельной печи микроструктура модифицированных марок стали 20Л и 20ГСЛ приобретает однородное мелкозернистое строение с размером зерна 8 по шкале ГОСТ 5639 (см. рисунок).

Одновременно с этим изменяется соотношение ферритной и перлитной составляющих в стали после модифицирования лигатурой АКЦе.



Микроструктура модифицированных сталей 20Л и 20ГСЛ после термообработки в муфельной печи. $\times 100$

Так, в микроструктуре стали, термообработанной в цеховых условиях, содержание феррита достигает 90% при остальном перлите. Термообработка в муфельной печи приводит к сокращению доли феррита до 65% и увеличению перлита до 35%. Особо следует отметить, что внепечная обработка обеих марок стали лигатурой АКЦе обеспечивает не только снижение содержания общего количества неметаллических включений, но и их глобуляризацию, сопровождающуюся заметным очищением межзеренных границ. Этот фактор наряду с рассмотренными преобразованиями в микроструктуре стали дополнительно способствует существенному повышению всего комплекса ее механических и эксплуатационных свойств.

Таким образом, результаты исследований сталей марок 20Л и 20ГСЛ, модифицированных бескремниевой комплексной лигатурой АКЦе, позволяют рекомендовать ее для внепечной обработки (модифицирования) таких сталей. При этом особое внимание необходимо уделять термообработке как неотъемлемому условию в решении задачи повышения качества отливок запорной и трубопроводной арматуры.