

УДК 543.27

## ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СТЕПЕНЬ ДЕФОРМАЦИОННОГО СТАРЕНИЯ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

**Табаков Я.И.**, инженер-исследователь лаборатории диагностики  
материалов (YTabakov@gmail.com)

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН  
(119991, Россия, Москва, Ленинский пр., 49)

**Аннотация.** Проведено исследование влияния легирующих элементов на содержание растворенного азота в арматурной стали и степень деформационного старения. Показана высокая эффективность легирования арматурной стали бором.

**Ключевые слова:** растворенный азот, деформационное старение, арматурная сталь, механические свойства.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-11-840-841

Атомы азота, внедренные в междоузлия решетки металла, деформируют ее и перемещаются в дефектные участки, образуя атмосферы Коттрелла, блокирующие движение дислокаций под приложенной нагрузкой. Растворенный азот оказывает непосредственное влияние на процессы деформационного старения стали, вследствие которого происходит повышение предела текучести и прочности, снижение пластических свойств, а также повышение температуры вязко-хрупкого перехода. В малоуглеродистой стали может наблюдаться эффект синеломкости – частный случай деформационного старения. Это явление также приводит к снижению пластичности и повышению прочности и предела текучести металла при его растяжении в интервале температур 150 – 300 °С. Синеломкость проявляется даже при незначительном содержании азота [1].

В работе были исследованы образцы промышленных плавок арматурной стали состава, % (по массе): 0,16 С; 0,25 Si; 0,65 Mn; 0,08 Cr; 0,12 Ni; 0,23 Cu. Сталь была выплавлена с добавлением в одном случае Al (0,025 % (по массе)), в другом В (0,005 % (по массе)). Методом высокотемпературной экстракции в несущем газе было определено количество растворенного азота в образцах [2]. Также были проведены механические ис-

пытания готового проката и определена степень влияния растворенного азота на деформационное старение. Доля растворенного азота в стали с Al составила 60 %, с В – 30 %. В таблице указаны результаты механических испытаний арматуры, легированной Al и В, и количество общего и растворенного в металле азота.

Уменьшение доли свободного азота позволяет снизить влияние деформационного старения стали. Основным показателем, по которому можно наблюдать эффект снижения деформационного старения – рост отношения предела прочности ( $\sigma_B$ ) к пределу текучести ( $\sigma_{0,2}$ ).

**Выводы.** Как видно из таблицы, легирование стали позволяет значительно снизить долю растворенного азота в металле и повысить пластические свойства стали, снижая эффект деформационного старения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов А.Н. Водород и азот в стали. – М.: Металлургия, 1968. С. 232 – 236.
2. Табаков Я.И., Григорович К.В., Мансурова Е.Р. Определение свободного азота в углеродистых сталях методом высокотемпературной экстракции в токе несущего газа // Металлы. 2016. № 4. С. 27 – 32.

Поступила 12 августа 2016 г.

### Результаты механических испытаний арматуры, легированной Al и В. Содержание общего и растворенного азота

#### Results of mechanical properties tests of reinforcing steel alloyed with Al and B. Content of total and dissolved nitrogen

	Диаметр арматуры, мм	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B/\sigma_{0,2}$	$N_{\text{общ.}}$ , ppm	$N_{\text{своб.}}$ , ppm
Сталь с Al	8	645±14	605±14	1,066	117±5	70,2±9,8
	10	634±13	593±14	1,069		
Сталь с В	8	597±17	553±17	1,080	91±3	28,3±5
	10	592±24	538±27	1,101		

## EFFECT OF ALLOYING ELEMENTS ON THE DEGREE OF STRAIN AGING OF REINFORCING STEEL

*Ya.I. Tabakov*

**Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, RAS, Moscow, Russia**

**Abstract.** The influence of alloying elements on the content of dissolved nitrogen in the reinforcing steel and the degree of strain aging were investigated. The high efficiency of boron addition in reinforcement steel was determined.

**Keywords:** dissolved nitrogen, strain aging, reinforcing steel, mechanical properties.

**DOI:** 10.17073/0368-0797-2016-11-840-841

### REFERENCES

1. Morozov A.N. *Vodorod i azot v stali* [Hydrogen and nitrogen in steel]. Moskva: Metallurgiya, 1968, 232–236 p. (In Russ.).
2. Tabakov Ya.I., Grigorovich K.V., Mansurova E.R. Determination of free nitrogen in carbon steels by high-temperature extraction in a flow of carrier gas. *Metally*. 2016, no. 4, pp. 27–32. (In Russ.).

### *Information about the authors:*

**Tabakov Ya. I.**, *Research Engineer of the Laboratory of Materials Diagnostics* (YTabakov@gmail.com)

Received August 12, 2016

---