

УДК 669.15.018:25-194

**С. Є. Кондратюк, Ж. В. Пархомчук**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ.

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ  
МОДИФІКУВАННЯ СТАЛЕЙ**

Зростання наукового інтересу до використання нанокристалічних матеріалів з високодисперсною структурою і розмірами (1 – 100 нм) зумовило проведення досліджень щодо можливості їх використання для модифікування сталей при якому зародкоутворюючі нанофази вносяться в розплав у складі спеціальних лігатур.

Виходячи з цього, досліджено вплив нанодобавок  $\text{SiO}_2$  (аеросил) і карбіду кремнію  $\text{SiC}$  на процеси кристалізації і структуроутворення на прикладі сталі 20Л. Добавки вводили в розплав сталі у вигляді лігатур на основі алюмінію, що забезпечувало вміст нанорозмірних компонентів ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiC}$ ) в сталі із розрахунку до 0,09 % і до 0,05 % відповідно.

Металографічно встановлено, що після кристалізації у піщаній формі із середньою швидкістю тепловідбору  $V_{\text{ox}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$  структура сталі з добавками нанопорошків суттєво відрізняється від вихідної (не модифікованої). Розмір зерна литої структури при використанні модифікуючої добавки лігатури з нанорозмірним  $\text{SiO}_2$  (аеросил) та  $\text{SiC}$  зменшується на 2 – 3 номери відповідно, що пояснюється гетерогенним зародкоутворенням, збільшенням кількості зародків кристалізації зумовлених наявністю в розплаві нанорозмірним фаз аеросилу або карбіду кремнію.

Вплив вказаних нанофаз на литу структуру характеризують також показники дисперсності дендритної структури, які підвищуються в 2 рази та щільності дендритної структури, яка зростає – від 0,72 (немодифікована сталь) до 1,15 (нанорозмірний  $\text{SiO}_2$ ) і до 0,92 (нанорозмірний  $\text{SiC}$ ).

При введенні в розплав вказаних нанопорошків спостерігається також закономірні зміни тонкої кристалічної будови сталі – підвищуються показники фізичного уширення рентгенівських ліній (110) і відповідно густоти дислокацій і зменшення розмірів блоків мозаїки при збереженні певного вихідного рівня мікронапружень II роду. Це створює передумови для підвищення характеристик механічних властивостей сталі, найбільш суттєвого при модифікуванні нанорозмірними добавками карбіду кремнію (табл. 1). Особливо слід відзначити суттєве підвищення значень ударної в'язкості (КСУ) за рахунок підвищення значень роботи поширення тріщини.

Таблиця 1 - Механічні властивості сталі 20Л залежно від характеру модифікування нанорозмірними інокуляторами

Режим обробки	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\sigma_{\text{т}}$ , МПа	$\psi$ , %	$\delta$ , %	КСУ	$a_3$ , $a_n$		Твердість HV
						Дж/см <sup>2</sup>		
Без добавки	223	180	37	28	26	19	7	123
Модифікування SiO <sub>2</sub>	368	320	40	34	44	28	16	136
Модифікування SiC	390	346	39	32	40	26	14	140

Таким чином експериментально встановлено, що застосування нанорозмірних порошкових інокуляторів, зокрема у складі лігатури на основі алюмінію, зумовлює суттєве зростання кількості зародків кристалізації в розплаві під час кристалізації і відкриває нові технологічні можливості цілеспрямованого подрібнення литої структури сталей у виливках, підвищення їх механічних властивостей і опору крихкому руйнуванню при динамічних навантаженнях.