

Рис. 2. Вплив розміру зерна аустеніту при температурі гартування 800 °C і температури гартування при розмірі зерна аустеніту 0,05 мм на міцність сталі на згин

Оцінюючи ефективність впливу факторів за критерієм Стюдента (t_{st}), слід відзначити, що вплив температури гартування ($t_{st(q)} = 4,1$) на 8 % більш ефективний, ніж розмір зерна аустеніту ($t_{st(Daust)} = 3,8$).

Встановлені закономірності показують, що розмір зерна аустеніту і міцність на згин вуглецевої сталі, загартованої в воді і відпущеної при 150 °C, з імовірністю 95 % визначаються відносним вмістом вуглецю в карбідах заліза і температурою гартування. Показано, що вплив температури гартування більш ефективний, ніж структурних факторів.

Афтанділянц Є.Г.
(НУБіП, Київ)

**ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НА ВИДІЛЕННЯ ТА РОЗЧИНЕННЯ
КАРБІДІВ В ЗАЕВТЕКТОЇДНИХ СТАЛЯХ**

E-mail: aftyev@yahoo.com

Особливістю формування структури заевтектоїдних сталей при охолодженні після затвердіння або перекристалізації є виділення карбідів та утворення карбідної сітки на межах зерен у процесі перетворення аустеніту на перліт, що призводить до погіршення пластичних властивостей та розвитку крихкості сталі (рис. 1).

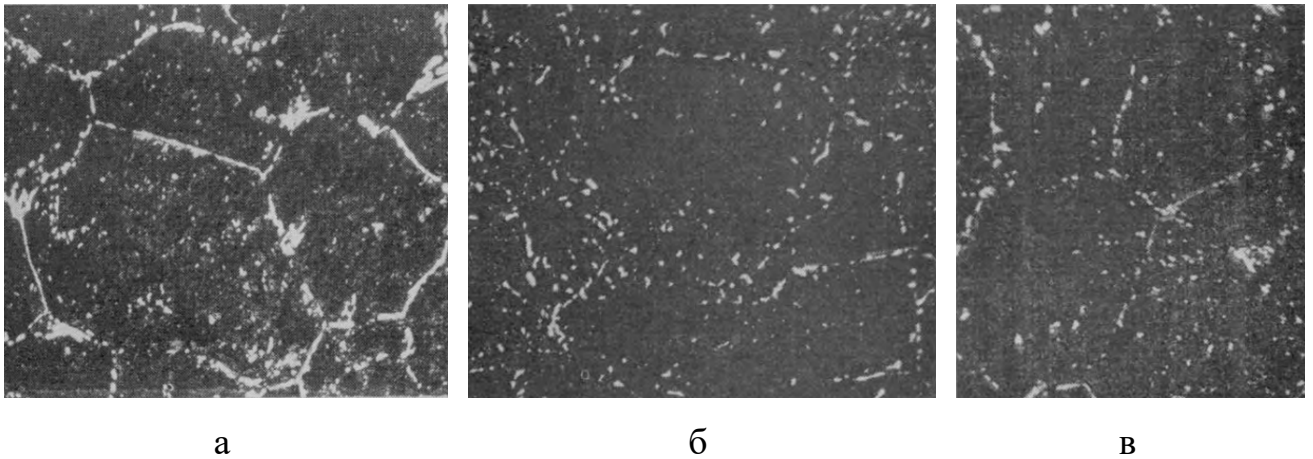


Рис. 1. Карбідна сітка сталей У12А (а), ШХ15 (б), ХВГ (в). Збільшення – 500

Перетворення аустеніту на перліт включає наступні етапи:

1. Утворення зародків карбідів цементитного типу в аустеніті.

2. Перетворення аустеніту на ферит у прилеглих зонах з низьким вмістом вуглецю.

3. Зростання карбідів у фериті.

Процес утворення аустеніту при нагріванні починається з перетворення фериту на аустеніт і подальшому розчинення в ньому карбідів.

Дослідження процесу формування та розчинення карбідів у заевтектоїдних сталях проводили на інструментальних сталях У12А, ШХ15 та ХВГ.

За інтегральний параметр хімічного складу сталі прийняли її вуглецевий еквівалент, який визначали за такою формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{P}}{2} + \frac{\text{V}}{14}, \quad (1)$$

де С, Мп, Si, Cr, Ni, Cu, V, P – масові частки вуглецю, марганцю, кремнію, хрому, нікелю, міді, ванадію та фосфору, %.

Хімічний склад, вуглецевий еквівалент і температури фазових перетворень сталей наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад, вуглецевий еквівалент ($C_{\text{екв}}$) і температури початку (t_{ac1}) і закінчення (t_{ac3}) перетворення перліту на аустеніт при нагріванні та закінчення перетворення аустеніту на перліт (t_{ar1}) при охолодженні.

Сталь	Вміст елементів, мас.частка %								Температура, °C		
	C	Si	Mn	Cr	W	S	P	$C_{\text{екв}}$	t_{ac1}	t_{ac3}	t_{ar1}
У12А	1,20	0,25	0,23	-	-	0,018	0,025	1,25	726	875	700
ХВГ	0,98	0,25	0,95	1,05	1,4	0,028	0,030	1,39	751	940	705
ШХ15	1,00	0,27	0,30	1,5	-	0,020	0,027	1,43	746	900	710

Температури початку коагуляції та розчинення карбідів при нагріванні (t_{ch}) та закінчення виділення при охолодженні (t_{pc}) визначали шляхом аналізу структури сталей після гартування при досліджених температурах. Результати визначення температур початку коагуляції та розчинення карбідів при нагріванні (t_{ch}) та закінчення їх виділення та зростання при охолодженні (t_{pc}) наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Температури початку коагуляції та розчинення карбідів при нагріванні (t_{ch}) та закінчення виділення та зростання карбідів при охолодженні (t_{pc}) досліджених сталей.

Сталь	Температура, °C	
	початок коагуляції та розчинення карбідів при нагріванні (t_{ch})	закінчення виділення та зростання карбідів при охолодженні (t_{pc})
У12А	780	715
ХВГ	830	790
ШХ15	830	800

Аналіз впливу вуглецевого еквівалента на температуру початку коагуляції та розчинення карбідів при нагріванні показав, що зі збільшенням вмісту вуглецю та хрому в сталі збільшується величина перегрівання над температурою початку

перетворення фериту на аустеніт ($\Delta t_{ch} = t_{ch} - t_{ac1}$) та процес розчинення карбідів починається при перегріванні над точкою t_{ac1} для сталі У12А на 55 °С, для сталі ХВГ на 79 °С, для сталі ШХ15 на 84 °С (рис. 2, лінія 1).

Рівняння регресії має такий вигляд:

$$\Delta t_{ch} = 164,4 \cdot C_{екв} - 150,9; r = 0,999. \quad (2)$$

У разі охолодження, збільшення вуглецевого еквівалента призводить до збільшення температури закінчення виділення і зростання карбідів і процес закінчується при переохолодженні ($\Delta t_{pc} = t_{pc} - t_{ar1}$) на 15 °С вище температури закінчення перетворення аустеніту в перліт (t_{ar1}) для сталі У12А, 85 °С для сталі ХВГ та 90 °С для сталі ШХ15 (рис. 1, лінія 2).

Аналітична залежність такого впливу описується рівнянням:

$$\Delta t_{pc} = 437,5 \cdot C_{екв} - 530,7; r = 0,993. \quad (3)$$

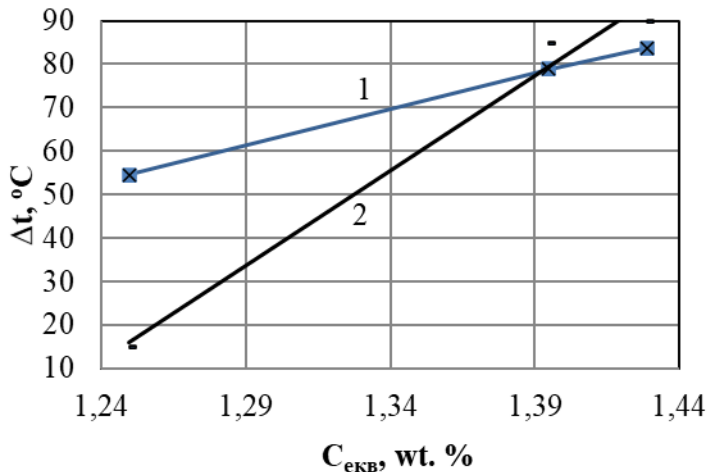


Рис. 1. Вплив вуглецевого еквіваленту на початок розчинення карбідів інструментальних сталей при нагріванні (1) і закінчення виділення (2) при охолодженні

Результати виконаних досліджень показують, що процес розчинення карбідів інструментальних сталей при нагріванні починається при перегріванні над температурою t_{ac1} на 8 % для сталі У12А, 10 % для сталі ХВГ и 11 % для сталі ШХ15. Встановлено, що виділення і ріст карбідів при охолодженні закінчується при температурах вище точки t_{ar1} для сталі У12А на 2 %, для сталі ХВГ на 12 % і для сталі ШХ15 на 13 %.