

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

*XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
117-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)*

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

*22-23 лютого 2024 року  
м. Київ*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. 505 с.

Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 117th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 22–23, 2024, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2024. 505 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

**УДК 669.14.018.25:620.18:539.374**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГАРТОВАНОСТІ ЛИВАРНИХ СТАЛЕЙ**

**Є. Г. АФТАНДІЛЯНЦ**, доктор технічних наук, професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*  
*E-mail: aftyev@yahoo.com*

Прогартованість характеризує здатність сталі сприймати загартування на певну глибину і є однією з основних характеристик, що дозволяє прогнозувати розподіл структурних складових по перерізу виливка або деталі.

Дослідження впливу різних факторів на прогартованість конструкційних сталей показують, що прогартованість конструкційної сталі визначається в основному стійкістю аустеніту до переохолодження і, отже, повинна залежати від розміру зерна аустеніту, ступеня легування твердого розчину та вмісту в ньому вторинних фаз. Враховуючи, що прогартованість визначається, в основному, як відстань від поверхні деталі або вилівка до зони, що містить 50% мартенситу, визначили вплив хімічного складу сталі і температури гартування на твердість зони, що містить 50% мартенситу.

Математичний аналіз показав, що твердість напівмартенситної зони конструкційних сталей з ймовірністю 99% та похибкою  $\delta = 1,31\%$  описується наступним рівнянням

$$\text{HRC}_{(50\%M)} = 32 + 54 \cdot C + 4,64 \cdot Mn - 10,9 \cdot C \cdot Mn + 3,34 \cdot C \cdot Cr - 2,49 \cdot C \cdot Mn \cdot Cr - 0,013 \cdot t_q, \quad (1)$$

$$R=0,994; F_{6/81}=2538 > F_T^{0,01}=2,92$$

З урахуванням встановленої залежності методом торцевого гартування, визначили прогартованість литих конструкційних сталей, що містять від 0,19 до 0,52% масової частки вуглецю; 0,14-0,86 -кремнію; 0,76-2,14 марганцю; 0,03-1,33 хрому; 0,003-0,023 сірки; 0,005-0,024 фосфору; 0,005-0,018 азоту; 0,007-0,07 алюмінію; до 0,13 ванадію; 0,035 титану; 0,003 бора, в інтервалі температур гартування від 900 до 1000 °С.

Приймаючи за незалежні чинники ступінь легування твердого розчину, розмір зерна аустеніту та вміст у ньому нітридів ванадію, алюмінію та титану, побудували математичну модель прогартованості конструкційної сталі, яка має такий вигляд:

$$H = 351 \cdot Si - 56,5 - 1,84 \cdot D_a \cdot (Si + Mn + Cr + V_a) - 90 \cdot Mn + 60,7 \cdot (Si + Mn + Cr + V_a) - 1067 \cdot C \cdot Si + 538 \cdot C \cdot Mn - 243 \cdot (C + N_a + B) \cdot (Si + Mn + Cr + V_a) - 57,9 \cdot Si \cdot Mn + 54,8 \cdot Si \cdot Cr + 7,82 \cdot D_a \cdot (C + N_a + B) \cdot (Si + Mn + Cr + V_a), \quad (2)$$

$$R = 0,981; \delta = 12,8 \% ; F_{10/29} = 72,5 > F_T^{0,01} = 3,0$$

Аналіз рівняння 2 показує, що вплив легуючих елементів і домішок на прогартованість сталі пов'язано в основному з їх твердорозчинною дією і зміною розміру зерна аустеніту. Слід зазначити, незначний вплив вторинної фази, який враховується, мабуть, розміром зерна аустеніту.

Приймаючи за базу сталь 30ХГСЛ, визначили ефективність впливу C, Si, Mn, Cr, V, N і V+N на прогартованість сталі залежно від ступеня перегріву аустеніту над температурою  $t_{ac3}$ .

Результати розрахунків показують, що зміна легуючими елементами розміру зерна аустеніту і ступеня легування твердого розчину така, що при мінімальному ступені перегріву ( $t_q = 900$  °С) марганець, хром, вуглець і азот закономірно підвищують, ванадій і спільне легування сталі азотом і ванадієм, а кремній екстремально змінює прогартованість сталі. Що стосується торцевого гартування від 1050 °С, тобто. при максимальному перегріві, ефективність впливу елементів змінюється як кількісно, а й якісно. Наприклад, легування сталі кремнієм і спільно 0,1%V і 0,015%N призводить до підвищення прогартованості сталі. При великих добавках азоту і ванадію прогартованість сталі знижується.

Слід зазначити, що зі збільшенням ступеня перегріву аустеніту ефективність впливу елементів крім марганцю і азоту зростає, що свідчить про істотний вплив твердорастворного чинника. Зниження ефективності впливу таких аустенітоутворюючих елементів як марганець і азот пов'язане, мабуть, зі збільшенням вмісту сталі залишкового аустеніту.

Порівнюючи усереднений питомий вплив елементів на прогартованість конструкційної сталі слід зазначити, що найбільш перспективним є її легування азотом.