

В результаті виконаних досліджень встановлено, що значне підвищення міцних властивостей сталі при одночасному підвищенні або збереженні на високому рівні пластичних досягається за умови, коли залишковий вміст алюмінію або церію не перевищує 0,03 і 0,06%, відповідно, кількість нітридванадієвої фази, що не розчиняється, стабілізує зерно аустеніту, а кількість азоту і ванадію, що перейшли в твердий розчин, достатньо для підвищення його стійкості до переохолодження та ефективного дисперсійного зміцнення фериту.

### Список літератури

1. Y. Aftandiliants, S. Gnyloskurenko Development of advanced alloy steels for machinery/ Proceedings of 20th International scientific conference "Engineering for rural development". Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering. Volume 20. pp. 706-712, Jelgava, Latvia. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF155.
2. Афтанділянц Є. Г. Перспективні металеві матеріали та технології їх отримання // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Технологія та енергетика АПК»/К., 2018.- Вип. 282, частина третя. С. 22-35. (ISSN 2222-8594 (Print), ISSN 2415-7694 (Online)).
3. Войтолович Р. Ф. Тугоплавкие соединения. Киев: Наукова думка, 1971.- с.220
4. Включения и газы в сталях /В. И. Явойский, С. А. Близнюков, А. Ф. Вишкарёв и др. //М.: Металлургия, 1979.- с. 272
5. Kor G.Y.W. The Solubilities of cerium and lanthanum nitride in Iron // Met. Trans.- 1973.- 4, N 1.- p. 377-379
6. Григорян В.А., Белянчиков Л.Н., Стомахин А.Я. Теоретические основы электросталеплавильных процессов. - М.: Металлургия, 1987. - 272 с.

УДК 621.74:669.15-194

### Є. Г. Афтанділянц

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

### МІСЦЕВЕ ВІДНОВЛЕННЯ ОКАЛИНИ НА ВИЛИВКАХ

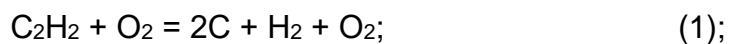
При згорянні вуглеводнів (ацетилен, етан, пропан, бутан тощо) можливе утворення зон згорання, що мають відновлюючі властивості. У роботі [1] наведені значення

максимальної температури полум'я газових пальників, що складає для ацетилен -кисневої суміші – 3100-3150 °С, метан - кисневої суміші – 2100-2200 °С, пропано-бутанової суміші – 2400-2500 °С, коксового газу - 2000-2100 °С, водню - 2000-2100 °С.

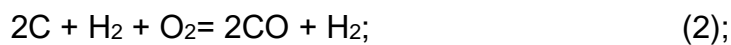
Порівняння температури полум'я вуглець – водневих пальників, показує, що максимальна температура полум'я спостерігається в пальників працюючих на ацетилені, тому застосування полум'я ацетиленових пальників для відновлення окалини на поверхні сталевих виробів є найбільш переважним, оскільки зі збільшенням температури полум'я збільшується температура прогріву окалини, що знаходиться на поверхні сталевих виробів, і відповідно швидкість відновлення окалини. Однак така закономірність буде спостерігатися тільки в тому випадку, якщо поверхня виробу з окалиною буде знаходитися в тій зоні полум'я пальника, де відбуваються реакції відновлення оксидів.

Відомо [2], що полум'я ацетиленового пальника складається з трьох зон (рис. 1):

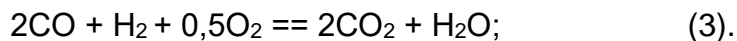
1 зона - ядро, що розташовується за зрізом сопла пальника та у якому відбувається реакція



2 зона – зона відновлення, що розташовується за ядром і в якій відбувається реакція



3 зона – факел, який розташовується за зоною відновлення й у якому відбувається реакція



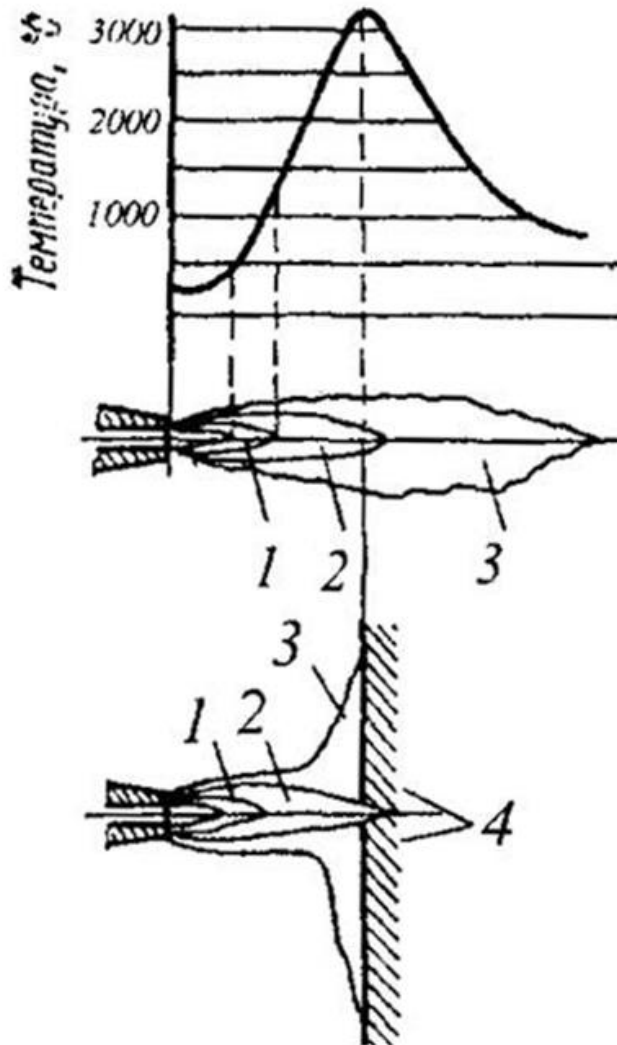


Рис. 1. Схема ацетиленокисневого полум'я:

1 – ядро; 2 – відновлювальна зона;  
3 – окислювальна зона; 4 – зварювальні частини.

Максимальна температура полум'я ацетиленового пальника знаходиться в зоні відновлення, тому для відновлення окислів найбільш перспективним є застосування ацетиленових пальників, що мають більш високу температуру полум'я у зоні відновлення, ніж пальники, що працюють на інших сумішах.

Дослідженнями встановлено, що розмір і розташування зони відновлення ацетиленового пальника, у якій проходить реакція  $2C + H_2 + O_2 == 2CO + H_2$ , залежить, в основному, від діаметра сопла пальника ( $d$ , мм) і знаходиться на відстані ( $l$ , мм) від

$$l_{\min} = 11,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3, \quad (4),$$

до

$$l_{\max} = 15,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3, \quad (5),$$

від сопла пальника, при цьому на початку зони відновлення (мінімальна відстань від сопла пальника) хімічний склад атмосфери наступний (про. %): CO = 60%; H<sub>2</sub> = 31%; N<sub>2</sub> = 8%; інші -1%, в кінці зони відновлення – CO = 33%; H<sub>2</sub> = 15%; CO<sub>2</sub> = 9%; H<sub>2</sub>O = 6%; N<sub>2</sub>=33%; інші -7%. Відновлення окалини на поверхні сталевого виробу в полум'ї ацетиленового пальника буде відбуватися тільки в тому випадку, якщо поверхня сталевого виробу з окалиною, буде знаходитися від сопла пальника на відстані більшій, ніж  $l_{\min} = 11,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$  і меншій, ніж  $l_{\max} = 15,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$ .

У цій зоні газоподібний монооксид вуглецю (CO) і водень (H<sub>2</sub>) взаємодіючи з окалиною на поверхні сталевого виробу відновлюють окалину на поверхні сталевого виробу. Область оптимальних відстаней для відновлення окалини від сопла ацетиленового пальника до поверхні сталевого виробу показана на рис. 2.

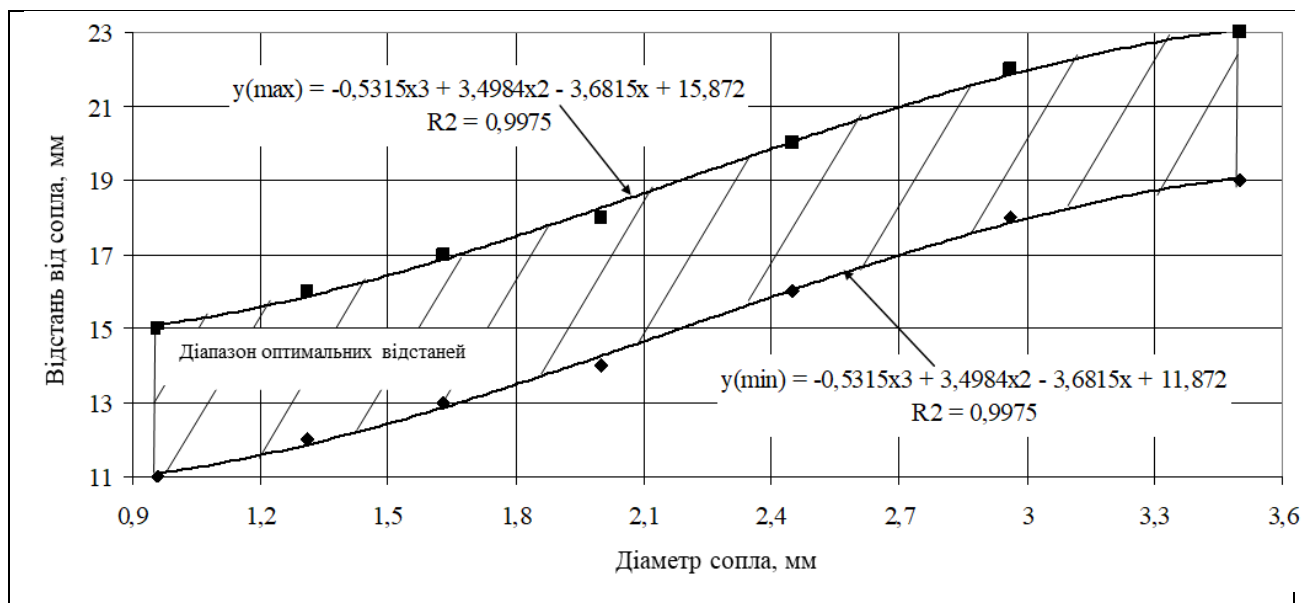


Рис. 2. Оптимальна відстань для відновлення окалини від сопла ацетиленового пальника до поверхні сталевого виливка

Вплив товщини окалини на поверхні виливка із сталі 35Л на час її відновлення в полум'ї ацетиленового пальника та розрахунковий час відновлення окалини на поверхні виливка із сталі 35Л при  $t_{вз} = 3000$  °C наведено на рис. 3.

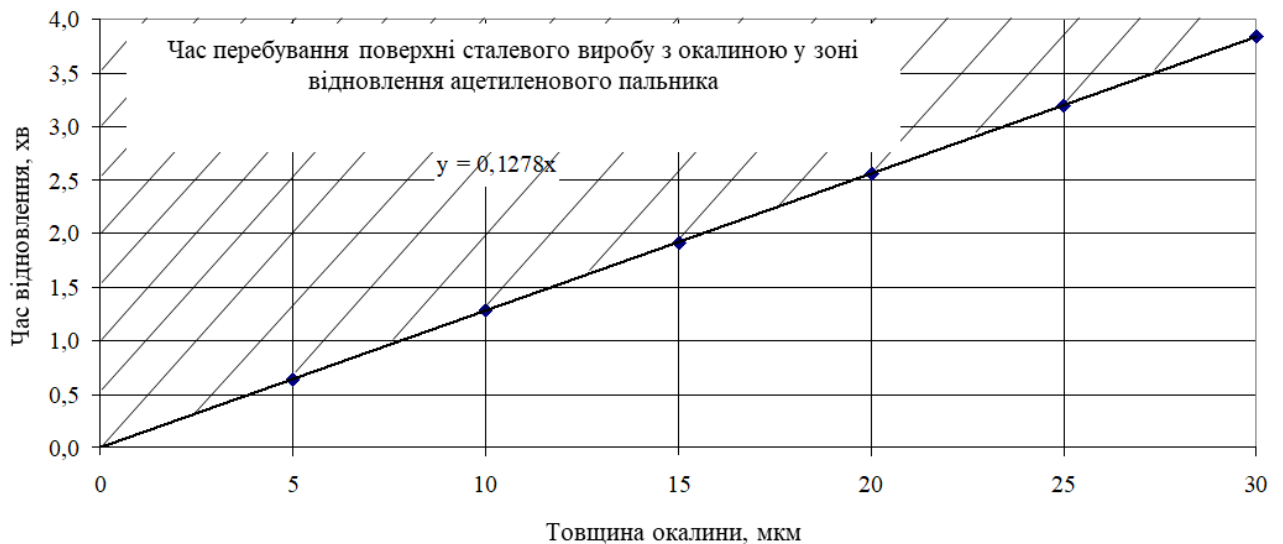


Рис. 3. Розрахунковий час відновлення окалини, для  $t_{вз} = 3000 \text{ }^\circ\text{C}$ , на поверхні виливка із сталі 35Л.

У зв'язку з тим, що температура полум'я, на вище зазначеній відстані від сопла пальника, знаходиться в межах  $3000 - 3100 \text{ }^\circ\text{C}$  швидкість відновлення окалини в цій зоні повинна бути досить високою.

Дослідженнями встановлено, що швидкість відновлення окалини ( $V_{ок}$ ), при перебуванні поверхні сталевго виробу з окалиною від сопла пальника, на відстані більшій, ніж  $l_{min} = 11,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$  і меншій, ніж  $l_{max} = 15,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$ , визначається наступним рівнянням:

$$V_{ок} = 0,0028 \cdot t_{вз} - 0,5733, \text{ мкм/хв, } R = 0,999, \quad (6),$$

де  $t_{вз}$  – температура зони відновлення.

Розрахунковий час відновлення окалини для  $t_{вз} = 3000 \text{ }^\circ\text{C}$  на поверхні листа зі сталі 35Л залежно від товщини окалини наведено на рис. 3.

При перебуванні поверхні сталевго виробу з окалиною біля сопла пальника на відстані меншій, ніж  $l_{min} = 11,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$  поверхня буде знаходитися в зоні ядра полум'я, у якому у вільному виді присутній кисень, що є активним окислювачем, і таким, що нивільює відновлення окалини вуглецем і воднем. Крім того, у цій зоні температура не перевищує  $1000 - 1100 \text{ }^\circ\text{C}$ , що недостатньо для інтенсивного розвитку відбудовних реакцій відновлення.

При перебуванні поверхні сталевому виробу з окалиною біля сопла пальника на відстані більшій, ніж  $I_{\max} = 15,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$  поверхня буде знаходитися в зоні факела полум'я, атмосфера якого є окисною ( $\text{CO} = 4\%$ ;  $\text{H}_2 = 3\%$ ;  $\text{CO}_2 = 22\%$ ;  $\text{H}_2\text{O} = 3\%$ ;  $\text{N}_2 = 58\%$ ;  $\text{O}_2 = 8\%$ ; інші -2%) і буде піддаватися додатковому окислюванню, тобто замість видалення окалини буде спостерігатися збільшення окалини на поверхні сталевому виробу.

Час перебування поверхні сталевому виробу з окалиною від сопла пальника на відстані більшій, ніж  $I_{\min} = 11,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$  і меншій, чим  $I_{\max} = 15,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$ , повинне бути зв'язаним зі швидкістю відновлення окалини і її товщиною і бути не менше розрахованого за формулою 6.

При перебуванні поверхні сталевому виробу з окалиною у зоні відновлення полум'я ацетиленового пальника менше часу розрахованого за формулою 6, відновлення окалини не буде повним.

При перебуванні поверхні сталевому виробу з окалиною у зоні відновлення полум'я ацетиленового пальника більше часу розрахованого за формулою 6, буде відбуватися необґрунтована перевитрата ацетилену і кисню та небажаний перегрів поверхні сталевому виробу.

Після закінчення процесу відновлення окалини, при зміні позиції пальника або його відключенні, відновлену поверхню, у процесі охолодження, необхідно обдувати нейтральним газом (аргон, азот і інші) для захисту відновленої поверхні від повторного окислювання в процесі охолодження до кімнатної температури.

В результаті виконаних досліджень розроблена технологія відновлення окалини на сталевих виливках, що включає контакт окалини з газоподібним вуглеводневим відновлюючим агентом, і інертним газом, а перед відновленням визначається максимальна товщина окалини, значення якої включають у заздалегідь складене рівняння регресії швидкості відновлення окалини в зоні відновлення полум'я ацетиленового пальника, за яким визначають розрахунковий час потрібний для відновлення окалини, нагрів відбувається у відновлюючій атмосфері полум'я ацетиленового пальника, для чого відстань від сопла пальника до поверхні сталевих виробів з окалиною ( $l$ , мм), залежно від діаметра сопла пальника ( $d$ , мм) визначається співвідношенням  $11,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3 \leq l \leq 15,872 - 3,6815 \cdot d + 3,4984 \cdot d^2 - 0,5315 \cdot d^3$ , витримка повинна бути не менш розрахункового часу, потрібного для відновлення окалини, а охолодження місця відновлення відбувається в нейтральній атмосфері.

1. Сварка в машиностроении. Т.1. Під ред. Н.А. Ольшанского. М.: Машинобудування, 1978.-с.310.
2. Афтанділянц Е. Г., Зазимко О.В., Лопатько К. Г., Іванова О. В. Технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник в 2-х книгах. Книга 1. К.: НУБіП, 2016.- с. 511.

УДК 669.18.621:539.21

**Є. Г. Афтанділянц**

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

### **ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛИТИХ НОРМАЛІЗОВАНИХ СТАЛЕЙ**

Механічні властивості сталей визначаються в основному твердо розчинним впливом елементів та зміною ними кількості та закономірностей виділення вторинних фаз у процесі термічної обробки. Комплексне поліпшення механічних властивостей конструкційних сталей найбільш оптимально може бути досягнуто в тому випадку, якщо легування, модифікування та мікролегування сталей буде поєднуватися з оптимальними режимами термічної обробки та подальшим виділенням елементів з твердого розчину у вигляді дисперсних карбідних і нітридних фаз.

Виходячи з таких передумов досліджували можливість аналітичного опису механічних властивостей нормалізованих сталей з феррито-перлітною структурою з використанням таких вихідних факторів, що істотно впливають на аустенітну структуру, як ступінь перегріву над температурою  $t_{ac3}$  ( $\Delta t_c$ ), вміст в сталі С, Si, Mn, Cr, S, P, кількість розчиненого в аустеніті азоту ( $N_a$ ) і ванадію ( $V_a$ ) та вміст нітридванадієвої фази ( $q_{VN_a}$ ). На ферито-перлітну структуру - вміст у фериті вуглецю ( $C_f$ ), марганцю ( $Mn_f$ ), хрому ( $Cr_f$ ), кремнію (Si), ванадію ( $V_f$ ), азоту ( $N_f$ ), а також нітридванадієвої ( $q_{VN_f}$ ) та карбідної ( $q_k$ ) фаз, що виділилися у фериті по завершенню перетворення аустеніту на перліт.

Вплив структурних чинників на формування механічних властивостей литих нормалізованих сталей, з ймовірністю 95%, має такий вид: