

УДК 621.791.927

Володимир Матвієнко, д.т.н., проф., Владислав Мазур, к.т.н., доц., Леонід Лещинський, д.т.н., проф.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ НЕРІВНОМІРНОСТІ ПРОПЛАВЛЕННЯ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ СКЛАДЕНИМ СТІЧКОВИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Volodymyr Matvienko, Dr., Prof., Vladyslav Mazur, Ph.D., Assoc. Prof., Leonid Leshchinskiy, Dr., Prof.

MATHEMATICAL MODEL OF COMPUTATION OF NONUNIFORMITY OF PENETRATION IN SUBMERGED-ARC SURFACING WITH COMPOSITE STRIP ELECTRODE

Забезпечення надійного рівномірного проплавлення основного металу є найважливішим завданням при широкошаровому наплавленні стрічковим електродом, коли при малій глибині проплавлення відхилення від середніх значень можуть бути порівнянні з абсолютною величиною. Для оцінки нерівномірності глибини проплавлення по ширині наплавленого валика використовується коефіцієнт варіації $W_{пр}$, визначення якого проводиться на макрошліфах поперечних перерізів. Застосування для цих цілей математичного моделювання процесу нагрівання і розплавлення основного металу не тільки знижує трудомісткість такої оцінки, але дозволяє прогнозувати зміну коефіцієнта варіації в залежності від умов наплавлення. Однак застосування розрахункової оцінки $W_{пр}$ можливо лише у випадку, якщо результати розрахунку добре збігаються з експериментальними даними.

В той же час, різко відрізняються від реальних розміри зони проплавлення, отримані в результаті розрахунку, заснованого на рішенні лінійного диференційного рівняння теплопровідності для твердого тіла з незалежними від температури теплофізичними властивостями. Тому при розробці математичної моделі процесу поширення тепла і плавлення основного металу в цій роботі використовувалося рішення методом кінцевих елементів нелінійного тривимірного диференціального рівняння теплопровідності, що враховує вплив температури на теплофізичні властивості матеріалу тіла, що наплавляється. Розрахунок теплових полів здійснювався з використанням пакета MSC.Patran. Для отримання характеристик геометрії зони, обмеженої ізотермою $T_{пл}$ в площині, перпендикулярній наплавленій поверхні, застосовувався пакет AutoLISP, що дозволило отримати чисельні значення основних розмірів зони проплавлення і коефіцієнта варіації $W_{пр}$. Розроблена математична модель застосовувалася для розрахунку розподілу температури нагріву основного металу і положення ізотерми $T_{пл}$ при наплавленні складеним стрічковим електродом, що складається із середньої і розташованих до неї під кутом двох бічних стрічок, змінюючи взаємну орієнтацію яких можна регулювати форму та розміри зони проплавлення.

На відміну від точкового джерела тепла, здатного заглиблюватися в розплав зварювальної ванни, повторно-короткочасний вплив лінійного джерела кінцевої ширини, що переміщується по поверхні напівнескінченного тіла, призводить до мілкого нерівномірного проплавлення основного металу. Утворені в зоні проплавлення перепади між локальними виступами і западинами чітко проявляються в кратері після виплеску зварювальної ванни. У разі застосування складеного стрічкового електрода, можливість знизити нерівномірність проплавлення, зменшити коефіцієнт варіації $W_{пр}$, запобігти появі локальних поглиблень і непроварів, а також шлакових включень

залежить від умов тепломасопереносу, особливо, на краях ванни. Заповнення і час існування тут розплаву, його вологотекучість і ефективність впливу на розплавлення країв пов'язані з кутом повороту α , щільністю теплового потоку, а також з перенесенням крапель при розплавленні бічних стрічок.

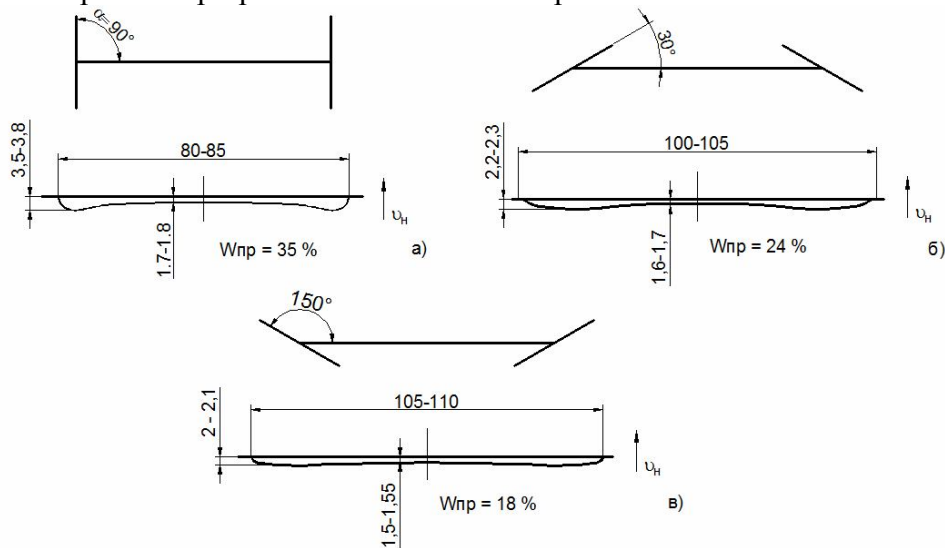


Рисунок 1. Форма і розміри зони проплавлення, отримані на моделі (наплавлення складовим електродом - основна стрічка $75 \times 0,5$ мм, бічні стрічки $25 \times 0,7$ мм)

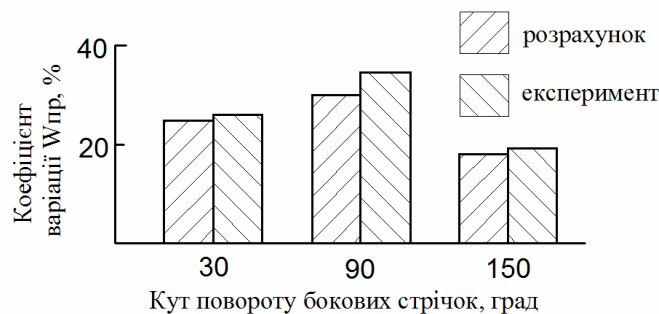


Рисунок 2. Розрахункові та експериментальні значення коефіцієнту варіації $W_{пр}$

Максимальна зосередженість тепломасопереносу на краях характерна для кута повороту бічних стрічок $\alpha = 90^\circ$, що супроводжується різким збільшенням глибини проплавлення в цих зонах (мал. 1, а) і приводить до зростання коефіцієнту варіації $W_{пр}$ (мал. 2). Зі зменшенням кута α до 30° тепловий потік менш зосереджений, набагато менше розрахункова глибина проплавлення на краях ванни, знижується $W_{пр}$. Разом з тим, як видно з положення ізотерми $T_{пл}$, основну частину площі проплавлення становлять ділянки, вилучені від середини ванни (мал. 1, б). На проплавлення цих ділянок впливає дія частин бічних стрічок, "випереджуючих" середню стрічку, що доповнюється джерелом нагрівання на середній стрічці. Зі збільшенням кута α до $120 - 150^\circ$ зростає ширина ванни, зосередженість теплового потоку - знижується. Для $\alpha = 150^\circ$ глибина і площа проплавлення практично рівномірно розподілені по ширині ванни (мал. 1, в), значення коефіцієнту варіації - мінімально (мал. 2). Це підтверджується експериментальними даними про рівномірність проплавлення основного металу і відсутністю дефектів у зоні сплавлення. Отримані при моделюванні розрахункові дані про форму і розміри зони проплавлення підтверджуються результатами експериментів.