

О.Б. НАСТИЧ, канд. техн. наук, доц., Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.,  
Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викладач, Криворізькій національний університет

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ РУДОРІЗМЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Інтенсифікація процесу переробки руд чорних і кольорових металів висуває підвищені вимоги до ефективності роботи млинів кульового розлому. Як правило, термін служби будь-якого обладнання залежить від довговічності лише кількох деталей, які в процесі експлуатації піддаються інтенсивному зносу. Тому слід приділяти основну увагу підвищенню стійкості черпаків живильників і розвантажувальних решіток для забезпечення економічної та надійної роботи млинів. Проведений аналіз умов їх експлуатації показав, що вони піддаються дії ударних навантажень в умовах гідроабразивного зносу. Для вирішення цього завдання застосували статичний метод планування активного багатофакторного експерименту. Досліджено вплив вуглецю (0,36-0,46 %), хрому (0,30-1,70 %), марганцю (0,4-1,4 %) і кремнію (0,30-1,50 %). Експериментальні плавки масою 150 кг були проведені в основній індукційній печі, литі зразки для механічних випробувань піддавали нормалізації від 900°C і відпуску від 600°C.

Отримані результати оцінювали за допомогою регресійного аналізу. Отримані рівняння регресії показали, що вуглець, хром, марганець, і кремній позитивно впливають на показники міцності, твердості та зносостійкості, водночас найістотніше впливають вуглець, хром і кремній. Спільне введення хрому та марганцю негативно впливає на пластичні властивості сталі на відміну від спільного введення хрому та кремнію. Додатково вивчали вплив співвідношення вмісту кремнію та вуглецю на комплекс механічних властивостей і зносостійкість. Висока зносостійкість в умовах ударно-абразивного зносу досягається при дотриманні співвідношення кремнію до вуглецю, яке дорівнює 2,0-2,5 і забезпечує однорідну ферито-цементитну суміш.

Збільшення вмісту марганцю в сталі понад 0,65 % призводить до підвищення стійкості переохолодженого аустеніту, що сприяє утворенню неоднорідності литої структури. При цьому ділянки з підвищеною щільністю карбідів негативно впливають на ударну в'язкість і ударно-абразивну зносостійкість.

Обробка результатів проведених досліджень дозволила запропонувати для промислового випробування сталь 45X2СЛ такого хімічного складу:  $C = 0,44-0,46$  %;  $C_r = 1,4-1,7$  %;  $S_i = 0,9-1,2$  %;  $M_n = 0,4-0,65$  %. Дослідно-промислове випробування виливків з цієї сталі показало, що низка з них вирізняється зниженою пластичністю, одна з причин якої – наявність плівкових граничних включень нітридів алюмінію, що утворюються під час розкислення сталі алюмінієм.

Вивчення впливу роздільного і комплексного модифікування алюмінієм, ванадієм, силіцидами і силікокальцієм на рівень механічних властивостей і зносостійкість показало, що модифікування сталі ванадієм у кількості 0,04-0,1 % сприяє подрібненню зерна, при цьому карбонітриди ванадію розподіляються рівномірно в матриці металу. Спільне модифікування сталі ванадієм і алюмінієм дещо знижує пластичність. У цьому випадку за вмісту алюмінію понад 0,02 % у зламах металу спостерігалися грубі плівкові включення нітридів алюмінію. Додаткове модифікування сталі, що містить алюміній, силіцидами і силікокальцієм сприяє усуненню включень нітридів алюмінію, що досягається за коефіцієнта глобуляризації неметалевих включень понад 80 %. Подальше поліпшення експлуатаційних характеристик виливків досягалося за рахунок вибору оптимального режиму термічної обробки. Встановлено, що найвищим рівнем ударно-абразивної зносостійкості володіли виливки після загартування в олію та переривчастого загартування у воду на 30 с з подальшим охолодженням на повітрі. Показано, що економічно доцільніше проводити переривчасте загартування з відпусткою за 600°C протягом 5 год. Високий рівень властивостей у цьому випадку досягається завдяки отриманню рівномірної ферито-цементитної структури по всьому перерізу виливків.

З метою підвищення надійності та довговічності литих деталей рудорозмельювального обладнання, що працюють у жорстких умовах ударно-абразивного зношування, вивчали вплив легуючих елементів, комплексного модифікування і технології термічної обробки на рівень механічних властивостей і зносостійкості сталі і було запропоновано економічно вигідну зносостійку сталь 45X2СФЛ, технології комплексного модифікування та термообробки.

Доповідь присвячена технології виробництва литих деталей рудорозмельювального обладнання.