

УДК [669 – 131:669.14]: 620.178.3

КІНЦЕВЕ РОЗКИСЛЕННЯ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОКОВОК

Буніна Л.М., к.т.н.,¹⁹

Таврійський державний агротехнологічний університет

Мельник К.Л., інж., викладач 1 категорії

Мелітопольський коледж ТДАТУ

Тел. (619) 42-13-54

Анотація – наведено дослідження впливу модифікування сталей на зниження дефекту «гарячі тріщини» ковальських злитків. Показано, що модифікування сталей алюмінієм та фероцерієм сприяло підвищенню механічних властивостей сталі при високих температурах.

Ключові слова – ковальські злитки, неметалеві включення, модифікування, розкислення, механічні властивості.

Постановка проблеми. Методом вільного кування виготовляють поковки масою від 0,1 кг до 300 т в індивідуальному і малосерійному виробництві. Вихідним матеріалом для великих і середніх поковок є сталеві злитки. Останньою операцією у виплавлені сталі є її розкислення, тобто видалення кисню, що перебуває в ній у вигляді закису заліза. Як розкислювач найчастіше за все застосовують алюміній, який є також і модифікатором, тобто сприяє отриманню дрібнозернистої структури сталі. Але при розкисленні (модифікуванні) алюмінієм в сталі формуються гострокутні включення, які значно небезпечніше глобулярних. Як відомо, первинні мікротріщини утворюються навколо найбільш великих (більш 10 мкм) включень, таких як MnS, CaS, Al₂O₃, SiO₂, так як вони порушують суцільність металевої основи і виявляються концентраторами напружень. Концентрація напружень обумовлена різницею коефіцієнтів теплового розширення включень і матриці. Скупчення рухомих дислокацій призводить до зародження мікротріщин. Аналіз причин браку злитків для кованих деталей показав, що основними причинами браку «гарячі» та «холодні» тріщини. Одним з методів зниження браку та підвищення тріщиностійкості сталі є керування природою неметалевих включень шляхом модифікування сталі невеликими добавками лігатур на основі рідкоземельних металів (РЗМ). В якості одного з модифікаторів на основі РЗМ застосовують фероцерій, який подрібнює мікро- і макроструктуру, змінює

форму неметалевих включень з гострокутної на глобулярну, зменшує загальну забрудненість сталі неметалевими включеннями та сприяє збільшенню тріщиностійкості сталі в широкому температурному діапазоні.

Аналіз останніх досліджень. Згідно літературних даних для підвищення тріщиностійкості великих злитків необхідно запобігти утворення грубих нітридів алюмінію шляхом зв'язування частини азоту в рідкій сталі в хімічно стійкі нітриди. Найбільш перспективним в цьому плані є титан, який добре з'єднується з азотом та має достатньо високі температури плавлення та дисоціації частинок TiN. Двокомпонентне розкислення алюмінієм та титаном дозволило зменшити кількість AlN на межах аустенітних зерен, підвищити енергію міжзеренних зв'язків та механічні властивості в інтервалі температур 600...1000°C і, як наслідок цього, знизити брак злитків і поковок по «гарячим» тріщинам [1, 2]. Слід відзначити, що технологія розкислення алюмінієм и титаном не завжди є доцільною для поковок в зв'язку з тим, що титан сприяє утворенню сульфідів у вигляді плівок, які легко деформуються при гарячій пластичній деформації та сприяючих в наслідок цього розвитку анізотропії та зниженню рівня механічних властивостей сталі. Так як розкислення алюмінієм не завжди забезпечує необхідну якість металу, сталь додатково модифікують лужноземельними, рідкоземельними металами (ЛЗМ і РЗМ) та нітридоутворюючими елементами (титаном, ніобієм, бором, стронцієм). Позитивний вплив ЛЗМ і РЗМ полягає в нейтралізації шкідливих домішок (сірки, вісмуту, миш'яку, кисню, водню та ін.), очищенні меж зерен, подрібненні структури металу та глобуляризації неметалевих включень, що призводить до підвищення механічних властивостей сталі. ЛЗМ і РЗМ, взаємодія з сіркою та киснем утворюють компактні глобулярні оксисульфідів, сприяючи підвищенню пластичності, в'язкості, хладостійкості. Нітридоутворюючі елементи утворюють дрібнодисперсні карбо-нітриди, сприяючи подрібненню аустенітного та діїсного зерна, підвищуючи тріщиностійкість сталевих злитків [3].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою роботи є аналіз вивчення впливу модифікування алюмінієм та фероцерієм у порівнянні з розкисленням алюмінієм на утворення в злитках сталі 40ХЛ дефекту типу «гарячі тріщини».

Основна частина. Результати аналізу матеріалів 100 плавок показав, що домінуючим видом браку були «гарячі тріщини», брак по яким складав в середньому 12% або половину від усіх видів браку. Було встановлено, що «гарячі» тріщини утворювались в процесі охолодження злитків в виливниці, при їх нагріві під гарячу обробку тиском (кування), а також в процесі пластичної деформації злитків, особливо при температурі її закінчення (біля 800°C). На рис. 1 наведені

типові «гарячі» тріщини в поковках зі сталі 40ХЛ, які утворюються в процесі гарячої обробки металів тиском. Глибина тріщин досягала 30 мм, вони були заповнені оксидами (окалиною) та вторинними неметалевими включеннями (рис. 1, б, в).

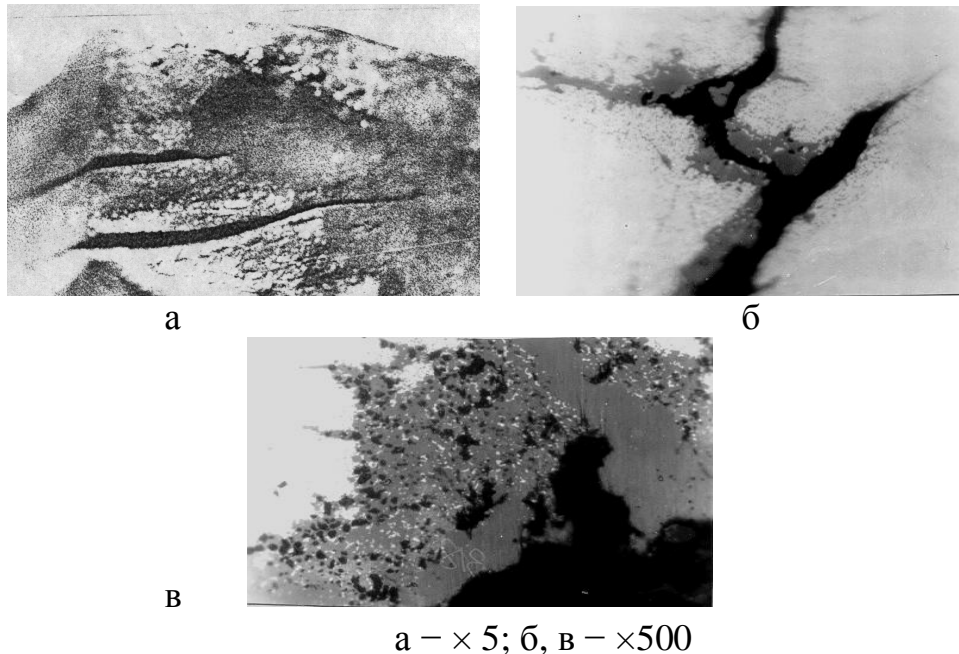


Рис. 1. Типові «гарячі» тріщини в злитку зі сталі 40ХЛ

Як видно з рис. 2, по мірі збільшення алюмінію відбувається зниження концентрації кисню, досягаючи мінімуму, що дорівнює 0,0051 при 0,039% алюмінію. Подальші присадки алюмінію призводили до монотонного зростання вмісту в сталі кисню, що можливо пояснити процесами повторного окислення сталі в процесі розливання. Явищами повторного розчинення (взаємодії з атмосферою) можливо пояснити також тенденцією до деякого підвищення в сталі вмісту азоту з зростанням концентрації алюмінію. Останнє сприяє утворенню надлишкових кількостей нітриду алюмінію на межах аустенітних зерен та зниженню тріщиностійкості сталі при високих температурах.

Промислові плавки сталі 40ХЛ проводили в індукційних печах ємністю 2,5 т з кислотою футеровкою. Для аналізу тріщиностійкості з промислових плавок вирізувались зразки з тріфоновидних проб, як найбільш наближених до структури злитка. Механічні властивості литої сталі при температурах 600, 800 і 1000°C визначали по ГОСТ 9651–84 на машині УМЭ–10 ТМ. Розривні зразки нагрівали до температури досліджень на протязі 1 години, час витримки при заданій температурі складало 20 хвилин. Механічні дослідження проводили на сталі 40ХЛ, розкисленої по двом варіантам: 1) алюмінієм і 2) алюмінієм та фероцерієм, при температурах 600, 800 и 1000°C (табл. 1). В інтервалі цих температур закінчується процес гарячого кування та найбільш ча-

сто утворюються тріщини.

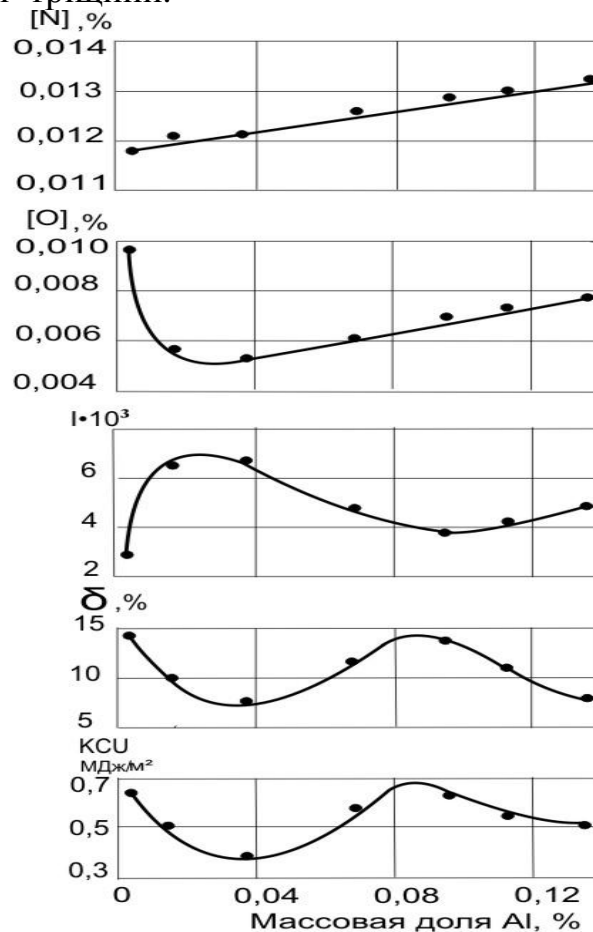


Рис. 2. Вплив алюмінію на вміст кисню та азоту, індекс забрудненості включеннями, відносно здовження та ударну в'язкість сталі 40ХЛ

Як видно з наведених в таблиці 1 даних, додаткове модифікування сталі фероцерієм сприяло підвищенню міцності та пластичності. При цьому більш помітне поліпшення механічних властивостей (на 20...70%) спостерігалось при температурі 800°C. Це підвищення міцності та пластичності при підвищених температурах пояснюється: зв'язуванням частини азоту в нітриди РЗМ; утворенням тугоплавких з'єднань оксисульфідів РЗМ замість легкоплавких сульфідних включень; зміною гострокутної та плівкової форми включень на глобулярну; очищенням меж зерен від неметалевих включень.

Таблиця 1 – Механічні властивості сталі 40ХЛ при температурах 600, 800 и 1000° С, розкислення алюмінієм і алюмінієм и фероцерієм

Властивості	600°C		800°C		1000°C	
	Al	Al+FeCe	Al	Al+FeCe	Al	Al+FeCe
σ_B , МПа	310,8	325,7	128,0	155,4	64,9	77,4
Ψ , %	18,4	24,9	25,6	44,1	90,7	98,6
δ , %	12,7	18,0	49,5	63,2	73,2	74,7

Висновки. В результаті застосування двохкомпонентного розкислення сталі алюмінієм и фероцерієм були отримані глобулярні неметалеві включення, форма яких сприяла підвищенню тріщиностійкості сталевих злитків та суттєвому підвищенню механічних властивостей сталі 40ХЛ.

Позитивний вплив модифікування показано в ряді робіт. В роботі [1] досліджувався вплив модифікування на комплекс механічних і технологічних властивостей сталі 09Г2–У. Показано, що модифікування силікокальцієм з розрахунку отримання у готовому металі 0,002...0,010% кальцію оказало позитивний вплив на форму, кількість, состав и розміри неметалевих включень, що підвищило долю в'язкої складової в зломі та привело к досягненню високих значень в'язкості та пластичності в z-напрямку. Модифікування дозволяє зменшити середній розмір зерна. В роботі [2] досліджувався вплив обробки сталі силікокальцієм та рідкоземельними металами на зміну состава і властивостей металу в зоні осьової ліквації, а також на механічні властивості прокату. Дослідження проводили на сталі 09Г2С, обробленої в процесі розливання порошковою стрічкою, яка вміщала силікокальцій та рідкоземельні метали. Для порівняння досліджували стандартну сталь 09Г2С без обробки силікокальцієм та рідкоземельними металами. Зразки вирізували перпендикулярно напрямку прокатування. Було встановлено, що в зоні осьової ліквації неперервної литої товстості гарячекатаної сталі 09Г2С, обробленої в процесі розливання SiCa та РЗМ, відносне звуження більш ніж в 3 рази, ударна в'язкість в 1,5...2 рази перевищували аналогічні характеристики без введення модифікаторів. В роботі [3] досліджувався вплив розкислення феросиліцієм та алюмінієм, а також розкислення феросилікокальцієм та алюмінієм на механічні властивості рельсової сталі. У сталі, розкисленої у ковші феросилікокальцієм та алюмінієм, довжина витягнутих включень не перевищувала 6 мм, тоді як при стандартному розкисленні довжина витягнутих включень досягала 16 мм та більше. Для сталі, розкисленої феросилікокальцієм и алюмінієм, анізотропія пластичних властивостей була менше, ніж для сталі, розкисленої стандартним способом, що обумовлено зміною состава, форми, характеру розташування та ступеню деформації неметалевих включень, тобто заміною довгих стрічок глинозему включеннями оксидів меншою довжини, які відносились до включень I и II.

Література:

1. *Минакова В.И.* Влияние модифицирования на свойства среднеуглеродистых и низколегированных сталей / *В.И. Минакова, В.А. Федьков, Г.А. Федьков* // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – №1. – С. 147–149.

2. Сериков А.С. Повышение надежности и долговечности крупных стальных отливок металлургического оборудования: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. №323 «Литейное производство» / А.С. Сериков. – Харьков, 1969. – 20 с.

3. Голубцов В.А. Модифицирование стали для отливок и слитков / В.А. Голубцов, В.В. Лунев. – Челябинск; Запорожье: ЗНТУ, 2009. – 356 с.

КОНЕЧНОЕ РАСКИСЛЕНИЕ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОКОВОК

Бунина Л.Н., Мельник К.Л.

Аннотация – приведено исследование влияние модифицирования сталей на снижение дефекта «горячие трещины» кузнечных слитков. Показано, что модифицирование сталей алюминием и ферроцерием способствовало повышению механических свойств стали при высоких температурах.

FINAL DEOXIDATION FOR FORGING STEEL

L. Buninna, K. Melnick

Summary

Investigation of the steel modification influence on decreasing a «hot crack» defect of forging ingots is presented. It is proved that the modification of steels by aluminium and ferrocerium provides increasing steel mechanical properties at high temperatures.