

Попередження виникнення флокеноподібних дефектів в трубних заготовках

Г. В. Левченко, доктор технічних наук

Т. В. Балаханова, кандидат технічних наук

С. О. Воробей, доктор технічних наук

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, Дніпропетровськ

Досліджена природа формування флокеноподібних дефектів при конкретних умовах виробництва трубних заготовок. Показано, що уповільнене охолодження трубної заготовки дозволяє знизити рівень внутрішніх напружень, пов'язаних з нерівномірним охолодженням і неодноточасним протіканням $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення. Встановлено, що додатковому зменшенню внутрішніх напружень сприяє зменшення рівня ліквіації та вмісту водню в трубній сталі.

При проходженні ультразвукового контролю трубних заготовок можна спостерігати такі дефекти як центральна й загальна пористість, ліквіація центральної зони (ліквіаційні смуги) і флокеноподібні дефекти. При цьому виявлено [1], що останні спостерігаються в заготовках різного вмісту вуглецю – це може бути заготовка як зі сталі 45, так і зі сталі 20 із значним ступенем укову (більш 10).

Враховуючи, що флокени виявляються в сталях будь-якого складу і структури [2], можна зробити висновок, що залежно від конкретних умов основна рушійна сила механізму виникнення флокеноподібних дефектів може й повинна змінюватися. Особливий інтерес становить вивчення природи утворення флокеноподібних дефектів при конкретних умовах виробництва трубних заготовок, наприклад, на ПАТ «Дніпровський меткомбінат».

Основними факторами формування флокеноподібних дефектів є наявність водню й внутрішніх напружень, зумовлених нерівномірністю структури і хімічного складу сталі, швидкістю і схемою деформації, кількістю та розподілом домішок і неметалічних включень.

Складний вплив зазначених факторів призводить до значних труднощів кількісної оцінки їх впливу. В роботі [1] було показано підвищення прозвучуваності металу при проходженні ультразвукового контролю за умов проведення протифлокеної обробки шляхом уповільненого охолодження в колодязях.

Дослідження зміни вмісту водню в сталі при проведенні протифлокеної обробки показало наступне. Незважаючи на перерозподіл водню по перерізу заготовок (рис. 1) зниження його загальної кількості склало менш, ніж 3 %.

При цьому в центральній частині заготовки спостерігається зростання вмісту водню. Можна допустити, що водень при витримці в колодязях

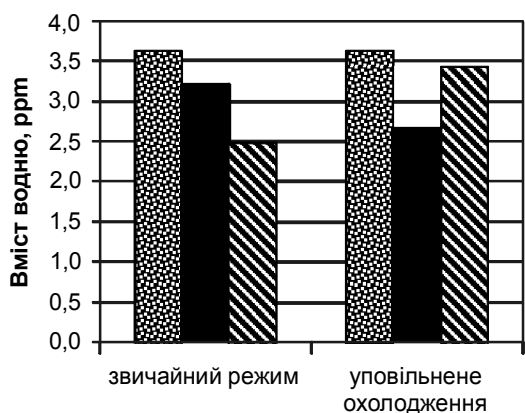


Рис. 1. Зміна вмісту водню по перерізу катаної трубної заготовки із застосуванням протифлокеної обробки та при звичайному режимі виготовлення (сталь 45). – поверхня, – відстань 1/2 R трубної заготовки, – центр трубної заготовки.

заготовок діаметром 130 мм становить 100 °С, а діаметром 250 мм – 150 °С. При цьому час між початком і завершенням $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення по всьому

уповільненого охолодження дифундує не тільки з поверхні в навколишнє середовище, але й у центральну зону з напруженнями (зону з ліквідацією).

Із застосуванням стандартних методів кінцевих різниць виконані розрахунки зміни температури трубної заготовки зі сталі 20 діаметром 130 і 250 мм при охолодженні після прокатки на трубозаготовочному стані (ТЗС) на повітрі й у колодязях уповільненого охолодження (рис. 2).

Результати розрахунків показали, що при охолодженні на повітрі максимальна різниця температур по перерізу трубних

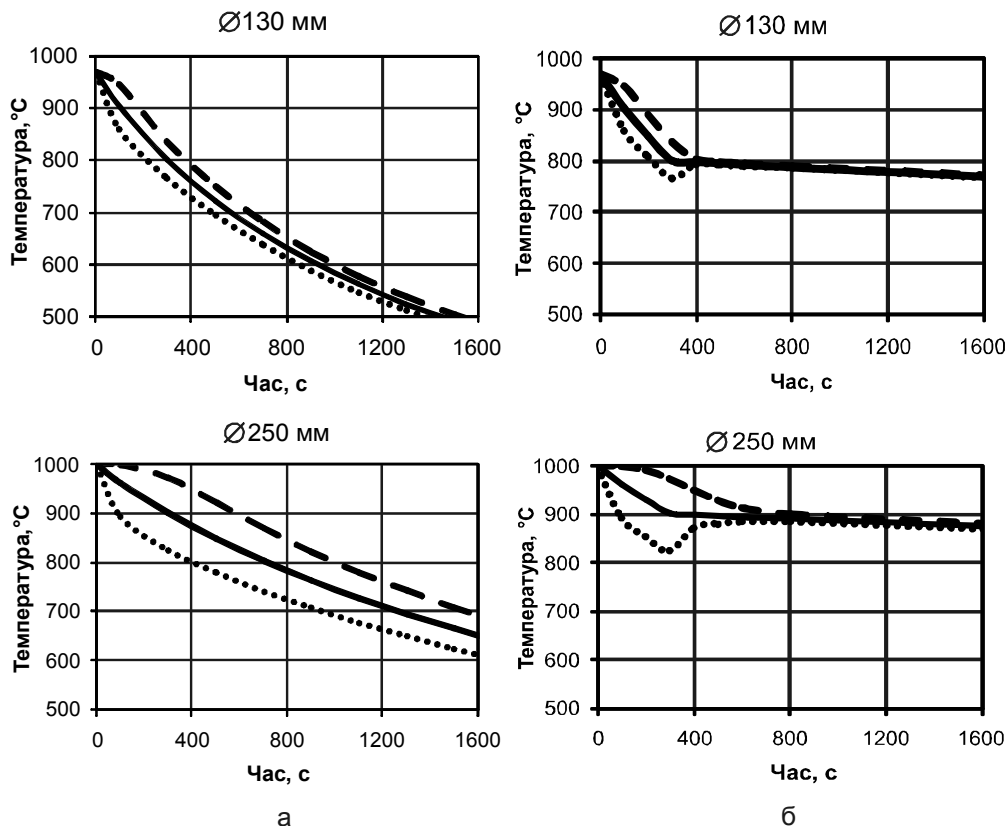


Рис. 2. Розрахункова зміна температури трубної заготовки при охолодженні після прокатки. Місце виміру: 1 – 1/2 R (————), 2 – центр (-----), 3 – поверхня (.....). а – охолодження на повітрі, б – охолодження в колодязях (час від кінця прокатки до посаду 5 хв).

перерізу прокату зі сталі марки 20 становить орієнтовно 400 с для трубних заготовок діаметром 130 мм та 1200 с для заготовок діаметром 250 мм.

При посаді трубних заготовок у колодязі уповільненого охолодження через 5 хв після прокатки в поверхневих шарах заготовок діаметром 130 мм $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення починається перед посадом у колодязі, а закінчується практично одночасно по всьому перерізу прокату в процесі охолодження в колодязях. У заготовках діаметром 250 мм $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення повністю проходить при охолодженні в колодязях.

Отримані дані показують, що охолодження трубної заготовки в колодязях уповільненого охолодження повинне сприяти зниженню рівня напружень, пов'язаних з нерівномірним охолодженням і неодноточасним протіканням $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення по перерізу прокату, яке також ускладнюється наявністю ліквації. Зазначені фактори в сукупності повинні знижувати відбраковування прокату при ультразвуковому контролі та сприяти зниженню браку при виробництві труб.

Розглянемо далі гіпотезу про вплив ліквації та спричинюваних нею напружень.

З метою визначення природи флокеноподібних дефектів у трубних заготовках було проведено спеціальне дослідження з виміром параметрів, що змінюються при уповільненому охолодженні – хімічного складу й рівня ліквації трубних заготовок різних марок сталей, як таких, що пройшли обробку для зняття внутрішніх напружень, так і отриманих за стандартною технологією.

Аналіз хімічного складу й рівня ліквації трубних заготовок різних марок сталей показав, що уповільнене охолодження знижує вплив ліквації на формування неоднорідної структури по перерізу заготовки.

Так у трубних заготовках, виготовлених зі сталі 45, виявлено зниження відхилень від середнього вмісту ліквуючих елементів у металі (рис. 3).

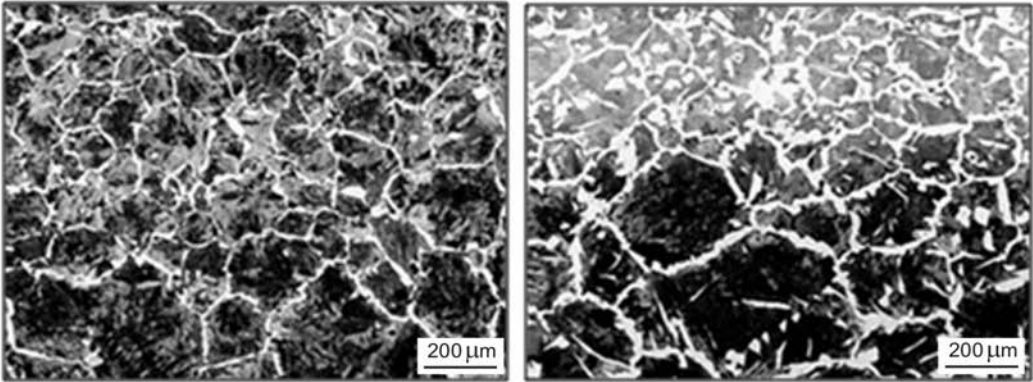
Також спостерігається зниження рівня адитивної мікротвердості в цих трубних заготовках (рис. 4), що опосередковано свідчить про зниження рівня напружень у металі [3].

Мікроструктурні дослідження, проведені в роботі Баранова С.М. [4], виявили схильність сталей, збагачених воднем, до формування відманштеттової структури.

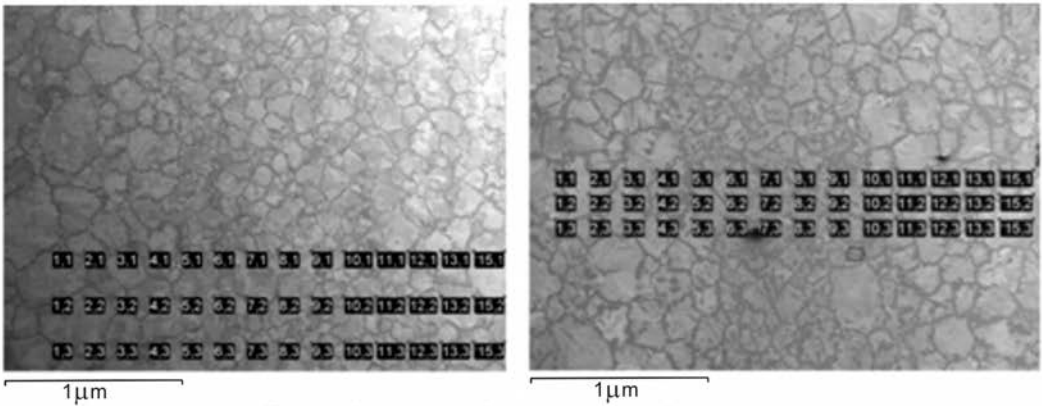
Цю гіпотезу підтверджують і наші дослідження, які показують, що в металі трубних заготовок уповільненого охолодження, спостерігаються ділянки литої структури голчастої будови (рис. 5). При цьому така структура спостерігається не тільки в центральних ділянках, де появу голчастих структур можна пояснити підвищеним рівнем ліквуючих елементів, але й по всьому перерізу прокату.

Відносно пористості, яка часто зустрічається в трубних заготовках, то цікавими є дослідження, проведені Н. М. Чуйко [5], який робить висновок про те, що водень є елементом, надзвичайно схильним до ліквації, і навіть при невеликому вмісті в сталі локальні його концентрації можуть досягати великих значень. Про значну схильність водню до ліквації свідчать і

Травлення розчином азотної кислоти



Точки дослідження хімічного складу сталі, крапкове сканування



Розподіл елементів в точках вимірювання

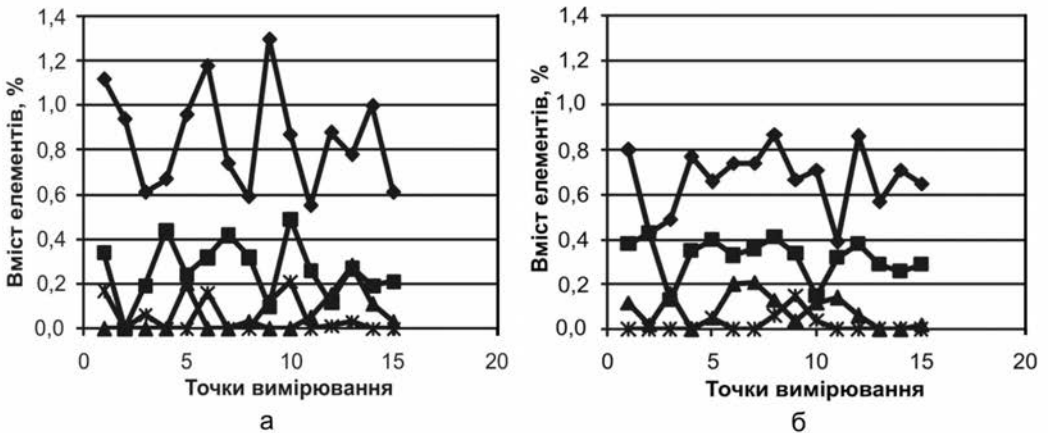


Рис. 3. Структура і зміна хімічного складу зразків трубної заготовки зі сталі 45, \varnothing 230 мм, $\frac{1}{2}$ R. а – без додаткової обробки, б – після уповільненого охолодження впродовж 48 годин. —◆— — Mn, —■— — Si, —▲— — P, —*— — S.

дослідження В. Н. Цуркова зі співавторами [6], які виявили, що розподіл водню в макромасштабах відразу після затвердіння збігається з розподілом сірки. Аналогічні дані отримані К. Т. Курочкіним [7] на сталях трохи іншого складу, які додатково показали, що в ділянках, збагачених воднем,

Технічна інформація

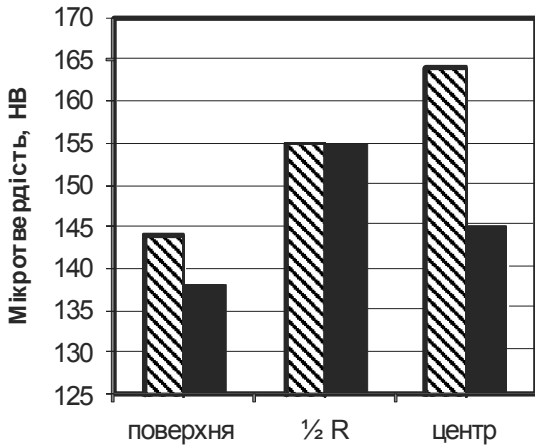


Рис. 4. Значення адитивної мікротвердості зразків трубних заготовок зі сталі 45, $\varnothing 230$ мм, виготовлених за різними режимами. ▨ – звичайний режим, ■ – уповільнене охолодження.

часто формується пористість. Цікава закономірність помічена Н. С. Крещановським [8]. Він виявив, що водень збільшує схильність сталей до утворення стовпчастої зони кристалізації, збільшуючи фізичну неоднорідність литих сталей. Ця особливість відзначається також при порівнянні макроструктур звичайної й вакуумованої сталей. Але найбільш сильно водень впливає на виникнення пористості виливків. У цей час немає сумнівів у тому, що із усіх газів водень найбільш активний щодо цього.

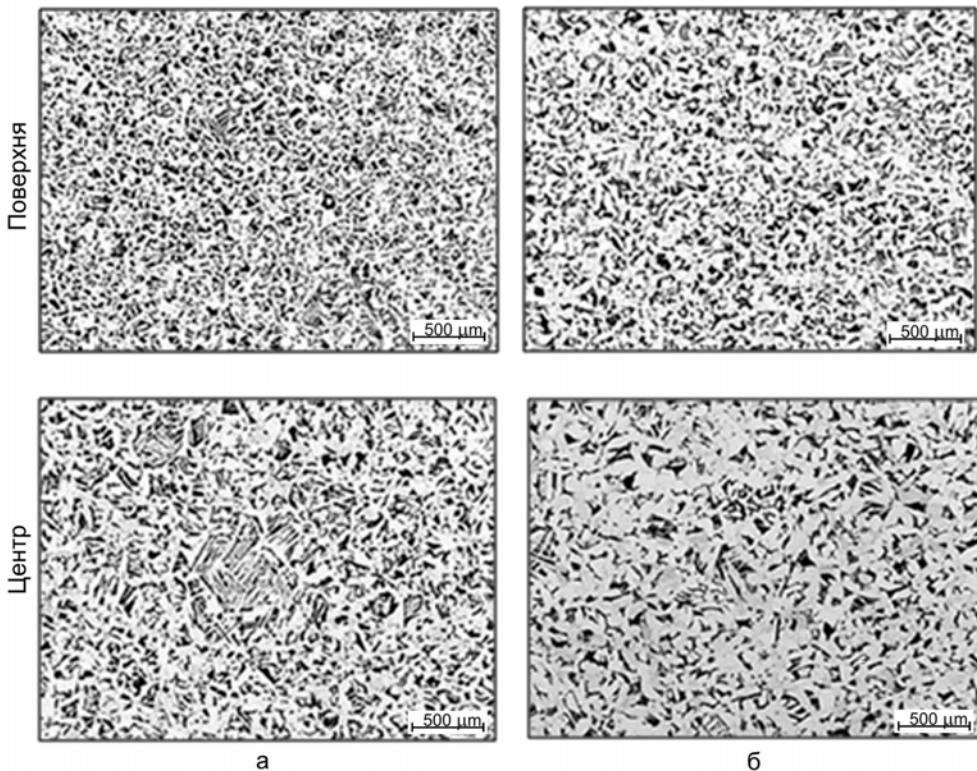


Рис. 5. Формування мікροструктури по перерізу трубних заготовок $\varnothing 270$ мм, сталь 20 тр. а – без додаткової обробки, б – після уповільненого охолодження впродовж 48 годин.

Дослідження показали, що першопричиною всіх наявних несучільностей металу, відбракованого при ультразвуковому контролі є підвищена ліквіація й загазованість сталі, що, безперечно, вимагає проведення додаткових комплексних заходів, спрямованих на усунення цих дефектів.

Зменшення ліквідації поряд зі зниженням вмісту водню в трубній сталі, викличе зниження внутрішніх напружень, що у свою чергу призведе до підвищення флокеностійкості навіть без використання уповільненого охолодження.

Література

1. Воробьев А.В., Мосьпан В.В., Антонов Ю.Г. Улучшение качества трубной заготовки из непрерывнолитой стали // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2014. – № 3. – С. 46 – 51.
2. Касаткин Г.Н. Водород в конструкционных сталях. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 336 с.
3. Волосевич П. Ю., Беспалов С. А. Мікротвердість як засіб вимірювання внутрішніх напружень нерівноважних станів сталевих виробів // *Тезиси докладов Международной научной конференции «Физика конденсированных систем и прикладное материаловедение»*. – Львов: Национальный университет «Львовская политехника», 2007.
4. Баранов С.М. // *Металловедение и термическая обработка*. – Москва-Киев: Машгиз, 1961. – С.138 – 145.
5. Чуйко Н.М. // *Литейн. пр-во*. – 1972. – № 12. – С. 2 – 3.
6. Цурков В.Н., Паисов Н.В., Бакунин Ю.А. // *Сталь*. – 1967. – № 8. – С. 742 – 745.
7. Курочкин К.Т. // *Изв. вузов. Черная металлургия*. – 1959. – № 2. – С. 43 – 49.
8. Крещановский Н. С. // *Труды Московского энергетического института*. – 1955. – 17. – С. 223 – 228.

Одержано 21.09.15

Г. В. Левченко, Т. В. Балаханова, С. А. Воробей

Предупреждение возникновения флокеноподобных дефектов в трубных заготовках

Резюме

Исследована природа формирования флокеноподобных дефектов при конкретных условиях производства трубных заготовок. Показано, что замедленное охлаждение трубной заготовки позволяет снизить уровень внутренних напряжений, связанных с неравномерным охлаждением и неодновременным протеканием $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Установлено, что дополнительному уменьшению внутренних напряжений способствует уменьшение уровня ликвации и содержания водорода в стали.

G. V. Levchenko, T. V. Balakhanova, S. A. Vorobey

Prevention the occurrence of flakes-like defects in the round billets

Summary

The nature of formation of the flakes-like defects at the conditions of manufacturing of the round billets has been studied. It has been shown that slow cooling of the round billets reduces the level of internal stress related to the non-uniform cooling and non-simultaneous occurrence of transformation. It has been established that reducing of the segregation level and the hydrogen content in the round billets facilitates additional reducing of internal stresses.