

УДК 669

ВПЛИВ УМОВ ДЕФОРМАЦІЇ НА РОЗПОДІЛ РОЗМІРІВ АУСТЕНІТНИХ ЗЕРЕН ПО ТОВЩИНІ ПРОКАТУ (10Г2ФБ)

О. П. Носенко, А. С. Науменко

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

Найбільш важними характеристиками низьколегованих сталей є підвищена міцність (межа плинності), висока пластичність і в'язкість при низьких температурах, знижена схильність до старіння, підвищена зносостійкість і корозійностійкість в різних газоповітряних середовищах, підвищена зварюваність.

Основні чинники, що впливають на підвищення комплексу властивостей готового прокату та подальшу структуру металу це:

1. Зміцнення за рахунок утворення твердих розчинів проникнення та заміщення.
2. Зміцнення дисперсними частками другої фази.
3. Зміцнення за рахунок підвищення щільності дислокацій в матриці сплаву.
4. Зміцнення в результаті подрібнення зерна. [1]

Зміцнення сталі за рахунок подрібнення зерна може складати приблизно 20-40%, саме тому в останні роки найбільш широко застосовують цей спосіб покращення якості низьколегованих сталей. Подрібнення також може досягатись введенням модифікованих добавок (Ti, Al, Nb, та інші). Найбільш ефективно нітрідне зміцнення в нормалізованих сталях, перш за все, сталі які містять марганець та нітриди ванадія. Нітриди ванадія дозволяють зменшити розмір зерна до 5-8 мкм.

Проте, до теперішнього часу на дрібнозернистість структури металу не досліджувався вплив умов деформації металу у зоні(очаг), де відбувається тиск на метал в процесі прокатування між валками в чорновій кліті товстолістового стану. Адже відомо, що при прокатуванні відносно високих смуг, деформація по висоті і по ширині металу – не рівномірна, що може впливати на розмір деформованих зерен.

Метою данної роботи є - визначити вплив нерівномірності деформації металу при прокатуванні в чорновій кліті товстолістового стану на розмірність зерен.

Геометричні параметри очага(зони) деформування.

На рис.1-2 штрихуванням показані горизонтальна та вертикальна проекції поверхні торкання смуги з валками – очаг деформування.

Найважливішою характеристикою геометричних умов деформації є відношення довжини очага деформації l_d до середньої товщини смуги h_{cp} : l_d/h_{cp} .

Розподіл деформацій по ширині смуги теж сильно залежить від геометричного фактору: b_0/h_0

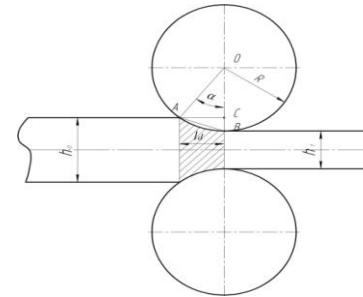


Рис. 1. Очаг деформування (вертикальна площина)

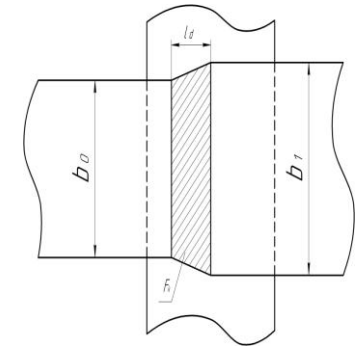


Рис. 2. Очаг деформування (горизонтальна площина)

З огляду на великий вплив фактора форми l_d/h_{cp} на розподіл деформації по висоті смуги, дослідники (А. П. Чекмарев, И. Я. Тарновский і ін.) запропонували класифікувати процеси прокатки по цьому параметрі. Досить обґрунтована наступна класифікація:

1. $0,6 \dots 0,8 > l_d/h_{cp} > 0,1 \dots 0,2$ – прокатка товстих смуг.

При великій товщині смуги деформація тиску слабо проникає в середині шари металу. (рис.2.) [1].

2. $3 \dots 4 > l_d/h_{cp} > 0,6 \dots 0,8$ – прокатка смуг середньої товщини.

У зв'язку з відносним зменшенням розміру h_{cp} шари металу по середині (по висоті) деформуються найбільше інтенсивно. Одночасно у приконтактних шарах утворюються зони утрудненої деформації.

3. $l_d/h_{cp} > 3 \dots 4$ – прокатка тонких смуг.

У цьому випадку довжина дуги контакту в кілька разів перевищує середню товщину смуги очага деформації. Дія сил тертя поширюється на всю товщину смуги. Відповідно до цього деформація розподіляється по висоті тіла приблизно рівномірно.

Опис матеріалу для дослідження деформації по товщині проката.

Як матеріал дослідження було використано чотири зразки зі сталі 10Г2ФБ (№ 0, 2, 4, 6) розміром 25x50x150 (середня смуга); хімічний склад сталі неведен у таблиці 1.

Таблиця 1

Масова доля елементів, %								
C	Mn	Si	S	P	Ti	Al	V	Nb
0,10	1.58	0.38	0.005	0.015	0.019	0.034	0.076	0.048

В зразки були вкручені болти «М10» (крок різьблення 1,5 мм). Зразки були прокатані за один прохід з різним ступенем обтиснення. Загальний вигляд темплетів не розрізаних для дослідження показані на рисунку 3.



Рисунок 3. Зразки із сталі 10Г2ФБ – 25×50×150 (середня полоса) до розрізання.

Зразки для досліджень.

Попередній нагрів зразків зі сталі 10Г2ФБ для подальшої прокатки відбувався у печі типу СНОЛ 1.62.51/11-12. Витримка зразків при температурі 1100 °С – 50 хвилин. Всі зразки видавалися в прокатку при температурі 1000 °С. Прокатували на двохкільтьовому стані 280 прокатного відділу ІЧМ НАН України.

Після прокатування, зразки були розрізані вдовж вісі вінта Рис4. Всі зразки механічно полірувались, шліфувались на шліфувальних дисках з різною абразивністю часток до дзеркальної поверхні, та проходили електрополіровку.

Мікроструктура була отримана за допомогою металографічного мікроскопу відбитого світла «Neofot», збільшення 500 крат.

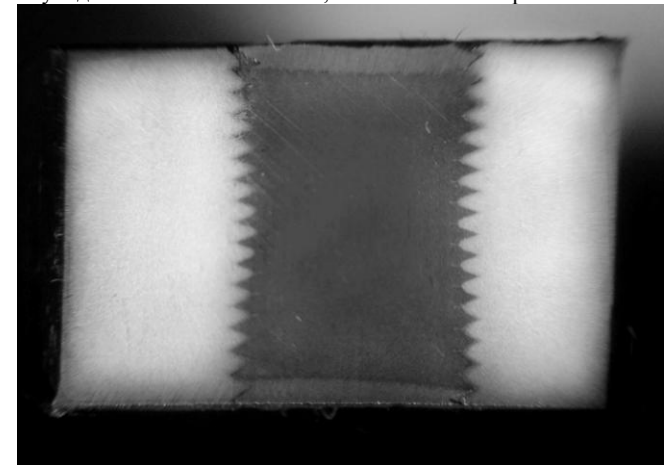


Рис. 4. Зразок №2 зі сталі 10Г2ФБ, відносне обтиснення в середині смуги 22%.

Аналіз вихідних результатів дослідження.

Отримані фотографії кроку різьби, які характеризують деформацію металу на поверхні та в середині зразка.

Підрахунок кроку зображен на рис5. Темна сторона фотографії це болт, а світліша сторона - метал.

Найбільш високі ступіні обтиснення отримав зразок під №2, висота якого зменшилась приблизно на 42%. На поверхні та в середині крок різьби має різні значення, це свідчить про те, що поверхневі шари продеформувались трохи більше ніж середні.

Для порівняння та уточнення даних, що до деформації металу в різних шарах, були проведені заміри кроку різьби ще одним методом, за допомогою інструментального мікроскопу.

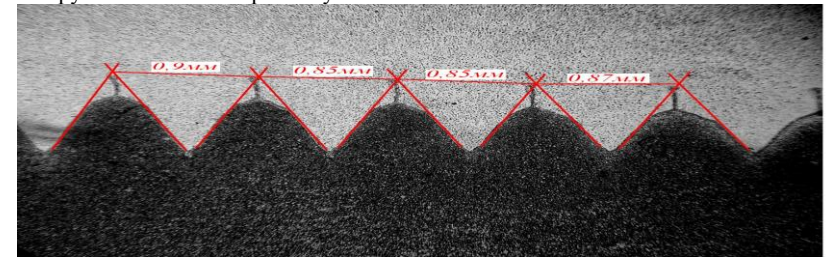


Рис. 5. Схема розрахунку кроку різьби після деформації, зразок № 2, $\times 20$

Згідно замірам з фотографій маємо наступні дані що до деформування металу в різних шарах зразка.

Таблиця 2

№ зразка	Місце підрахунку кроку різьби	Крок різьби		Абсолютне обтиснення Δh , мм	Відносне обтиснення ϵ , %
		До деформації, h_0	Після деформації, h_i		
2	поверхня	1,5	0,92	0,58	38,0
	середина	1,5	0,87	0,63	41,8

Теоретично, ці данні повинні бути більш точними, тому що при підрахунку кроку різьби за допомогою фотографії можливі деякі похибки, які пов'язані з неточність склеювання аркушів, похибками наукового дослідника, який робив фотографії, неточність замірювання та інше.

Згідно даних замірювання на інструментальному мікроскопі свідчить наступне, що відносно зразка під №2 деформація на поверхні за методом січних складає 38% ,а на інструментальному мікроскопі на при поверхневих шарах деформація складає 35,3%, отже похибка ϵ , але і не дуже суттєва. Що до середніх шарів, 40% складає деформація в інструментальному мікроскопі і 41,8% при замірювання методом січних.

Аналіз деформації металу по товщині смуги

Згідно отриманих даних на поверхні прокату і в середині крок різьби суттєво відрізняється. Це свідчить про те, що відрізняється відносна деформація. А саме, в середині прокату деформація більша, ніж в приповерхніх шарах. Також про розподіл обтиснення, по висоті смуги, можна зробити висновок і за формою її бокових граней. Наприклад, опуклість бічних граней свідчить про те, що обтискання в середніх шарах більше, ніж в приконттактних.

На рисунку 6. показана зона деформації. Цифрами 1,2,3- зони деформування металу які зазначені нижче

Однією з найголовніших причин нерівномірного обтискання по висоті смуги є дії сил тертя. Ці сили зашкоджують переміщення металу, що деформується, відносно поверхні валків в подовжньому і поперечному напрямках.

Шари металу приповерхневої зони знаходяться в зоні утрудненого деформування –(1). В цій зоні метал обтисковується зі всіх боків, в результаті чого зерна руйнуються, утворюються багато дефектів кристалічних решіток – дислокацій, на межах яких виникають нові центри рекристалізації. Останнє свідчить, що в цій зоні буде дрібнозерниста структура металу.

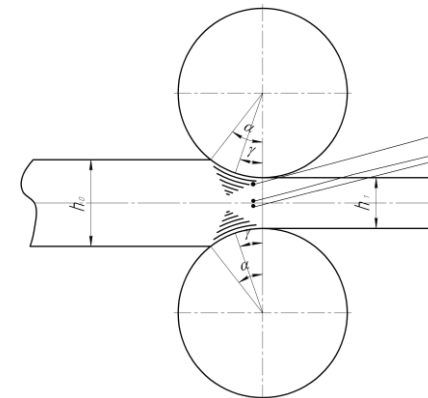


Рис. 6. Зони деформування: 1- у поверхневому шарі зразка, 2 - в середньому шарі, 3 - в середньому шарі ближче до краю.

В середині очага деформації ми відзначаємо дві зони- зону 2 і зону 3. В зоні 2. у вертикальному напрямі в середині очага деформації сили тиску валків на метал утворюють стискуючу напругу $b1$. При поперечному переміщенні часток металу у очазі деформації вони зустрічають опір з боку сил тертя, тому і в поперечному напрямі діятиме стискуюча напруга $b3$.

Виходячи з міркування про те, що метал плине в основному в тому напрямі, де він зустрічає мінімальний опір своєму переміщенню($b2$), то таким напрямом звичайно є подовжній. Тому в зоні 2 розмір зерна повинен зменшуватись в двох напрямках- вертикальному та в поперечному.

В зоні 3 в середині очата деформації, але біля бокових грані у вертикальному напрямі в середині очата деформації сили тиску валків на метал утворюють також стискуючу напругу $b1$. Але часткам металу в цій

зоні простіше переміщуватись у поперечному напрямку (на розширення), ніж в повздовжньому, тому що поперечні сили тертя відносно малі нескладно зробити висновок, що в вертикальному напрямі відбувається укорочення виділеного елемента, а по двох інших осях - його подовження.

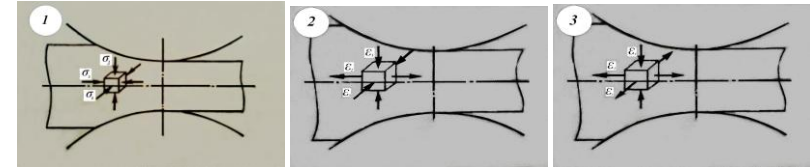


Рис. 7. Схема напруженого стану деформування металу: 1- в поверхневій полосі, 2-в середині полоси, 3- в середній полосі ближче до краю.

Порівняння теоретичних та практичних даних

Для того щоб підтвердити теоретичні дані, що до різниці деформування металу на поверхні та в середині прокату, нами були розглянуті мікрофотографії зразка №2, який представляє собою темплет з найбільшим ступенем деформації і якнайповніше може описати всю деформаційну картину.

Було одібрано по три мікрофотографії з поверхні та середнього шару зразка. Завдяки методу умовного визначення балу зерна підраховувався розмір зерен, а кінцеві дані зіставлялись.

На фотографії 8 представлена структура металу, яка була сфотографована в середині зразка біля різьби.

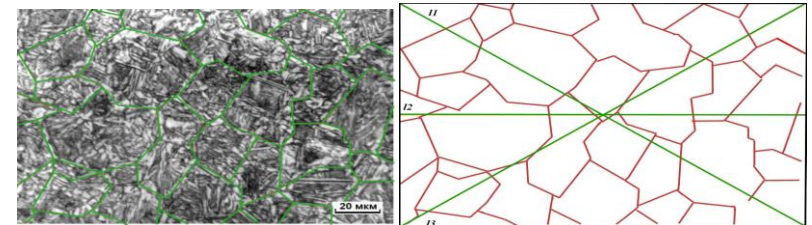


Рис. 8. а – Мікроструктура сталі 10Г2ФБ, зразок №2, середній шар, біля різьби (по вісі), б – Схема підрахунок балу зерна в середині прокату (по вісі). ×500

За допомогою трьох січних ліній, які показані на рис8б. та числу перетинань граней зерен були отримані практичні значення балу зерна металу. Трохи далі від різьби, ситуація суттєво не змінилась.

Проаналізуємо бал зерен на поверхні та в середині прокату: 1) в середині на фотографії, біля вісі, умовний бал зерна дорівнює 8(зона 2 Рис.6), далі від різьби, біля краю, розмір зерен збільшується і дорівнюється 6; 2) на поверхні зразка умовний діаметр зерна менший як ближче до різьби так і трохи далі. Бал зерна-9, бо це зона всебічного стиснення(зона 1, Рис.6)

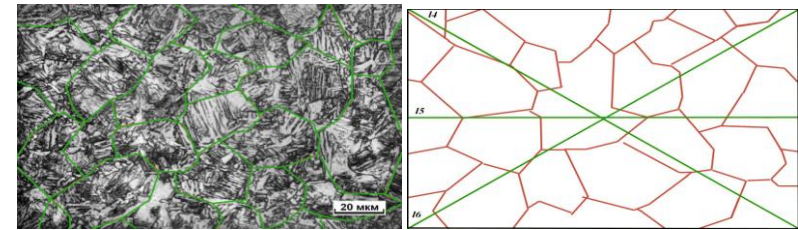


Рис.9. а-Мікроструктура сталі 10Г2ФБ, середній шар металу, біля краю, б- підрахунок балу зерна, середина прокату, біля краю. $\times 500$

На поверхні темплету були отримані наступні фотографії мікроструктур та підрахунку балу зерна.

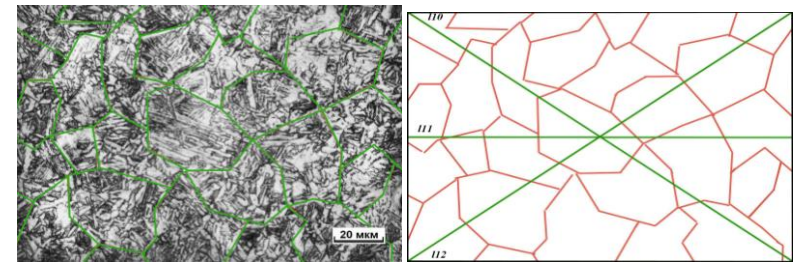


Рис. 11. а-Мікроструктура сталі 10Г2ФБ, поверхня зразка, трохи далі від різьби, б- підрахунок балу зерна, середина прокату, біля краю. $\times 500$

Таким чином теоретичні дані що до різної картини деформування металу на поверхні та в середині прокату підтвердились.

Висновки:

1. При дослідженні слід старанно вибирати місце вирізки зразка, тому що згідно нашого дослідження, деформація на поверхні та в середині темплету є різною і по-різному сили діють на той чи інший прошарок металу.
2. Якщо зразок для виготовлення шліфа відібран на поверхні листового прокату, то слід знати, що це зона де діє всебічне стиснення, де зерна стискаються і деформуються.
3. Якщо зразок для виготовлення шліфа відібран в середині прокату по товщині, то там діють різні умови деформування : по висі діє деформація розтягування тільки в напрямку прокатування; біля краю деформація розтягування діє як в напрямку прокатування, а також перпендикулярно до нього, тобто зерно витягується по ширині та довжині.

Використана література:

1. Грудев А. П. Теория прокатки. Учебник для ВУЗов, 2-е изд., М.: Металлургия, 2001, 280 с.
2. Клименко В. М., Анищенко А. М. «Кинематика и динамика процессов прокатки», М.: Металлургия, 1984, 232 с
3. А.П. Гуляев. «Металловедение»: М.: Металлургия, 1978.