

УДК 669.141.24

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.94.0.47

ЗМЕНШЕННЯ БРАКУ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК ЗІ СТАЛІ 08Ю, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ ВИРОБІВ

Дощечкіна І. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Встановлені оптимальні параметри швидкісного режиму рекристалізаційного відпалу холоднокатаної тонколистової сталі 08Ю, який забезпечує найкращу структуру й властивості для подальшої холодної обробки тиском. Досліджені температурно-часові режими подальшого перестарювання і для запобігання процесів її природного старіння під час тривалого вилежування або транспортування. Запропонований спосіб та режими термічної обробки заготовок із готового листа прокату сталі 08Ю для полегшення їхньої деформованості та покращення штампованості з метою зменшення браку в процесі виготовлення виробів холодним деформуванням із глибоким та складним витягуванням.*

***Ключові слова:** тонкий лист, холоднокатана сталь 08Ю, швидкий нагрів, рекристалізаційний відпал, структура, властивості, перестарювання, старіння, технологічна пластичність, холодна обробка тиском, глибоке витягування.*

Вступ

У загальному випуску листової сталі найбільшу частку становить холоднокатаний лист завтовшки до 2 мм, який економічно вигідніше виготовляти за допомогою холодної прокатки, а властивості та якість його значно вищі, ніж гарячекатаного

Одним із найбільш затребуваних у виробництві різних видів металопродукції є тонколистовий холоднокатаний прокат маловуглецевої сталі 08Ю завтовшки від 0,5 до 0,8 мм, яка має дуже широку сферу застосування у всіх галузях народного господарства: машинобудуванні, будівництві, хімічній промисловості, енергетиці, у секторі побутових приладів і товарів народного споживання [1, 2].

У транспортному машинобудівництві сталь переважно використовується для виготовлення елементів кузовів, корпусів приборів, зварних та згорнуто паяних труб гідравлічних систем, бачків, патрубків, шайб. Широко застосовується листовая сталь 08Ю у виробництві холодильників та інших побутових агрегатів, посуду, пакувальних матеріалів різного призначення. У будівельному секторі з неї виготовляють металоконструкції, гнуті замкнені й незамкнені профілі, елементи фасадів тощо. Активними споживачами цієї сталі є сервісні металоцентри, які обслуговують різні галузі промисловості.

Аналіз публікацій

Вироби зі сталі 08Ю отримують холодним штампуванням зі складним або особливо складним витягуванням. Для забезпечення

цих умов у процесі формозміни способами холодного деформування холоднокатана листовая сталь повинна мати високу технологічну пластичність, яка на вітчизняних металургійних підприємствах ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» та ПАТ «Запоріжсталь» забезпечується рекристалізаційним відпалом у ковпакових печах [3, 4]. Це найбільш тривала й найменш продуктивна операція в технологічному процесі виробництва холоднокатаної листової сталі [5, 6–8], яка має і значні недоліки – насамперед це нерівномірність нагріву рулонів і неоднорідність структури та властивостей по довжині й ширині листа, незадовільна якість його поверхні. Крім того, після відпалу навіть у «нестаріючої» сталі 08Ю спостерігається ефект плинності та схильність до старіння. Домішка алюмінію знижує пластичність і здатність сталі до глибокого витягування. Усі ці недоліки суттєво погіршують якість, її здатність до бездефектного штампування виробів. І у практиці підприємств нерідко має місце брак листових заготовок, що призводить до відчутних економічних втрат.

Сучасна ефективна і продуктивна технологія швидкісної безперервної термічної обробки в протяжних агрегатах різко скорочує час обробки, але потребує використання сталей із пониженим вмістом вуглецю (0,05–0,06 % С), які менше схильні до деформаційного старіння після прискореного нагріву і охолодження в процесі відпалу [5, 9, 10]. Крім того, агрегати безперервної дії, як і ко-

вакові печі, використовують рулонний прокат і для покращення якості заготовок із вже готового листа не придатні. Вирішення цього питання є актуальним і, безперечно, має практичне значення.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є розробка способу підвищення технологічної пластичності за умови збереження міцності й запобігання старіння заготовок із холоднокатаної тонколистової сталі 08Ю.

Завданням цієї роботи є дослідження та визначення оптимальних температурно-часових параметрів швидкісного контактного рекристалізаційного відпалу та подальшого перестарювання листових заготовок зі сталі 08Ю для отримання необхідного рівня механічних властивостей, які б покращили їхню деформованість та здатність до дуже глибокого витягування в процесі холодного штампування з них виробів.

Матеріал і методика досліджень

Для розробки режимів безперервної прискореної термічної обробки сталі 08Ю досліджувалися чотири плавки серійного виробництва Запорізького металургійного комбінату. Хімічний склад плавок наведений у табл. 1, а в табл. 2 надані технологічні параметри виробництва холоднокатаної стрічки досліджуваних плавок та механічні характеристики.

Відпал зразків (завдовжки 80 мм і завширшки 20 мм) здійснювали в трубчатій печі з індукційним нагрівом у захисній атмосфері за умови швидкості нагріву 50–60 °C/с. Досліджувався діапазон температур від 700 до 900 °C через кожні 50 °C. Загальний час перебування зразків у печі – від 80 до 160 с. Досліджувалися два варіанти охолодження: 1 – на спокійному повітрі до кімнатної температури; 2 – на повітрі до 600 °C, а потім у воді.

Температура змотування в рулони плавок 1, 2 була 630 °C, а плавок 3 та 4 – 720 і 740 °C відповідно.

Перестарювання після відпалу проводили згідно з літературними рекомендаціями [11] і нашого дослідження за умови температури 400 °C з витримкою від 2 до 30 хв. Охолодження здійснювали за двома варіантами: 1 – на повітрі; 2 – охолодження до 300 °C у печі, а потім остаточне охолодження на повітрі. Зниження температури перестарювання до 300 °C призводить до збільшення виділень це-

ментиту і зниження швидкості дифузії вуглецю, що збільшує час перестарювання.

Таблиця 1 – Хімічний склад досліджуваних плавок сталі 08Ю

| № плавки | Масова частка елементів, % | | | | |
|----------|----------------------------|------|-------|-------|------|
| | C | Mn | S | P | Al |
| 1 | 0,05 | 0,28 | 0,015 | 0,01 | 0,07 |
| 2 | 0,04 | 0,24 | 0,020 | 0,013 | 0,07 |
| 3 | 0,06 | 0,25 | 0,025 | 0,008 | 0,07 |
| 4 | 0,07 | 0,26 | 0,020 | 0,009 | 0,07 |

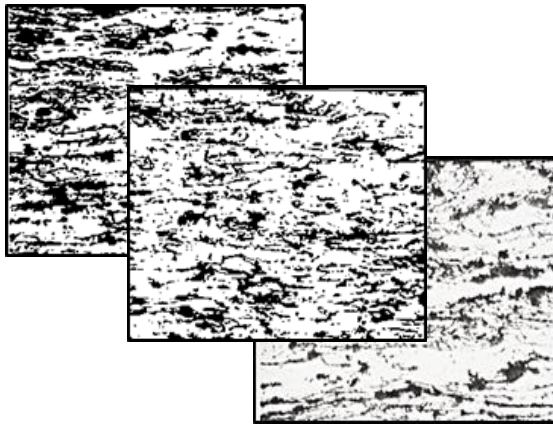
Таблиця 2 – Технологічні параметри виробництва та механічні характеристики холоднокатаної стрічки

| № плавки | Обтиск під час прокатування, % | Товщина смуг, мм | Бв, МПа | HV5 |
|----------|--------------------------------|------------------|---------|-----|
| 1 | 67 | 0,9 | 730 | 212 |
| 2 | 68 | 0,8 | 710 | 204 |
| 3 | 68 | 0,8 | 820 | 255 |
| 4 | 68 | 0,8 | 840 | 270 |

Ефективність відпалу та перестарювання оцінювали за мікроструктурою сталі та її механічними властивостями. Вивчали мікроструктуру за допомогою металографічного мікроскопа UIT MicroMet – I-102 BD та електронного мікроскопа РЕМ-106. Оцінку розміру зерен і дисперсії в їхньому розподілі за величиною проводили з використанням спеціальної комп'ютерної програми.

Мікроструктура холоднокатаної стрічки сталі 08Ю усіх досліджуваних плавок є витягнутими (текстурованими) зернами фериту й перліту в співвідношенні 95/5 %, середній розмір зерна від 40 до 50 мкм (рис. 1).

Механічні характеристики (σ_b , $\sigma_{0,2}$, δ) сталей визначалися за стандартними методами. Випробування на розтяг проводили на електромеханічній машині UIT-STM-50 відповідно до чинних стандартів. Точність вимірювань становила ± 1 %. Кількість зразків для механічних випробувань становила шість штук за один режим термообробки. Для оцінки якості термообробки листа і рівномірності властивостей вивчалися так само зразки, вирізані в різних місцях по ширині стрічки.



а – плавка 1; б – плавка 2; в – плавка 3
Рис. 1. Мікроструктура холоднокатаних стрічок досліджуваних плавко; $\times 450$

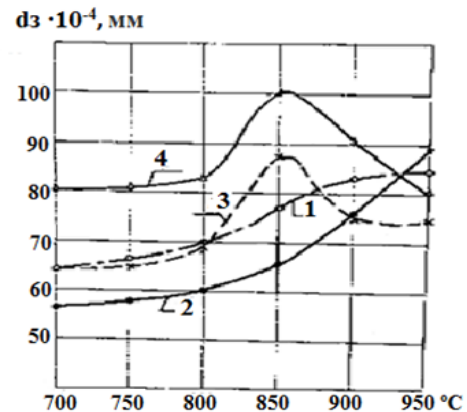
Здатність до витягування сталі оцінювали на зразках із розміром $50 \times 50 \times 0,5$ мм за результатами випробувань за Еріксоном згідно з ГОСТ 10610-75 на приладі ТПЦ.

Основні результати досліджень

Термічна обробка в агрегаті швидкісного нагріву порівняно з відпалом у ковпакових печах відрізняється різкою зміною температурно-часових параметрів процесу. Суттєво зростає швидкість нагріву, час витримки за умови температури відпалу скорочується від десятків годин до кількох хвилин, збільшується швидкість охолодження. Ці особливості, безумовно, позначаються на процесах рекристалізації фериту, формуванні розміру зерен α -фази, розчиненні вуглецю та інших елементів (азоту, сірки, алюмінію, марганцю) в α -залізі, очищенні феритної матриці від домішок проникнення, і, як результат, на кінцевих властивостях сталі. Отже, у раціональному виборі температурно-часових параметрів термообробки (швидкості нагріву, температури рекристалізації, тривалості витримки в умовах цієї температури, швидкості охолодження) закладені основи отримання холоднокатаного відпаленого листа з необхідними властивостями для подальшої холодної обробки тиском під час виготовлення виробів. У зв'язку з цим нами було проведено дослідження вказаних параметрів на структуроутворення і формування кінцевих властивостей холоднокатаної сталі 08Ю.

Вплив температури нагріву, часу витримки та способу охолодження на структуру і властивості холоднокатаної сталі 08Ю

Зразки нагрівалися зі швидкістю $20 \text{ }^\circ\text{C/s}$ до температур від 750 до $950 \text{ }^\circ\text{C}$ з інтервалом $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Час перебування металу в умовах температури нагріву був 80 та 160 с, витримка становила 20 та 100 с. Розмір зерна фериту після вказаних режимів термообробки зображений на рис. 2.



1 – плавка 1; 2 – плавка 2; 3 – плавка 3;
4 – плавка 4

Рис. 2. Зміни середнього діаметра зерна фериту залежно від температури відпалу. Витримка в печі 80 с, охолодження на повітрі

Як видно на рис. 2, у разі збільшення температури відпалу розмір зерна фериту в плавках 1 і 2 зростає. У плавках 3 і 4 зерно мало змінюється в умовах нагріву до $800 \text{ }^\circ\text{C}$, а у випадку підвищення температури до $850 \text{ }^\circ\text{C}$ різко зростає. Подальший нагрів приводить до здрібнення зерна. Укрупнення зерна в інтервалі температур від 750 до $850 \text{ }^\circ\text{C}$ обумовлено розвитком процесів збірної рекристалізації.

Зменшення розміру зерна за умови температур від 870 до $950 \text{ }^\circ\text{C}$ можна пояснити так. У процесі нагріву вище за точку A_{c1} в структурі з'являється нова фаза – аустеніт, яка поглинає мірою підвищення температури все більший об'єм фериту. Самі ж зерна фериту продовжують зростати під час нагріву. Кількість аустеніту й розмір феритного зерна і визначають дисперсність структури, що формується в процесі охолодження. За умови нагріву до температури $850 \text{ }^\circ\text{C}$ доля нової фази мала й основну роль відіграє збірна рекристалізація фериту.

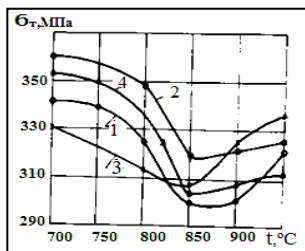
Формування крупнішого за розміром зерна фериту в плавках 3 і 4 можна пояснити більш високою температурою змотування стрічки в рулон. З підвищенням температури нагріву аустеніт захоплює все більші об'єми

фериту, з'являються нові межі розділу, що призводить до здрібнення структури.

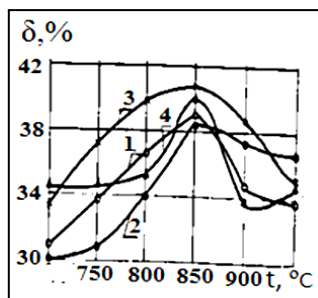
Характер кривих 3 та 4 більш чітко відповідає описаним процесам, що можна пояснити підвищенням вмістом вуглецю порівняно з плавками 1 та 2.

Сталь плавки 2 має найменший вміст вуглецю (лише 0,035 %) і з підвищенням температури під час нагріву процес збірної рекристалізації є визначальним для формування розміру феритного зерна. Цим і пояснюється відмінний від інших плавки характер кривої 2 на рис. 2.

Зміни мікроструктури позначилися на рівні механічних властивостей (рис. 3).



а



б

1 – плавка 1; 2 – плавка 2; 3 – плавка 3; 4 – плавка 4

Рис. 3. Зміни механічних властивостей (а – межі плинності, б – відносного подовження) сталі залежно від температури нагріву. Витримка в печі 80 с, охолодження на повітрі

Як видно з рисунку, підвищення температури до 850 °C призводить до падіння межі плинності σ_t і зростання відносного подовження δ . Для всіх досліджених плавки найменше значення σ_t і максимальна величина δ зафіксовані після відпалу 850 °C. Нагрів до більш високої температури призводить до підвищення межі плинності й падіння пластичності, що обумовлено здрібненням зерна фериту.

У табл. 3 наведені значення глибини сферичної лунки, визначеної за методом Еріксе-

на для плавки 1 (товщина листа 0,9 мм), після відпалу за умови температур нагріву сталі від 700 до 850 °C. Час перебування в печі 80 с, охолодження на повітрі.

Таблиця 3 – Глибина витягування сферичної лунки за Еріксоном

| Температура відпалу, °C | Глибина лунки, мм |
|-------------------------|-------------------|
| 700 | 10,1 |
| 750 | 10,21 |
| 800 | 10,32 |
| 850 | 10,34 |

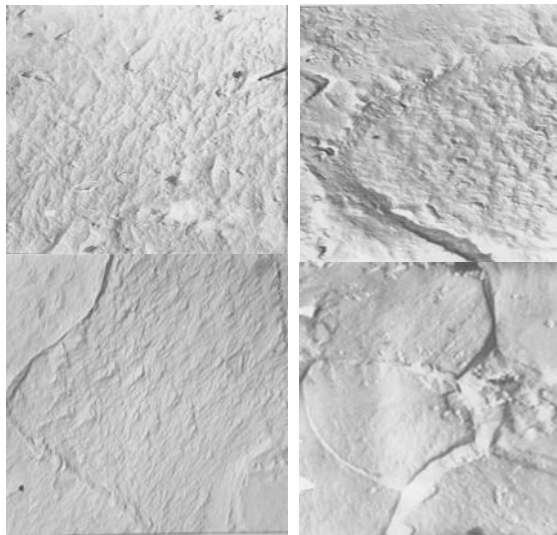
Дані таблиці свідчать, що за глибиною витягування сталі лист завтовшки 0,9 мм після відпалу за умови температури 850 °C відповідає категорію ВГ (дуже глибокого витягування). Згідно з ГОСТ 9045-70 лист завтовшки 0,9 мм зі сталі 08Ю для відповідності категорії ВГ (дуже глибокого витягування) повинен мати глибину сферичної лунки не меншу за 10,3 мм, а для категорії СВ (складного витягування) – не менше ніж 10,6 мм. Однак отримані значення межі плинності від 300 до 320 МПа після відпалу за умови 850 °C значно перевищують вимоги ГОСТ для категорії СВ (210 МПа). Показники відносного подовження (від 38 до 40 %) також значно більші, ніж регламентовані ГОСТ 9045-80 для категорії СВ (34 %).

Щоб отримати оптимальні властивості для якісного холодного штампування сталі, був досліджений рекомендований у літературі режим двоступеневого охолодження: від температури відпалу до 600 °C лист охолоджували на повітрі, а далі – у воді.

Отримані результати показали, що із підвищенням температури відпалу розмір феритного зерна змінюється аналогічно варіанту термообробки з охолодженням на повітрі: від 700 °C до 850 °C зерно зростає, а за умови подальшого підвищення температури починає здрібнюватися.

Для більш чіткої диференціації структур, отриманих після різних варіантів охолодження, були проведені електронно-мікроскопічні дослідження.

У вивченні мікроструктур сталі різних плавки у процесі значних збільшень була виявлена різниця в стані феритної матриці залежно від способу охолодження (рис. 1.4).



а б

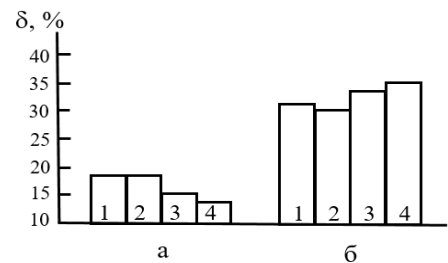
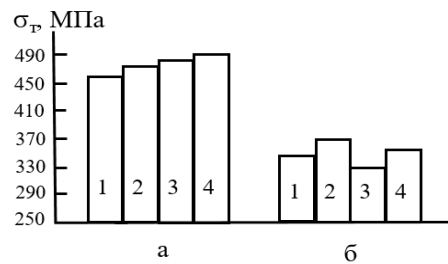
а – охолодження на повітрі;
б – охолодження до 600 °С у печі,
а далі охолодження у воді до кімнатної температури

Рис. 4. Мікроструктура сталі після охолодження за різними режимами; $\times 10000$

У разі охолодження на повітрі, якщо температури 700 °С і 850 °С, у мікроструктурі фіксуються сфероїдизовані дрібні, а також окремі великі домішки цементиту (відпал за умови 850 °С) по межах зерен (рис. 4, а). У процесі швидкого охолодження від температури 600 °С виділення цементиту не спостерігається (рис. 4, б). Отже, ступінь пересичення твердого розчину вуглецю в α -залізі в умовах швидкого охолодження більший, і саме цим пояснюється підвищення значення межі плинності й більш низькі показники відносного подовження (рис. 5, а, б) порівняно з охолодженням на повітрі (рис. 6, а, б).

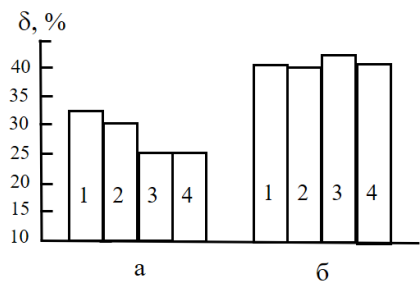
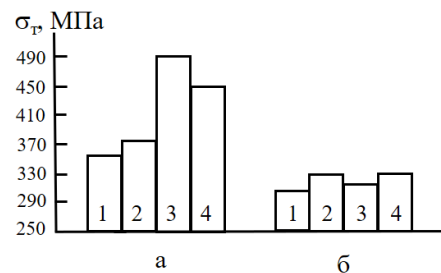
Був досліджений також вплив на структуру і властивості сталі більш тривалого часу (160 с) перебування зразків у печі за умови температур відпалу. Але суттєвих відмінностей у мікроструктурі сталі порівняно з перебуванням зразків у печі протягом 80 с не виявлено,

Рис. 7 свідчить, що зростання зерен фериту в разі перебування сталі в печі протягом 160 с починається за умови більш низьких температурах. Так, нагрів до 800 °С вже призводить до зростання зерна в плавках 2 і 3, тоді як у разі витримки в печі 80 с збільшення розміру зерна спостерігається лише за умови нагріву до 850 °С.



а – охолодження до 600 °С у печі, а далі охолодження у воді до кімнатної температури; б – охолодження на повітрі

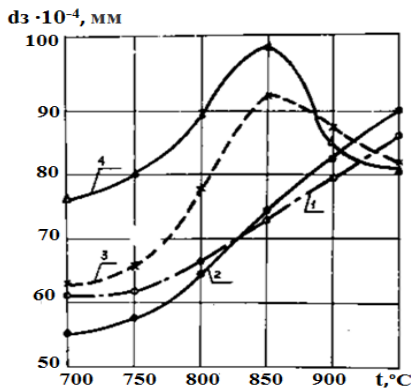
Рис. 5. Механічні властивості сталі різних плавок (1–4) після відпалу за умови 700 °С і охолодження за різними режимами



а – охолодження до 600 °С у печі, а далі охолодження у воді до кімнатної температури; б – охолодження на повітрі

Рис. 6. Механічні властивості сталі різних плавок (1–4) після відпалу за умови 850 °С і охолодження за різними режимами

У плавки 1 (з найменшим вмістом вуглецю) збільшення часу перебування сталі в печі помітно не впливає на кінетику зростання зерна фериту.



1 – плавка 1; 2 – плавка 2; 3 – плавка 3;
4 – плавка 4

Рис. 7. Зміни середнього діаметра зерна фериту залежно від температури відпалу. Витримка в печі 160 с, охолодження на повітрі

Отже, можна зробити висновок, що збільшення часу перебування сталі в умовах досліджених температур відпалу не є ефективним для отримання оптимального розміру зерна. Збільшення часу нагріву до 160 с не дозволило знизити межу пластичності та підвищити відносне подовження порівняно з нагрівом упродовж 80 с.

Результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок, що оптимальну мікроструктуру й найкращий рівень властивостей (найменше значення межі пластичності та максимальне відносне подовження) забезпечує відпал усіх досліджених плавок сталі 08Ю за умови температури 850 °С, з часом перебування в печі 80 с і подальшим охолодженням на повітрі. Однак такий режим термічної обробки забезпечує сталі лише категорію ВГ, яка регламентована для сталей значно гіршої якості – 08 кп або 08 пс.

З метою досягти кращого рівня властивостей і вищої категорії витягування, сталь після рекристалізаційного відпалу за рекомендованим режимом піддавалася перестарюванню.

Роль перестарювання у формуванні властивостей відпаленої сталі 08Ю

За умови швидкісного режиму нагріву й охолодження сталі у процесі відпалу домішки проникнення не повністю виділяються із феритної матриці й метою перестарювання є очищення α – твердого розчину. Температура перестарювання була 400 °С, а час перестарювання варіювався від 1 хв до 0,5 год. Досліджували два варіанти охолодження – на

повітрі й охолодження до 300 °С, а потім на повітрі.

На рис. 8 показана залежність межі пластичності σ_T і відносного подовження δ (усереднених значень для всіх досліджених плавок) від часу витримки за умови температури перестарювання для двох варіантів охолодження: перший – зразу ж на повітрі (крива 1), другий варіант – охолодження до 300 °С протягом 15 хв у відкритій печі, а потім на повітрі (крива 2).

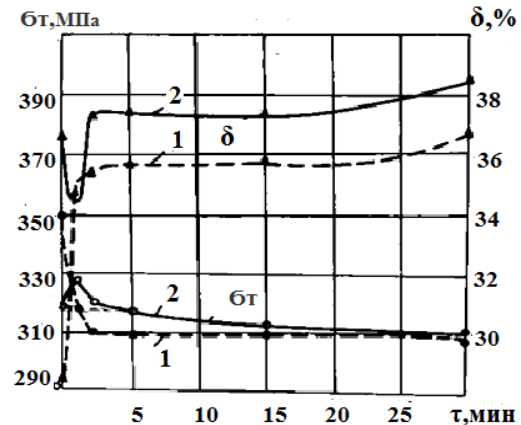


Рис. 8. Залежність механічних властивостей усереднених для всіх трьох плавок сталі від часу витримки за умови температури перестарювання

Як видно з рисунку, що охолодження після перестарювання за другим варіантом (крива 2) забезпечує більш високий рівень пластичності за умови практично однакової межі пластичності. Це можна пояснити тим, що дуже повільне охолодження в печі до 300 °С сприяє більш повному очищенню матриці залишкового вуглецю, азоту від домішок проникнення, що підтверджується електронно-мікроскопічним дослідженням (рис. 9).

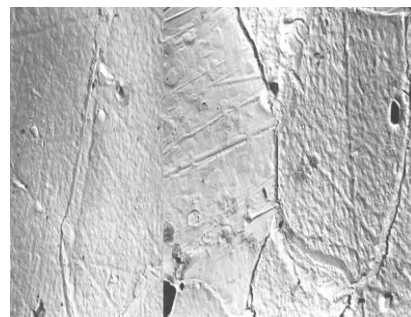


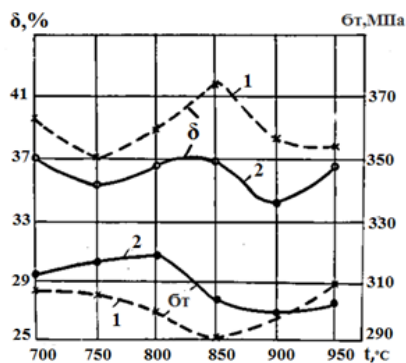
Рис. 9. Мікроструктура сталі після відпалу та перестарювання; $\times 10000$

Має місце потовщення меж зерен та виділення окремих частинок – це надлишкові (цементитні)

нтиту та нітриди), які виділилися із пересиченого метастабільного твердого розчину – фериту, що залишився після швидкісного відпалу. У разі підвищення часу витримки до 30 хв більш активно йде процес перестарювання сталі, який у подальшому сприяє зростанню пластичності. Отже, кращим режимом є перестарювання за другим варіантом охолодження.

Для більш переконливого визначення температурно-часових параметрів режиму термічної обробки холоднокатаної сталі 08Ю з метою забезпечення бездефектного штампування були проведені дослідження усіх плавок сталі після відпалу в умовах температур нагріву від 700 до 950 °С із часом перебування в печі 80 с, охолодженням як на повітрі, так і у воді від 600 °С, і подальшим перестарюванням за оптимальним режимом.

Отримані результати підтверджують (рис. 10), що найкраще поєднання міцності й пластичності реєструється за умови температури відпалу 850 °С.



1 – охолодження в умовах відпалу на повітрі;
2 – охолодження до 600 °С на повітрі,
а потім у воді

Рис. 10. Зміни механічних властивостей холоднокатаної сталі 08Ю після повного циклу термічної обробки

Швидке охолодження від 600 °С (крива 2) не забезпечує покращення властивостей. Більш високий рівень пластичності ($\delta = 42\%$) за умови достатньої міцності ($\sigma_t = 290$ МПа) реєструється після охолодження на повітрі.

Глибина сферичної лунки, визначеної за методом Еріксена, для всіх досліджених плавок дорівнює 10,75 мм, що вище за категорію СВ (10,6 мм).

Швидкісний рекристалізаційний відпал з подальшим перестарюванням сталі 08Ю за рекомендованими режимами запобігає її старінню в часі. За умови вилежування протя-

гом місяця зберігалися стабільні механічні характеристики сталі.

Висновки

1. Дослідження комплексного впливу швидкості нагрівання (50 °С/с) температури відпалу (від 700 до 950 °С), витримки в печі (від 80 до 160 с) з охолодженням на повітрі довели, що найкращий рівень властивостей досягається за умови температури 850 °С з витримкою в печі 80 с. Але водночас для сталі 08Ю отримана лише категорія витягування ВГ і не досягається регламентована для неї стандартом категорія ОСВ.

2. Двоступенева термічна обробка – рекристалізаційний відпал за оптимальним режимом із подальшим перестарюванням за умови 400 °С, з витримкою 20 хв забезпечує холоднокатаній сталі 08Ю рівень властивостей, необхідний для покращення процесу холодного деформування з витягуванням за категорією, яка перевищує ОСВ (глибина лунки за Еріксоном 10,75 мм, а для листа завтовшки 0,9 мм категорія ОСВ оцінюється глибиною лунки 10,6 мм). У процесі вилежування протягом місяця старіння сталі не відбулося.

3. Швидкісну двостадійну термічну обробку за розробленими температурно-часовими параметрами можна рекомендувати для покращення штампування заготовок із вже готового листа, що сприятиме зменшенню браку, економії металу й зниженню економічних витрат під час виготовлення продукції холодною деформацією із глибоким і складним витягуванням тонколистових низьковуглецевих холоднокатаних сталей.

Література

1. Конспект лекцій з дисципліни «Вступ до спеціальності». Розділ «Обробка металів тиском» / уклад. С.В. Єршов. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. 92 с.
2. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату: підручник. Запоріжжя: ЗГИА, 2000. Ч. 1. 258 с.
3. Лейрих І.В., Смирнов А.Н., Писмар'єв К.Е. Тенденція розвитку і застосування листових сталей в автомобілебудуванні. Металургія. Донецьк: Дон НТУ, 2007. Вип. 9 (122). С. 12–18.
4. Отжиг рулонов холоднокатаного металла в колакових печах: dlja mashinostroitelja info.
5. Гладченкова Ю.С. Управление структурой и свойствами проката из низкоуглеродистых и низколегированных сталей для получения изделий методами штамповки: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.16.01. Москва, 2016. 147 с.
6. Матюк В.Ф. Влияние технологии производства листового проката низкоуглеродистых качест-

- венных сталей на их структурное состояние и взаимосвязь между механическими и магнитными свойствами (обзор) Неразрушающий контроль и диагностика. 2011. № 1. С. 3–31.
7. Рудской А.И., Лунев В.А. Теория и технология прокатного производства: учебное пособие. Санкт-Петербург: Наука, 2005. 540 с.
 8. Гусева С.С., Гуренко В.Д., Зварковский Ю.Д. Непрерывная термическая обработка автолистовой стали. Москва: Металлургия, 1979. 224 с.
 9. Беньковский М.А., Маслеников В.А. Автомобильная сталь и тонкий лист. Череповец: Череповец, 2007. Ч 1. 63 с.
 10. Структура и свойства автолистовой стали / В.Л. Пилушенко и др. Москва: Металлургия, 1996. 176 с.
 11. Pradhan R. Proceedings of a symposium sponsored by the Heat Treatment and Ferrous Metallurgy Committees of The Metallurgical Society of AIME and held at the TMS-AIME Fall Meeting in Detroit. Michigan, 1984. 461 с.

References

1. Synopsis of lectures from discipline "Entry to specialty". Rozdil "Metal processing by claim" / ukladach S.V. Ershov. Dniprodzerzhynsk: DDTU, 2015. 92 p.
2. Nikolaev V.O., Mazur V.L. Technology of high-quality and sheet rolling: textbook. Zaporozhye: ZGIA, 2000. Part 1. 258 p.
3. Leirich I.V., Smirnov A.N., Pismarev K.E. The tendency of development and application of sheet steels in the automotive industry. Metallurgy. Donetsk: Don NTU, 2007. Issue 9 (122). С. 12–18.
4. Annealing of cold-rolled metal coils in bell-type furnaces: dlja mashinostroitelja info.
5. Gladchenkova Yu.S. Control of the structure and properties of rolled products from low-carbon and low-alloy steels to obtain products by stamping methods: author. dis. Cand. tech. Sciences: 05.16.01. Moscow, 2016. 147 p.
6. Matyuk V.F. Influence of technology for the production of sheet products of low-carbon high-quality steels on their structural state and the relationship between mechanical and magnetic properties (review) Non-destructive testing and diagnostics. 2011. No. 1. P. 3–31.
7. Guseva S.S., Gureno V.D., Zvarkovsky Yu.D. Continuous heat treatment of auto sheet steel. Moscow: Metallurgy, 1979. 224 p.
8. Benyakovsky M.A., Maslenikov V.A. Automotive steel and thin sheet. Cherepovets: Cherepovets, 2007. Ch. 1. 63 s.

9. Structure and properties of auto-sheet steel / V.L. Pilyushenko. Moskva: Metallurgy, 1996. 176 с.
10. Pradhan R. Proceedings of a symposium sponsored by the Heat Treatment and Ferrous Metallurgy Committees of The Metallurgical Society of AIME and held at the TMS-AIME Fall Meeting in Detroit. Michigan, 1984. 461 s.

Дошечкіна Ірина Василівна, к.т.н., доцент, кафедра технології металів та матеріалознавства, tel.095-162-82-250, divkhadi@ukr.net
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна.

Reducing the flaws of 08Yu steel sheet blanks, designed for cold stamping products

Abstract. *The aim of the work is to develop a method of increasing the technological plasticity while maintaining the strength and preventing aging of blanks of cold-rolled sheet steel 08Yu. The task of this work is research and determination of optimal temperature-time parameters of high-speed contact recrystallization annealing and subsequent aging of 08Yu steel sheet to obtain the required level of mechanical properties that would improve their deformability and ability of very deep drawing during cold stamping of products. The optimal parameters of the speed mode are set recrystallization annealing of cold-rolled 08Yu sheet steel, which provides the best structure and properties for further cold pressure treatment. The temperature-time modes of further aging and possibilities to prevent the processes of its natural aging during prolonged operation or transportation have been studied. The method and modes of heat treatment of blanks from finished 08Yu sheet steel to facilitate their deformability and improve stamping in order to reduce waste in the manufacture of products by cold deformation with deep and complex drawing were suggested.*

Key words: *thin sheet, cold-rolled 08Yu steel, rapid heating, recrystallization annealing, structure, properties, aging, technological plasticity, cold pressure treatment, deep drawing.*

Doschechkina I., PhD, Associate Professor, Department of Technology of Metals and Materials Science, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine. tel.095-162-82-250, divkhadi@ukr.net