

ЕФЕКТИВНІСТЬ ШВИДКІСНОГО РЕКРИСТАЛІЗАЦІЙНОГО ВІДПАЛУ РУЛОННИХ ЗАГОТОВОК ІЗ ХОЛОДНОКАТАНОГО ТОНКОЛИСТОВОГО СТАЛЕВОГО ПРОКАТУ

Дощечкіна І. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розроблене й досліджене швидкісне знеміцнювальне термічне оброблення холоднокатаних тонколистових сталей 50 та У8А з використанням контактного нагріву й охолодження. Визначено оптимальні температурно-часові параметри процесів неперервного швидкісного рекристалізаційного відпалу, які забезпечують комплекс властивостей, що дорівнюють стандартизованим показникам відпалених досліджених сталей.

Ключові слова: холоднокатана сталь, тонкий лист, рекристалізаційний відпал, контактний нагрів, швидке охолодження, мікроструктура, міцність, пластичність.

Вступ

Сталевий холоднокатаний тонколистовий прокат використовується в багатьох галузях народного господарства, і його виробництво невинно збільшується, бо збільшується рівень споживання, і стає все більш різноманітним і варіативним. Нині в умовах посилення вимог стандартів до показників якості металопродукції актуальними питаннями є підвищення комплексу властивостей сталевого прокату в разі зменшення його собівартості. Вирішення цієї важливої проблеми передбачає створення більш досконалого виду обладнання, впровадження нових прогресивних технологій оброблення для підвищення як технологічних, так і службових характеристик прокату.

На вітчизняних металургійних комбінатах традиційним способом термічного оброблення тонколистового холоднокатаного прокату, який призначений для виготовлення виробів методами холодної деформації, є рекристалізаційний відпал рулонної сталі в садочних ковпакових печах. Однак такий відпал має свої специфічні недоліки: велика тривалість процесу, значні витрати електроенергії, неоднорідність структури та властивостей за довжиною та шириною листа, незадовільна якість його поверхні. Крім того, відпалом у ковпакових печах неможливо підвищити технологічну пластичність заготовок із вже готового листа для зменшення кількості браку в процесі формоутворення виробів холодним деформуванням.

Кардинальним способом вдосконалення технології знеміцнювального термооброблення рулонної тонколистової холоднокатаної сталі й обладнання для її реалізації є використання безперервного швидкісного відпалу з

використанням контактного нагрівання. Загальна тривалість відпалу залежать не тільки від маси металу, а також від температурно-часових параметрів того чи іншого виду обладнання, які значною мірою визначають швидкість перебігу процесів структуроутворення під час відпалу. Основним завданням роботи є вирішення питань забезпечення умов проходження рекристалізаційних процесів під час контактного нагрівання й охолодження холоднодеформованого листа, впливу температурно-часових параметрів на формування структури й комплексу властивостей, що дорівнюють стандартизованим показникам. Водночас важливим є дотримання принципу – висока якість за економії виробничих витрат.

Аналіз публікацій

Виробництво тонколистового прокату є найважливішою технологією металургійної промисловості [1]. Для розширення використання сталевих листів та смуги в різноманітних галузях промисловості необхідне вирішення важливого питання: у разі зменшення витрат під час виробництва забезпечити високу технологічну пластичність для збільшення продуктивності і бездефектності формоутворення виробів сучасними способами холодної деформації за збереження достатньої міцності, що обумовлено ускладненням сучасних конструкцій, умов і режимів їх експлуатації.

Одним із найбільш важливих процесів у виробництві холодної прокату є відпал, бо саме він фактично керує механічними властивостями холоднокатаного металу та визначає якість сталевих листів. Водночас відпал дуже енергозатратний і трудомісткий процес [2]. Ефективною й продуктивною є техноло-

гія швидкісного безперервного відпалу з нагрівом холоднокатаного листа в печах прохідного типу. Основна й незаперечна перевага агрегата безперервного відпалювання – необоротне суттєве скорочення часу термооброблення (до десятків секунд) [3, 4], що забезпечує більш високу продуктивність процесу та зменшення енерговитрат в процесі отримання якісної продукції. Однак скорочення часу висуває рекомендацію застосовувати низьковуглецеві сталі, які менше схильні до деформаційного старіння після прискореного нагрівання й охолодження під час відпалу та потребує вирішення низки складних металознавчих питань. Результати наукових досліджень параметрів режиму швидкісного безперервного термооброблення та їх впливу на мікроструктуру й властивості сталі не є однозначними.

Автори роботи [5] дійшли висновку, що після швидкісного рекристалізаційного відпалу за 640 °С якісні холоднодеформовані сталі мають найкращий комплекс властивостей за низької анізотропії для подальшого деформування виробів. Зі збільшенням температури відпалу середній розмір зерна збільшується, структура стає менш однорідною, знижуються показники міцності, а відносно подовження збільшується. Водночас у роботі [6] зазначено, що «матеріал має більш високий відсоток рекристалізації» за умови швидкісного нагрівання до 800 °С. Існує також інша думка [3], що температура відпалу 850 °С забезпечує найкращий розмір зерна та властивості відпаленої сталі, а підвищення температури призводить до різкого зниження пластичності. У роботах кафедри ТМтаМ ХНАДУ [7, 8] зазначено, що рекристалізаційний відпал під час швидкісного нагрівання низьковуглецевої сталі до 700 °С із витримкою 20 с забезпечує комплекс механічних властивостей, який за рівнем дорівнює значенням, що отримані після ковпакового відпалу.

Дуже неоднозначні результати щодо швидкості нагрівання. Автори [7] зазначають, що за швидкостей від 30 до 90 °С/с рекристалізація здійснюється лише частково, інші [9] стверджують, що за швидкості нагрівання в межах від 80 до 140 °С/с до температури 700 °С у сталі встигає повною мірою завершитися рекристалізація зерен фериту.

Не існує єдиної точки зору щодо питання швидкості охолодження від температури рекристалізаційного відпалу, що дуже важливо для формування кінцевих властивостей сталі перед холодним деформуванням під час

виготовлення виробів з тонколистового прокату.

Аналіз літературних джерел свідчить, що отримання необхідних і стабільних механічних властивостей холоднокатаної тонколистової сталі після швидкісного рекристалізаційного відпалу з метою забезпечення її якісного деформування в холодному стані насамперед залежить від вибору раціональних параметрів процесу, які успішно реалізуються на певному обладнанні. Найважливішим у цьому випадку є дотримання принципу, що має використовуватися метал найвищої якості за найнижчої вартості процесів його оброблення.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є розроблення оптимальних температурно-часових параметрів швидкісного рекристалізаційного відпалу із використанням контактного нагрівання та охолодження для отримання комплексу властивостей відповідно до нормативних вимог для холоднокатаних тонколистових сталей 50 і У8А.

Матеріал і методики дослідження

Дослідженню підлягали холоднокатані (зі ступенем деформації 70 %) листові сталі 50 та У8А товщиною 1 мм серійного плавлення. У нагартіваному стані сталі мали текстуровану структуру із середнім розміром зерна 50–60 мкм. Згідно з [10, 11], саме після прокатування із сумарним обтисненням ~70% спостерігається оптимальна комбінація механічних характеристик і кристалографічної текстури готового листа. Перед рекристалізаційним відпалом деформацію металу варто завершувати зі ступенем від 60 до 70 %. Під час цього процесу формується дрібнозерниста структура, що забезпечує гарне поєднання міцності та пластичності [11, 12]. Зазвичай чим вище холодна деформація перед відпалом, тим нижча початкова температура рекристалізації, тим важливішим є значення зменшення показників міцності та підвищення пластичності. Однак збільшення ступеня деформації від 80 до 90 % призводить до значної текстури деформації, а отже, і до неоднорідностей властивостей.

У вихідному нагартіваному стані в сталі 50 $\sigma_b = 860$ МПа, $\delta = 3,6$ %, $H_{\mu 200/30} = 225$; у сталі У8А $\sigma_b = 1000$ МПа, $\delta = 2$, $H_{\mu 200/30} = 274$.

Безперервний відпал рулонної стрічки шириною 200 мм із зовнішнім діаметром 700 мм і внутрішнім 300 мм здійснювали на

експериментальній установці з контактним нагрівом на теплообмінних барабанах.

Температура відпалу варіювалася від 450 до 720 °С. Швидкість нагріву була від 50 до 100 °С/с, витримка становила від 5 до 30 с, швидкість руху стрічки в печі – 0,08–0,1 м/с, швидкість охолодження змінювалася від 25 °С/с до 50 °С/с.

Для реалізації режимів термооброблення була використана схема послідовно розташованих барабанів, що забезпечували нагрівання й охолодження полоси із заданими швидкостями в певних температурних інтервалах. В агрегаті передбачені два варіанти нагріву смуги: з підведенням тепла як із зовнішньої, так і з внутрішньої поверхні барабана. Стрічка з рулону надходить до пічі, всередині якої послідовно обгинає два нагріті барабани і в процесі контакту з їхніми поверхнями відпалюється. На виході з печі стрічка додатково охолоджується водоохолоджувальними роликми до кімнатної температури. Швидкість нагріву й охолодження визначалася швидкістю її протягування в установці.

Ефективність відпалу визначали за мікроструктурою та механічними властивостями сталі. Для визначення розміру зерен використана спеціальна комп'ютерна програма.

Основні результати дослідження

Листові заготовки досліджуваних марок сталей товщиною 1 мм нагрівали зі швидкістю 50 °С/с до температур від 450 до 750 °С. Витримка за температур нагрівання не перевищувала 5 с, швидкість охолодження дорівнювала 25 °С/с. Ці параметри термічного оброблення вибрані на основі наших попередніх лабораторних досліджень. У табл. 1 та 2 наведені результати досліджень залежності механічних властивостей стрічок від температур нагрівання в зазначеному інтервалі, які доводять, що за 650 °С спостерігається рекристалізація сталей

Таблиця 1 – Механічні властивості сталі 50 після швидкісного відпалу

t, °C	Механічні властивості		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
450	815	845	4,5
500	715	790	6,0
550	614	730	9,5
600	555	650	17,0
650	470	535	22,0
700	460	530	23,0
750	460	530	23,0

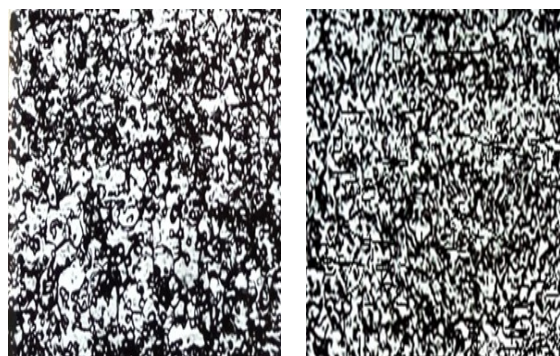
Таблиця 2 – Механічні властивості сталі У8А після швидкісного відпалу

t, °C	Механічні властивості		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
450	870	900	3,0
500	815	860	5,5
550	730	795	8,0
600	625	670	11,5
650	570	650	15,0
700	560	640	14,5
750	560	640	14,0

Після нагрівання до 750 °С механічні властивості стрічок не змінюються, тобто процес первинної рекристалізації здійснено.

Після відпалу за 650 °С відсутня текстура деформованої сталі, сформовано однорідне рівновісне зерно, яке дорівнює 7–8 номеру шкали визначення розмірів зерен. Крім рекристалізації феритної фази, спостерігається коагуляція і сфероїдизація цементиту (рис. 1 і 2). Крім того, згідно з [5, 12], після відпалу текстури прокатки значно зменшуються, вміст текстури прокатки $\{111\} \langle 112 \rangle$ був вищим за вміст текстури $\{111\} \langle 110 \rangle$, коли температура відпалу збільшилася до від 640 °С до 720 °С. Вміст текстури $\{111\} \langle 110 \rangle$ був найвищим за температури відпалу 620 °С

Найвні також мікроструктурні зміни та зменшення інтенсивності кристалографічної текстури прокатки в процесі нагрівання деформованого металу, а отже, суттєве зниження характеристик міцності та збільшення пластичності значною мірою зменшують опір сталі пластичній деформації в процесі формоутворення виробів способами холодного оброблення тиском.



а – сталь 50; б – У8; $\times 1200$

Рис. 1. Структура стрічок, відпалених за 650 °С

За оптимальної температури зміни швидкості нагрівання від 50 до 100 °С/с не позна-

чилися на структурі (зерно так само має розмір, що дорівнює від 7 до 8 номеру) та механічних властивостях сталей.

Збільшення витримки з 5 до 30 с за температури нагрівання 700 °С сприяло незначному укрупненню зерна: у сталі 50 зафіксовано зерна розміром переважно 8 балів, а в сталі У8А є зерна розміром у 9 балів. Таке незначне збільшення розміру зерна дозволяє дійти висновку, що процеси рекристалізації сталей здійснюються майже одразу за досягнення температури відпалу 650 °С.

Результати експериментів доводять, що з підвищенням температури відпалу протягом короткого часу збільшення розміру рекристалізованих зерен поступово зменшується.

Аналіз результатів впливу підвищення швидкості охолодження від 25 °С/с до 50 °С/с від температури нагрівання 650 °С вказує на підвищення характеристик міцності та зменшення відносного подовження. Так, у сталі 50 міцність збільшується з 530 до 620 МПа, а відносне подовження знижується від 23 до 18 %. Для сталі У8А ці зміни ще більш суттєві.

За короткий час витримки за температури відпалу та за значної швидкості охолодження (40–50° С/с) фіксується пересичений α – твердий розчин, який не встигне звільнитися від домішок проникнення, що призведе до збільшення міцності й падіння пластичності. Такий твердий розчин є метастабільним і прагне до рівноважного стану, а отже, з часом буде відбуватися деформаційне старіння металу, яке негативно позначиться на його подальшій здатності до якісного деформування.

Варто зазначити, що швидкісний рекристалізаційний відпал стрічок в установці контактного нагрівання забезпечує однакові властивості вздовж всієї ширини стрічки. Розкид значень міцності не перевищує 10 МПа, а пластичності – 1%, що є в межах інструментальної похибки.

З метою вивчення впливу натягу стрічки під час руху в печі в процесі відпалу на механічні властивості відпаленої сталі зразки стрічок піддавалися питомим навантаженням від 5 до 50 МПа в процесі розтягання. Навантаження здійснювали за допомогою тарованих вантажів, які прикладалися до захватів в процесі закріплення зразків.

Отримані результати доводять, що зі збільшенням величини натягу стрічки на діаграмах розтягування площа текучості помітно зменшується, а міцність збільшується (рис. 2).

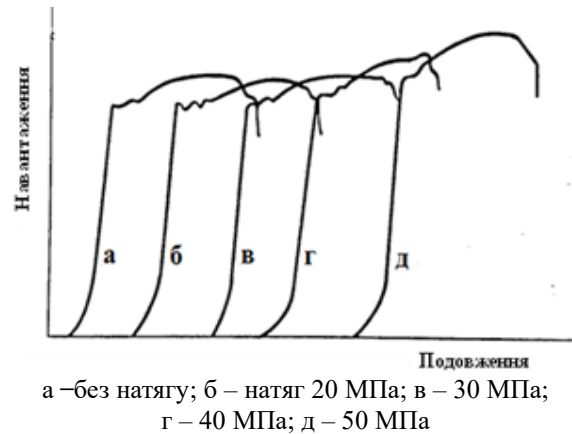


Рис. 2. Тип діаграм розтягання відпалених стрічок за різного їх натягу під час випробувань

З отриманих результатів цієї роботи випливає, що неперервний швидкісний рекристалізаційний відпал забезпечує високу пластичність за достатньої міцності, яка дорівнює стандартизованим показникам для досліджених сталей, за умови дотримання певних рекомендованих технологічних параметрів:

- ступінь деформації холоднокатаного прокату – 70%;
- температура нагрівання під час відпалу – в інтервалі від 680 до 700 °С;
- швидкість нагрівання 50–60 °С/с;
- тривалість нагрівання – до 10 с;
- швидкість охолодження 25–30 °С/с;
- швидкість руху стрічки в печі 0,08 м/с;
- допустимий натяг стрічки 20–30 МПа.

Висновки

1. Визначено ефективне використання швидкісного рекристалізаційного відпалу холоднокатаного тонколистового прокату з вуглецевих пружинних та інструментальних сталей.

2. Визначені оптимальні температурно-часові параметри рекристалізаційного відпалу тонких стрічок із холоднокатаних сталей 50 та У8А.

3. Швидкісний рекристалізаційний відпал з використанням контактного нагрівання та рекомендованих параметрів процесу забезпечує рекристалізовану повною мірою сталь з рівновісною дрібнозернистою структурою й механічними властивостями, однорідними за довжиною та шириною рулону. Розкид у показниках міцності та пластичності в межах інструментальної похибки й значно менший за такий, що допускається стандартами.

4. Дотримання певного натягу стрічки в процесі просування її в печі, що обумовлене зменшенням зазору між поверхнями стрічки та барабанами, що нагрівають, сприяє більш

рівномірному розподілу вуглецю в матриці, що позитивно позначається на властивостях оброблюваного металу.

5. Механічні характеристики швидко відпалених холоднокатаних сталей зі ступенем обтискання $\sim 70\%$ задовольняють нормативним вимогам для сталей 50 та У8А.

6. До безперечних переваг швидкісного неперервного відпалу належить його короткочасність за мінімальної швидкості руху стрічки (0,08 м/с тривалістю до 60 с), що суттєво збільшує продуктивність процесу, значно зменшує споживання електроенергії та трудовитрати персоналу, що обслуговує цей процес.

7. Цей спосіб рекристалізаційного відпалу може бути використаний для підвищення якості заготовок з метою зменшення рівня браку під час виготовлення виробів, зокрема тих, що потребують глибокого витягування способами холодного пластичного деформування.

Література

1. Стан виробництва тонкого плоского сталевих проката у світі і тенденції розвитку штабових станів холодної прокатки / Я. Д. Василев. *Теорія і практика металургії*. 2019. №1. С. 15–28.
2. Тонколистова сталь: монографія / Ю. С. Дніпро: НМетАУ, 2018. 311 с.
3. Annealing of Cold Rolled Steel. Режим доступу: <https://www.ispatguru.com/annealing-of-cold-rolled-steel/>
4. Hutchinson B. Control of texture and anisotropy (r-value) in low carbon steel sheets. Corrosion and Metals Research Institute (KIMAB). Stockholm: Sweden, 2012. 160 p.
5. Effect of Continuous Annealing Temperature on the Microstructure, Mechanical Properties and Texture of Annealed Drawn and Ironed Plate: Beijing Laboratory for Modern Transportation Advanced Metal Materials and Processing Technology, University of Science and Technology Beijing, China / Mo Zhiying et al. Published: 16 December 2021 in Crystals.
6. Zhicheng Wu a, Xiaofeng Xu a, Yang Zhao b, Xudong Y and others. Investigation of accelerated recrystallization behavior via electropulsing treatment in CoCrFeMnNi high-entropy alloy Materials Science and Engineering. 2023. Vol. 863. 26. 2023.
7. Дощечкіна І. В., Терещенко Д. С. Поєднання в єдиному технологічному процесі швидкісного знеміцнювального термічного оброблення та алітування заготовок із листової сталі для виготовлення трубок. *Вісник ХНАДУ*. Вип. 97. 2022. С. 48–57.
8. Дощечкіна І. В. Підвищення технологічної пластичності при збереженні міцності холоднокатаної тонколистової низьковуглецевої сталі. *Вісник ХНАДУ*. 2020. Вип. 91. С. 165–171.
9. Eckstein Hans Ioachim, Steyer Hans. Luduing effects of heating up on recrystallization of coldrolled unkilld strip steel. *Lesz. Nauk AYN*. 2018. №84. 94 p.
10. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія прокатного виробництва: навчальний посібник. Кривий Ріг: Вид. центр КНУ, 2017. 169 с.
11. Hutchinson B. Control of texture and anisotropy (r-value) in low carbon steel sheets. Corrosion and Metals Research Institute (KIMAB). Stockholm: Sweden, 2012. 160 p.
12. Проценко В. М., Бондаренко Ю. В., Явтушенко А. В. Технологія нагріву та нагрівальне обладнання в обробці металів тиском: навчально-методичний посібник Запоріжжя: ЗНУ, 2021. 126 с.
13. Effect of Continuous Annealing Temperature on the Microstructure, Mechanical Properties and Texture of Annealed Drawn and Ironed Plate / Mo Zhiying et al. Crystals. 2021. 11. 1569.

References

1. Vasilev, Ya. D., Samokish, D. M., Zhuravlyova, S. V., Proydak, Yu. S., Zamogilny, R. O. (2019). The state of production of thin flat rolled products in the world and development trends of the main cold rolling mills. *Theory and practice of metallurgy*. No. 1. Pp. 15–28.
2. Proydak, Y. S., Kutsova, V. Z., M. A., Kovzel, Kotova, T. V., Stetsenko, G. P. (2018). *Thin-sheet steel: monograph*. Dnipro: NmetAU. 311 p.
3. Annealing of Cold Rolled Steel. <https://www.ispatguru.com/annealing-of-cold-rolled-steel/>
4. Hutchinson B. (2012). Control of texture and anisotropy (r-value) in low carbon steel sheets. Corrosion and Metals Research Institute (KIMAB). Stockholm: Sweden. 160 p.
5. Zhiying, Mo, Xiaohong, Chu, Pengfei, Gao, Dengcui, Yang. (2021). Effect of Continuous Annealing Temperature on the Microstructure, Mechanical Properties and Texture of Annealed Drawn and Ironed Plate: Beijing Laboratory for Modern Transportation Advanced Metal Materials and Processing Technology, University of Science and Technology Beijing, China. Published: 16 December 2021 in Crystals.
6. Zhicheng Wu a, Xiaofeng Xu a, Yang Zhao b, Xudong Y and others (2023). Investigation of accelerated recrystallization behavior via electropulsing treatment in CoCrFeMnNi high-entropy alloy Materials Science and Engineering: Volume 863, 26, 202.
7. Doshchekina, I. V., Tereshchenko, D. S. (2022). Combination in a single technological process of high-speed softening heat treatment and annealing of sheet steel billets for the manufacture of tubes. *Bulletin of the KhNADU*. Issue 97, P. 48–57.
8. Doshchekina, I. V. (2020). Increasing technological plasticity while maintaining the strength of cold-rolled thin-sheet low-carbon steel. *Bulletin of the KhNADU*, Issue 91, Pp. 165–171.

9. Eckstein Hans Ioachim, Steyer Hans. Luduing effects of heating up on recrystallization of coldrolled unkilld strip steel. Lesz. Nauk AYN, 2018. №84. 94 p.
10. Chubenko, V. A., Khinotska, A. A. (2017). Technology of rolling production: a textbook / V. A. Chubenko, A. A. Khinotska. Kryvyi Rih. Publishing center of KNU, 169 p.
11. Hutchinson B. (2012). Control of texture and anisotropy (r-value) in low carbon steel sheets. Corrosion and Metals Research Institute (KIMAB). Stockholm: Sweden, 160 p.
12. Protsenko, V. M., Bondarenko, Y. V., Yavtushenko, A. V. (2021). Heating technology and heating equipment in pressure metal processing: educational and methodological manual Zaporizhzhia: ZNU, 2021, 126 p.
13. Zhiying Mo, Xiaohong Chu, Pengfei Gao et al (2021). Effect of Continuous Annealing Temperature on the Microstructure, Mechanical Properties and Texture of Annealed Drawn and Ironed Plate. Crystals, 11, 1569.

Дощечкіна Ірина Василівна, к.т.н., професор кафедри технології металів та матеріалознавства, тел. 095-162-22-50, e-mail: divkhadi@ukr.net, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна.

Efficiency of rapid recrystallisation annealing of coil blanks from cold-rolled thin-sheet steel rolled products.

Abstract. Problem. In these times of economic crisis, an important issue is increasing the productivity of cold-rolled thin-sheet production while saving electricity and natural gas and reducing labour costs. Equally important is reducing metal consumption by reducing the number of rejects from finished sheets during the cold forming of products, but such equipment does not exist at metalworking enterprises. These problems can be solved by developing specific equipment and successfully implementing rational parameters for the technological processes of processing thin cold-rolled steel sheet. One of the most important processes in the production of cold-rolled products is recrystallisation annealing, which determines its properties and quality. The most common annealing in bell-type furnaces is a very energy-intensive and labour-intensive process, and has certain disadvantages in terms of the quality of the annealed products. The technology of high-speed continuous annealing in continuous furnaces ensures higher process productivity and reduced energy consumption while obtaining high-quality products, but it is recommended for heat treatment of low-

carbon steels only. In addition, in both annealing options, rolled products are subject to annealing, and they are not suitable for increasing the technological plasticity of finished blanks in order to reduce defects. **Goal.** The aim of the work is to develop optimal temperature-time parameters for high-speed recrystallisation annealing using contact heating and cooling to obtain a set of properties that meet the regulatory requirements for cold-rolled thin-gauge steels 50 and Y8A. **Methodology.** The study covered cold-rolled (with a deformation degree of 70%) sheet steel with a thickness of 1 mm. Continuous annealing of a 200 mm wide roll strip with an outer diameter of 700 mm and an inner diameter of 300 mm was carried out on an experimental setup with contact heating on heat exchange drums. A scheme of sequentially arranged drums was used, which ensured heating and cooling of the strip at specified speeds in certain temperature intervals. The heating and cooling speed was determined by the speed of its pulling through the installation. The annealing temperature varied from 450 to 720 °C. The heating rate was from 50 to 100 °C/s, the holding time was from 5 to 30 s, the speed of the strip in the furnace was 0.08–0.1 m/s, and the cooling rate varied from 25 °C/s to 50 °C/s. **Originality.** The use of an original contact heating installation with thin-gauge steel heat exchange drums makes it possible to significantly reduce the process of mandatory recrystallisation annealing of cold-rolled steels, obtain a set of properties that correspond to standardised indicators, and significantly reduce electricity consumption and the number of service personnel. In addition, this installation allows for additional heat treatment to increase the ability of rolled blanks from ready-made sheets (annealed at metallurgical plants) to undergo high-quality cold deformation during the manufacture of products. **Practical value.** The results obtained allow us to recommend this method for improving the stampability of steel sheet blanks directly at the consumer's enterprise. Until now, there has been no way to increase the technological plasticity of finished sheet metal. The equipment and technology we recommend for high-speed recrystallisation annealing may be useful for enterprises that use cold-rolled thin-gauge steel in their production.

Key words: cold-rolled steel, thin sheet, recrystallisation annealing, contact heating, rapid cooling, microstructure, strength, ductility.

Doshchechkina I., PhD, Professor of Department of Technology of Metals and Materials Science, tel. 095-162-22-50, e-mail: divkhadi@ukr.net, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.