

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний

Фізичне матеріалознавство

Пояснювальна записка
до дипломної роботи

Магістр

на тему «Дослідження впливу режимів відпалу прокату із сталі марки DX51D на його структуру та властивості з метою удосконалення технології виробництва»

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи ІФ222м

Спеціальності 132 «Прикладне матеріалознавство»

Освітня програма (спеціалізація)

Прикладне матеріалознавство

Шестопалов О.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник Вініченко В.С.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2023р

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Ольшанецький В.Ю.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

Керівник проекту (роботи) К. Т. Н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

1. Сміст розрахунково-пояснювального записки (перелік питань, які потрібно розробити)

perspectiva) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5. Перелік графічного матеріалу (згідно з цим зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів)

КЕІВКІСТЬ Слайдів,
плакатів)

Имя (Фамилия) _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання

7. Дата видачі завдання «_01_» __ листопада ____ 2023 __ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент _____ **Шестопапов О.В.** _____
 (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи) _____ **Вініченко В.С.** _____
 (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 108с., 16 табл., 23 рис., 28 джерел.

ХІМІЧНИЙ СКЛАД, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ПЛИННОСТЬ, МІЦНІСТЬ, ВИДОВЖЕННЯ, РЕЖИМ ВІДПАЛУ, ХОЛОДНОКАТАНА СМУГА, РУЛОН, ПРОКАТ, КОВПАКОВА ПІЧ, ЗАХИСНИЙ ГАЗ, МІКРОСТРУКТУРА.

Об'єкт дослідження – товарний холоднокатаний рулонний прокат сталі марки DX51D – аналога сталі марки 08кп(пс), який відпалюється в термічному відділенні цеху холодного прокату ПАТ «Запоріжсталь».

Мета проекту – визначення оптимального режиму відпалу холоднокатаних нагартованих рулонів сталі марки DX51D для отримання необхідної структури та механічних властивостей прокату та забезпечення вимог нормативної документації і споживача до даного виду продукту.

Метод дослідження – науково-практичний. Чистоту поверхні прокату визначали за розробленою оригінальною методикою.

В основу науково-дослідної роботи поставлено завдання досліджень впливу режимів відпалу рулонів на механічні властивості холоднокатаного рулонного прокату сталі марки DX51D (аналог сталі марки 08кп/08пс) із хімічним складом за стандартом EN 10346:2009.

Після проробки теоретичного матеріалу, була запропонована зміна діючого режиму відпалу холоднокатаного прокату низьковуглецевих марок сталі для вдосконалення технології виробництва сталі марки DX51D.

Визначення оптимального режиму відпалу дозволить не тільки отримувати необхідні властивості прокату та знизити кількість невідповідностей механічних властивостей у зразках прокату вимогам нормативної документації, але і скоротити витрати природнього газу при відпалі.

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	7
1 Аналітичний огляд	9
1.1 Вплив хімічного складу металу на механічні властивості прокату.....	9
1.2 Вплив технологічних параметрів гарячої прокатки на механічні властивості прокату	11
1.3 Вплив холодної прокатки та відпалу на механічні властивості.....	19
1.4 Вплив технологічних параметрів дресирування на механічні властивості прокату	26
1.5 Висновки та постановка задачі дослідження	29
2 Матеріали та методика дослідження.....	32
2.1 Матеріали, що використовувались в дослідженні.....	32
2.2 Методики дослідження структури та властивостей	32
2.3 Розробка методики визначення чистоти поверхні листової сталі DX51D.....	33
2.4 Вибір обладнання для проведення експериментальних відпалів	33
2.4.1 Основні характеристики висококонвективних ковпакових печей фірми «EBNER» (Австрія).....	33
2.4.2 Основні характеристики газових одностопних ковпакових печей.....	35
3 Дослідження впливу режимів відпалу прокату із сталі марки DX51D на його структуру та властивості	38
3.1 Вимоги споживача до прокату сталі марки DX51D	38
3.2 Дослідження мікроструктури та неметалевих домішок у прокаті сталі марки DX51D	39

	6
3.3 Технологія відпалу прокату	44
3.3.1 Режими рекристалізаційного відпалу у печах фірми «EBNER»	44
3.3.2 Режими рекристалізаційного відпалу у газових ковпакових печах	46
3.3.3 Дефекти, які пов'язані з режимами відпалу	50
4 Охорона праці та навколишнього середовища	533
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	53
4.2 Заходи по забезпеченню загальної безпеки	54
4.3 Заходи із забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці	60
4.4 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.....	61
4.5 Заходи з цивільної оборони	62
4.6 Основні заходи безпеки.....	64
5 Економічна частина	688
5.1 Економічне обґрунтування	688
5.2 Характеристика потенційних ринків	699
5.3 Попередня характеристика потенційних клієнтів	72
5.4 SWOT - аналіз середовища реалізації інноваційного проекту.....	73
5.5 Ринкова стратегія проекту.....	77
5.6 Ідентифікація стейкхолдерів.....	78
5.7 Розрахунок економічного ефекту впровадження нової технології	80
5.8 Висновки до економічного обґрунтування	87
Висновки	88
Перелік джерел посилань	89
Додатки.....	92

ВСТУП

Розвиток автомобілебудування, авіабудування, машинобудування, а також активне розвиток будівельного сектору економіки як України, так і інших країн стимулює виробництво спеціальних марок сталі, сплавів, а також профільного та плоского металопрокату зі спеціальними механічними властивостями.

Одним із найбільш затребуваних видів продукції металургійних підприємств на даний (довоєнний) час є плоский оцинкований прокат із гарантованими механічними властивостями. Наприклад, Група "Метінвест" у 2019р. випустила на 13% більше оцинкованого прокату, ніж у 2018 році, досягнувши показника 350 тисяч тон. Зростання світового споживання оцинкованого прокату протягом 2018-2022 років оцінювався у 7,7% до 182 млн. тон.

Необхідно також наголосити, що 88% структурного споживання оцинкованого прокату в Україні припадає на будівництво, а у світі 50% припадає на будівництво та 20% на автомобілебудування.

Збільшення внутрішнього споживання, а також експорту оцинкованого прокату до країн СНД, Середньої Азії та дальнього зарубіжжя, вимагали освоєння нових марок сталі за стандартами європейських виробників, а також сортового та плоского прокату з цих марок.

Враховуючи виробничі можливості, а також специфіку сталеплавильного та прокатного обладнання ПАТ «Запоріжсталь», було ухвалено рішення щодо освоєння виробництва сталі марки DX51D – аналога сталі 08кп(пс).

Освоювання виробництва сталі марки DX51D на ПАТ «Запоріжсталь» вимагало розробки технології гарячої прокатки, травлення та холодної прокатки, а також термічної обробки холоднокатаних рулонів.

Розроблена технологія дозволяє отримувати холоднокатаний прокат сталі марки DX51D з необхідними механічними характеристиками, розмірами та

якістю поверхні прокату, що забезпечують у повному обсязі вимоги, що висуваються споживачем цього типу продукції.

Подалі удосконалення технології виробництва, в тому числі і відпалу холоднокатаного прокату цієї сталі дозволяє економити ресурси за незмінної високої якості металопродукту.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Вплив хімічного складу металу на механічні властивості прокату

Механічні властивості холоднокатаного листового прокату із низьковуглецевих сталей суттєво залежать від хімічного складу сталі, зокрема від вмісту вуглецю та домішок, таких як сірка та фосфор [1]. Згідно з автором, зі збільшенням вмісту вуглецю спостерігається зростання границі плинності та міцності, але відносне подовження та глибина витягування зменшуються. Наприклад, у випадку дресированої сталі 08кп з відносним обтиском 0,8%, при збільшенні вмісту вуглецю від 0,04% до 0,08% границя плинності збільшується з 180 МПа до 225 МПа.

Зі збільшенням вмісту вуглецю також відбувається зміна мікроструктури холоднокатаних листів. Оскільки вуглець переважно присутній у вигляді цементиту Fe_3C , збільшення вмісту вуглецю супроводжується збільшенням вмісту цементиту. Особливо небезпечним є цементит, який утворюється вздовж границь зерен, оскільки це може призвести до розриву листів під час штампування. Важливо, щоб частинки цементиту були дрібними та рівномірно розподіленими у феритному полі, без утворення сітки, що можливо тільки в сталях з низьким вмістом вуглецю.

Згідно з результатами роботи [2], високий вміст вуглецю сприяє утворенню карбідів, що підвищує твердість і може впливати на пластичність.

Марганець, аналогічно вуглецю, впливає на зміцнення сталі, хоча його вплив не настільки виразний як вуглецю. У структурі сталі марганець може присутній у вигляді карбіду марганцю Mn_3C . Його вплив на властивості сталі при вмісті до 0,45% є невеликим, оскільки у фериті лише маленька частина марганцю може розчинятися. Проте, якщо вміст марганцю перевищує 0,45%, його вплив стає помітним. Марганець підвищує міцність та жорсткість сталі. Визначає ступінь деформації під час обробки тиском [3].

Вміст сірка в низьковуглецевій сталі повинен бути мінімізований, оскільки її негативний вплив проявляється внаслідок утворення сульфідів заліза та марганцю, що може спричинити сегрегації та збільшення ламкості при глибокому витягуванні.

Високий вміст сірки може погіршувати характеристики зварювання та сприяти ламкості сталі [2].

Фосфор, також як і сірка, є шкідливою домішкою в сталі. Особливо небезпечною є утворення сполуки Fe_3P . Зі збільшенням вмісту фосфору у холоднокатаній сталі 08Ю з 0,009% до 0,017% границя плинності збільшується на 12 МПа, а також підвищується границя міцності, зростає твердість та незначно зменшується відносне подовження. При виплавці сталей з особливо високою витяжкою (з регламентованою межею плинності) важливо звертати увагу на чистоту шихти, щоб у сталь не потрапили небажані домішки, такі як хром, нікель, мідь, які можуть призводити до збільшення границі плинності у холоднокатаній сталі.

На рисунку 1.1 наведені криві залежностей границі плинності від вмісту легуючих елементів.

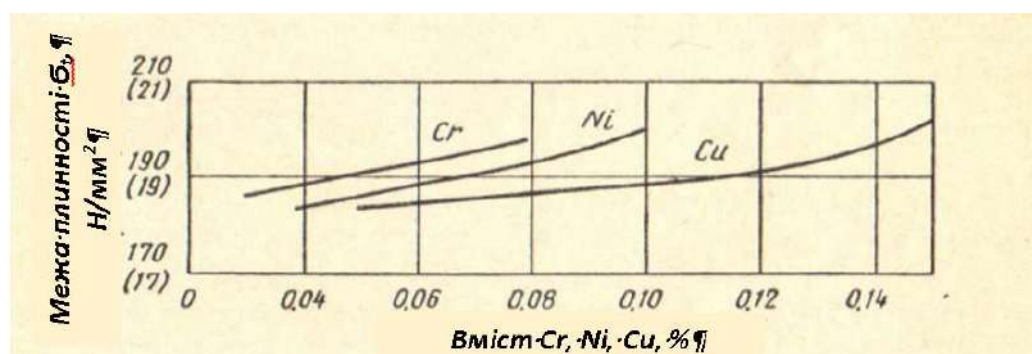


Рисунок 1.1 – Залежність границі плинності від вмісту хрому, нікелю та міді в низьковуглецевій сталі [1]

Кремній, подібно до інших елементів, таких як вуглець, підвищує межу плинності та межу міцності сталі, однак при цьому зменшує відносне подовження

[4]. У випадку сталей марок 08кп та 08пс вміст кремнію надзвичайно малий і близький до 0%.

Важливо уникати наявності домішок, таких як миш'як, азот, водень та кисень, оскільки вони є небажаними. Ці висновки відображені також у патентах, зокрема, на виготовлення сталі DX51D (DX51D) та її аналогів. В одному з таких патентів [2] основна мета дослідження - отримання сталі марки DX51D (DX51D) із високою міцністю та низькою межею плинності для використання в автомобільній промисловості. Автор запропонував обмежити хімічний склад.

Окрім цього, автор визначив параметри гарячої та холодної прокатки, які включають температури прокатки та відпалу, а також відносне обтиснення при холодній прокатці та дресируванні. Додатково, автор зазначив, що вказані параметри були ретельно розроблені та контрольовані відповідно до діючої нормативної документації. У результаті цих заходів автор досяг отримання холоднокатаного листа з низькою границею плинності, високою міцністю та досяг значного економічного ефекту сталі.

Запропонований хімічний склад сталі: C - 0,02-0,04%, Mn - 0,2-0,35%, Si - $\leq 0,03\%$, P - $\leq 0,01\%$, S - $\leq 0,01\%$, Al - 0,02-0,06%.

1.2 Вплив технологічних параметрів гарячої прокатки на механічні властивості прокату

Структура гарячекатаних штаб має важливе значення для подальшого формування металу під час процесу холодної прокатки. Важливо, щоб ця структура включала однорідні зерна фериту та рівномірно розподілені карбіди.

Розмір зерен фериту та структура холоднокатаного листа після відпалу обумовлюються мікроструктурою гарячекатаної штаби. Ці нерівності в розмірах зерен, які формуються при гарячій деформації, залишаються в холоднокатаному листі після проходження процесу холодної прокатки.

Дослідження показало, що оптимальний розмір зерен в гарячекатаному листі для глибокої витяжки повинен бути в границях 5-8 балів при нерівномірності розміру в границях трьох суміжних балів. Факторами, що впливають на ці параметри, є температурний режим гарячої прокатки, змотування штаби, та режим обтиснення при гарячій прокатці.

Закінчення прокатки штаб при високих температурах (в аустенітному стані) формує однорідну структуру через механізм перекристалізації аустеніта у ферит. У випадку закінчення прокатки в інтервалі критичних температур, відбувається одночасна перекристалізація аустеніту в ферит та рекристалізація деформованого фериту, що може призвести до нерівномірних за розмірами зерен. Останнє обтиснення в останній кліті стана має значущий вплив на форму та розмір зерен.

Міцність, твердість та границя плинності гарячекатаної сталі зростають при зниженні температури змотування. Важливо відзначити, що змотування при температурі вище 800°C також призводить до підвищення твердості через виділення цементиту вздовж границь зерен матеріалу. Це підтверджується даними, представленими в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Вплив температури змотування на мікроструктуру та механічні властивості гарячекатаних зразків низьковуглецевих сталей [1]

Сталь	Товщина, мм	Температура, °C		Розмір зерен фериту	Границя текучесті, σ_T	Границя міцності, σ_B	Відносне подовження, δ , %	Твердість, HRC
		Кінець прокатки	Змоту- вання		МПа	МПа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
08пс	3,2	890-900	690-700	7-6	286,1	345,9	27,5	66
		880-900	540-560	8	310,6	381,2	31,3	68
		890-910	460-530	8-7	301,8	371,1	30,0	66
		880-900	370-420	8	296,9	368,5	30,3	68
15пс	2,5	835-840	690-645	8-7	281,4	421,4	28,5	68
			500-520	8-7	288,1	431,2	32,4	72
			410-440	8	299,9	452,7	30,7	73
			350-400	8	296,9	448,8	29,3	74
20пс	2,5	830-850	630-655	8-7	290,1	425,3	29,7	71
			550-580	8	316,5	473,3	28,4	74
			450-520	8	328,3	483,1	29,6	76
			420-480	8	328,3	470,3	30,4	77

Відпал холоднокатаного рулону фактично відновлює механічні властивості гарячекатаного прокату після холодної прокатки. Щоб досягти зменшення границі плинності холоднокатаного рулону, необхідно зменшити цю характеристику у гарячекатаному стані металу. Вчені, зокрема у роботах [5,6], встановили, що успішна переробка гарячекатаного підкату в холодному стані вимагає наявності в підкаті достатньої пластичності, високої однорідності мікроструктури та низької границі плинності.

Важливо враховувати, що механічні властивості та структурний стан гарячекатаного прокату суттєво впливають на властивості холоднокатаного прокату та ефективність технології холодної прокатки. Стабільність хімічного складу сталі, температурні умови кінця гарячої прокатки та змотування штаб у рулони також мають важливе значення для якості та параметрів технології холодної прокатки.

Дослідження показало, що для формування сприятливої мікроструктури підкату з низьковуглецевої сталі 08кп гарячу прокатку слід завершувати при температурі більше 850°C в аустенітній області, а змотування рулонів виконувати при температурі нижче 680°C . Товщина підкату також впливає на ці обмеження, із зменшенням товщини зменшується температура кінця гарячої прокатки, що може погіршити якість гарячекатаного підкату. Так, підкат зі сталі марки 08кп товщиною 2-2,5 мм виробляється без підігріву слябів після слябінгу, що призводить до неоднорідної мікроструктури та високих характеристик міцності, але низької пластичності. Результати експериментального дослідження залежності між товщиною і температурою кінця гарячої прокатки сталі марки 08кп наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Результати експериментального дослідження між товщиною температурою кінця гарячої прокатки зі сталі марки 08кп [7]

Товщина прокату, мм	Діапазон т-р кінця гарячої прокатки підкату, °С		Середня температура кінця гарячої прокатки підкату, °С			Перепад температури кінця гарячої прокатки підкату, °С			Діапазон границі текучості підкату, МПа		Середня границя текучості підкату, МПа
	фактичний	найбільш вірогідний	всієї смуги	переднього кінця	заднього кінця	Δt_{ce} р	$\Delta t_{н}$ в	Δt_{ma} х	фактичний	найбільш вірогідний	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,0	769- 859	775 - 850	811	841	781	60	75	90	274- 343	285- 315	309
2,3	786- 866	795 - 860	829	854	804	50	65	80	260- 311	270- 295	286
2,5	804- 870	810 - 865	838	860	816	44	55	66	254- 297	260- 285	276
2,7	812- 873	820 - 870	847	867	828	39	50	61	249- 288	255- 275	269
3,0	821- 877	830 -	855	872	838	34	45	56	242- 275	245- 265	259

		875									
3,2	836- 884	840 - 880	862	878	846	32	40	48	240- 270	245- 260	255
3,5	845- 887	850 - 885	868	883	853	30	35	42	240- 267	245- 255	253

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3,8	851- 893	855- 890	872	887	858	29	35	42	239- 264	245- 255	252
4,0	859- 901	860- 895	874	889	860	29	35	42	239- 263	245- 255	251

З таблиці 1.2 витікає, що отримання підкату зі сприятливою мікроструктурою по всій довжині прокату на тонких штабах практично неможливо – це пояснюється значно меншою ніж 850°C (до 780°C) температурою кінця прокатки.

Автор роботи [7] вказує, що рівномірна структура поперек гарячекатаних штаб формується лише після деформації при температурі аустенітної області (850°C). Якщо завершувати прокатку підкату товщиною 2,7 мм при середній температурі кінця прокатки, ефективність отримання сприятливої мікроструктури забезпечується головним чином при товщині підкату 2,7 мм і більше. Зменшення товщини підкату до 2,0 мм призводить до зниження середньої температури кінця гарячої прокатки та значного перепаду температур по довжині підкату. Це спричинює формування дрібнозернистої структури з нерівномірними за розміром зернами фериту. В результаті, підкат товщиною 2,0 мм характеризується високою межею плинності (310 МПа), великою різницею значень границіплинності переднього (274 МПа) та заднього (343 МПа) кінців рулону та низькою пластичністю.

Важливо відзначити, що стандарт [8] передбачає деяке збільшення границі плинності для тонких холоднокатаних штабів залежно від їх товщини:

а) якщо товщина холоднокатаного прокату менше чи рівна 0,7 мм (відповідає гарячекатаному підкату 2,5 мм на ПАТ «Запоріжсталь») та більша ніж 0,5 мм (відповідає гарячекатаному підкату 2,0 мм на ПАТ «Запоріжсталь») верхня границя плинності збільшується на 20 МПа;

б) для товщини рівної або менш ніж 0,5 мм границя плинності може бути збільшена на 40 МПа.

Теоретичні відомості підтверджуються і на практиці якщо порівняти існуючі режими гарячої прокатки і відпалу на ПАТ «Запоріжсталь» з режимами аналогічних заводів, де ця технологія вже освоєна [9,10] Дані були взяті з технологічних інструкцій цих заводів і наведені в загальній таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Порівняння режимів гарячої прокатки і змотування різних марок сталі (гарячекатаного підкату для виробництва холоднокатаного прокату) на різних заводах [9,10].

Завод	Марка сталі, НД, призначення	Товщина прокату, мм	Температура кінця прокатки, °C			Температура змотування, °C		
			мін	макс	опт	мін	макс	опт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АрселорМітталТеміртау, для ЛПЦ-2 з відпалом у ковпакових печах	08кп,пс, [11]	2-2,29	840	880	860	550	600	575
		2,3-5,0	860	900	880	550	600	575
	DX51D [8]	2-2,29	840	880	860	550	600	575
		2,3-5,0	850	890	870	550	600	575
	08Ю, 08кп,пс [11]	2-2,29	840	880	860	550	600	575
		2,3-5,0	860	900	880	550	600	575
	08Ю СВ, 08ЮОСВ, 08Ю	2,3-2,49	860	900	880	560	600	580
		2,5-4,5	87	910	89	56	600	58

	ВГ,08пс ВГ,08кп ВГ		0		0	0		0
АрселорМітталТемірта у, для ЛПЦ-3 з відпалом у ковпакових печах	DX51D [8]	2,3-3,0	86 0	900	88 0	65 0	680	66 5
	08Ю, 08кп,пс [11,12]	2,3-3,0	86 0	900	88 0	65 0	680	66 5
АрселорМітталТемірта у, для ЛПЦ-3 з відпалом в агрегаті безперервного відпалу	DX51D [8]	2,3-3,0	86 0	900	88 0	70 0	740	72 0
	08Ю, 08кп,пс [11,12]	2,3-3,0	86 0	900	88 0	70 0	740	72 0

Кінець таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЧАТ «ММКІ»	08кп,пс по [11,12] DX51D [8]	До 2,0 вкл	800	880		560	620	
		2,1-3,9	820	880		600	650	
ПАТ Запоріжсталь	08 кп,пс[12]	2-2,4	Не менше 790			530	580	555
		2,5-2,9	850	880		530	580	555
		3,0-3,9	860	900		530	580	555
		4,0	860	900		530	580	555
	08Ю [12]	2-2,4	Не менше 830			540	600	570
		2,5-2,9	Не менше 850			540	600	570
		3,0-4,0	Не менше 860			540	600	570
	08пс для емалювання[13]	2,0-2,4	Нм 790			Без охолодження		
		2,5-3,0	850	880		Без охолодження		
	08кп,пс підкат для жерсті [14]	2,0-2,3	790	850		500	550	525
		2,1-3,9	820	880		600	650	

З даних, наведених у таблиці 1.3, можна зробити такі висновки за режимами кінця прокатки і змотування "АрселорМітталТеміртау":

а) для ЛПЦ-2 температура змотування сталі 08кп,пс і DX51D з хімічним составом згідно EN 10346[15] практично однакова - 575⁰С і 580⁰С відповідно;

б) для г/к підкату з призначенням на х/к з відпалом в ковпакових печах ЛПЦ-3 температура змотування становить 665⁰С проти 575⁰С з призначенням на відпал в ЛПЦ-2;

в) для гарячекатаного підкату, який призначений для холодного катання та відпалу в агрегаті безперервного відпалу, виявлено, що температура змотування збільшена і складає 720⁰С, що значно вище порівняно з температурою 575⁰С при відпалі в ковпакових печах ЛПЦ-2. Ймовірно, це пояснюється тим, що в агрегаті безперервного відпалу смуга проводить менше часу під час гарячого оброблення, що достатньо для рекристалізації, але недостатньо для досягнення необхідного рівня границі плинності;

г) температура завершення прокатки для сталі марки DX51D при використанні різних методів відпалу, таких як в ковпакових печах і автоматизованому нормалізуючому обладнанні (АНО), практично однакова і рухається в границях від 860°C до 880°C в ковпакових печах ЛПЦ-2. Для гарячекатаного підкату, який призначений для подальшого холодного катання та відпалу в агрегаті безперервного відпалу, температура кінця прокатки становить 880°C.

Також з таблиці 1.3, можна зробити висновки за режимами кінця прокатки і змотування ПАТ "Запоріжсталь":

а) змотування без охолодження відповідає фактичній температурі змотування на тонкому прокаті 2,0 мм - 590°C, 2,2 мм - 600°C, 3,0 мм - 660°C, 3,5 мм - 660°C – дані взяті з фактичних діаграм температур змотування ПАТ «Запоріжсталь».

б) підкат для бляхи змотується при найнижчій температурі змотування - 525°C, при цьому границя плинності не регламентується. Для гарячекатаного підкату, призначеного для подальшого холодного катання та відпалу в ковпакових електропечах, встановлено, що змотування відбувається без охолодження. Сталь марки 08кп,пс змотується при температурі 555°C, а для 08Ю ця температура становить 570°C. Підкат сталі марки 08пс для емалювання змотується без охолодження, хоча границя плинності для цієї марки в холоднокатаному прокаті не регламентується. Цей режим змотування для 08пс під емалювання розроблено раніше для досягнення показника "наводнювання" та усунення дефекту "риб'яча луска" на емальованому посуді. Раніше проведені дослідження підтвердили суттєвий вплив температури змотування на цей дефект. Навіть внесені зміни в товщину гарячекатаного підкату під час холодного прокату тонких профілів були впроваджені для підвищення температури змотування.

1.3 Вплив холодної прокатки та відпалу на механічні властивості

Ще одним важливим чинником, який впливає на межу плинності, є режим рекристалізаційного відпалу холоднокатаного прокату. Під час цього процесу формується кінцева мікроструктура, що визначає механічні властивості матеріалу.

Після холодної прокатки холоднокатаної сталі нагрівають до температур, близьких до точки A_{c1} , з належною тривалістю витримки при цій температурі. Під час нагрівання і витримки відбувається рекристалізація металу, утворюються нові рівновісні зерна, що визначає структуру відпаленої сталі. Вона має складатися з основної феритної маси, в якій розчинені дрібнісферодизовані частинки цементиту.

Розмір зерна фериту після рекристалізації залежить від хімічного складу, чистоти металу, температури відпалу, часу відпалу, часу витримки при цій температурі, розміру природного зерна та ступеня деформації. Температура рекристалізації також залежить від ступеня деформації, і чим менший ступінь деформації, тим вища температура рекристалізації.

Вплив температури відпалу на змінення границіплинності можна спостерігати на рисунку 1.2.

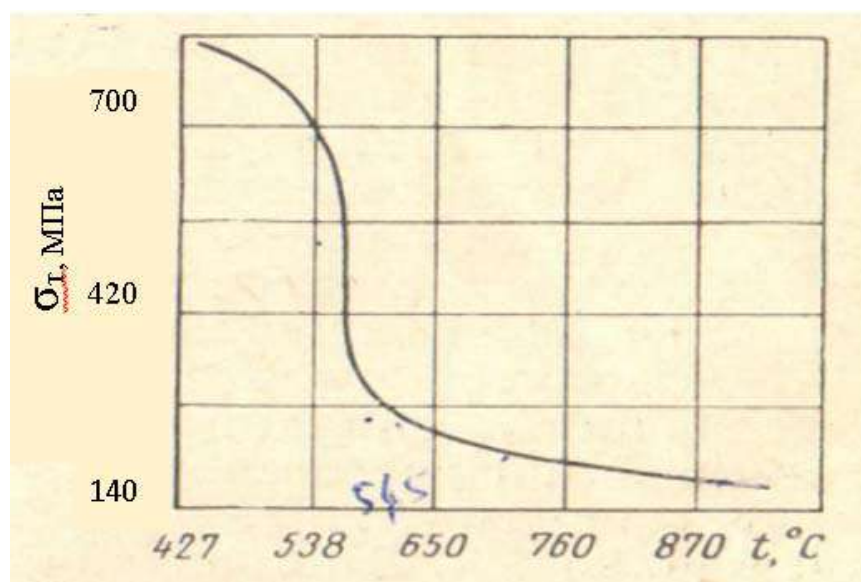


Рисунок 1.2 - Вплив температури відпалу на змінення границі плинності [1]

Встановлено, що для нагріву низьковуглецевої холоднокатаної сталі необхідно підвищити температуру від 540°C до 600°C. При температурі відпалу 600°C рекристалізація повністю відбувається протягом 2 годин. Тривалість витримки при інших однакових умовах дає той же результат, що і підвищення температури відпалу. При однаковому ступені деформації та температурі відпалу 700°C рекристалізація відбувається за 5 хвилин.

На практиці при відпалі холоднокатаного металу в стопах із рулонів основний час витрачається на прогрів великих мас металу та його охолодження. Оптимальна пластичність досягається при температурі відпалу в границях 680-700°C. Таким чином, ступінь рекристалізації є функцією температури відпалу та часу, які тісно пов'язані.

Зауважимо, що підвищення температури відпалу вище 720°C призводить до зростання твердості, що може бути пояснено впливом поліморфних перетворень.

При цьому важливо зазначити, що границя плинності значно змінюється в залежності від вмісту вуглецю при температурі відпалу 640°C в порівнянні з температурою відпалу 690°C. Ця залежність представлена в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Зміна границі плинності при відносному обтисненні 50% в залежності від вмісту вуглецю та температури відпалу [1]

Температура відпалу, °C	Границя плинності, σ_t , МПа, сталі з різноманітним вмістом С, %				
	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
1	2	3	4	5	6
640	225	260	300	330	350
690	200	220	230	260	270

Зі збільшенням загального обтиснення під час холодного прокату погіршується якість структури та механічні властивості сталі. В сучасних умовах холодного прокату використовують обтиснення у границях 50-75%. Оптимальні властивості досягаються при обтисненні 40-50%. Однак таке обтиснення часто не досягається, оскільки вимагає тонкого гарячекатаного підкату, що неможливо отримати на стані гарячої прокатки

Велике зниження границі плинності для сталі марки DX51D було досягнуто завдяки підвищенню температури відпалу до 850°C і вивченню мікроструктури отриманого прокату. При цій температурі відпалу відзначено значний ріст розміру зерна до 18 мкм у діаметрі. Дуже цікавий факт полягає в тому, що відпал при температурі 850°C протягом 30 хвилин зменшив межу плинності сталі DX51D до 127 МПа. Однак подальше збільшення часу відпалу до 60 хвилин і більше, навпаки, підвищує межу плинності до 200 МПа.

Аналіз результатів досліджень мікроструктури показав, що ріст зерна відбувається в перші 15 хвилин термічної обробки. Варто зазначити, що ці дослідження проводилися на дуже тонких холоднокатаних зразках товщиною 50 мкм.

З іншого боку[10], висока швидкість нагріву призводить до погіршення пластичних властивостей. У випадку сверхшвидкого відпалу при температурах 730°C і 760°C на низьковуглецевій сталі використовувалися різні швидкості нагріву від 200 до 1200 градусів за секунду. Така швидкість нагріву не є характерною для ковпакових печей відпалу і більше підходить для теоретичних досліджень. Наприклад, для зразка, нагрітого до 730°C із швидкістю 6000°C/сек, була досягнута більша твердість, міцність та пластичність завдяки формуванню

бімодальної мікроструктури з різними розмірами зерен. Відпал із швидкістю нагріву $200^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ та $1000^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ призвело до повністю рекристалізованих та нерекристалізованих структур відповідно. Мікроструктури сталі після відпалу з різною швидкістю нагріву представлені на рисунку 1.4. Відпал із швидкістю нагріву $2000^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ до температури 730°C призводить до повного подрібнення зерен фериту, оточеного мікросферодизованим перлітом. При швидкості нагріву $6000^{\circ}\text{C}/\text{сек}$ утворюється бімодальна мікроструктура, яка складається з мікро- та макрозерен (рис. 1.4 б).

Аналогічну залежність границі плинності від температури відпалу отримали також автори роботи [16].

Зауважимо, що автор роботи [17] також вказує на те, що збільшення тривалості витримування в інтервалі температур відпалу має аналогічний вплив на стан сталі, як і підвищення температури.

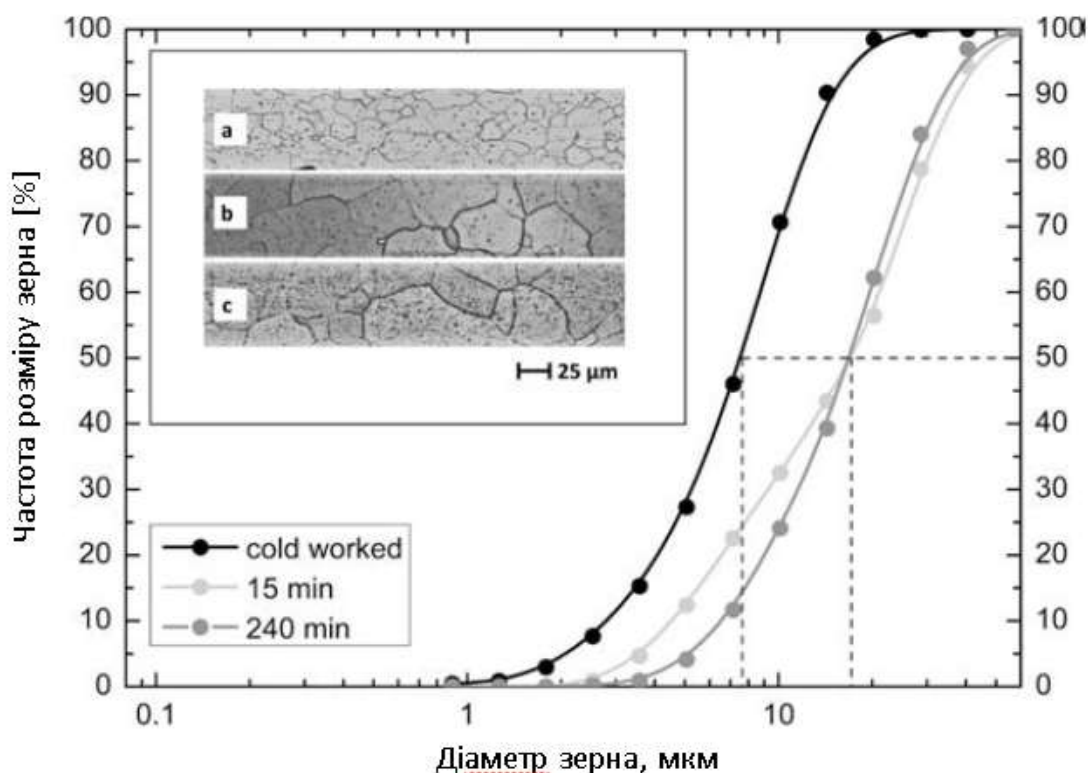


Рисунок 1.3 – Залежність величини зерна від температури відпалу [2]

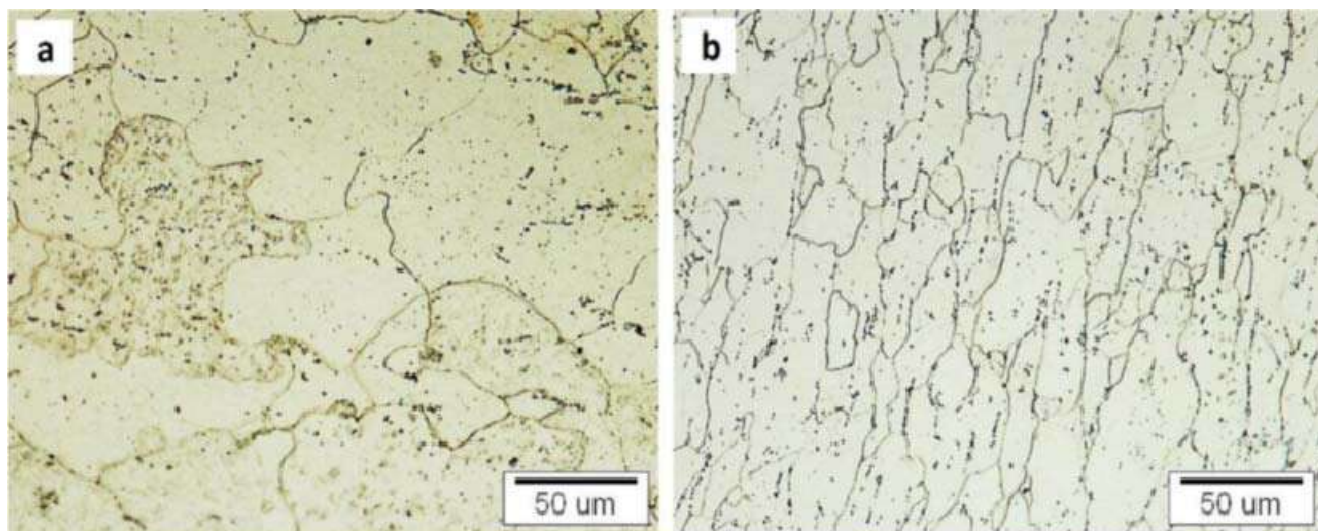


Рисунок 1.4 - Мікроструктури сталі після відпалу з різною швидкістю нагріву [2]

Був також проведений порівняльний аналіз режимів відпалу різних заводів для виявлення параметрів, які впливають на механічні властивості. Дані були взяті з технологічних інструкцій цих заводів [18, 19, 20 та 21] і зведені в загальну таблицю 1.5. Для прикладу візьмемо режими відпалу прокату шириною до 1000 мм товщиною 1,0 мм вагою рулону до 16 тон.

Таблиця 1.5 – Порівняння режимів відпалу різних заводів [18, 19, 20 та 21]

Марка сталі	Загальний час нагріву, год	Тривалість витримки, год	Температура витримки, °C	Примітка
1	2	3	4	5
Режими відпалу сталі марки 08кп,пс та її аналогів на ММКІ				
08кп, пс по ГОСТ 9045[12], DX51D EN 10130-2006[8]	26	10	700	В садці 3 рулона
08кп, пс по ГОСТ 9045[12], DX51D EN 10130-2006[8]	30	11	700	В садці 4 рулона
08кп,пс по ДСТУ 2834-94 [11]	23	9	720	В садці 3 рулона
08кп,пс по ДСТУ 2834-94 [11]	26	10	720	В садці 4 рулона
08кп,пс на штабу (обручку) по ГОСТ 9045-93[12]	15	5	650	В садці 2 рулона
08кп,пс на штабу (обручку) по ГОСТ 9045-93 [12]	21	7	650	В садці 3 рулона

Режими відпалу на АрселорМітталТеміртау в ковпакових печах в ЛПЦ-2.				
08Ю, 08ЮР СВ, ОСВ ГОСТ 9045-93 [12], DC03, DC04 EN 10130-2006 [8]	61	19 24	550 700	
08кп, пс ГОСТ 9045-93 [12], DX51D EN 10130-2006[8]	37	16	690	
08кп, псДСТУ 2834-94 [11]	32	11	690	
08кп, псГОСТ 9045-93 [12]	34	16	420	
08кп, псДСТУ 2834-94 [11], Г,Н	21	6	660	
08кп, пс ГОСТ 9045-93[12], ТУ 14-479-2000 (08пс эмаль)[13]	24	6	680	
08Ю ГОСТ 9045-93[12]	30	420 – 3ч 570 – 5ч 670 - 17ч	670	

З наведеної таблиці 1.5 можна зробити такі висновки:

а) механічні властивості сталі під час відпалу можна регулювати за допомогою трьох основних параметрів: температури витримки, тривалості витримки та загальної тривалості відпалу. Температура витримки вказує на температуру, до якої підігріта сталь і утримується при цій температурі протягом певного часу. Тривалість витримки визначає, як довго сталь утримується при визначеній температурі. Загальна тривалість відпалу є сумою часу нагріву, тривалості витримки та часу охолодження.

Регулюючи ці параметри, можна досягти різноманітних механічних характеристик сталі, таких як міцність, пластичність і твердість. Відпал дозволяє контролювати структуру і властивості матеріалу, що важливо при виробництві сталевих виробів для різних застосувань;

б) на металургійному комбінаті (ММКІ) проводили відпал сталі марки DX51D згідно зі стандартом EN 10130-2006[8]. Відпал включав утримання сталі при температурі 700°C протягом 11 годин. Для порівняння, сталь марки 08кп,пс відпалювали згідно з ДСТУ 2834-94[11] з витримкою 10 годин і температурою 720°C. Важливо відзначити, що режим відпалу для 08кп,пс за ГОСТ 9045-93 [12] та DX51D за EN 10130-2006[8] був однаковим. Це означає, що обидві сталі

піддавалися аналогічній термічній обробці з метою досягнення певних механічних характеристик чи структури;

в) на Арселор Міттал Теміртау проводять відпал сталі марки DX51D згідно зі стандартом EN 10130-2006[8]. Відпал включає утримання сталі при температурі 690°C протягом 16 годин. Для порівняння, сталь марки 08кп,пс відпалюють за ДСТУ 2834-94[11] з витримкою 11 годин та при температурі 690°C. Важливо відзначити, що режим відпалу для 08кп,пс за ГОСТ 9045-93 [12] та DX51D за EN 10130-2006 [8] ідентичний. Це означає, що обидві сталі піддаються однакової термічній обробці з метою досягнення певних механічних характеристик чи структури;

г) На ПАТ "Запоріжсталь" проводять відпал сталі марки 08кп,пс згідно з різними стандартами, такими як ГОСТ 9045-93[12], ТУ 14-479-2000 [13](для 08пс емаль) і ДСТУ 2834-94[11]. Для 08кп,пс за ГОСТ 9045-93 [12] та ТУ 14-479-2000[13], витримка триває 6 годин, а температура основної витримки становить 680°C. Для 08кп,пс за ДСТУ 2834-94[11] витримка також триває 6 годин, але температура основної витримки менша і становить 660°C;

д) Постачання прокату сталі марок 08кп і 08пс за ГОСТ 9045-93[12] порівняно з ДСТУ 2834-94[11] відрізняється здебільшого вищими вимогами до глибини лунки за Еріксоном, тобто необхідністю надання більших пластичних властивостей металу за ГОСТ 9045-93[12].

1.4 Вплив технологічних параметрів дресирування на механічні властивості прокату

Важливий фактор, що впливає на межу текучості, - це температура охолодження рулонів перед дресируванням. Якщо метал не охолоджується достатньо перед цим процесом, це може викликати інтенсивне старіння зі значним погіршенням механічних властивостей. Наприклад, збільшується

границя текучості та твердість, але незначно збільшується границя міцності та подовження (табл. 1.6).

При недостатньому охолодженні також може спостерігатися ріст твердості та зменшення лунки за Еріксоном.

З іншого боку, при дресируванні границяплинності знижується, відносно подовження зменшується, твердість може слабо зростати, а лунка за Еріксоном зменшується.

Важливо відзначити, що границя міцності практично не зменшується при дресируванні. Вивчено багато досліджень [22,23], які показали, що найбільше зниження границі текучості спостерігається при дресируванні киплячої та полуспокійної сталі відбувається при обтисненні 1%; твердість при цьому незначно зростає.

Таблиця 1.6 – Вплив температури при дресируванні листів товщиною 1 мм зі сталі марки 08кп з обтисненням 1% на їх механічні властивості [22]

Температура, °C	Границяплинності, σ_t , МПа	Границя міцності, σ_b , МПа	Відносне видовження, δ , %	HRB 30/100
20	205	340	47	45
	205	340	47	45
80	294	365	44	54
	295	358	44	51
До дресирування				
-	260	333	49	44
-	260	333	46	44

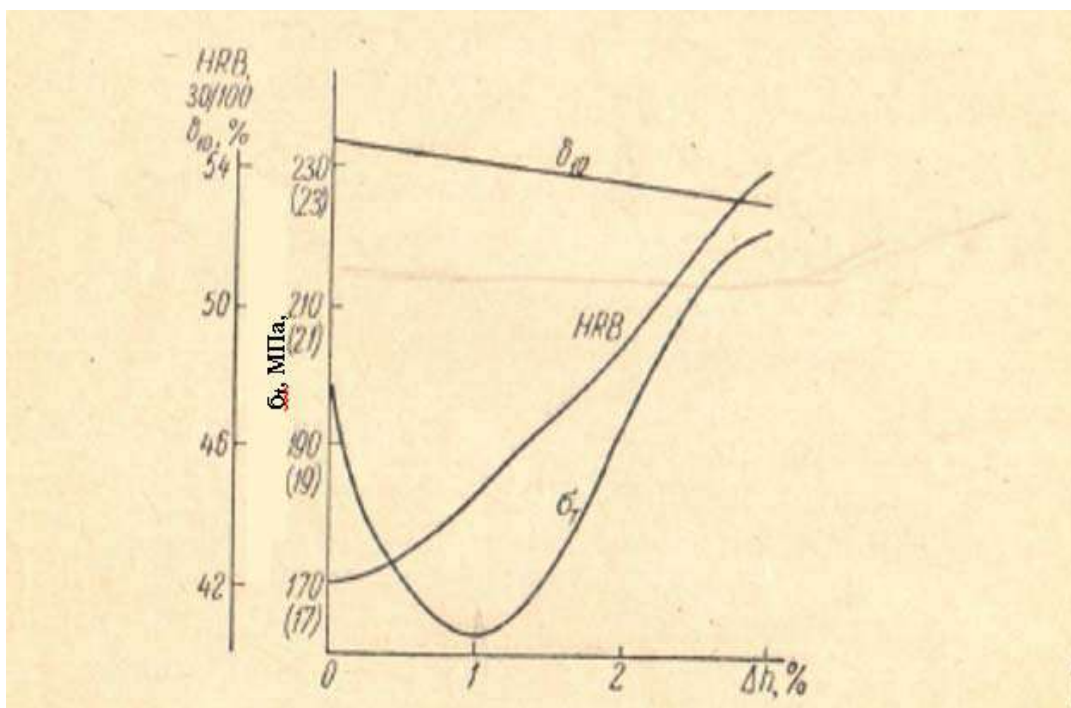


Рисунок 1.5 - Зміна механічних властивостей сталі марки 08Ю в залежності від ступеня обтиснення при дресуванні[22]

Майданчик плинності на кривих розтягнення зникає також при обтисненні на рівні 1%, а лінії зсуву на поверхні розтягнутих зразків не виникають при обтисненні менше 0,7%. Оскільки виробничі умови роблять важким точне утримання обтиснення на рівні 1%, встановлюють межу обтиснень. На рисунку 1.5 надана динаміка зміни механічних властивостей сталі 08Ю в залежності від ступеня обтиснення при дресуванні.

На рисунку 1.6 показаний характерний вид кривих розтягнення зразків, дресированих з різними обтисненнями.

Зміна границі текучості залежно від ступеня обтиснення при дресуванні може пояснюватися так: при розтягненні зразків із відпаленою і недресированою сталі, спочатку для початку пластичної деформації потрібен відстріл дислокацій з хмар по всій товщині листа. Напруження, яке виникає в цьому процесі, відповідає верхньому значенню границі текучості металу із відпаленою структурою.

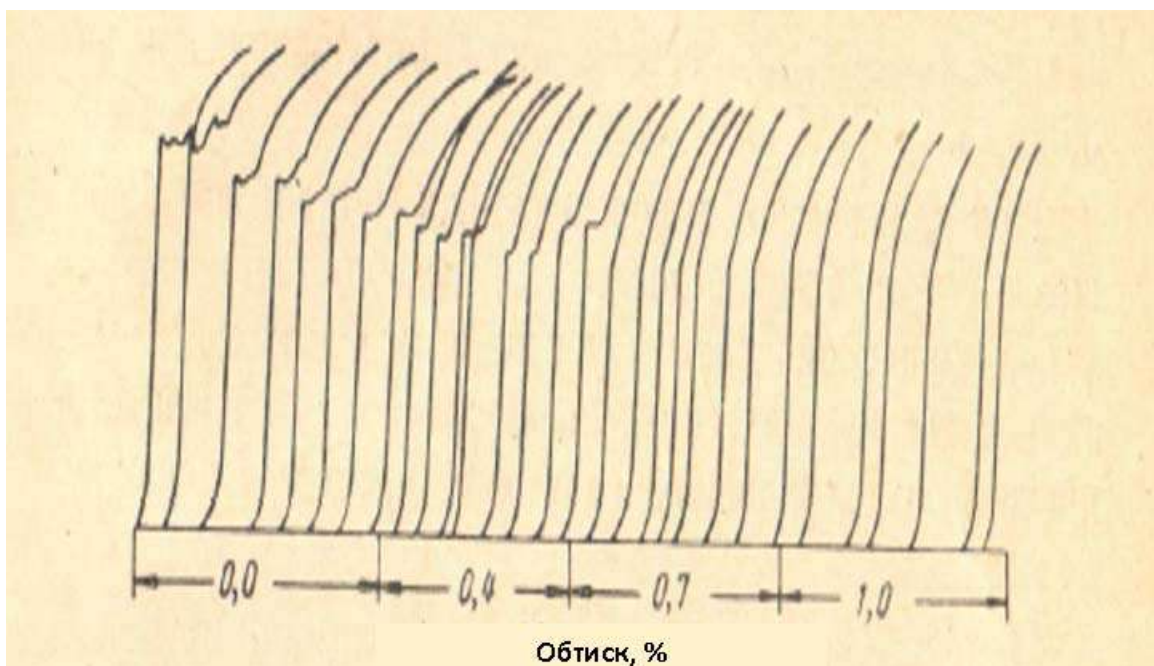


Рисунок 1.6 - Криві розтягнення зразків, дресированих з різними обтисненнями [22]

Кількість та розподіл дислокацій визначають можливість повного використання пластичних властивостей металу. При дресуванні з обтисненням 0,5% в поверхневих шарах листа відбувається відрив дислокацій, що призводить до зменшення границі плинності, тобто середнього напруження, необхідного для початку пластичної деформації при розтягненні. Зі збільшенням обтиснення до 1% відбувається подальше вивільнення дислокацій в глибоких шарах, але в той же час зміцнюються поверхневі шари, які зазнали більшої деформації. Це призводить до згасання зниження границі плинності при розтягненні.

При подальшому збільшенні обтиснення вирішальний вплив на криву розтягнення набуває фактор зміцнення. Навіть при тому, що деформація ще не охопила всю товщину листа і триває відрив дислокацій у глибоких шарах металу, зміцнення поверхневих шарів стає настільки інтенсивним, що середнє напруження по зрізу, необхідне для початку пластичної деформації, зростає, а отже, границя плинності збільшується.

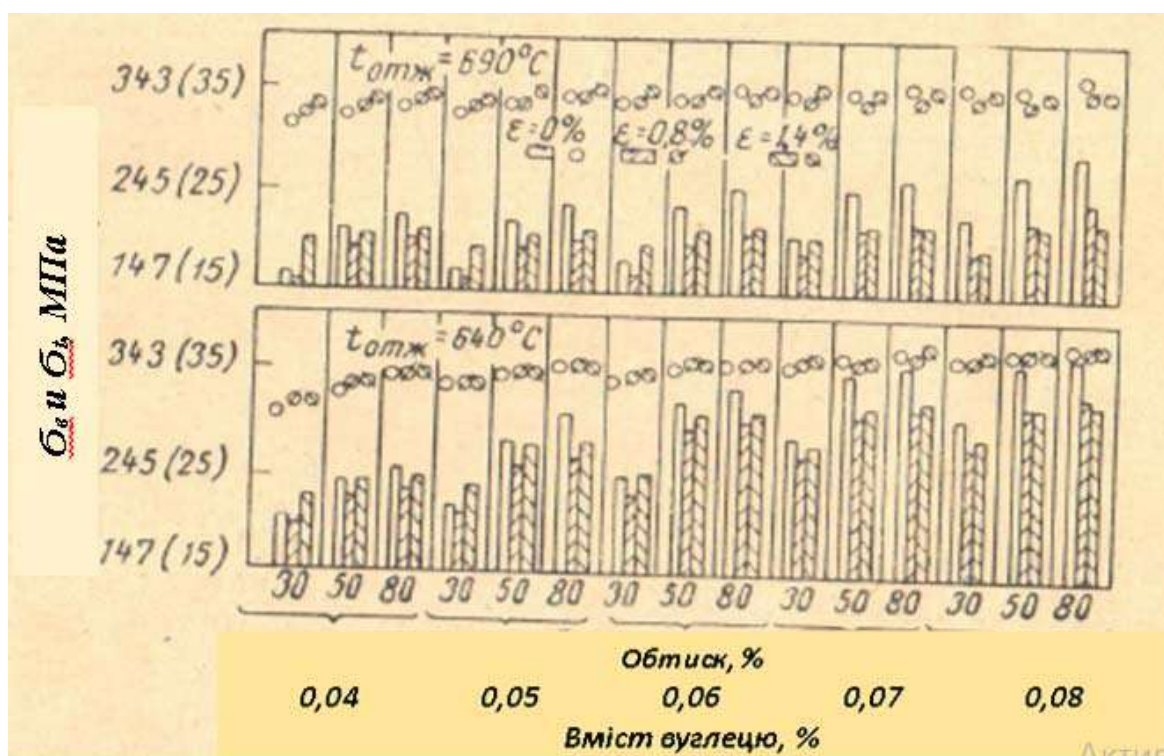


Рисунок 1.7 - Зміна механічних властивостей сталі марки 08Ю, після прокатки з обтисненням 30, 50 та 80%, відпалу при температурі 640 та 690°C і продресованої з обтисненням 0,8 та 1,4% в залежності від вмісту вуглецю[22]

Механічні властивості дресированої сталі в значній мірі залежать від хімічного складу матеріалу. Зокрема, зі збільшенням вмісту вуглецю, навіть в границях однієї марки сталі, спостерігається зміна механічних характеристик при дресированні при однаковому обтисненні (див. рис. 1.7).

З рисунку видно, що зі збільшенням вмісту вуглецю границя плинності значно зростає незалежно від режиму відпалу. Для сталей з вмістом вуглецю від 0,06% до 0,07% рекомендується застосовувати дресировання з обтисненням 0,8%, при цьому границя плинності зменшується більше, ніж при дресированні з обтисненням 1,4%. У окремих випадках дресировання з обтисненням 1,4% може призводити навіть до підвищення границі плинності порівняно з межею плинності відпаленої сталі. Для сталей із вмістом вуглецю 0,08% використання високого обтиснення при дресированні є більш доцільним, оскільки воно призводить до більшого зниження границі плинності, ніж при обтисненні 0,8%. У промислових умовах ПАТ «Запоріжсталь» для досягнення необхідних механічних властивостей

застосовують обтиснення в діапазоні від 0,8% до 1,2% [24], бо це оптимальний діапазон який враховує мінливість хімічного складу по довжині штаби та від плавки до плавки (найбільш поширений вміст вуглецю – 0,08-0,09% по ковшовій пробі).

1.5 Висновки та постановка задачі дослідження

В ході наступної роботи пропонується проведення низки експериментів з метою вибору найбільш оптимальних технологічних термічної обробки, які б гарантували механічні властивості холоднокатаного прокату відповідно до EN 10130-2006.

Оптимізація режимів відпалу прокату визначається з метою отримання необхідного комплексу механічних властивостей при мінімізації витрати природного газу, що набуває особливої актуальності в сучасних умовах. Основними параметрами відпалу будуть температура основної витримки та час витримки, які, зазвичай, в основному впливають на зниження границі плинності при їх збільшенні.

Реалізація проекту буде вимагати взаємодії спеціалістів Центру випробувань та атестації продукції ПАТ «Запоріжсталь» та працівників Цеху холодного прокату.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали, що використовувались в дослідженні

Хімічний склад сталі, що використовувалась у даному дослідженні наведено у таблиці 2.1. Хімічний склад сталі DX51D відповідно DX51DEN 10346[15]

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі для проведення досліджень

Марка	НД	Масова доля хімічних елементів, % не більше					
		C	Mn	S	P	Si	Ti
DX51D	EN 10346	0,18	1,2	0,045	0,12	0,5	0,3
	Протокол	0,1	0,55	0,03	0,025	0,03	-

2.2 Методики дослідження структури та властивостей

Механічні властивості прокату сталі DX51D визначались згідно ДСТУ EN 10002-1:2006 Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури[26] на стандартних зразках за допомогою універсальної машини для випробувань «AVERY».

Структуру зразків сталі досліджували за допомогою мікроскопу OLYMPUS GX 51 згідно ДСТУ ISO 643:2009 Мікрографічний метод визначення видимого розміру зерна[27], а вміст неметалевих включень згідно ДСТУ ISO 4967:2017 Визначення вмісту неметалевих включень. Металографічний метод оцінювання за стандартними шкалами[28].

2.3 Розробка методики визначення чистоти поверхні листової сталі DX51D

З метою оцінки та узгодження показників поверхневих забруднень холоднокатаного відпаленого і продресованого прокату була розроблена оригінальна методика по визначенню масової долі жиркових та механічних забруднень на поверхні метала для вимогами споживача, яка наведена у Додатку А.

2.4 Вибір обладнання для проведення експериментальних відпалів

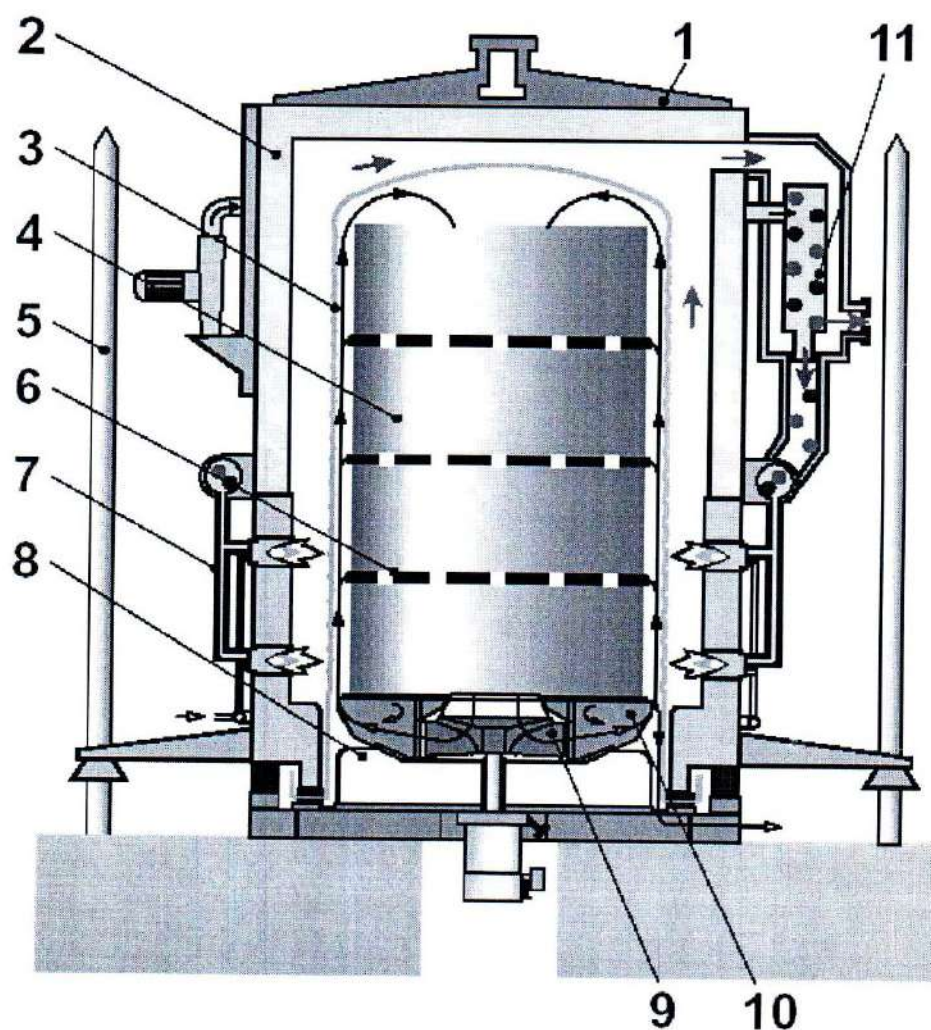
Виходячи з складу обладнання термічного відділення Цеху холодного прокату ПАТ «Запоріжсталь», для проведення експериментальних відпалів були обрані ковпакові печі фірми «EBNER» та газові ковпакові печі.

2.4.1 Основні характеристики висококонвективних ковпакових печей фірми «EBNER» (Австрія)

Для відпалу металу в середовищі сухого водню в термічному відділенні Цеху холодної прокатки встановлений блок печей фірми «EBNER».

Складовими частинами печі є нагрівальний ковпак, стенд, муфель, конвекторні кільця, охолоджуючий ковпак, вентильна стійка.

На рисунку 2.1 наведена схема ковпакової печі фірми «EBNER».



1 - корпус печі, 2 - футеровка, 3 - муфель, 4 - садка, 5 - напрямна стійка, 6 - конвекторне кільце, 7 - трубне розведення печі, 8 - стенд відпалу, 9 - стендовий вентилятор, 10 - напрямний апарат, 11 - рекуператор.

Рисунок 2.1 Схема ковпакової печі фірми «EBNER» [19]

Короткі технічні характеристики печі фірми «EBNER»:

- максимальна температура під муфелем - 750°C ;
- максимальна висота садки рулонів – 5600 мм;
- максимальний зовнішній діаметр рулонів, що відпалюються – 1700 мм;
- ширина полос рулонів – 800-1520 мм;
- максимальна вага рулонів, що відпалюються – 75т;
- витрата захисного газу (H_2) – $4,53\text{м}^3/\text{т}$;
- витрата природнього газу – $17,45\text{м}^3/\text{т}$;

- продуктивність річна - 14100т

До складу блока ковпакових печей входять:

- нагрівальних ковпаків – 10шт;
- стендів – 18шт;
- муфеля -18шт;
- вентильних стійок -18шт;
- охолоджуючі ковпаки повітряно-водяного охолодження -8шт.

Рекристалізаційному відпалу в колпакових печах піддають холоднокатаний метал завтовшки 0,36-2,5 мм марок сталі, що поставляються за чинними стандартами та технічними умовами.

2.4.2 Основні характеристики газових одностопних ковпакових печей

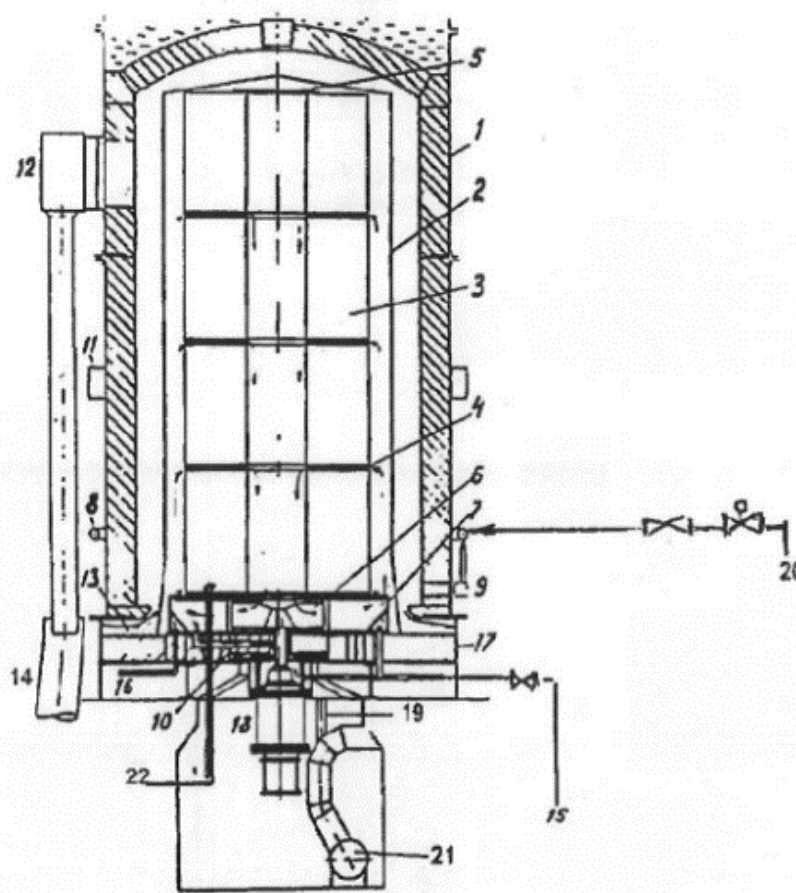
Технічні характеристики газової печі:

- максимальна температура під муфелем - 750°C;
- максимальна висота садки рулонів – 5200 мм;
- максимальний зовнішній діаметр рулонів, що відпалюються – 1700 мм;
- ширина полос рулонів – 800-1520 мм;
- максимальна вага рулонів, що відпалюються – 55т;
- витрата захисного газу (HNx) – 22,73 м³/т;
- витрата природнього газу – 26,82 м³/т;
- продуктивність річна – 5100 т.

До складу блока ковпакових печей входять:

- нагрівальних ковпаків – 10шт;
- стендів – 18шт;
- муфеля -18шт;
- вентильних стійок -18шт;

- охолоджуючі ковпаки повітряно-водяного охолодження -8шт.



1 - нагрівальний ковпак, 2 - муфель, 3 - стопа рулонів, 4 - конвекторне кільце, 5 - кришка, 6 - робоче колесо стенового циркуляційного вентилятора, 7 - напрямний апарат стенового циркуляційного вентилятора, 8 - газопровід природного газу, 9 - газовий пальник, 10 - байпас, 11 - повітряний колектор, 12 - повітряний ежектор, 13 - пісочний затвор, 14 - приймальний патрубок, 15 - підведення захисного газу, 16 - відведення захисного газу, 17 - стенд, 18 - електродвигун, 19 - підведення охолодної води газу, 21 - колектор підведення повітря, 22 - стендова термопара.

Рисунок 3.2 Схема газової одностопної ковпакової печі [15]

Рекристалізаційному відпалу в ковпакових печах піддають холоднокатаний метал завтовшки 0,36-2,5 мм вуглецевих (киплячі, напівспокійні спокійні) та низьколегованих марок сталі, що поставляються за чинними стандартами та технічними умовами.

На першому етапі була розроблена технологія термічної обробки для рекристалізаційного відпалу у високонвективних ковпакових печах фірми «EBNER» (Австрія), у яких в якості захисної атмосфери використовується водень (99,9995%). Режим термічної обробки розроблявся для сталі марки 08кп(пс), яка за хімічним складом є аналогом сталі марки DX51D.

Потім використання печей фірми «Ебнер» було припинено в зв'язку пожежонебезпечністю їх використання, та виникла необхідність розробки режимів відпалу рулонів марки DX51D в ковпакових газових печах.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ВІДПАЛУ ПРОКАТУ ІЗ СТАЛІ МАРКИ DX51D НА ЙОГО СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ

3.1 Вимоги споживача до прокату сталі марки DX51D

Споживачем прокату сталі марки DX51D були висунуті наступні вимоги до холоднокатаного відпаленого прокату:

У таблиці 3.1 наведено вимоги до механічних властивостей:

Таблиця 3.1 Вимоги до механічних властивостей стандарту EN та споживача

Марка	НД	Границя плинності, МПа	Границя міцності, МПа	Відносне видовження, %
DX51D	EN 10346	-	270-500	22
	Протокол узгодження	≤280	270-500	22

Чистота поверхні:

Загальна чистота поверхні прокату повинна бути не більше 500мг/м² з двох сторін. Методика визначення кількості забруднень на поверхні холоднокатаної сталі гравіметричним методом, розробленим спеціалістами Центр випробувань та атестації продукції ПАТ «Запоріжсталь».

Виходячи з вимог замовника до хімічного складу сталі, механічних властивостей та чистоти поверхні прокату, була обрана сталь 08кп(пс), вироблена за технологією для прокату з властивостями відповідно до вимог EN 10346.

3.2 Дослідження мікроструктури та неметалевих домішок у прокаті сталі марки DX51D

Перед початком експерименту щодо оптимізації режиму відпалу було досліджено метал, який надходить в цех холодної прокатки. Для вивчення структури металу, який приходить до Цеха холодного прокату ПАТ «Запоріжсталь», були відібрані зразки гарячекатаних рулонів сталі марки DX51D. Досліджуючи мікроструктуру металу були виявлені деякі внутрішні дефекти прокату, такі як силікати, оксиди та інші. На наведених нижче рисунках 3.1, 3.2 та 3.3, зроблених в Центрі випробовувань та атестації продукції ПАТ «Запоріжсталь» наведені приклади дефектів гарячекатаного прокату та його структура.

Після охолодження гарячекатаних рулонів їх передають до безперервного травильного агрегату, де рулони травляться в солянокислотних травильних розчинах при температурі 65-80°C. Після травління рулони промиваються демінералізованою водою та сушаться паром, а далі покриваються консерваційним мастилом або прокатним емульсолом в залежності від подальшого переділу рулонів. Така технологія дозволяє травленим рулонам не кородувати при зберіганні протягом двох діб.

Далі гарячекатані травлені рулони передаються до прокатного відділення, де на безперервному 4-х клітевому стані «Тандем» або на реверсивному стані «1680» у водоемульсійному середовищі проводиться їх холодна прокатка.

Приклади дефектів гарячекатаного прокату наведені у рисунках 3.1 та 3.2, структури г/к прокату на рисунку 3.3.

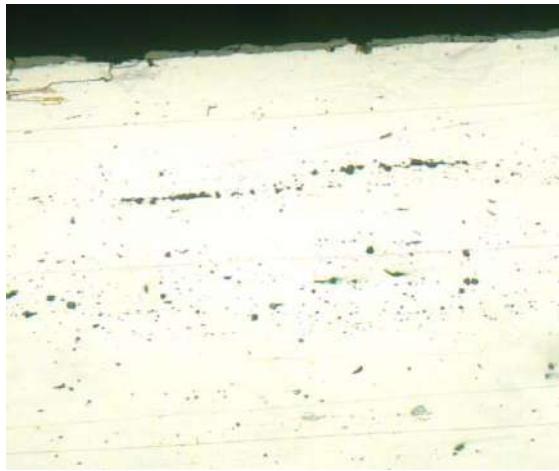


Рисунок 3.1- Оксиди балу 3б (збільшення $\times 100$)

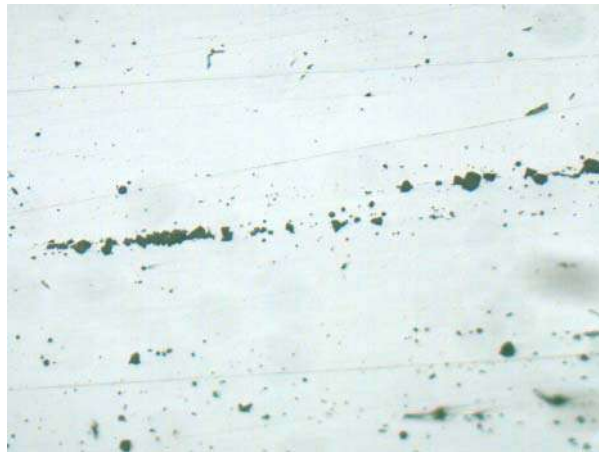


Рисунок 3.2- Оксиди балу 3б ($\times 110$)

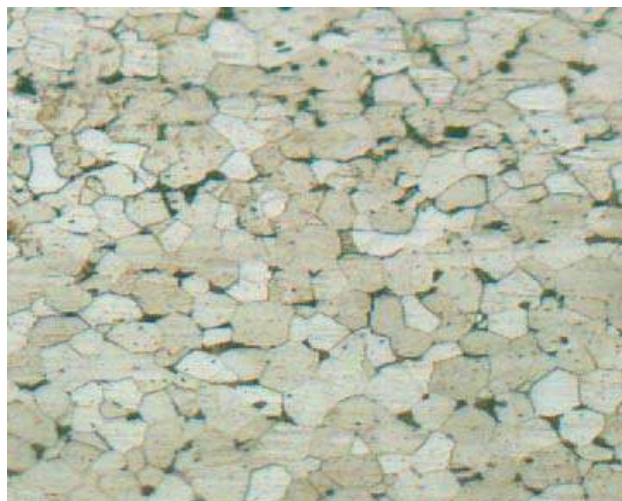


Рисунок 3.3 - Структура гарячекатаного прокату ($\times 200$)

Після охолодження гарячекатаних рулонів їх передають до безперервного травильного агрегату, де рулони травляться в солянокислотних травильних розчинах при температурі 65-80°C. Після травління рулони промиваються демінералізованою водою та сушаться паром, а далі покриваються консерваційним мастилом або прокатним емульсолом в залежності від подальшого переділу рулонів. Така технологія дозволяє травленим рулонам не кородувати при зберіганні протягом двох діб.

Далі гарячекатані травлені рулони передаються до прокатного відділення, де на безперервному 4-х клієвому стані «Тандем» або на реверсивному стані «1680» у водоемульсійному середовищі проводиться їх холодна прокатка.

Холодна прокатка рулонів відбувається на швидкості 7-8 метрів за секунду з сумарним обтиском до 75%. Дефекти та структура нагартованих рулонів наведені на рисунках 3.4-3.7.

Нагартовані холоднокатані рулони упаковуються металевими стрічками та передаються в термічне відділення.

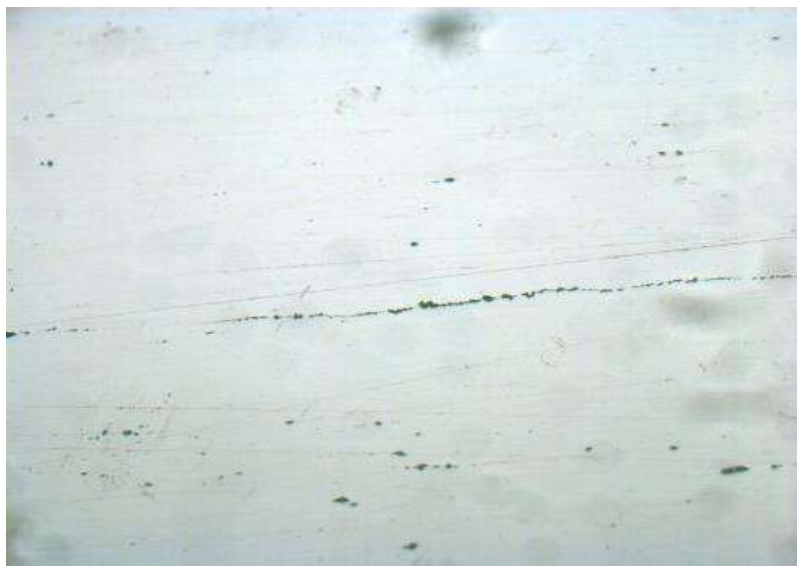


Рисунок 3.4- Строківі силікати балу 2б (×100)



Рисунок3.5- Структура холоднокатаного (нагартваного) прокату -
нерекрісталізоване зерно фериту - текстура ($\times 200$)



Рисунок3.6- Структура холоднокатаного (нагартваного) прокату -
нерекрісталізоване зерно фериту - текстура ($\times 200$)

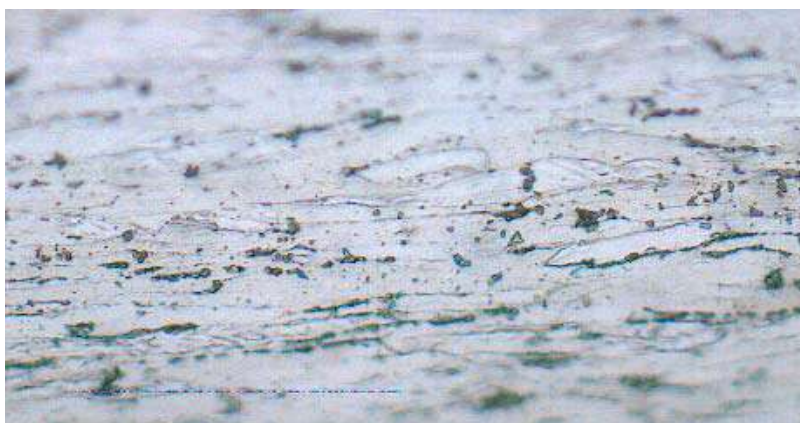


Рисунок3.7- Структура холоднокатаного (нагартваного) прокату -
нерекрісталізоване зерно фериту - текстура ($\times 200$)

В термічному відділенні холоднокатані рулони упаковуються по 4 або 5 штук в стопу (в залежності від ширини рулона), накриваються муфелем, потім нагрівальним ковпаком та починається їх термічна обробка – рекристалізаційний відпал. Дефект відпаленого прокату наведено на рисунку 3.8, а структура відпаленого прокату на рисунку 3.9.

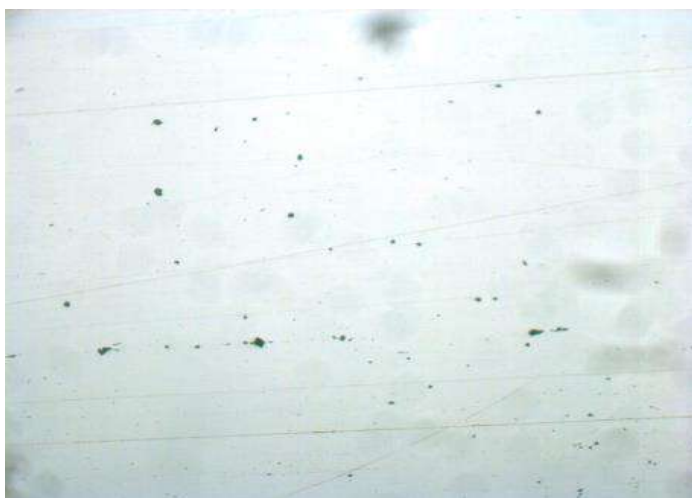


Рисунок 3.8 - Оксиди точкові 2а балу на холоднокатаному відпаленому прокаті ($\times 100$)



Рисунок 3.9- Структура відпаленого прокату – рекристалізоване зерно феррита ($\times 200$)

3.3 Технологія відпалу прокату

3.3.1 Режими рекристалізаційного відпалу у печах фірми «EBNER»

В печах фірми «EBNER» режими відпалу тонких та товстих холоднокатаних полос відрізнялися один від другого.

Розділення режимів термічної обробки за товщиною рулону спричинено зварюваністю витків рулонів для товщини 0,5 мм через чистоту поверхні, що не спостерігалось на товстому прокаті.

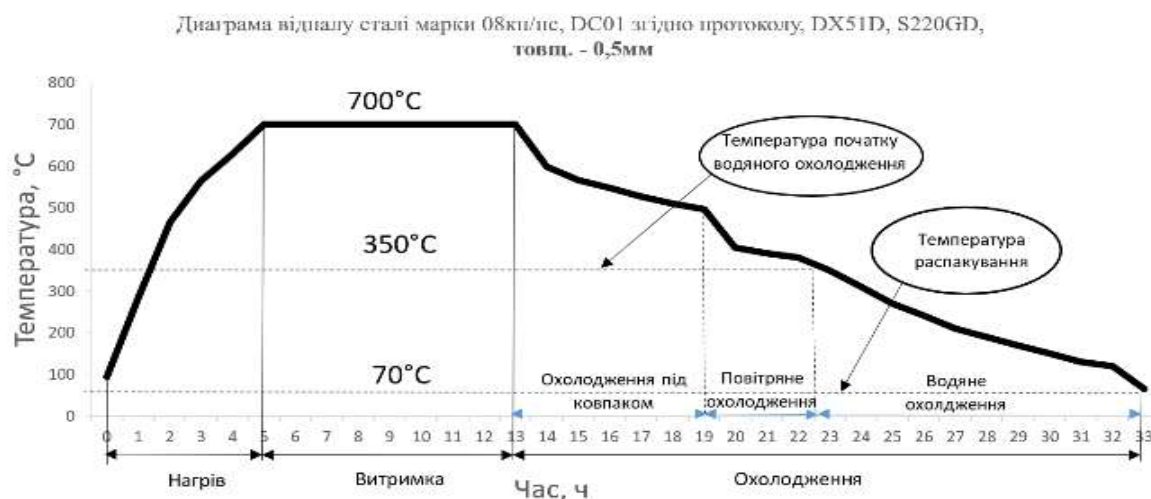


Рисунок 3.10 - Режим відпалу сталі марки DX51D для товщини 0,5 мм

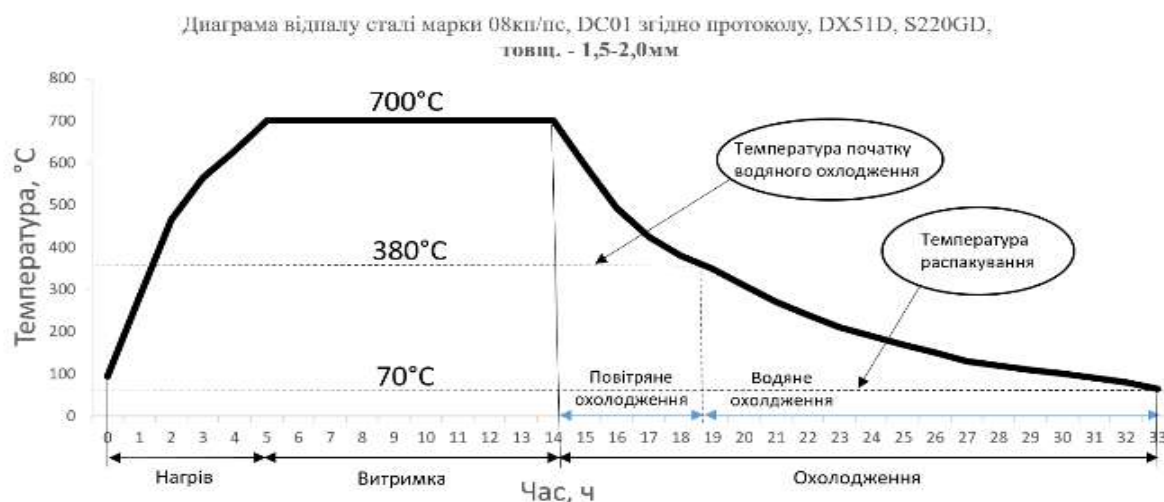


Рисунок 3.11 - Режим відпалу сталі марки DX51D для товщини від 1,5 мм до 2,0 мм

В таблиці 3.2 наведені режимі відпалу сталі марки DX51D для товщини 0,5 мм і 1,5-2,0 мм.

Після відпалу та охолодження рулонів проводилося їх дресирування з відносним обтисканням 0,8-1,2% [18], при цьому, для забезпечення категорії витяжки Н за ДСТУ 2834-94 дресирування рулонів сталі DX51D виконувалося при температурі 40°C.

Таблиця 3.2 – Режимі відпалу сталі марки DX51D на першому етапі в печах ф. «Ебнер» [16]

08кп/пс, DX51D, S220GD, DC01,				
Товщина, мм	0,5		≥1,5	
Параметри	ТІ	Факт	ТІ	Факт
Температура по термопарі, °C	700		700	
Час нагрівання, год	5	6-9	5	6-9
Час витримки (розраховується автоматично), год	-	6-10	-	8-12
Час охл. під нагр. ковпаком, год	6	6-10	0	1-3
Температура ядра в кінці нагрівання, °C	640		640	
Температура запуску водяного охолодження, °C	350		380	
Температура ядра в кінці нагрівання, °C	150		150	
Температура розпаковки, °C	-	≤75	-	≤75

Аналіз механічних властивостей отриманого прокату наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Механічні властивості прокату сталі DX51D, відпаленого у печах фірми «Ебнер»

Прокат сталі марки DX51D товщиною 0,5 мм			Прокат сталі марки DX51D товщиною більше 0,5 мм		
Границя плинності, σ_t , МПа	Границя міцності, σ_b , МПа	Відносне видовження, $\delta\%$	Границя плинності, σ_t , МПа	Границя міцності, σ_b , МПа	Відносне видовження, $\delta\%$
261	338	32	259	343	37
прокат сталі марки DX51D за EN 10346 із протоколом узгодження			≤280	270-500	не менше 22

Бал зерна, отриманого при відпалі – 9, 9-8згідно ДСТУ 8972, шкала 1.

При аналізі механічних властивостей зразків відпаленого та і продресованого прокату сталі марки DX51D у 2021 році, незадовільні механічні властивості відповідно вимогам НД та протоколу склали 1,3%, середяких границяплинності склали 1,1%, границя міцності 0,2%, відносне видовження – 0,07%. Загальна кількість партій що були досліджені склала 2030 зразків.

В результаті аналізу чистоти поверхні прокату сталі марки DX51D, відпаленої в захисному середовищі водню (в стані постачання – після дресирування), має наступні результати – Таблиця 3.

Таблиця3.4–Чистота поверхні прокату сталі марки DX51D, відпаленої у захисному середовищі водню

Середнямеханічна забрудненість, мг/м ²	Середня жирова забрудненість, мг/м ²	Загальна забрудненість, мг/м ²
217	67	284

Вимоги протоколу поставки прокатуспоживачу – забрудненість поверхні не більше 500мг/м².

Отримані результати зізначним запасом задовольняють вимоги до механічних властивостей сталі марки DX51D EN 10346 і додаткові вимоги споживача.

3.3.2 Режими рекристалізаційного відпалу у газових ковпакових печах

У зв'язку з початком бойових дій та високимрівнем пожежо- та вибухонебезпечністю станції виробництва водню, відпал рулонів в печах фірми «Ебнер»припинено, печі тимчасово законсервовані.

З метою задоволення вимог споживача до механічних властивостей та чистоти поверхні було розроблено режим відпалу холоднокатаних рулонів сталі марки DX51D у газових ковпакових печах з захисним HNx газом, при цьому розмежування режимів відпалу по товщинах не проводився, тобто рулони відпалювалися комплектно – у стопі рулонів однієї товщини. На рисунку 3.12 наведено типовий режим відпалу прокату сталі марки DX51D.

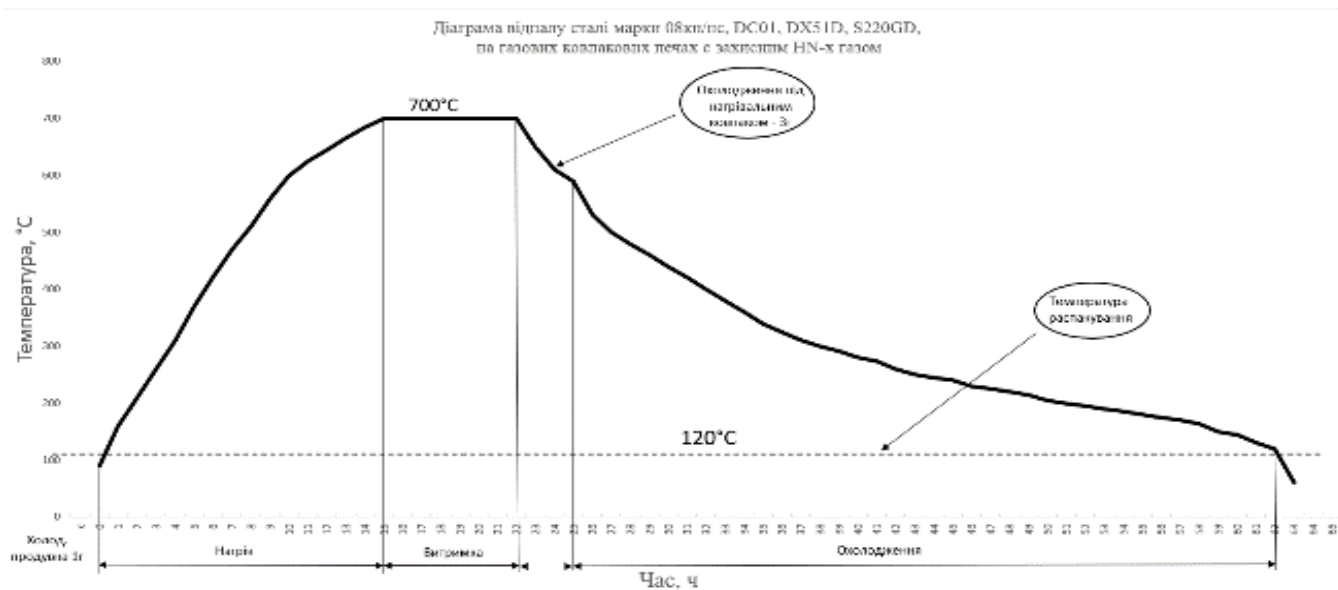


Рисунок 3.12 – Режим відпалу, що застосовується для низьковуглецевої якісної сталі марки DX51D

Для визначення механічних властивостей відбиралися зразки від нижніх рулонів кожного відпалу згідноіснуючої технології. Результати аналізу механічних властивостей наведено у таблиці 3.5.

Бал зерна відповідає 9, 9-8 балу згідно ДСТУ 8972, шкала 1.

При аналізі механічних властивостей зразків відпаленого та і продресованого прокату сталі марки DX51D у 2022-2023 роках, незадовільні механічні властивості вимогам НД та протоколу склали 1,2% з яких невідповідність границі плинності склали 0,9% та границі міцності 0,2%, відносне видовження - 0,1%.

Таблиця 3.5 – Механічні властивості сталі марки DX51D, відпаленої у газових ковпакових печах захисного H₂ газу

DX51D			
Механічні властивості	Границя пластичності, R _e , МПа	Границя міцності, R _m , МПа	Відносне видовження, A ₅ %
Середні значення	262	349	33
Сталь марки DX51D згідно EN 10346 та протоколом постачання	≤280	270-500	≥22

Таблиця 3.6 – Чистота поверхні прокату сталі марки DX51D, відпаленої в газових ковпакових печах захисного H₂ газу

Середня механічна забрудненість, мг/м ²	Середня жирова забрудненість, мг/м ²	Загальна забрудненість, мг/м ²
219	101	330

Отримані результати зі значним запасом задовольняють вимоги до механічних властивостей прокату сталі марки DX51D EN 10346 і додаткові вимоги споживача.

З метою зниження витрат природного газу при відпалі холоднокатаних рулонів сталі марки DX51D та збереження рівня механічних властивостей, було проведено дослідницьку роботу щодо можливості зниження температури та скорочення часу витримки рулонів під нагрівальним ковпаком газової печі.

Після отримання теоретичного обґрунтування можливості оптимізації відпалу, були проведені експерименти, а саме зниження температури відпалу з 700°C до 660°C, скорочення часу витримки з 7 до 6 годин та загального часу відпалу з 22 до 19 годин.

Відповідно до розробленого режиму, наведеному на рисунку 3.13 були зроблені дослідні відпали сталі марки DX51D на газових ковпакових печах, за результатами яких виявлено, що механічні властивості холоднокатаного прокату, відповідають вимогам НД та протоколу постачання.

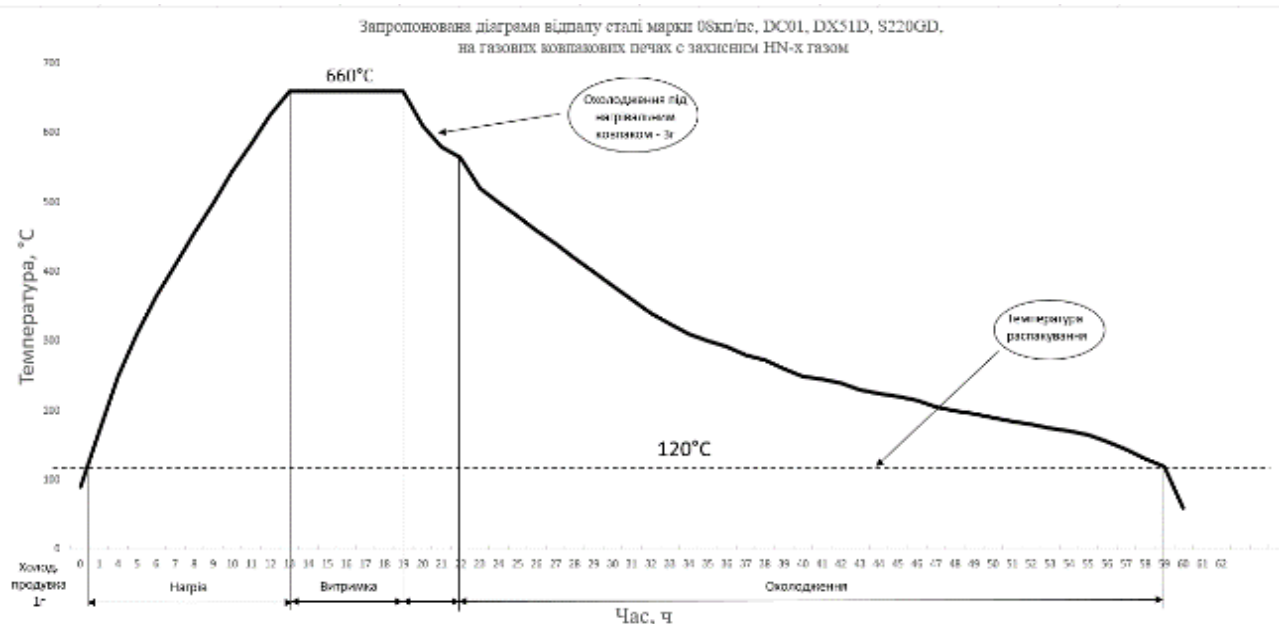


Рисунок 3.13 – Розроблений режим відпалу низьковуглецевої якісної сталі марки DX51D

Таблиця 3.6 – Механічні властивості сталі марки DX51D, відпаленої за оптимізованим режимом.

DX51D			
Механічні властивості	Границя плинності, σ_s , МПа	Границя міцності, σ_b , МПа	Відносне видовження, $\delta\%$
Середні значення	267	391	29
DX51D згідно EN 10346	≤ 280	270-500	не менше ≥ 22

В результаті оптимізованого режиму відпалу бал зерна відповідає 10-9, 9 згідно ДСТУ 8972, шкала 1.

Таблиця 3.7 – Чистота поверхні прокату сталі марки DX51D, відпаленої в газових ковпакових печах захисного HNX газу по режимам

Середня механічна забрудненість, мг/м ²	Середня жирова забрудненість, мг/м ²	Загальна забрудненість, мг/м ²
235	98	333

При аналізі механічних властивостей зразків відпаленого за оптимізованим режимом і продресованого прокату сталі марки DX51D, невідповідності вимогам НД та протоколу склали 1,0%, з них яких невідповідність границі плинності провали за меж плинності 0,8%, невідповідність границі міцності 0,1%, за відносним видовженням - 0,1%. Усього досліджено 357 зразків прокату.

Проведені випробування механічних властивостей прокату, відпаленого за оптимізованим режимом показали, що прокат після відпалу та дресирування відповідає вимогам до механічних властивостей прокату сталі марки DX51D по EN 10346 і додатковим вимогам споживача, але помітно збільшилися властивості міцності прокату при зниженні пластичних властивостей. Так границя плинності збільшилася на 1,9% з 262 МПа до 267 МПа, границя міцності на 12% із 349 МПа до 391 МПа, відносне видовження знизилося на 10% з 33% до 29%. При цьому бал зерна збільшився з 9-8 до 10-9, що говорить про менший розмір рекристалізованого зерна.

3.3.3 Дефекти, які пов'язані з режимами відпалу

В ході експериментальних відпалів визначено, що подальше зниження часу відпалу призводить до неповної рекристалізації, внаслідок чого структура прокату має голчасте зерно, що навіть в умовах задоволення вимог замовника до механічних властивостей може призводити до розтріскування прокату при пластичних деформаціях.

На рисунку 3.14 приведені зразки прокату сталі DX51D, що мають голчасте зерно – свідок недовідпалу на гартованого прокату.



Рисунок3.14 - Голчасте зерно недовідпаленого прокату при збільшенні ($\times 200$)

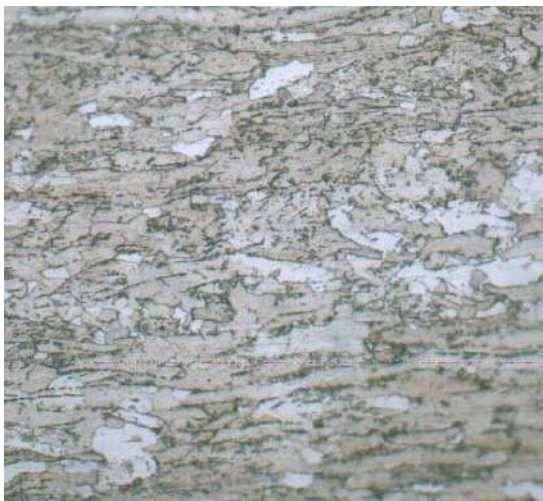


Рисунок3.15 - Голчасте зерно недовідпаленого прокату при збільшенні ($\times 500$)

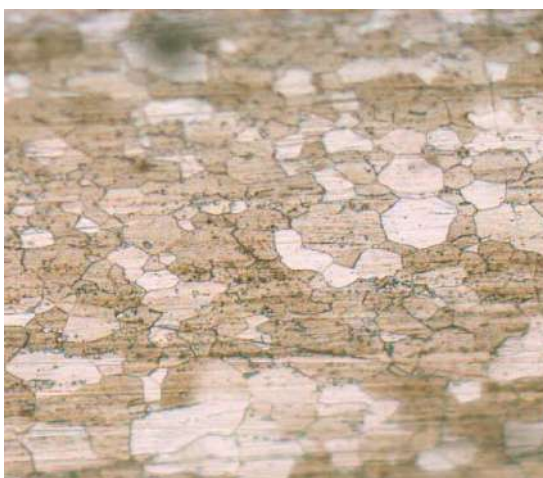


Рисунок3.16 -Різнотерністість прокату сталі DX51D, отримана при довготривалому відпалі

У разі збільшення часу відпалу низьковуглецевої сталі DX51D були спостережені негативні явища, це по-перше вторинна рекристалізація, яка призводила до росту зерна та створення нерівномірної структури – різнозернистості (рис.3.16), а по-друге, як наслідок, погіршення механічних властивостей прокату – зниженню пластичності.

Також різнозернистість спостерігалась при повторному відпалі рулонів, на яких був виявлений дефект –«кольори мливості» (рис.3.17). Дефект «кольори мливості» утворюються при відпалі на поверхні рулонів у разі проникнення кисню під муфель. Даний дефект може бути усунений при перевідпалі рулону, але існує вірогідність отримання не рівномірної, різнозернистої структури.



Рисунок3.13 Зовнішній вид рулонів, при відпалі яких під муфель печі попав кисень

Таким чином, як теоретично, так і практично було доведено, що оптимальні режими рекристалізаційного відпалу холоднокатаних рулонів низьковуглецевої якісної сталі на ковпакових газових печах ПАТ «Запоріжсталь», розроблені в ході дослідницької роботи, забезпечують механічні властивості прокату на рівні необхідних для сталі марки DX51D за EN 10346 та додаткові вимоги споживача. Також треба зазначити, що подальше зниження температури або часу відпалу призводитиме до неповного відпалу – неповної рекристалізації деформованих зерен та невідповідності механічних властивостей прокату.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У розділі надані основні заходи з охорони праці при виконанні технологічного процесу – термічної обробки метала в газових ковпакових печах с захисною атмосферою HN_x -газа та печах фірми «Ебнер» с захисним середовищем сухого водню.

4.1 Аналіз потенціальної небезпеки:

а) Небезпеки які пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», а саме щодо організації та забезпечення безпеки на робочих місцях, що може бути пов'язано з не проведенням організаційних заходів щодо навчання та перевірки знань з охорони праці, інструктажів, не наданням інформації про можливі небезпеки.

б) Можливість ураження електричним струмом. Головними причинами ураження можуть бути невиконання правил електробезпеки, несправність енергоспоживаючого обладнання, наприклад, напруги поява на не струмоведучих частинах обладнання, відсутність захисного заземлення або занулення, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

в) Можливість виникнення небезпечних ситуацій в процесі відпрацювання та виконання основних технологічних операцій.

г) Важкість праці це характеристика трудового процесу, яка обумовлена навантаженням на кістково-м'язовий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи організму людини. Важкість праці характеризується фізичним динамічним навантаженням, загальним стереотипних робочих рухів, ступенем числом статичного навантаження, робочою позою, що може призвести до ушкодження кістково-м'язового апарату, швидкої втрати працездатності.

д) Підвищена загазованість повітря робочих зон в наслідок специфіки виробничих процесів.

е) Незадовільні параметри метеоумов в робочих зонах, що пов'язано з специфікою виробничих процесів та може призвести до порушення теплового балансу.

є) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а внаслідок і до травмування.

ж) Підвищений рівень шуму, що пов'язаний з більшістю операцій прокатного виробництва. Наприклад, обрізний верстат.

з) Можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, виток горючих робочих газів, коротке замикання.

і) Небезпеки які пов'язані з умовами праці в надзвичайних ситуаціях, зокрема заходи з пожежної безпеки[5].

4.2 Заходи забезпечення безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці (Держпраці) від 26.01.2005 №15.

б) Заходи з електробезпеки:

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» для безпечного проведення робіт необхідно виконати наступні організаційні заходи:

- призначити працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видати наряд або розпорядження;
- видати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск;
- підготувати робочі місця та забезпечити допуск до роботи;
- забезпечити нагляд при виконанні робіт;
- при необхідності, організувати переведення на інше робоче місце;
- забезпечити оформлення перерв у роботі та порядок її закінчення.

До основних заходів захисту людини від ураження електричним струмом, відносять:

- забезпечення неможливості випадкового дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням і захисним відключенням;
- використання малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмоведучих частин кожухами, огороженням або подвійною ізоляцією;
- захист від небезпек можливих при переході напруги з вищої сторони на нижчу;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів, блокувань, сигналізації та запобіжних пристроїв;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Використання захисного заземлення:

- робоче заземлення — це заземлення струмоведучих частин електроустановки, яке виконане для забезпечення роботи електроустановки (не з метою електробезпечності), наприклад, робоче заземлення нейтралі трансформатора;

- заземлення блискавкозахисту – це заземлення блискавкоприймача, з метою захисту об'єкта від прямого удару блискавки;

- захисне заземлення – це заземлення, яке виконане з метою електробезпеки, тобто з'єднання відкритих провідних частин (ВПЧ) із заземлювачем для захисту від непрямого дотику та від наведеного напруги.

На практиці, у більшості випадків, це той же самий заземлювач до якого приєднують і ВПЧ, і нейтралі трансформаторів, і блискавкоприймачи. Тільки при яких-небудь обґрунтуваннях (технологічних, з погляду безпеки і т.п.) застосовують три різні заземлювача, що обходиться значно дорожче.

Заземлення використовують також для захисту від статичної електрики, що накопичується при терті діелектриків для захисту від електромагнітних випромінювань, підключаючи екрани до заземлювача і т.п.

У мережі із заземленою нейтраллю напругою до 1000 В заземлення неефективне, тому що навіть при глухому замиканні на землю струм залежить від опору заземлення та зі зменшенням останнього струм зростає.

Відповідно до «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» ПТЭЭС 2012 і ПТБ для персоналу, який обслуговує електроустановки, встановлено п'ятькваліфікаційних груп з електробезпеки:

I кваліфікаційна група присвоюється не електротехнічному персоналу, який використовує у своїй роботі електроінструмент (ПК, принтер, сканер, пиросос і т.п.). Спеціальне навчання – не потрібно. Групу присвоює співробітник, призначений на посаду відповідального за електрогосподарство підприємства.

II кваліфікаційна група присвоюється кваліфікаційною комісією електротехнічному персоналу, який обслуговує установки та обладнання з електроприводом.

Наприклад, електрозварювачі (без права підключення), термісти установок СВЧ, машиністи вантажопідйомних машин, пересувні машини та механізми з електроприводом, що працюють із ручними електричними машинами та іншими переносними електроприймачами тощо. Також 2 група допуску (до 1000 В)

присвоюється молодим електромонтерам, електромонтажникам, і співробітникам, які прострочили продовження групи допуску більш ніж на 6 місяців.

III кваліфікаційна група присвоюється тільки електротехнічному персоналу. Ця група дає право одноособового обслуговування, огляду, підключення та відключення електроустановок від мережі напругою до 1000 В.

IV кваліфікаційна група присвоюється тільки особам електротехнічного персоналу. Особи із кваліфікаційною групою не нижче IV мають право на обслуговування електроустановок напругою вище 1000 В.

4-я група допуску з електробезпеки (до 1000 В) необхідна особам (ІТП) для призначення відповідальною особою за електрогосподарство в організації. Також присвоюється оперативному персоналу для навчання молоді на робочому місці.

V кваліфікаційна група присвоюється особам, відповідальним за електрогосподарство та іншому інженерно-технічному персоналу в установках напругою вище 1000 В.

Кваліфікаційні групи з електробезпеки, для відповідальних за безпечне проведення робіт в електроустановках, визначають відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ», залежно від діючого значення напруги електроустановки (до або вище 1000 В):

- працівник, який видає наряд, віддає розпорядження;
- працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця та на допуск; - працівник, який готує робоче місце;
- працівник, який допускає до роботи (допускач);
- керівник робіт;
- працівник, який спостерігає за безпечним виконанням робіт (наглядач);
- членів бригади.

Право на видавання нарядів та віддавання розпоряджень надається керівникам та спеціалістам підприємства, які мають V групу.

Працівник, який дає дозвіл на підготовку робочих місць та на допуск, несе відповідальність за достатність передбачених заходів для виконання робіт з

вимкнення та заземлення обладнання та можливість їх здійснення, а також – за координацію часу та місця роботи бригад, які допускаються.

Давати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск мають право оперативні працівники з V групою.

Працівник, який готує робоче місце, відповідає за правильне і точне виконання заходів щодо підготовки робочого місця, зазначених у наряді, а також тих, що вимагаються умовами роботи (встановлення замків, плакатів, огорожень).

Підготовляти робочі місця мають право чергові або працівники зі складу оперативно-виробничих працівників, які допущені до оперативних перемикачів в цій електроустановці.

Допускач відповідає за правильність і достатність вжитих заходів безпеки та їх відповідність характеру і місцю роботи, зазначених у наряді, за правильний допуск до роботи, а також за повноту та якість проведеного ним інструктажу.

В електроустановках понад 1000 В допускач повинен мати IV групу, а в електроустановках до 1000 В – III групу.

Керівник робіт призначається у разі виконання робіт за нарядами і розпорядженнями, крім тих, що виконуються одноособово.

Керівник робіт, що виконуються за нарядом в електроустановках понад 1000 В, повинен мати IV групу, а в електроустановках до 1000 В – III групу, крім робіт у підземних спорудах, де можуть утворюватись шкідливі гази, та під напругою, – у цьому разі керівник робіт повинен мати IV групу.

Керівник робіт, що виконуються за розпорядженням, повинен мати III групу.

У разі виконання найбільш складних та небезпечних робіт керівником робіт за нарядом повинен призначатись працівник з V групою із складу керівників або спеціалістів.

Для нагляду за бригадами працівників, які не мають права самостійно працювати в електроустановках, призначається наглядач з групою не нижче III.

Для кожного електроспоживаючого обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи:

- технічні.

Для захисту від ураження електричним струмом необхідно використовувати сухі брезентові рукавиці, або використовувати більш складні струмом технічні способи захисту.

в) Щоб захистити працівників від впливу підвищених температур поверхонь обладнання та матеріалів, необхідно вживати заходів. По-перше, слід збільшити відстань між обладнанням та працівниками, які можуть піддаватися тепловому впливу, але при цьому не шкодити іншим робочим місцям. Коли це неможливо, треба зменшити температуру поверхні, змінюючи робочі температурні режими обладнання, ізолюючи поверхні або скорочуючи випромінювання від них. Також можливі варіанти зміни температури самого обладнання.

Для уникнення негативного впливу підвищених температур поверхонь обладнання та матеріалів, де не можливо знизити температуру, слід вживати різноманітні заходи. Це може включати використання бар'єрів від теплового випромінювання з низькою теплопровідністю та сильним випромінюванням між поверхнею та робочим місцем. Також можуть застосовуватися водяні системи охолодження для гарячих поверхонь, де це можливо. Важливо використовувати пересувні екрани, які відбивають тепло. Додатково, можуть вживатися заходи для встановлення дистанційного керування.

г) Напруженість праці визначається згідно ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Для профілактики втоми застосовують скорочену тривалість робочого дня, враховують засоби механізації, автоматизації, застосовують раціональну організацію трудового процесу, максимально скорочують статичні операції, усувають зайві прийоми у роботі і тощо.

Важливе значення для запобігання втоми має правильно організований режим праці та відпочинку, який визначено в Кодексі законів про працю. За

допомогою встановлених законом періодів відпочинку, організм людини може ефективно відновлювати свою працездатність, що є важливою функціональною характеристикою

При облаштуванні робочого місця для проведення досліджень важливо враховувати, що конструкція всіх елементів обладнання, з якими людина працює, повинна відповідати її антропометричним характеристикам. У випадку виконання робіт у сидячому положенні, робоче місце повинно включати крісло і підставку для ніг, а також передбачати простір для розміщення ніг, що дозволяє працюючому зберігати високу посадку, згідно з вимогами ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ "Обладнання виробниче. Загальні ергономічні вимоги".

Робоче місце в положенні сидячі або стоячі повинно також відповідати встановленим ергономічним вимогам, які регламентуються відповідними стандартами, такими як ГОСТ 12.2.032-78 і ГОСТ 12.2.033-78, що визначають умови та ергономічні вимоги для робочих місць у положенні сидячі та стоячі відповідно.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» з урахуванням розряду зорової роботи: 6-7 розряд при E_n не менше 200 лк. Вибір джерел освітлення виконується в залежності від розмірів виробничого приміщення. Можуть використовуватися люмінесцентні лампи та газорозрядні лампи низького та високого тиску, встановлені у відповідні світильники.

Заходами по забезпеченню захисту від шуму, є такі засоби:

- індивідуальні засоби захисту -шлемофони або беруші згідно ГОСТ 12.4.051-87 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов слуха. Общие технические требования и методы испытаний».

- групові засоби захисту приміщення, де встановлено шумо-генеруюче обладнання розташовують окремо. Внутрішню поверхню цих приміщень облицьовують шумопоглинальними панелями.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища передбачено використання механічної вентиляції.

Продуктивність природної вентиляції (приплив або витяжка повітря)

$$L = k \cdot V_n, \text{ м}^3/\text{год}$$

де k - кратність повітря обліку ($k=2$)

V_n - об'єм приміщення, м^3

$$V_n = 900 \cdot 7 = 6300 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L = 2 \cdot 6300 = 12600 \text{ м}^3/\text{год}$$

Необхідний повітрообмін в приміщенні, де виділяється надлишкове тепло, розраховується за формулою

де l - мінімальна подача повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (до $20 \text{ м}^3 \cdot l = 30 \text{ м}^3/\text{год} > 20 \text{ м}^3 \cdot l = 20 \text{ м}^3/\text{год}$)

n - кількість працівників у приміщенні.

$$V = 6 \cdot 7 \cdot 5 = 210 \text{ м}^3$$

$$V = 210 : 18 = 11,6 \text{ м}^3$$

$$L = 30 \cdot 18 = 540 \text{ м}^3$$

4.4. Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки визначаються відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Категорію виробництва за пожежною небезпекою (А, Б, В, Г, Д) споруд (приміщень) цеху (ділянки, підстанції) визначають на основі аналізу речовин і матеріалів, що використовуються у виробництві, відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» і СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки та вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», визначають ступінь вогнестійкості приміщення цеху (дільниці, підстанції).

Шляхи евакуації працівників на випадок пожежі (переходи, евакуаційні виходи) передбачають згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Максимальну відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу визначають згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».

Відповідність обладнання, силових і освітлювальних мереж вимогам пожежної безпеки в першу чергу залежить від відповідності ступеня захисту їх оболонки (ІР) класу пожежанебезпечної зони (П-I, П-II, П-IIIа и П-III) визначених згідно НПА ОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Засоби виявлення займань та пожеж передбачаються згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

В даний час можуть використовуватися:

- охоронно-пожежна сигналізація (ОПС) неадресного типу;
- порогова охоронно-пожежна сигналізація;
- адресно-порогова охоронно-пожежна сигналізація.

Наприклад. Для побудови неадресної пожежної сигналізації в інтегрованій системі охорони «Оріон» можна застосувати наступні приймально-контрольні прилади з контролем радіальних шлейфів сигналізації:

- «Сигнал-20П»;

- «Сигнал-20М»;
- «Сигнал-10»;
- «С2000-4».

Всі прилади, за винятком «Сигнал-20П», можуть працювати в автономному режимі. Для організації пожежної сигналізації, зазвичай в системі застосовується мережевий контролер – пульт «С2000М» (або «С2000»). Пульт може виконувати функції відображення подій, що відбуваються в системі, управління реле.

Залежно від типу підключених пожежних сповіщувачів, при програмуванні конфігурацій приладів шлейфам може бути присвоєно один з типів:

- пожежний димовий з розпізнаванням подвійного спрацювання;
- пожежний комбінований однопороговий;
- пожежний тепловий двохпороговий.

Площа ділянки більше 100 м². Виходячи з цього обирається один комбінований вогнегасник (піна, порошок) місткістю 10 л.

У цеху встановлено пожежні стенди. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщують на стенді, слід включити: вогнегасники – 3 шт.; ящик із піском – 1 шт.; пожежне покривало розміром 2×2 м – 1 шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; лом – 2 шт.; сокири – 2 шт. Ящик із піском, який є елементом конструкції пожежного щита (стенда), повинен мати місткість не менше 0,1 м³ та виключати потрапляння в нього опадів.

На підприємстві прийнято наступні заходи з пожежної безпеки:

1) Організаційні:

- проведення для робітників інструктажів з пожежної безпеки;
- наявність на видних місцях схем евакуації у випадку пожежі;
- евакуаційні шляхи і виходи повинні втримуватися вільними, нічим не зашарашуватися і у разі виникнення пожежі забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд;
- наявність у приміщеннях на видних місцях біля телефонів табличок із зазначенням номера телефону для виклику пожежної охорони;

2) Заходи, які попереджують розповсюдження пожеж: розташування ділянок з урахуванням пожежних характеристик;

3) Заходи, направлені на уникнення вибухів та пожеж: це перш за все усунення причин, утворюючих джерела горіння – заміна вогневибухових матеріалів, використання систем вентиляції, заборона використання відкритого вогню;

4) Заходи, що спрямовані на збереження обладнання, будівель: будівлі, приміщення і споруди повинні своєчасно очищатися від горючого сміття, відходів виробництва і постійно утримуватися в чистоті.

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Усі заходи, розроблені в цьому розділі, спрямовані на забезпечення безпеки робітників та службовців прокатного цеху, а також на раціоналізацію їх праці. Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкту в умовах НС. Організацію рятувальних та відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів для більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження. Також слід проводити з персоналом відповідні навчання та інструктажі. Попередження надзвичайних ситуацій засновано на заходах, спрямованих на зниження втрат та збитків в разі їх виникнення. Зниженню ризиків виникнення надзвичайних ситуацій слугує раціональне розміщення об'єктів економіки таким чином, щоб вони не потрапляли в зони високої техногенної небезпеки.

На основі літературних даних було встановлено, що основні шкідливі фактори у ливарному цеху – це пил, надлишкове виділення тепла, шум, вібрація, випромінювання.

Для зменшення шкідливої дії цих факторів у цеху проводять наступні заходи:

- з пуском обладнання вмикається місцева витяжна вентиляція;
- конструкція обладнання максимально герметизується;
- для зменшення шуму та вібрації застосовують закриті приводи, екрани;
- електрообладнання ізольоване та має запобіжники і заземлення.

Впровадження даних заходів дозволяє в значній мірі зменшити аварії, травматизм.

Основні вимоги для попередження, ліквідації наслідків та захисту населення під час надзвичайної ситуації згідно з вимогами ГОСТ Р.22.3.03-94 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Захист населення».

В даному розділі розглянемо питання організації дослідження стійкості роботи промислового об'єкта.

Дослідження стійкості роботи промислового об'єкта полягає у все-бічному вивченню умов, які можуть статися при виникненні надзвичайної ситуації і в визначенні їх впливу на виробничу діяльність підприємства.

Мета дослідження – знайти вразливі місця в роботі об'єкта в умовах надзвичайної ситуації і обрати найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, направлені на збільшення його стійкості.

Дослідження стійкості підприємства проводиться силами інженерно-технічного складу з залученням спеціалістів науково-дослідницьких і проектних організацій, пов'язаних з даним підприємством.

Організатором і керівником досліджень є керівник підприємства (начальник цивільного захисту об'єкта).

Увесь процес планування і проведення досліджень ділиться на три етапи:

- 1-й етап – підготовчий;
- 2-й етап – оцінка стійкості роботи об'єкта в умовах надзвичайної ситуації військового характеру;
- 3-й етап – розробка заходів, які підвищують стійкість роботи об'єкту.

Тривалість дослідження встановлюється в залежності від об'єму робіт і підготовці учасників, які залучаються до виконання завдань, і може складати 2-3 місяці.

Для проведення досліджень на об'єкті можуть створюватися наступні дослідницькі групи: головного енергетика, головного механіка, головного технолога, відділу матеріально-технічного постачання, штабу громадського захисту.

Для узагальнення результатів дослідження створюють групу керівника досліджень, очолювану головним інженером або начальником виробничого відділу.

На першому етапі з керівниками дослідницьких груп проводиться спеціальне заняття, на якому керівник підприємства доводить до виконавців план роботи, ставить завдання кожній групі і призначає строки проведення досліджень.

На другому етапі кожна група спеціалістів проводить дослідження і розрахунки стійкості роботи визначених елементів виробничого комплексу в умовах надзвичайної ситуації військового характеру, визначає і оцінює:

- умови захисту робітників і службовців об'єкта від зброї масового ураження;
- вразливість виробничого комплексу при взаємодії на нього вражаючих факторів ядерного вибуху;
- характер можливий вражень від вторинних вражаючих факторів;
- стійкість системи постачання і кооперативних зав'язків об'єктів з підприємствами-постачальниками і споживачами.
- вразливі місця в системі управління виробництвом.

На третьому етапі підводяться підсумки проведених досліджень. Групи спеціалістів по результатам досліджень готують доповіді з висновками і пропозиціями по:

- захисту робочих і службовців;
- підвищенню стійкості оцінюваних елементів виробництва (до доповідей додаються необхідні таблиці, схеми, плани).

Група керівника досліджень, на основі доповідей груп спеціалістів, складає узагальнену доповідь, в якій відображаються:

- можливості захисту робочих, службовців і членів їх родин в захисних спорудах на об'єкті і в заміській зоні;
- загальна оцінка стійкості об'єкту і найбільш вразливі ділянки виробництва;
- практичні заходи, які необхідно виконати в мирний час і в період загрози нападу для підвищення стійкості роботи об'єкта в воєнний час, а також об'єм і вартість робіт;
- порядок і орієнтовані терміни проведення відновлювальних робіт при різних степенях руйнувань і розробляють план заходів з підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах надзвичайної ситуації військового характеру.

У плані заходів з підвищення стійкості роботи об'єкту намічаються заходи з підвищення стійкості об'єкту. Визначаються вартість проведення намічених заходів, джерела фінансування, сили і засоби, необхідні матеріали, строки виконання і особи, відповідальні за виконання.

План заходів, що проводяться силами об'єкта, затверджується керівником підприємства – начальником цивільного захисту.

План заходів, що вимагають більших матеріальних витрат, направляється на затвердження старшому начальнику.

На мирний час плануються, головним чином, трудомісні заходи, що потребують значних матеріальних витрат і часу.

На період загрози виникнення надзвичайної ситуації військового характеру, плануються заходи, які можуть бути легко реалізовані або виконання яких в мирний час недоцільно і навіть неможливо.

Оцінка стійкості роботи промислового об'єкту в умовах надзвичайної ситуації військового характеру виконується за допомогою моделювання взаємодії вражаючих факторів ядерного вибуху (на основі використання результатів досліджень і розрахункових даних).

При цьому враховуються наступні положення:

1. Оцінювати стійкість об'єкта необхідно відносно кожного з вражаючих факторів.

2. Повинні враховуватися вторинні вражаючі фактори ядерного вибуху.
3. Допускають, що значення параметрів вражаючих факторів однакові на всій площі об'єкту і всі елементи об'єкта піддаються майже одночасному їх впливу.
4. Оцінку стійкості об'єкту починають з визначення максимальних очікуваних значень параметрів вражаючих факторів ядерного вибуху.
5. Самим несприятливим вважають випадок, коли центр вибуху виявиться ближче до об'єкта.
6. Стійкість об'єкта в цілому визначається стійкістю кожного елементу окремо.
7. На основі аналізу вразливості об'єкта, виділяють основні елементи виробництва, від яких залежить функціонування об'єкта в умовах надзвичайної ситуації військового характеру.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Економічне обґрунтування

Економічна доцільність зниження часу відпалу холоднокатаних рулонів сталі DX51D при збереженні рівня механічних властивостей та чистоти поверхні, ґрунтується на зменшенні витрат природного газу, який використовується для нагріву та витримці рулонів під муфелем ковпакової печі (таблиця 5.1)

Таблиця 5.1 - Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
------------	-----------------------	--------------------------------------

Зменшення часу відпалу рулонів зі збереженням механічних властивостей прокату.	Ковпакові муфельні печі	Зменшення расходу природного газу при відпалі на нагрів та витримку рулонів під муфелем
--	-------------------------	--

5.2 Характеристика потенційних ринків

Характеристики потенційних ринків можуть включати:

Населення та демографія: Аналіз населення, включаючи вік, стать, соціальний статус, освіту та інші характеристики, що впливають на споживчі звички та попит.

Технологічний прогрес: Розвиток технологій може відкривати нові можливості для ринків, які раніше були недоступними.

Економічні умови: Рівень доходу, зміни в економіці та споживча активність впливають на споживчу здатність та попит на ринку.

Конкуренція: Аналіз існуючих гравців на ринку допомагає зрозуміти можливості для нових учасників або те, як можна виділитися серед конкурентів.

Потреби та тенденції споживачів: Розуміння потреб та прагнень цільової аудиторії допомагає створити продукт чи послугу, яка задовольнить їхні очікування.

Регулятивне середовище: Правила, норми та законодавство, яке впливає на певну галузь чи ринок, може визначати його потенціал для розвитку.

Географічні особливості: Розгляд ринків за географічними характеристиками, такими як розташування, клімат, культурні відмінності тощо.

Характеристика потенційних ринків викладена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	До 2022 року конкурентом був «Маріупольський Металургійний Комбінат ім. Ілліча». На час проведення дослідження конкурентів нема (монополія)
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність ринків збуту продукції в умовах стагнації.
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги стандартів EN та додаткових специфічних вимог споживача-протоколи узгодження.

З наведеної таблиці 5.2 видно, що в даний час конкурентів у ПАТ «Запоріжсталь» як у виробника тонкого плоского прокату, так і заготовки для наступного цинкування на цей час в Україні немає, тобто ПАТ

«Запоріжсталь» є монополістом на ринку прокату для цинкування. Деякі металургійні підприємства продовжують виробляти металопродукцію, але ж вони мають іншу спеціалізацію і не випускають плоский прокат.

В зв'язку з воєнними діями на території України ринки металопродукції знаходяться у стані стагнації, також стагнує вся металургійна галузь промисловості, тому що втрачені ринки збуту продукції, порвані ланцюги поставки сировини та логістика доставки продукції споживачам. До того ж змінилися специфіка транспортування металопродукції від дешевих – за допомогою морських портів Азовського та Чорного морів на значно дорожчий – за використанням автотранспорту та залізничної дороги.

Для входу в бізнес виробництва металопрокату необхідні надвеликі інвестиції, сировинної бази та наявність постійного збуту продукції.

В умовах стагнації ринків металопродукції в Україні, відкриття нових підприємств, що виробляють металопродукцію, недоцільно і навіть неможливе, бо сукупність необхідних інвестицій має величезні значення, а повернення цих інвестицій зовсім неочевидне.

Також для зменшення собівартості продукції треба мати свою сировинно-енергетичну базу, штат навченого технічного та виробничого персоналу, доступ до яких мають на даний час лише декілька підприємств на Україні.

З викладеного витікає, що найближчим часом перспектив розвитку нових підприємств у цієї галузі нема, та великих інвестицій в модернізацію основних фондів вже існуючих металургійних виробництв, не відбудеться.

Але ж для збереження позицій на внутрішньому ринку металопродукції та забезпечення потреб існуючих споживачів, ПАТ «Запоріжсталь» розробляє нові продукти, оптимізує виробництво вже освоєного сортаменту гарячекатаного та холоднокатаного прокату.

Щоб мати можливість поставляти прокат європейський ринки, на комбінаті «Запоріжсталь» постійно проводиться стандартизація та специфікація виробничих процесів та продукції, що робить можливим випускати металопрокат, який

відповідає вимогам європейських споживачів за якістю, згідно їх стандартів та додаткових специфічних умов, які викладаються у договорах узгодження.

5.3 Попередня характеристика потенційних клієнтів

В таблиці 5.3 наведені основні характеристики потенційних споживачів (клієнтів) металопрокату виробництва ПАТ «Запоріжсталь».

Таблиця 5.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формується	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (клієнтів)
1	Холоднокатаний рулон	Підприємства України, Польщі	Тісна співпраця	Відповідність продукції протоколам поставки, EN та ДСТУ, освоєння прокату нових марок сталі та сортаменту
2	Оцинкований прокат	Підприємства України, Польщі, Румунії, Венгрії та Італії	Тісна співпраця	Розробка протоколів узгодження поставки зі спеціальними вимогами до механічних властивостей прокату, чистоті поверхні та нових марок сталі та сортаменту

З наведеної таблиці 5.3 видно, що найбільш затребуваною продукцією на даний час є холоднокатаний прокат, особливим видом якого— є підкат низьковуглецевої якісної сталі для подальшого цинкування на потужностях замовників, які розташовані як на території України, так і в

Європейському союзу. До цього прокату пред'являються особливі вимоги по якості та забрудненості поверхні, а також механічних властивостей прокату згідно відповідних стандартів (ДСТУ та EN).

5.4 SWOT- аналіз середовища реалізації інноваційного проекту

SWOT– аналіз – це тип маркетингу, який враховує сильні сторони бізнесу (S – strengths), слабкі сторони - (W -weaknesses), можливості(O -opportunities), та загрози для бізнесу(T -threats)[28]. Основна ідея SWOT-аналізу полягає в тому, щоб допомогти компаніям розуміти їхні внутрішні переваги та недоліки (сильні та слабкі сторони) порівняно з зовнішніми факторами, які можуть впливати на їхній бізнес (можливості та загрози). Сильні сторони (Strengths): Це внутрішні позитивні аспекти або переваги компанії. Це може бути сильний бренд, висока якість продукту, наявність унікальних ресурсів, досвідний персонал тощо. Слабкі сторони (Weaknesses): Це внутрішні негативні аспекти або обмеження компанії. Це можуть бути недостатня реклама, високі витрати, неякісний продукт, відсутність ключових компетенцій тощо. Можливості (Opportunities): Це зовнішні фактори або обставини, які можуть стати позитивними для бізнесу компанії. Загрози (Threats): Це зовнішні фактори або обставини, які можуть негативно впливати на бізнес компанії. Це можуть бути конкуренція на ринку, зміни в технологіях, економічні кризи, зміни в законодавстві тощо. Для виходу стартапу (інновації) на ринок потрібно розуміти як внутрішні, так і зовнішні можливості та загрози. В таблиці 5.4 наведений SWOT- аналіз середовища реалізації інноваційного проекту.

Таблиця 5.4- SWOT – аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
1	2
1. Вигідна географічна локація України на перетині міжнародних торгових шляхів.	1. Відсутність поступової логічної стратегії формування державної політики та законодавчої бази, що перешкоджає плануванню розвитку.

Продовження таблиці 5.4

2. Дешева кваліфікована робоча сила. 3. Наявність вільного приватного капіталу, який спеціалізується на великих інфраструктурних проектах. 4. Інтерес до інфраструктурних об'єктів з боку вітчизняного та іноземного бізнесу. 5. Великі розміри внутрішнього і зовнішнього ринків збуту. 6. Відносно високий ресурсний потенціал країни природними та енергетичними ресурсами. 7. Порівняно невелика ціна сировини та енергоносіїв. 8. Розвиток сфери ST- технологій. 9. Потенційна здатність бізнесу до інноваційної діяльності.	2. Військові дії, політична нестабільність, санкції Росії, падіння транзиту. 3. Економічна нестабільність, високий рівень інфляції. 4. Низька купівельна спроможність населення. 5. Складність ведення бізнесу. 6. Низька оцінка України світовими індексами. 7. Високий рівень корупції. 8. Застарілі виробничі потужності, низька продуктивність праці. 9. Монополізація володінь видобувальних та переробних підприємств –шахт, ГОК та ін. 10. Монополізація виробництва та розподілу енергоносіїв. 11. Значний знос основних фондів, який досягає 80%. 12. Надмалі інвестиції в модернізацію основних фондів.
Можливості:	Загрози:
1. Пожвавлення економіки, підвищення ділової активності, поступове зростання ВВП України.	1. Падіння купівельної спроможності населення під впливом наслідків банківської кризи 2014-2016 рр. та пандемії 2019-2020рр.

Закінчення таблиці 5.4

2. Угода про асоціацію та зону вільної торгівлі з ЄС, збільшення частки ЄС та Азії у зовнішній торгівлі. 3. Антимонопольна політика держави, спрямована на зниження ціни на енергоносії та сировину.	2. Несприятливе політичне середовище: політична нестабільність, небезпека, воєнні дії. 3. Відсутність верховенства права. 4. Неефективне врядування. 5. Відтік кваліфікованих кадрів. 6. Відсутність соціально направленої політики в Україні. 7. Неможливість залучення фінансових ресурсів на початку бізнесу на адекватних умовах, відсутність ринку венчурного капіталу. 8. Невизначеність позиції розвинених країн світу щодо України. 9. Зростання технологічного розриву між розвиненими країнами і Україною. 10. Високий рівень вхідних бар'єрів для українського бізнесу. 11. Слабка колаборація університетів та бізнесу у інноваційних розробках.
--	--

5.5 Ринкова стратегія проекту

В таблиці 5.5 наведений обґрунтований вибір продукції, з яким можливо виходити на ринок в визначений сегмент.

Таблиця 5.5 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Споживачі холоднокатаних рулонів	так	В обсягах контрактів	На внутрішньому ринку конкуренції немає, але ж Європейські виробники за якістю конкурують з металопрокатом, виготовленим в Україні	За наявністю конкурентної якості та ціни продукту
2	Виробники оцинкованого прокату	так	В обсягах контрактів	На внутрішньому ринку конкуренції немає	За наявністю конкурентної якості

На підставі зробленого аналізу, зроблений цільовий вибір споживачів та продукту - холоднокатаної рулонної заготовки для виробництва оцинкованого прокату.

5.6 Ідентифікація стейкхолдерів

Ідентифікація стейкхолдерів дозволяє здійснити їх пріоритизацію та побудувати карту стейкхолдерів, яка дозволить візуалізувати картину взаємозв'язків стейкхолдерів.

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів на Карті відокремлено три концентричні області, в яких розміщено всіх зацікавлених осіб інноваційного проекту за можливостями впливу на них ініціатора проекту. Область внутрішніх стейкхолдерів – область повноважень/відповідальності ініціатора. Внутрішні зацікавлені сторони знаходяться у прямій підлеглості ініціатора, що дозволяє використовувати досить прості методи адміністрування проекту.



Рисунок 5.1 - Карта стейкхолдерів

Залежні зацікавлені сторони формально ініціатору проекту не підлеглі, проте тісні ділові відносини потребують пошуку взаємовигідних рішень та компромісів. На периферії ж знаходяться зовнішні зацікавлені сторони. Це область стейкхолдерівопосередкованого впливу на успішність реалізації інноваційного проекту.

На карті стейкхолдерів наведено багато інтересів груп серед яких є можливість виділити пріоритетні групи.

По-перше, це економічний інтерес – інтерес власника підприємства, який зацікавлений у економії матеріальних та енергетичних ресурсів, зниження собівартості продукції та отриманні додаткового прибутку, збільшення випуску продукції;

по-друге, це інтерес технологічного процесу, який може бути скорегованим, що з одного боку зменшити навантаження на механізми та агрегати, а з іншого боку – оптимізувати процес для зменшення технологічних простоїв;

по-третє, важливим є соціально-економічний інтерес стейкхолдерів – зі зниженням використання природнього газу на продукцію, утворюється менше продуктів згоряння - знижуються шкідливий ефект на атмосферу;

в-четверте, впровадження нової технології дозволить проводити подальші дослідження та вдосконалення, а потім оптимізувати процес відпалу інших марок сталі;

На останнє, одним з неочевидних стейкхолдерів є локальні та державні СМІ – опис впровадженого оптимізованого процесу відпалу може бути предметом у науково-популярній статті, а ефект зменшення забруднення повітря внаслідок вдосконалення технології може бути використаний корпоративними СМІ як приклад роботи підприємства в направленні збереження екології, що вигідно впливає на репутацію компанії.

5.7 Розрахунок економічного ефекту впровадження нової технології

У зв'язку з тим, що умовно-постійні витрати при впровадженні нової технології відпалу прокату сталі марки DX51D (склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників та адмінперсоналу, амортизація) залишаються постійними, розрахунок економічної ефективності будемо проводити на основі зміни умовно-змінних витрат, тобто результатів економії матеріальних ресурсів - економії природного газу та електроенергії при скороченні часу відпалу рулонів зі збереженням механічних властивостей та чистоти прокату згідно вимог стандарту EN 10346 та додаткових вимог споживачів.

Для проведення розрахунку економічного ефекту були взяті данні показників виробництва сталі марки DX51D в термічному відділенні в жовтні 2023р. В цей період в термічному відділенні було відпалено 14989т прокату сталі DX51D у 292 відпалах с середньою масою садки в ковпакову піч – 51,3т. (таблиці 5.6 та 5.7).

Таблиця 5.6 - Вихідні данні витрат по термічному відділенню

№ п/ п	Найменування статей витрат по термічному відділенню	Данні по термічному відділенню ЦХП			На тонну прокату до впровадження	
		Кількіст ь, т	Ціна, грн-коп	Сума, грн-коп	Кількіст ь, т	Сума, грн- коп
1	2	3	4	5	6	7
	Паливо технологічне					
1	Газ природний	393,476	15598,3 1	6137558,82 4	0,02625 1	409,47
	Всього паливо технологічного	393,476	15598,3 1	6137558,82 4	0,02625 1	409,47
	Енергетичні витрати					

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7
2	Електроенергія, тис. квт. Год.	248,492	5550,79	1379329,2 67	0,016578	92,02
3	Захисний газ, тис. куб.	377,658	4960,31	1873302,0 61	0,025196	124,9 8
	Разом енергетичних витрат	0	0	3383542,9 70	0	217,0
4	Зарплатня основна	0	0	599330,92 6	0	39,98
5	Відрахування на соцстрах	0	0	132555,62 8	0	8,84
6	Футеровка	0	0	26857,042	0	1,79
7	Допоміжні матеріали	0	0	2658,804	0	0,18
8	Змінне обладнання	0	0	415956,46 5	0	27,75
9	Інструмент та м/ц інвентар	0	0	10,120	0	0,00
10	Поточний ремонт	0	0	256733,98 9	0	17,13
11	Технічне обслуговування	0	0	227738,74 9	0	15,19
12	Транспортні витрати	0	0	1225,949	0	0,08
13	Амортизація основних зас обів	0	0	503770,69 9	0	33,61

Кінець таблиці 5.6

1	2	3	4	5	6	7
14	Інші цехові витрати	0	0	4182,625	0	0,28
15	ОПР	0	0	824737,214	0	55,02
16	в т.ч. охорона праці	0	0	94175,354	0	6,28
17	ОПР-загальноком- бінатівські	0	0	440152,401	0	29,37
	Усього витрат по переділу	0	0	12957012,403	0	229,23
	Загальна собівартість відпалу прокату сталі DX51D					864,43
	Загальний відпал прокату сталі DX51D в термічному відділенні в жовтні 2023р.	14989				

Таблиця 5.6 - Технологічні данні по серійному та оптимізованому режимам відпалів прокату сталі DX51D

Найменування параметру	Планове річне виробництво сталі марки DX51D в 2024р., т	Фактичне виробництво сталі марки DX51D в жовтні 2023р., т	Кількість відпалів сталі марки DX51D в жовтні 2023р., т	Середні витрати природного газу при нагріванні, м³/год	Середня тривалість нагрівання прокату, год	Середні витрати природного газу при витриманні, м³/год	Середня тривалість витримки прокату, год	Вартість природного газу, грн/тис.м³	Вартість електроенергії, грн/тис. кВт
Відпал за діючою технологією – протягом 22 годин	68000	14989	292	65	15	45	7	15598,31	5550,79
Відпал за запропонованою технологією – протягом 19 годин		-	-		13		6		

Впровадження нового оптимізованого режиму відпалу сталі дозволив скоротити витрати природного газу та електроенергії. Кількість захисного газу не скоротилася, бо весь газ, вироблений станцією захисного газу, повинен бути споживаним повністю, тобто його об'єм однаковий для старого та нового режимів.

По-перше, розрахуємо скорочення витрат природного газу на один відпал:

$$A_1 = (B_1 - B_2) \times P + (C_1 - C_2) \times R, \quad (4.1)$$

де B_1 – середня тривалість нагрівання при відпалі х/к прокату до впровадження нового режиму відпалу, год;

B_2 - середня тривалість нагрівання при відпалі х/к прокату після впровадження нового режиму відпалу, год;

C_1 - середня тривалість витримки при відпалі х/к прокату до впровадження нового режиму відпалу, год;

C_2 - середня тривалість витримки при відпалі х/к прокату після впровадження нового режиму відпалу, год;

P - середні витрати природного газу для нагрівання, $\text{м}^3/\text{год}$ (згідно СЗ і ТІ - $65\text{м}^3/\text{год}$);

R - середні витрати природного газу для витримки, $\text{м}^3/\text{год}$ (згідно СЗ і ТІ - $45\text{м}^3/\text{год}$);

Тобто маємо: $A_1 = (15 - 13) \times 45 + (7 - 6) \times 60 = 175 \text{ м}^3$.

Зниження витрати газу на усі 292 відпали дорівнює:

$$A = A_1 \times 292;$$

$$A = 175 \times 292 = 51100 \text{ м}^3 \text{ газу, або } 51,1 \text{ тис. м}^3 \text{ газу}$$

По-друге, розрахуємо скорочення витрат електроенергії на один відпал по оптимізованому режиму (в процесі відпалу витрати електроенергії постійні на кожному етапі – циркуляційний вентилятор обертається з постійною швидкістю):

$$K_1 = ((B_1 + C_1) - (B_2 + C_2)) \times N \quad (4.2)$$

де, N – годинна витрата електроенергії, кВт.

З таблиці 5.6 візьмемо весь об'єм спожитої електроенергії на відпал всього прокату сталі DX51D у 292 відпалах, тривалістю 22 години – 248,492 тис. кВт год.

Тоді, часова витрата електроенергії буде дорівнювати:

$$N = 248,492 / 292 / 22 = 0,03868 \text{ тис. кВт час або } 38,68 \text{ кВт год.}$$

$$K_1 = ((15 + 7) - (13 + 6)) \times 38,68 = 116,04 \text{ кВт год на один відпал.}$$

Зниження витрати електроенергії на 292 відпалі по оптимізованому режиму дорівнює:

$$K = K_1 \times 292;$$

$$K = 116,04 \times 292 = 33883,68 \text{ кВт год або } 33,884 \text{ тис. кВт год.}$$

Відповідно до даних, викладених у таблиці 5.6 та отриманій економії природного газу та електроенергії, розраховуємо витрати технологічного палива та енергетичні затрати на відпал по оптимізованому режиму:

об'єм палива (газуприродного), необхідний для відпалу по оптимізованому режиму = Об'єм газу, спожитого при відпалі за звичайним режимом – отримана економія газу, тобто:

$$393,476 - 51,1 = 342,376 \text{ тис. м}^3 \text{ газу;}$$

електроенергія, необхідна для відпалу по оптимізованому режиму = електроенергія, спожита при відпалі за звичайним режимом – отримана економія електроенергії, тобто:

$$248,492 - 33,884 = 214,609 \text{ тис. кВт год.}$$

Розраховуємо витрати природного газу на тону відпаленого прокату сталі марки DX51D.

Витрата природного газу на тону відпаленого прокату складе:

$$342,376 / 14989 = 0,022842 \text{ тис. м}^3/\text{т.}$$

Собівартість природного газу на тону прокату складе:

Витрати газу на тону прокату x вартість природного газу, тобто:

$$0,022842 \times 15598,31 = 356,29 \text{ грн/т.}$$

Розраховуємо витрати електроенергії на тону відпаленого прокату сталі марки DX51D та заповнюємо порівняльну таблицю витрат за звичайним та оптимізованим режимами відпалу.

Витрата електроенергії на тону відпаленого прокату складе:

$$214,609 / 14989 = 0,014318 \text{ тис. кВт год};$$

Собівартість електроенергії на тону прокату складе:

Витрати електроенергії на тону прокату x вартість електроенергії, тобто:

$$0,014318 \times 5550,79 = 79,47 \text{ грн/т.}$$

Отримані дані згрупуємо в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Порівняння витрат при звичайному та оптимізованому відпалі

№ п/п	Найменування статей витрат по термічному відділу	Ціна, грн-коп	На тону прокату, відпаленого по звичайному режиму			На тону прокату, відпаленого по оптимізованому режиму			Різниця, грн / тону
			Витрата загальна, т	Витрата на тону відпале- ного прокату, т	Сума, грн на тону	Витрата за гальна, т	Витрата на тону відпале- ного прокату, т	Сума, грн на тону	
1	Газ природний	15598,31	393,476	0,026251	409,47	342,376	0,022842	356,29	53,18
2	Електро- енергія, тис. квт. год.	5550,79	248,492	0,016578	92,02	214,609	0,014318	79,47	12,55
3	Захисний газ, тис. куб.	4960,31	377,658	0,025196	124,98	377,658	0,025196	124,98	0
	Енергетичні затрати	0	0	0	217,0			204,45	12,55
	Умовно- постійні витрати				229,23			229,23	0
	Всього				855,70			789,98	67,73

З наведеної порівняльної таблиці 5.8 видно, що зниження собівартості відпалу прокату сталі марки DX51D в ковпакових печах за рахунок оптимізації відпалу (скорочення витрат природного газу та електроенергії), складає 67,73 грн на тону. При плановому обсязі виробництва цього виду прокату на 2024 рік - 68000 тон, зниження затрат на відпал прокату складе:

$$68000 \times 67,73 = 4605640 \text{ грн.}$$

5.8 Висновки до економічного обґрунтування

Розроблений оптимізований режим відпалу прокату сталі марки DX51D дозволить зекономити 67,73 грн при відпалі кожної тони цього прокату, а враховуючи планове виробництво на 2024 рік – 68000 тон, дозволить знизити затрати на відпал на 4605,64 тис. грн.

ВИСНОВКИ

1 В даному проекті був розглянутий вплив хімічних елементів, температури змотування рулонів після гарячої прокатки, режимів відпалу та дресирування на механічні властивості прокату сталі DX51D – аналогу низьковуглецевої якісної сталі марки 08кп(пс). Були визначені границі параметрів для отримання прокату, який буде відповідати вимогам стандарту EN 10346 та протоколу узгодження постачання з споживачем цього продукту.

2 С метою отримання необхідних характеристик прокату, а також для оптимізації процесу відпалу холоднокатаних рулонів – економії природнього газу, був проаналізований режим відпалу у печах фірми «Ебнер» (Ebner) у середовищі сухого водню, а також діючий режим відпалу у ковпакових газових печах в атмосфері захисного HNx -газу – азото-водневої суміші, та надані рекомендації для зміни режиму відпалу.

3 Запропонований режим відпалу був скорочений на 3 години, при цьому на 2 години був скорочений час нагріву, та на 1 годину був скорочений час витримки рулонів під муфелем печі.

4 Для підтвердження працездатності оптимізованого режиму проведено дослідження механічних властивостей прокату, відпаленого по новій технології. Виявлено, що відсоток відповідності механічних властивостей в зразках прокату вимогам EN 10346 склав 99,0% (досліджено 357 зразків).

5 За рахунок оптимізації режиму відпалу рулонів сталі DX51D при збереженні необхідного рівню механічних властивостей, була отримана економія природнього газу та електроенергії, що в свою чергу, враховуючи планові показники виробництва на 2024 рік, дозволить знизити затрати на відпал на 4605,64 тис. грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Ф.А. Ксьонзук, Н.А. Трощенков, А.П. Чекмарьов Прокатка автолистової сталі: Москва, Металургія, 1969, 296с.
- 2 Method for continuous annealing strip of steel DC01 with low yield strength and high tensile strength for automobiles: 101597674 China: req. 03.07.2009; publ. 22.09.2022.
- 3 Спосіб виготовлення прокату для емалювання: пат.69124 Україна: МПК В21В 1/00. №201110231; заявл. 22.08.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. 3 с.
- 4 Спосіб виготовлення холоднокатаної стрічки: пат. 88709 Україна: МПК С21D 8/02, В21В 1/22. № 200801181; заявл. 30.01.2008; опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21. 6 с.
- 5 Василев Я.Д. Дослідження взаємозв'язку товщини, температури кінця прокатки та межі пластичності гарячекатаного підкату зі сталі 08кп. Сталь. 2016. №12. З. 34-39.
- 6 Василев Я. Д. Дослідження взаємозв'язку між товщиною, температурою кінця гарячої прокатки і межею пластичності підкату зі сталі 08кп в умовах БШШС 1680. *Пластична деформація металів*: програма і тези доповідей Одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції, м. Дніпро, 22-26 травня 2017/ Національна металургійна академія України, 2017. С. 19-20.
- 6 Грицай Т.В. Закономірності впливу температурно-деформаційних параметрів обробки низьковуглецевої тонколистової сталі на формування рівномірної структури: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.01. Дніпро, 2010. 23 с.
- 7 ДСТУ EN10130:2006. Вироби з низьковуглецевої сталі плоскі холоднокатані для холодного штампування. [Чинний від 30.12.2009]. Вид. офіц. Київ, 2018. 8с. (Інформація та документація).
- 8 ТИ ПГ-01-2013. Гаряча прокатка листів у цеху №1. АТ "АрселорМіттал Теміртау". Теміртау, 2013. 98с.

9 ТИ 226-П.ОЗ-ГЛ-01-2023. Виробництво слябів на стані слябінг 1150 та гарячекатаних смуг на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки 1680. ПАТ «Запоріжсталь». Запоріжжя, 2022. 254с.

10 ДСТУ 2834-94 Прокат тонколистовий з вуглецевої сталі якісної та звичайної якості загального призначення. Технічні умови України, [Чинний від 01.12.2000]. Вид. офіц. Київ, 2008. 14с. (Інформація та документація).

11 ГОСТ 9045-93 Прокат тонколистовий холоднокатаний з низьковуглецевої якісної сталі для холодної штамповки. Технічні умови. [Чинний від 01.01.1999]. Вид. офіц. Київ, 1998. 18с. (Інформація та документація).

12 ТУ 14-4-479-2000 Прокат холоднокатаний з низьковуглецевої сталі марки 08пс для сталевих емальованих посуду. Технічні умови. [Чинний від 29.09.2000]. Національний технічний комітет по стандартизації в металургії. Київ, 2000. 6с.

13 ТУ 14-4-413-97 Жерсть холоднокатана чорна польорована відпалена та нагартрована в рулонах. Технічні умови. [Чинний від 01.09.1997]. Національний технічний комітет по стандартизації в металургії. Київ, 1997. 15с.

14 ДСТУ EN 10346 Вироби плоскі сталеві з покривом, нанесеним методом безперервного гарячого занурювання. Технічні умови постачання. [Чинний від 02.12.2014] Вид. офіц. Київ, 2015. 25с.

15 Сігова В.І., Юскаєв В.Б., Будник А.Ф. Технологія і проектнерішення термічних цехів і дільниць: навч. посіб. Суми: СумДУ, 2010. 318 с.

16 Гаврилова В.Г. Підвищення механічних властивостей листового прокату боромістких сталей за рахунок регулювання структури, складу і режимів термообробки: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.16.01. Маріуполь, 2000. 19 с.

17 ТІ 227-П.ТО-03-2013. Відпал холоднокатаної рулонної сталі в одностопних ковпачкових печах цеху холодної прокатки. ПрАТ «ММКІ». Маріуполь, 2013. 38 с.

18 ТІ ПЖ-06-2013. Термічнообробка рулонів жерсті, конструкційного та покрівельного прокату в ковпачкових печах ЛПЦ-3. АТ "Арселор Міттал Теміртау". Теміртау, 2013. 36с.

19 ТІ ПХ-11-2013. Термічнообробка холоднокатаного металу в ковпачкових печах ЛПЦ-2. АТ "Арселор Міттал Теміртау". Теміртау, 2013. 42с.

20 ТІ 226-П.ХЛ-04-2022. Термическая обработка металла в одностопных газовых колпачковых печах с защитной атмосферой HN_x газа в ЦХП. ПАО «Запорожсталь». Запорожье, 2022. 45с.

21 Ксензук Ф.А. и др. Прокатка и термічнообробка листу, Сталь 1964 №1, с 56-58.

22 Беняковський М.А., Бутилкіна Л.І. Дресування холоднокатаного прокату, Металург 1965, №5 з 32.

23 ТІ 226-П.ХЛ1-20-2020 Дресування холоднокатаних смуг на станах 1700-1 та 1700-2. ПАТ "Запоріжсталь". Запоріжжя, 2020. 51с.

24 ТІ 226-П.ХЛ-051-2021 Термічнообробка металу в цеху холодної прокатки висококонвективних ковпачкових печах HICON/H2 Фірми «Ебнер. ПАТ "Запоріжсталь". Запоріжжя, 2021. 57с.

25 ДСТУ EN 10002-1:2006 Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури [Чинний від 06.04.2006]. Київ, 2008. 34с.

26 ДСТУ ISO 643:2009 Мікрографічний метод визначення видимого розміру зерна. [Чинний від 01.01.2012]. Київ, 2009. 30с.

27 ДСТУ ISO 4967:2017 Визначення вмісту неметалевих включень. Металографічний метод оцінювання за стандартними шкалами. [Чинний від 01.02.2018]. Київ, 2017. 40с.

28 Малін О.Л. SWOT-аналіз середовища інноваційно-орієнтованого інфраструктурного державно-приватного партнерства / О. Л. Малін // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2020. – № 3 (49). – С. 94-107. – Режим доступу до журн.: <https://economics.opu.ua/files/archive/2020/No3/94.pdf>. DOI: 10.15276/ETR.03.2020.12. DOI: 10.5281/zenodo.4646117.

ДОДАТОК А Методика визначення масової частки жирів та механічних забруднень на поверхні металу

А.1. Введення

Ця методика поширюється на холоднокатаний метал товщиною 0,2-2,0 мм і встановлює гравіметричний метод визначення масової частки жирів та механічних забруднень на поверхні металу в діапазоні 0,02-5 г/м².

Для виконання вимірювань використовують зразки металу, на поверхні якого відсутні сторонні ілії та забруднення, відбитки рук тощо.

А.2 Метод виміру

Заснований на видаленні з поверхні зразків металу забруднень та визначення їх маси.

А.3 Засоби вимірювальної техніки, допоміжні обладнання, реактиви та матеріали

А.3.1 Перелік засобів:

- ваги лабораторні загального призначення 2 класу точності з найбільшою межею зважування 200 г. за ГОСТ 24104-2001;
- сушильна шафа будь-якого типу, що забезпечує температуру нагрівання до 200°C;
- склянка В-1-800 ТС ГОСТ 25336-82;
- чашка випарювальна ГОСТ 9147-80;
- щипці для тиглів;
- ексікатор за ГОСТ 25336-82;
- склянка СН-45/13, СВ-14/9, 24/10 ГОСТ 35336-82;
- ефір діетиловий за ГОСТ 6265-74;

- спирт етиловий технічний за ГОСТ 18300-72;
- знежирюючий розчин;
- фільтр паперові беззольні марки "біла стрічка" або "червона стрічка" за ТУ 6-09-168-78-86;
- папір фільтрувальний за ГОСТ 12026-76;
- вата гігроскопічна за ГОСТ 5556-81;
- годинник будь-якого типу;
- лінійка металева з ціною розподілу 1 мм, діапазон виміру від 0 до 300 мм.

А.4 Алгоритм підготовки зразків

А.4.1 Для випробувань рекомендуються зразки, вирізані від контрольного рулону (аркуша) партії розміром $100 \pm 5 \times 50 \pm 5$ мм. Допускається застосування зразків інших розмірів з масою не більше 150 г та площею не менше 50 см^2 .

А.4.2 Для одного випробування відбирають не менше 2, а рекомендується 3 зразки.

А.4.3 Зразки відбирають від смуги по одній пробі на відстані від $\frac{1}{4}$ від ширини прокату від кожною бічної кромки, згідно зі схемою, зображеною на рисунку 1.

А.4.4 Місце відбору проб – згідно з діючими на комбінаті схемами:

- від заднього по дресуванню (внутрішнього по відпалу) кінця продресованої смуги в товщині на замовлення на відстані 5 см від кінця рулону.

А.4.5 При вирізці проб вживаються заходи щодо захисту від нанесення на пробі сторонніх забруднень – олією, мелом, олівцем, фломастером, відбитків рук та інших.

А.4.6 Вирізані проби загортаються у чистий папір, на який наноситься маркування (номер партії, плавки, марка сталі, товщина).

Пробивизначення забрудненості поверхні прокату передаються цехом в ЕЛСМТ НТА-4.

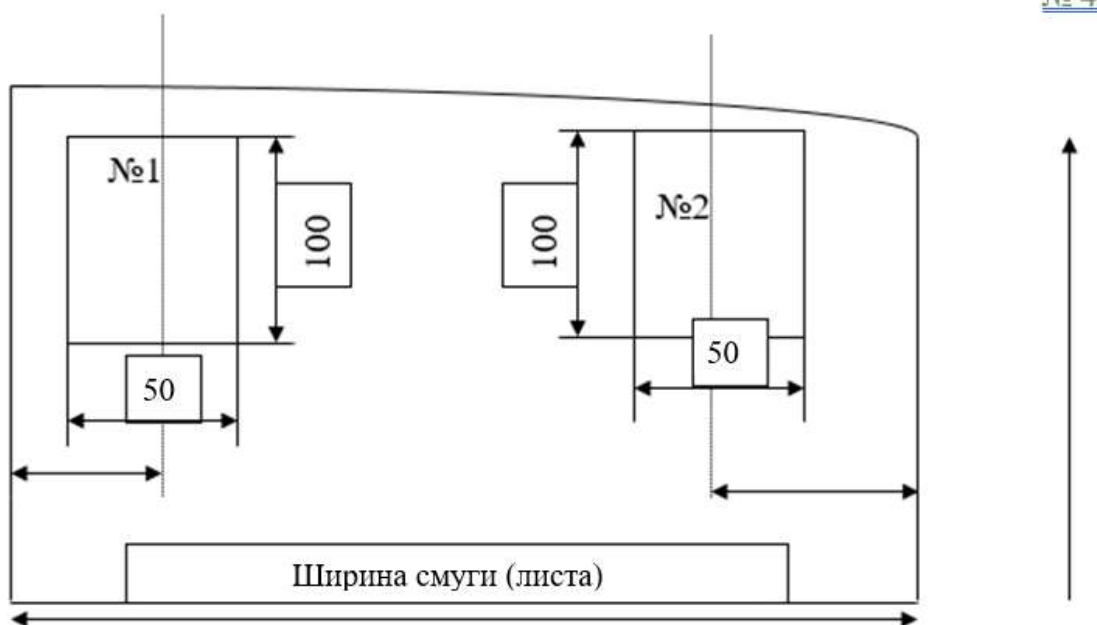


Рисунок А.1 Схема вирізання зразків для визначення забрудненості поверхні

А.5 Підготовка до проведення вимірювань

А.5.1 Для проведення аналізу необхідно підготувати робоче місце.

А.5.2

Перед

проведення аналізу необхідно перевірити відповідність зразків із замовленням (напрямком ЦХП-1) на проведення випробувань.

А.5.4 Кожен зразок маркують, вимірюють довжину сторін, зважують з точністю до 0,0001 г.

6 Алгоритм виконання вимірювань

А.6.1 Визначення жирових забруднень на металу.

А.6.1.1 Жирові забруднення визначаються на пробах металу методом зважування зразка до та після обробки. Зважені зразки беруть пінцетом і почергово занурюють у знежирюючий розчин, що має температуру 60-70°C на 30 ± 5 хвилин. Перемішування та похитування не допускається.

А.6.1.2 Знежирений зразок промивають гарячою водою, що дистильована, занурюючи його в склянку. Сушать зразок на повітрі.

А.6.1.3 Сухі зразки зважують з точністю до 0,0001 г.

А.6.2 Визначення механічних забруднень на металу.

А.6.2.1 Зразки ГКР, на яких були виявлені жирові забруднення, протирають з обох боків бавовняною серветкою, змоченою в етиловому спирті. Протирають доти, доки серветка після протирання не стане чистою.

А. 6.2.2 Зразок підсушують на повітрі та зважують з точністю до 0,0001 г.

7 Обробка результатів

А.7.1 Масу жирових забруднень на зразку (мг/м²) визначають за формулою:

$$Q_{\text{ж}} = \frac{(M_1 - M_2) * 1000}{S}$$

де: M₁ - маса зразка до знежирення, г;

M₂ - маса зразка після знежирення, г;

S – площа зразка, м².

А.7.1.1 Площа зразка S (м²) визначають за формулою:

$$S = (A * B) * 10^{-6}$$

де: А - довжина, мм;

В-ширина, мм.

А.7.1.2 Середню масу жирових забруднень визначають за такою формулою:

де $Q_{ж1}$; $Q_{ж2}$; $Q_{ж3}$ - маса жирових забруднень за трьома зразками відповідно.

А.7.2 Масу механічних забруднень на зразку ($\text{мг}/\text{м}^2$) визначають за такою формулою:

$$Q_m = \frac{(M_2 - M_3) * 1000}{S}$$

де: M_2 - маса зразка до видалення механічних забруднень, г;

M_3 - маса зразка після видалення механічних забруднень, г;

S – площа зразка, м^2 .

А.7.2.1 Площа зразка S (м^2) визначають за формулою:

$$S = (A * B) * 10^{-6},$$

де: А - довжина, мм;

В-ширина, мм.

А.7.2.2 Середню масу механічних забруднень визначають за такою формулою:

де Q_{m1} ; Q_{m2} ; Q_{m3} - маса механічних забруднень за трьома зразками відповідно.

А.8 Оформлення результатів вимірів

забрудненням поверхні металу оформляють записом у журналів встановленої форми і вносяться в автоматизовану систему по сформованим накладним Цеху холодного прокату.

А.9 Охорона праці

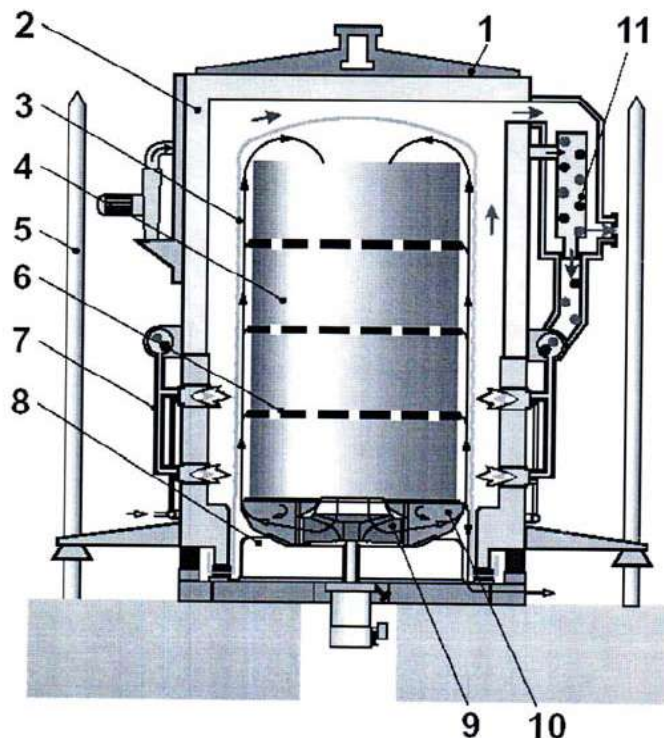
А.9.1 При виконанні робіт повинні дотримуватися вимог «Інструкції з охорони праці для лаборанта хімічного аналізу експрес-лабораторії мастил, масел та травлення НТА-4 Центру з випробувань та атестації продукції комбінату» №43.12-2020.

А.9.2 Під час виконання робіт повинні дотримуватись вимог цієї інструкції.

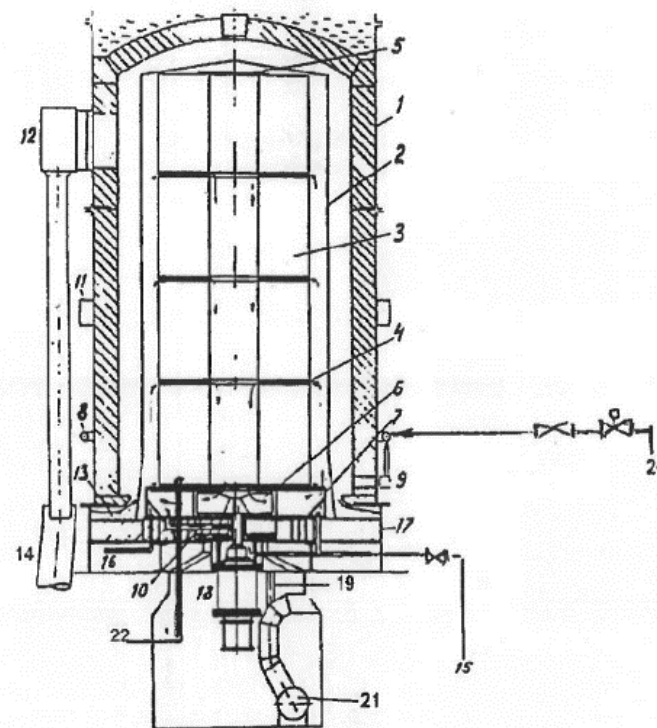
А.9.3 Виконання випробувань може проводити лаборант хімічного аналізу, який володіє технікою кількісного аналізу та цією методикою виконання вимірювань.

Додаток Б Типи ковпакових печей

Висококонвективнаковпакова піч
фірми «EBNER» (Австрія).



Газова одностопна ковпаковапіч

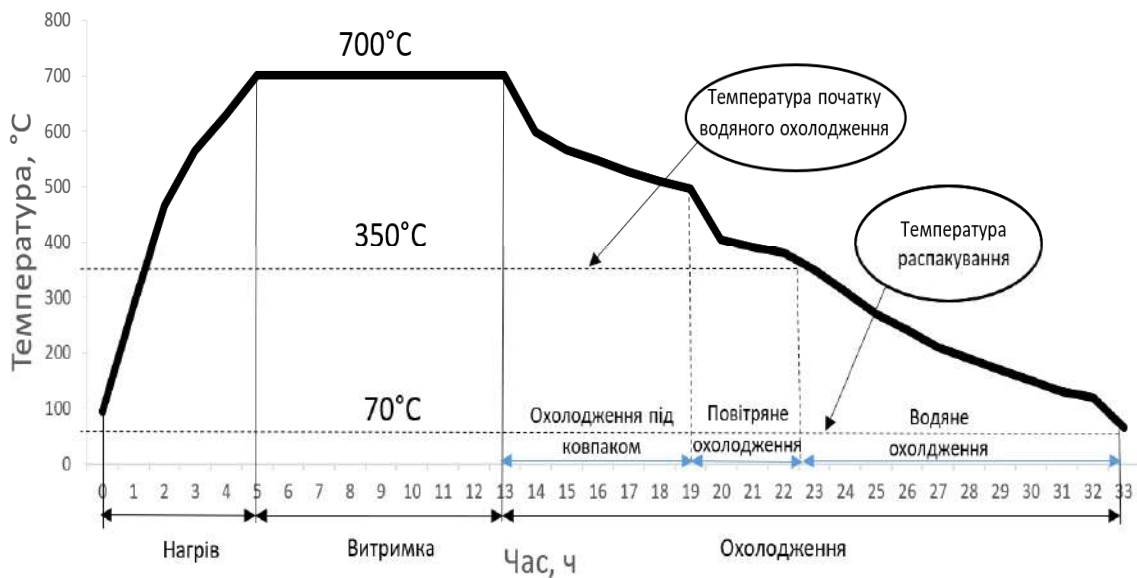


Характеристики	
Захисний газ – водень (99,9995%)	Захисний газ – HNx – газ – (азот 94,8 – 95,2%, водень 4,8-5,2%)
Висота садки рулонів – 5600м	Висота садки рулонів – 5620м
Максимальний зовнішній діаметр рулонів – 1700м	Максимальний зовнішній діаметр рулонів – 1700м
Максимальна ширина рулонів – 1520мм	Максимальна ширина рулонів – 1520мм
Максимальна вага рулонів в стопі – 75т	Максимальна вага рулонів в стопі – 55т
Витрата захисного газу – 4,53м ³ /т	Витрата захисного газу – 22,73м ³ /т
Витрата природнього газу – 17,45м ³ /т	Витрата природнього газу – 26,82м ³ /т
Продуктивність річна - 14100т	Продуктивність річна - 5100т

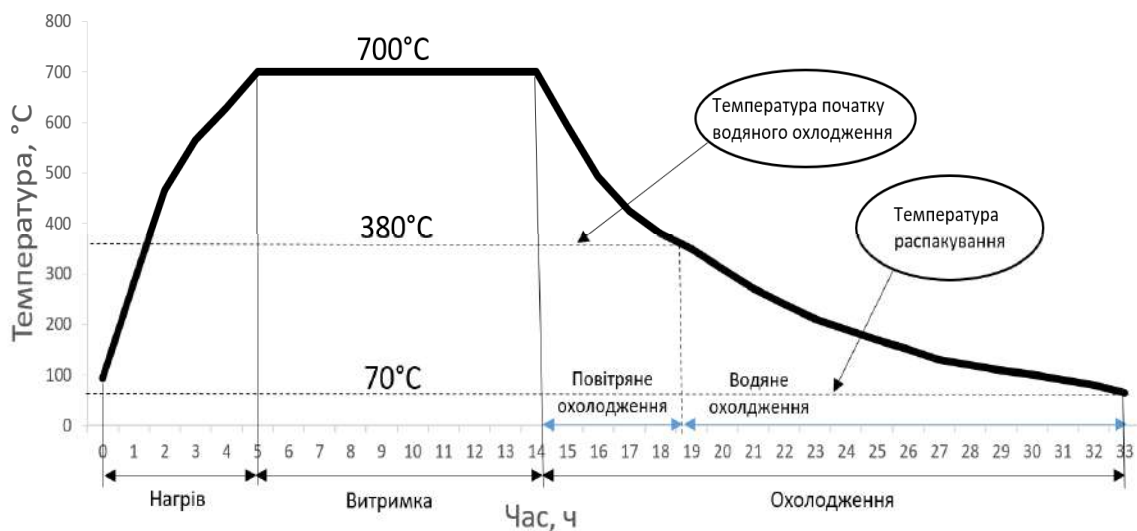
Додаток В Діаграми відпалу

Діаграми відпалу рулонів сталі DX51D в печах ф. «Ебнер»

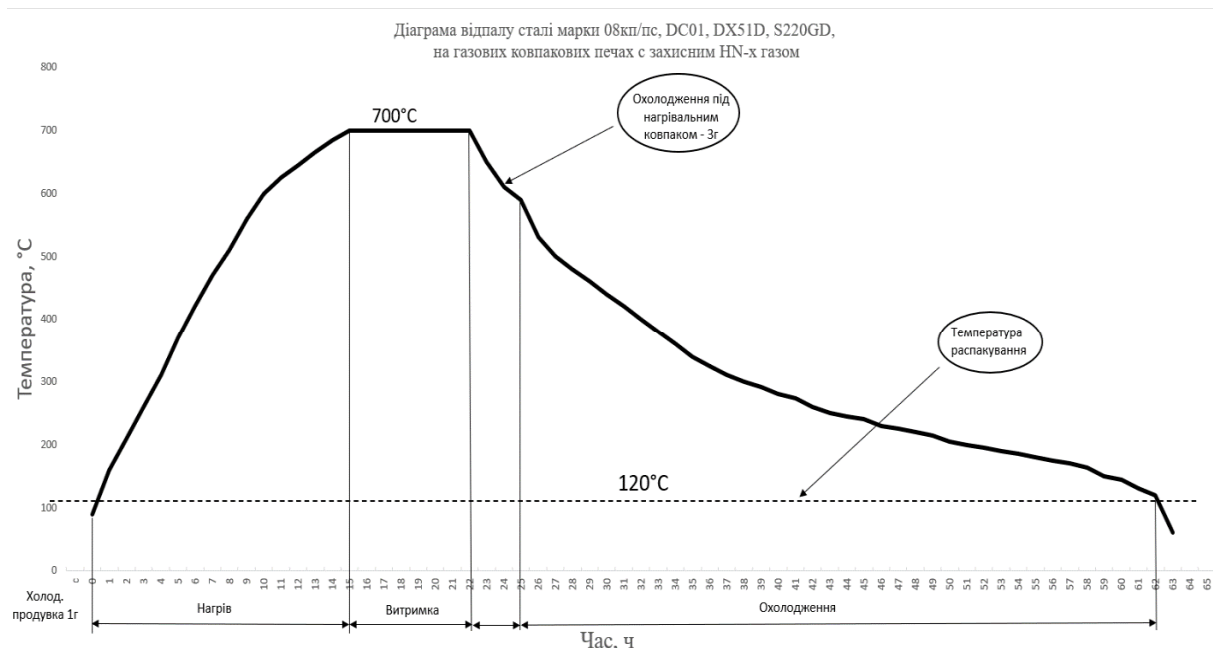
Діаграма відпалу сталі марки 08кп/пс, DC01 згідно протоколу, DX51D, S220GD,
товщ. - 0,5мм



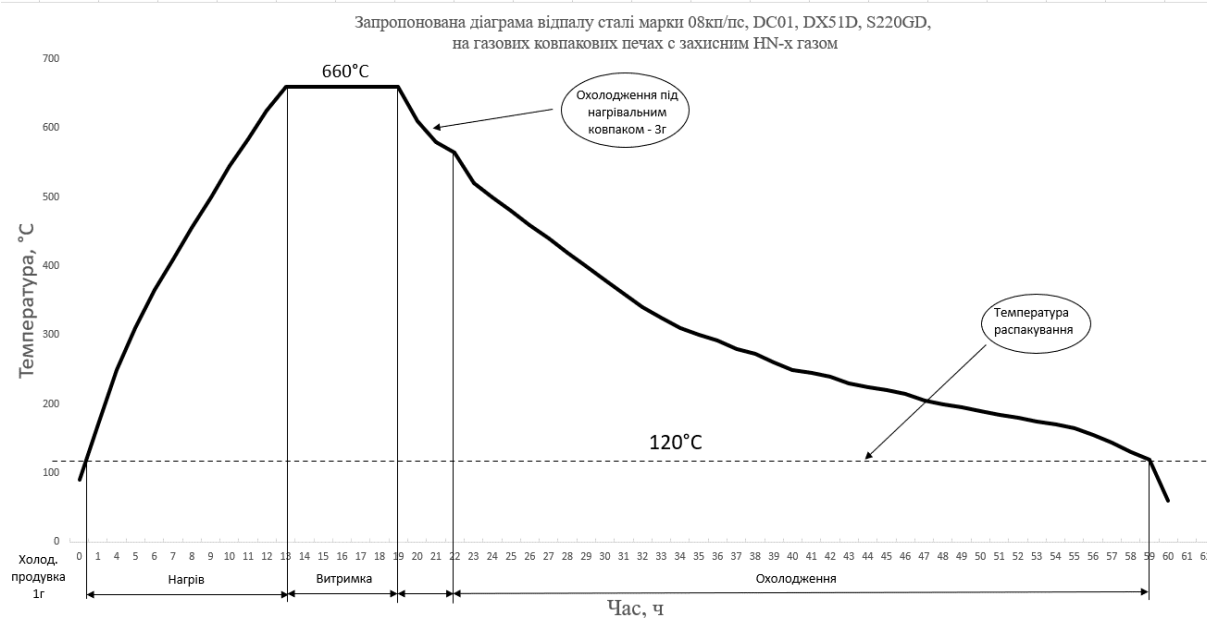
Діаграма відпалу сталі марки 08кп/пс, DC01 згідно протоколу, DX51D, S220GD,
товщ. - 1,5-2,0мм



Діаграма відпалу рулонів сталі DX51D в ковпакових газових печах до внесення змін



Діаграма оптимізованого відпалу рулонів сталі DX51D в ковпакових газових печах

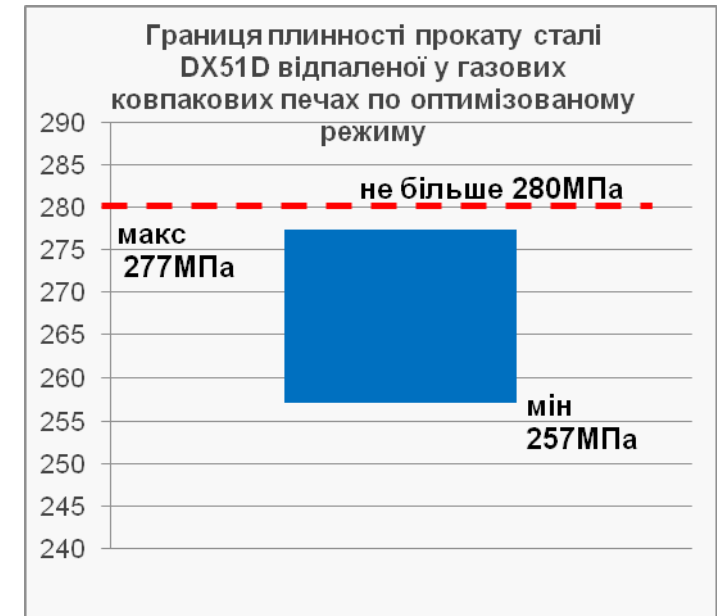
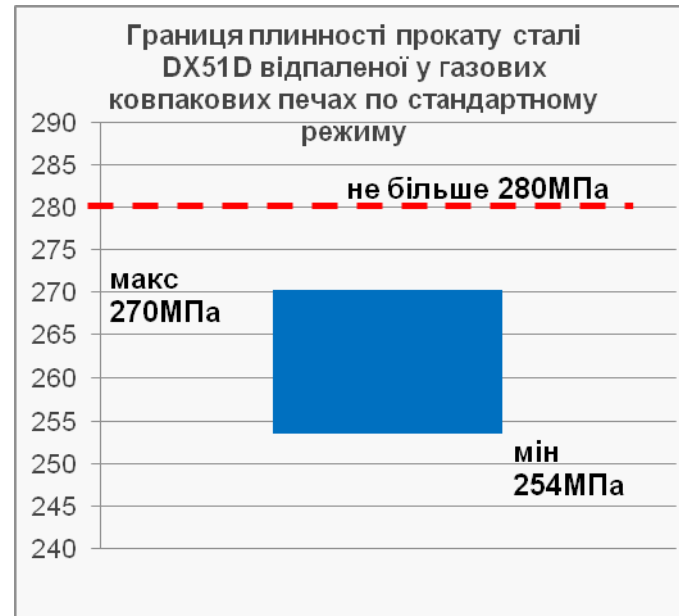
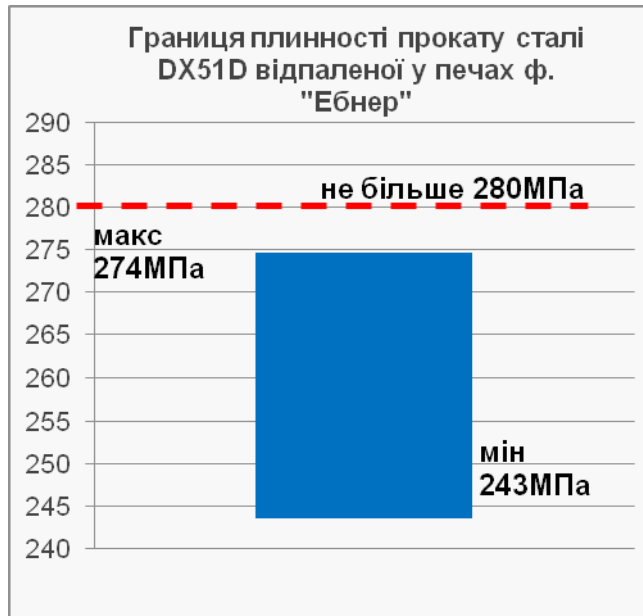


Додаток Г Порівняння властивостей листової сталі DX51D отриманої за різними технологічними варіантами

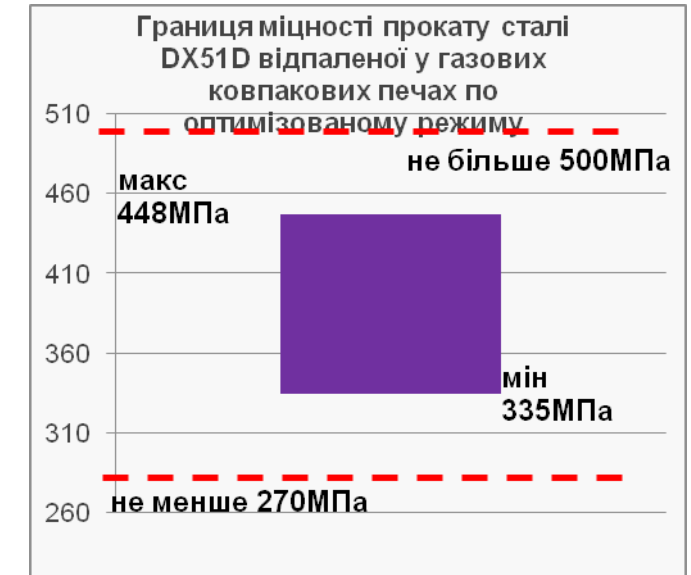
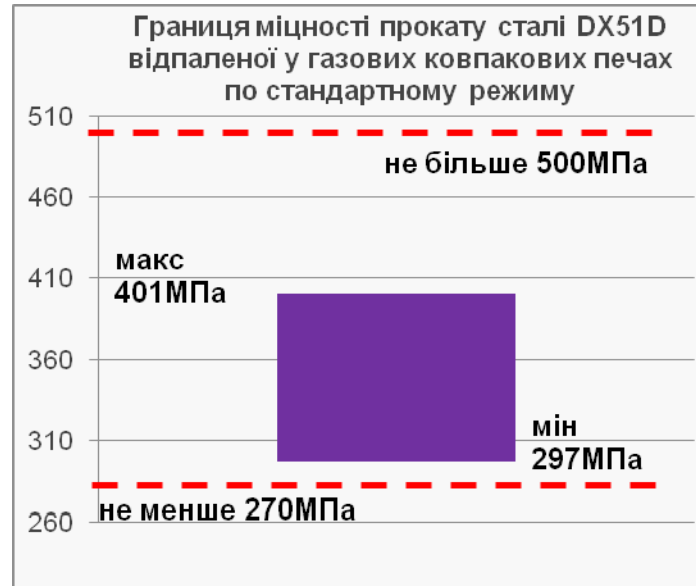
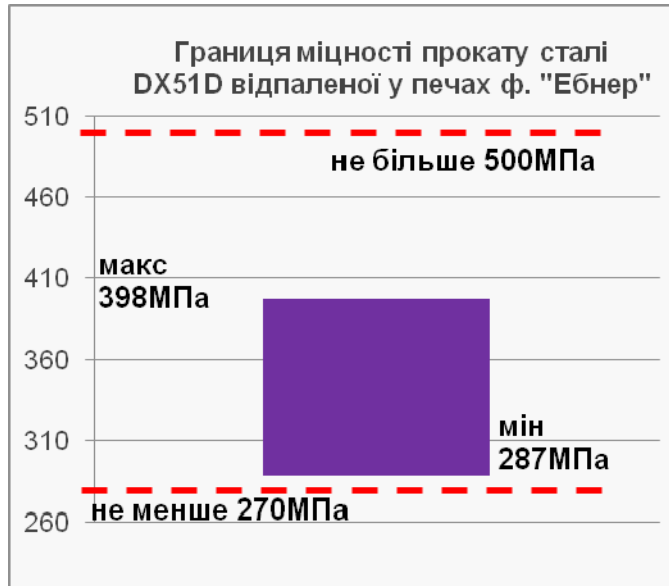
Варіант технології	Прокат	Піч відпалу (захисна атмосфера)	Границя плинності, Б_т, МПа	Границя міцності, Б_в, МПа	Відносне видовження, %	Бал зерна ДСТУ 8972
1	Прокат сталі марки DX51D товщиною більше 0,5мм	піч фірми «Ебнер» сухий водень	259	343	37	9, 9-8
2	Прокат сталі марки DX51D по діючій технології	ковпакова газова піч азото- воденева суміш	262	349	33	9, 9-8
3	Прокат сталі марки DX51D по оптимізованій технології	ковпакова газова піч азото- воденева суміш	267	391	29	10-9, 9-8
4	DX51D згідно EN 10346 та протоколом узгодження		не більше 280	270-500	не менше 22	-

Додаток Д Порівняння механічних властивостей листового прокату сталі DX51D, відпаленого у печах ф. «Ебнер» (в атмосфері сухого водню) та в газових ковпакових печах в атмосфері захисного H_2 -газу

Діапазони границі плинності



Діапазони границі міцності

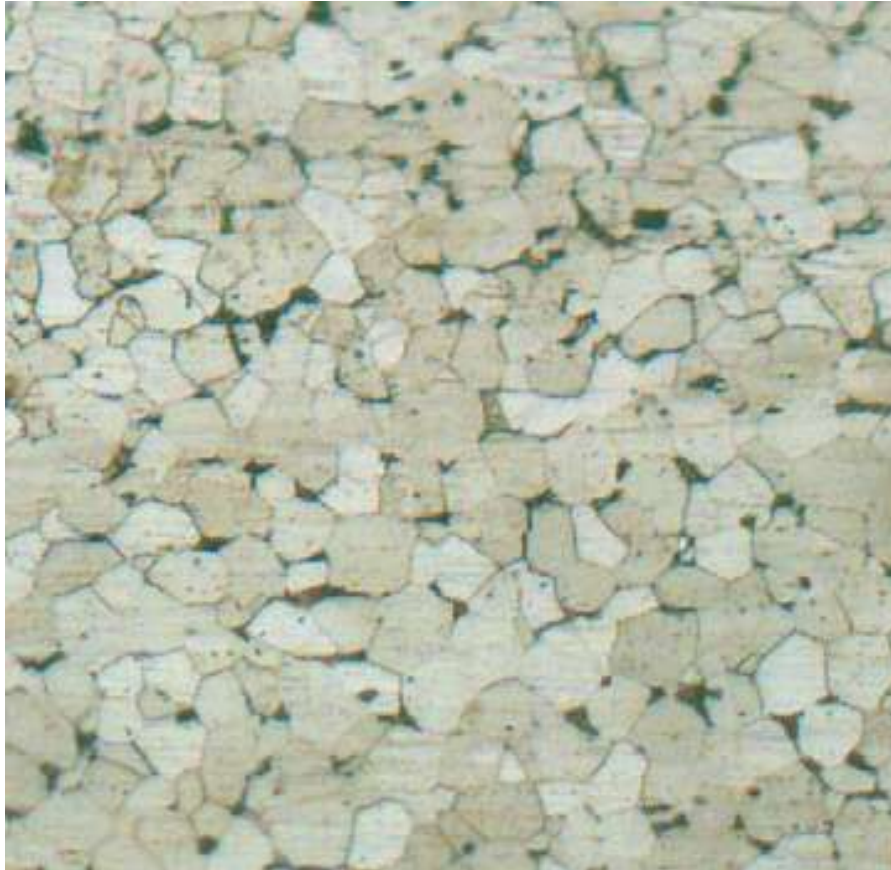


Діапазони відносного видовження



**Додаток Е Дослідження зміни структури листової сталі DX51D в процесі
отримання**

Структура прокату сталі DX51D



Структура гарячекатаного прокату

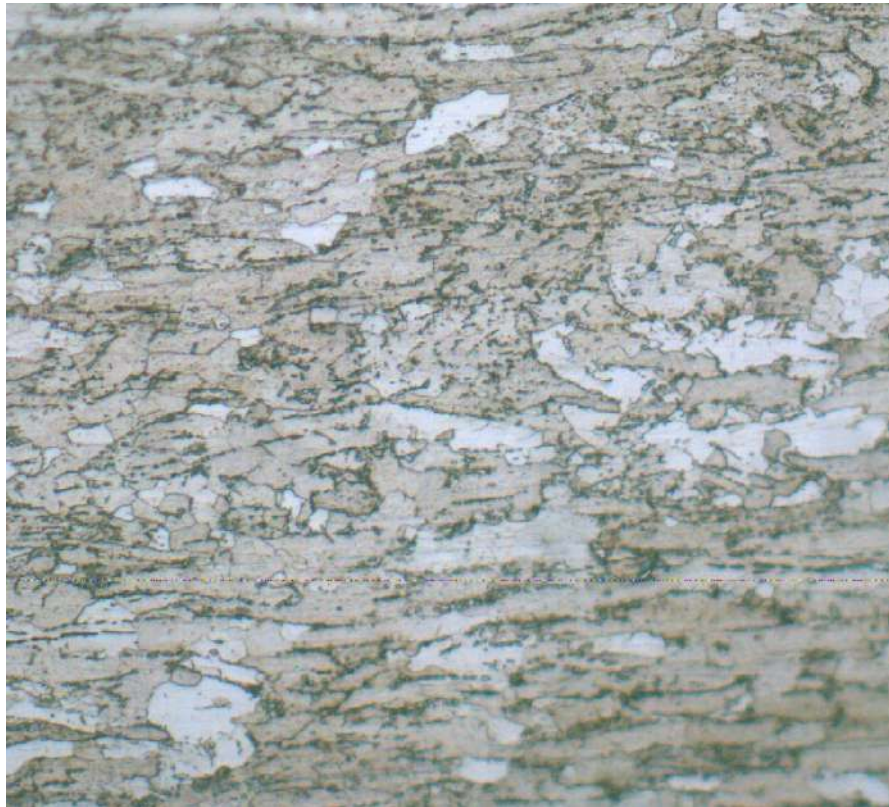


**Структура холоднокатаного (нагартваного) прокату –
нерекрісталізоване зерно фериту - текстура**



Структура відпаленого прокату рекристаллизоване зерно феррита

**Додаток Ж ДЕФЕКТИ СТРУКТУРИ ПРОКАТУ, ПОВ'ЯЗАНІС
ВІДПАЛОМ ЛИСТВОЇ СТАЛІ DX51D**



Голчасте зерно недовідпаленого прокату



Різнотермісткість проката сталі DX51D,
отримана при довготривалому відпалі.

Додаток 3 Забрудненість прокату, відпаленого за різними режимами