

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра металургії, матеріалознавства та організації виробництва

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Інноваційна діяльність у матеріалознавстві»  
за спеціальністю 132 Матеріалознавство

**на тему «Розробка заходів з освоєння виробництва сталі марки DC01  
мартенівської виплавки з забезпеченням механічних властивостей у  
повній відповідності з EN 10130-2006»**

Здобувач

Олександр СПІЧАК

Кам'янське 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі металургії, матеріалознавства та організації виробництва.

Керівник:



Пашинський, Володимир, Вікторович,  
доктор технічних наук, професор,  
завідуючий кафедри Металургії,  
матеріалознавства та організації  
виробництва

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії (<http://surl.li/pmioo>)

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному  
репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» 16 січня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Наразі щоб завоювати Європейські ринки сталена продукція повинна насамперед в повній мірі відповідати вимогам Євростандартів. В основному в Європі для загальних цілей (у виробництві білої техніки, мебелі, посуду, дверей, конструкціях вентсистем, шкафів та ін.) використовують холоднокатаний прокат сталі марки DC01, в Україні – 08кп,пс. Ці марки майже повні аналоги, але основна відмінність полягає в тому, що на сталі марки DC01 межа плинності повинна складати не більш ніж 280МПа, а за стандартами України для 08кп,пс такої вимоги немає. Саме із-за цього комбінат «Запоріжсталь» обмежений у поставках холоднокатаного металопрокату до країн Євросоюзу. Інші механічні властивості та хімічний склад сталі марки DC01 повністю відповідають сталі марок 08 кп,пс.

За хімічним складом ці марки майже повні аналоги (дивись таблицю 1 нижче)

Таблиця 1 - Хімічний склад сталей.

Марка сталі	C, нб %	Mn, нб%	S, нб%	P, нб%	Si, нб %	Cr, нб%	Ni, нб%	Cu, нб%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
DC01 EN 10130:2006	0,12	0,6	0,045	0,045	-			
08кп ГОСТ 9045-93	0,1	0,4	0,03	0,025	0,03	-		
08пс ГОСТ 9045-93	0,09+0,01	0,45	0,03	0,025	0,04	Al – до 0,07		

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
08кп по ГОСТ 16523-97 (ссилка на ГОСТ 1050-2013)	0,05- 0,12+/- 0,01	0,25- 0,5+/- 0,05	0,035+/- 0,005	0,03+/- 0,005	0,03	0,1+/- 0,02	0,3+/- 0,02	0,3
08пс по ГОСТ 16523-97 (ссилка на ГОСТ 1050-2013)	0,05- 0,11+/- 0,01	0,35- 0,65+/- 0,05	0,035+/- 0,005	0,030+/- 0,005	0,05- 0,17	0,1+/- 0,02	0,3+/- 0,02	0,3
08пс по ТУ 14-479-2000	нб 0,08	0,2-0,4	0,03	0,025	-	0,1	0,1	0,15 АІ-до 0,025
08Ю по ГОСТ 9045-93	нб 0,07+0,01	нб 0,35	0,025	0,02	0,03	АІ – 0,02-0,07		

Таблиця 2 - Порівняльні дані по вимогам до механічних властивостей сталей.

Найменування характеристик	08кп ГОСТ 9045-93, 08пс ГОСТ 9045-93, 08пс по ТУ 14-479-2000	08кп по ГОСТ 16523-97	DC01 EN 10130:2006	08пс по ГОСТ 16523-97 (ссилка на ГОСТ 1050-2013)	08Ю по ГОСТ 9045-93 ОСВ
1	2	3	4	5	6
Межа плинності, МПа	Не реглам	Не реглам	Нб 280, для штаб товщиною > 0,5мм і ≤ 0,7мм гранична межа плинності збільшується на 20МПа, для штаб ≤0,5мм гранична межа плинності збільшується на 40 МПа. Верхня межа плинності дійсна 8 днів з дня виготовлення продукції.	Не реглам	нб 195

Продовження таблиці 2.

1	2	3	4	5	6
Межа міцності, МПа	250-390	260-380	270-410	270-410	250-350
Подовження,%	Нм 26-29 в залежності від товщини	Нм 26-29 в залежності від товщини	Нм 24-28 в залежності від товщини	Нм 26-28 в залежності від товщини	Нм 34-42 в залежності від товщини
Загиб	-	+	-	+	-
Мікроструктура	+	+	-	+	+
Випробування на глибину лунки	+	+	-	+	+

Як бачимо з таблиці 2 основним показником, яким DC01 відрізняється від наших марок-аналогів є межа плинності. Рівень відповідності вимогам EN 10130-2006 для DC01 межі плинності на сталі 08кп на прокаті, який на даний момент виробляє ПАТ «Запоріжсталь», складає 66-68% (дивись нижче п.3.1.2). З метою повного забезпечення всіх механічних властивостей, освоєння виробництва сталі марки DC01 і отримання додаткових прибутків за рахунок продажу високомаржинального холоднокатаного прокату сталі марки DC01 на Європейських ринках і пропонується провести роботу.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 9 додатків. Загальний обсяг роботи становить 177 сторінок, робота містить 42 рисунка, 48 таблиць. Список використаних джерел складається з 36 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Освоєння нового продукту включає передусім початкові теоретичні розрахунки на основі літературних даних, розробку приблизного плану дій та експериментальну частину для відпрацювання нової технології безпосередньо на виробництві. Проведення експериментів починається з вивчення впливу кожного технологічного фактору на межу плинності, потім поєднання декількох факторів з метою розробки експериментальної технологічної схеми виробництва. Результати механічних досліджень та хімічного складу сталі бралися з електронних систем ПАТ «Запоріжсталь». На початкових етапах освоєння приймали за основу технологія, що забезпечує максимальний вихід придатного продукту, тому що незабезпечення основних характеристик несе в собі значні витрати через необхідність перезамовляти метал і реалізувати прокат, який не відповідає вимогам споживача, невиконання термінів замовлень, утворення значних обсягів незавершеного виробництва (що погіршує техніко-економічні показники цеху). Потім, після освоєння технології та аналізу і оцінки статданих за механічними властивостями, проводили роботи з удосконалення технології виробництва з метою економії енергоресурсів без шкоди якості. Тому вся робота з освоєння виробництва сталі марки DC01 щодо забезпечення її механічних властивостей була розбита на кілька етапів.

## ВИСНОВКИ

Дана магістерська робота присвячена освоєнню нового виду продукції – сталі марки DC01, яка виготовляється з мартенівської сталі у повній відповідності з EN10130-2006. Основна мета роботи – досягнення відповідної межі плинності DC01, для цього в ході літературного пошуку були визначені чинники, які

найбільш впливають на показник межі плинності, та в ході самої роботи проведена промислове випробування різних технологічних схем виробництва, вибрано оптимальні технологічні параметри та потім проведена робота по їх вдосконаленню з метою економії енергоресурсів.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1 Спочатку роботи провели літературний пошук та порівняння технологій виготовлення сталі марки DC01 на різних комбінатах. Відокремлені основні технологічні фактори (це насамперед обмеження хімічного складу сталі по основним зміцнюючим елементам, вибір оптимальної температури змотування при гарячій прокатці, вибір режиму відпалу, режимів обтиснення та температури дресирування) які можуть впливати на межу плинності холоднокатаного прокату та рекомендовано провести експериментальну роботу по вивченню впливу цих чинників в умовах ЦХП та ЦГП ПАТ «Запоріжсталь».

2 Потім, щоб оцінити вплив різних технологій виготовлення сталей-аналогів DC01 в умовах комбінату за допомогою комп'ютерної програми Neural Designer був проаналізований масив даних по механічним властивостям сталей та проведена оцінка впливу різних схем виготовлення (сталей 08кп та 08пс) на межу плинності, остаточно визначені параметри технології, з якими потрібно працювати і які треба змінювати в експериментальній частині роботи. Тобто допущення, визначені в літогляді повністю підтвердилися аналізом бази механічних властивостей.

3 В ході освоєння виробництва сталі марки DC01, проведення експериментальної частини і аналізу отриманих механічних властивостей були визначені основні параметри технології (котрі були закріплені в регламенті виробництва сталі марки DC01), які забезпечують стабільне отримання потрібних механічних властивостей, а саме межі плинності не більш ніж 280МПа:

А) обмежений хімічний склад сталі для забезпечення отримання необхідного комплексу властивостей;

Б) змотування смуги в ЦГП проводити без охолодження – це по суті додаткова термообробка підкату;

В) відпал проводити по режиму сталі марки 08Ю (він же самий енерговитратний) з проміжними витримками;

Г) відбір проб на випробування проводити при піднятих нажимних винтах дресирувального стану щоб виключити повторне дресування участку проби.

4 Після масового освоєння виробництва сталі марки DC01 у три етапи було проведено модернізацію режимів відпалу у печах с HNx газом та печах ф. «Ебнер». Модернізовані режими відпалу повністю забезпечили потрібний рівень механічних властивостей та дозволили підвищити продуктивність ковпакових печей. Дослідні режими відпалу (більш енергоємні у порівнянні з діючими режимами 08кп - по аналогії відпалу сталі 08Ю)+змотування без охолодження гарячекатаного підкату впливають не тільки на механічні властивості, а й на мікроструктуру холоднокатаного прокату, збільшуючи розмір зерна на 1-2 бали у порівнянні з діючими режимами відпалу.

Загальний економічний ефект від модернізації режимів відпалу склав 24,5млн грн/рік.

#### ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1 Tishchenko A. Panchenko G. Spichak A. Increasing the level of physical and mechanical properties of cold-rolled steel of the brand dc01 in order to ensure its requirements en 10130 in the conditions of PJSC "ZAPORIZHSTAL" Машини і пластична деформація металу : Матеріали IV Міжнар. наук.-техн. конф., м. Кам'янське, 17–20 жовт. 2018 . С33.

2. Kukhar V.V., Spichak O.Yu., Improvement of the emulsion cleaning system of the cold rolling mills of the cold rolling plant to remove hydraulic oils from the rolling emulsion. *International scientific conference "MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education"* : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2023. Vol. 1.p. 67– 70.

## АНОТАЦІЯ

Спічак Олександр Юрійович. Розробка заходів з освоєння виробництва сталі марки DC01 мартенівської виплавки з забезпеченням механічних властивостей у повній відповідності з EN 10130-2006.

Приведена у магістерській дисертації робота направлена на розробку енергоефективної технології виробництва сталі марки DC01 – основної сталі яка використовується для загальних потреб у країнах Євросоюзу та у всьому світі. У роботі використовувалися наступні методи дослідження: це перш за все аналіз поточних статистичних даних механічних властивостей сталі 08кп,пс з метою виділення напрямків роботи, проведення промислових експериментів на базі виявлених закономірностей та виділення основних технологічних режимів обробки, вдосконалення технології за рахунок підвищення енергоефективності відпалу. В результаті роботи була розроблена енергоефективна технологія виробництва сталі марки DC01 з механічними властивостями у повній відповідності з EN 10130-2006.

Ключові слова: DC01, межа плинності, режим відпалу, хімічний склад, EN 10130-2006, економічний ефект, мікроструктура, ковпакові печі.

## ABSTRACT

Spichak Oleksandr. Development of measures to master the production of DC01 steel of the March smelting with the provision of mechanical properties in full compliance with EN 10130-2006.

The work presented in the master's thesis is aimed at developing an energy-efficient technology for the production of DC01 steel, the main steel used for general needs in the European Union and around the world. The following research methods were used in the work: first of all, the analysis of current statistical data on the mechanical properties of 08kp,ps steel to identify areas of work, conducting industrial

experiments based on the identified patterns and identifying the main processing modes, and improving the technology by increasing the energy efficiency of annealing. As a result, an energy-efficient technology for the production of DC01 steel grade with mechanical properties in full compliance with EN 10130-2006 was developed.

Key words: DC01, yield strength, annealing mode, chemical composition, EN 10130-2006, economic effect, microstructure, cap furnaces.