

DOI 10.32820/2079-1747-2020-26-45-56

УДК 621.771:006.83

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРЕВЕНТИВНИХ ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПЛОСКОГО ПРОКАТУ****©Курпе О.Г., Кухар В.В., Присяжний А.Г.***ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»***Інформація по авторів:**

Курпе Олександр Геннадійович: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2039-7239>; aleksandr.kurpe@gmail.com; кандидат технічних наук; старший науковий співробітник кафедри обробки металів тиском; ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна

Кухар Володимир Валентинович: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4863-7233>; kvv.mariupol@gmail.com; доктор технічних наук; професор, завідувачий кафедрою обробки металів тиском; ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна

Присяжний Андрій Григорович: ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8062-075X>; agp87514@gmail.com; кандидат технічних наук; доцент кафедри обробки металів тиском; ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87555, Україна

В роботі, на підставі поєднання інструментів системи ISO та Lean, запропоновано методологію безперервної оптимізації технології та покращення якості прокату. Запропонована методологія застосовується для продукції яка пройшла стадію освоєння та виробляється в промислових об'ємах, а також може бути використана компаніями-партнерами, що займаються наданням продукції підприємства-виробника додаткової доданої вартості. Для візуальної оцінки стану й визначення рівнів технологічного процесу при встановленні обмежень технологічних параметрів запропоновано застосовувати кольорові маркери. Вдосконалена в роботі методологія керування якістю прокату ґрунтується на використанні циклу Демінга та включає застосування таких інструментів аналізу як діаграми Ішикави, метод Парето, діаграми розподілу та Правила 3σ, контрольні карти Шухарта. Вперше запропоновано диференційовані рішення щодо подальших дій із продукцією, яка вироблена з різним рівнем стабільності технології та якості. Перевірка ефективності даної методології була здійснена на фактичних даних комплексу механічних властивостей листового прокату товщиною 14 мм зі сталі марки К60, вироблених по режимах термомеханічної прокатки на стані 3600 «МК «АЗОВСТАЛЬ». Виконано порівняльний розрахунок між рівнем якості по фактичних даних та розрахованих по запропонованій методології. Встановлено, що впровадження запропонованої методології дозволить зменшити стандартне відхилення межі плинності, тимчасового опору та відносного подовження дослідного прокату на 44 %, 31 % та 46 % відповідно, що свідчить про загальне підвищення стабільності технології та якості. Запропонована методологія дозволяє забезпечити отримання параметрів якості в межах встановлених нормативними документами, а також дозволяє керувати їх рівнем для отримання кращого економічного результату в межах поєднання систем ISO та Lean.

Ключові слова: якість продукції; система ISO; технологічні параметри; стабільність технології; інструменти Lean

Курпе А.Г., Кухарь В.В., Присяжний А.Г. „Совершенствование превентивных мероприятий для обеспечения стабильности технологии и параметров качества плоского проката“. В работе, на основании объединения инструментов системы ISO и Lean, предложена методология непрерывной оптимизации технологии и улучшения качества проката. Предложенная методология применяется для продукции, которая прошла стадию освоения и производится в промышленных объемах, а также может быть использована компаниями-партнерами, которые дорабатывают продукцию предприятия-производителя с целью приобретения ею дополнительной добавленной стоимости. Для визуальной оценки состояния и определения уровней технологического процесса при установлении ограничений технологических параметров предложено применять цветные маркеры. Усовершенствованная в работе методология управления качеством проката основывается на использовании цикла Деминга и включает применение таких инструментов анализа как диаграмма Исикавы, метод Парето, диаграмма распределения и Правила 3 σ , контрольные карты Шухарта. Впервые предложены дифференцированные решения относительно дальнейших действий с продукцией произведенной с разным уровнем стабильности технологии и качества. Проверка эффективности данной методологии была осуществлена на фактических данных комплекса механических свойств листового проката толщиной 14 мм из стали марки К60, произведенных по режимам термомеханической прокатки на стане 3600 «МК «АЗОВСТАЛЬ». Выполнен сравнительный расчет между уровнем качества по фактическим данным и рассчитанным по предложенной методологии. Установлено, что внедрение предложенной методологии позволит уменьшить стандартное отклонение предела текучести, временного сопротивления и относительного удлинения исследованного проката на 44 %, 31 % и 46 % соответственно, что свидетельствует об общем повышении стабильности технологии и качества. Предложенная методология позволяет обеспечить получение параметров качества в пределах установленных нормативными документами, а также позволяет управлять их уровнем для получения лучшего экономического результата в рамках объединения систем ISO и Lean.

Ключевые слова: качество продукции; система ISO; технологические параметры; стабильность технологии; инструменты Lean

Kurpe O., Kukhar V., Prysjazhnyj A. “Improving preventive measures to ensure the stability of technology and quality parameters of flat rolled products”. In the work, on the basis of combining the tools of ISO and Lean systems, the methodology for continuous optimization of the technology and improvement of rolled products quality has been proposed. The proposed methodology is applied to products that have passed the development stage and are produced in industrial volumes, and can also be used by partner companies that modify the products of the manufacturing company in order to acquire additional added value. It is proposed to use colored markers to visually assess the condition and determine the levels of the technological process when establishing the limitations of the technological parameters. The improved rolled products quality management methodology is based on the use of the Deming cycle and includes the use of analysis tools such as the Ishikawa diagram, the Pareto method, the distribution diagram and the 3 σ Rules, and the Shukharts control cards. For the first time, the differentiated solutions have been proposed for further treatment of products manufactured with different levels of technology stability and quality. The effectiveness of this methodology has been verified on the basis of the actual data on the complex of mechanical properties of 14 mm plates made of steel grade K60, produced

according to the thermomechanical rolling regimes at plate mill 3600 of AZOVSTAL IRON & STEEL WORKS. The comparative calculation has been made between the quality level according to the actual data and the level calculated according to the proposed methodology. It has been established that the introduction of the proposed methodology will reduce the standard deviation of the yield strength, tensile strength and elongation of the investigated rolled products by 44 %, 31 % and 46 %, respectively. This indicates a general increase in the stability of the technology and quality. The proposed methodology allows us to provide quality parameters within the limits established by regulatory documents, and also allows us to control their level to obtain the best economic result within both ISO and Lean systems.

Keywords: product quality; ISO system; technological parameters; technology stability; Lean tools.

Вступ

Якість продукції – це сукупність властивостей, які обумовлюють її придатність задовольнити певні потреби відповідно до призначення. Для повноцінного функціонування та досягнення розвитку підприємства/компанії система якості продукції повинна бути впроваджена на всіх процесних ділянках [1-4], починаючи від постачання сировини і закінчуючи процесами роботи зі споживачами продукції (Клієнтами) [5, 6], а також може бути поєднаною із системою виробництва [7]. Аналіз роботи вітчизняних підприємств показав, що система якості на них функціонує тільки у сфері технології, а використання цієї системи в інших сферах, що взаємодіють з технологією, є формальним. Тому подальше вдосконалення підходів до превентивного керування якістю продукції та їх системне використання на всіх процесних ділянках виробництва є актуальною проблемою.

Аналіз публікацій по темі дослідження

Аналіз даних, опублікованих у роботах [5, 6, 8-10] дозволив зробити висновок про те, що для вирішення зазначеної проблеми поєднання системи якості ISO 9000, ISO 9001 з інструментами системи ощадливого виробництва Lean є ефективним. Система Lean є системою організації і управління розробленням продукції, виробництвом, взаємовідносинами з постачальниками і споживачами, коли продукція виготовляється у точній відповідності із запитами споживачів і з меншими втратами [9, 10]. Зокрема, одним з підходів, який передбачений системою якості ISO 9001 [11, 12] та може бути використаний для розв'язання проблеми, що розглядається, є використання «Ризик-орієнтованого мислення». Сутність його полягає в тому, що та чи інша організація повинна виконати оцінку ризиків, тобто визначити чинники, які можуть спричинити відхилення її процесів та системи управління якістю від запланованих результатів, та розробити дії стосовно ризиків для запобігання отримання небажаних ефектів, ґрунтуючись на наявних даних про вироблену продукцію й показники її якості. При цьому, необхідно планувати, у який спосіб інтегрувати та запроваджувати дії до процесів системи управління якістю організації та оцінювати їх результативність, тобто повинен працювати цикл Демінга, або цикл PDCA – плануї (Plan), роби (Do), перевіряй (Check), впливай (Act).

Серед інструментів системи ощадливого виробництва Lean, які доцільно використовувати в поєднанні з системою якості ISO 9001, можна відзначити наступні [8-10, 13, 14]: а) бенчмаркінг, що полягає у порівнянні показників, результатів, параметрів якості

тощо з аналогічними виробництвами, виробниками з метою пошуку найкращого досвіду; б) діаграму Ішикави, як графічний спосіб дослідження та визначення найбільш суттєвих причинно-наслідкових взаємозв'язків між чинниками та наслідками у проблемі, що досліджується; в) принцип Парето – емпіричне правило, згідно з яким для багатьох явищ 80 % наслідків спричинені 20 % причин. Разом із тим аналіз досвіду роботи металургійних підприємств України, показав, що на них недостатньо повно використовується методологія, яка б ґрунтувалась на поєднанні систем якості ISO та ощадливого виробництва Lean, що ускладнює вдосконалення технології та покращення якості продукції.

Постановка мети та завдання дослідження

Метою роботи є забезпечення необхідних показників якості листової металопродукції (на прикладі товстолистого прокату) на основі поєднання принципів систем ISO та Lean.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені наступні задачі: – вдосконалити методологію оптимізації технології та покращення якості прокату; – виконати оцінку ефективності даної методології для забезпечення необхідних показників фізико-механічних властивостей товстолистого прокату зі сталі марки К60.

Виклад основного змісту дослідження

Вдосконалена в роботі методологія керування якістю прокату ґрунтується на використанні циклу Демінга (цикл PDCA) та включає встановлення, визначення значень технологічних параметрів, які впливають на якість продукції, їх контроль, накопичення, обробку та механізми покращення, рис. 1.

Запропонована методологія застосовується для продукції, яка пройшла стадію освоєння та виробляється в промислових об'ємах, а також може бути використана компаніями-партнерами, що займаються наданням продукції підприємства-виробника додаткової доданої вартості (наприклад, додаткова обробка поверхні прокату).

Для здійснення контролю процесу виробництва та забезпечення якості листового прокату необхідно встановлення та керування відповідними технологічними параметрами. Їх можна встановити за допомогою діаграми Ішикави, а також на основі технологічних інструкцій, документації або літературних даних. При цьому, встановлення технологічних параметрів може бути загалом для комплексу показників якості або для окремих показників (чи груп показників) якості. Також для первинного встановлення параметрів технології може бути використано результати бенчмаркінгу для аналогічних виробництв, якщо такі дані є відкритими.

Перелік технологічних параметрів може бути нескінченно великим, тому, у деяких випадках, необхідно контролювати тільки найбільш значущі з них. Значущі показники, які впливають на якість прокату, можна визначити, наприклад, за допомогою методу Парето.

Після встановлення переліку технологічних параметрів необхідно визначити їх значення, які можуть встановлюватись на підставі аналізу виробництва аналогічної продукції, статистичної обробки наявної інформації, наукових досліджень, по літературних джерелах.



Рис. 1 – Відображення методології керування якістю прокату в циклі PDCA

Для оптимізації технології та підвищення якості прокату необхідне накопичення статистичної інформації та її обробка. Для отримання статистичних даних при виробництві прокату необхідно контролювати значення всіх встановлених технологічних параметрів та зберігати цю інформацію. Зазначені параметри слід об'єднувати з показниками якості продукції за допомогою системи простежування, яка є обов'язковою для сучасного виробництва.

Обробка накопиченої статистичної інформації здійснюється на основі багатофакторного аналізу. Кожен з показників якості прокату повинен аналізуватися окремо або в групі з показниками аналогічного рівня (наприклад, в групу можуть бути об'єднані показники механічних властивостей металу). Першим кроком аналізу отриманих статистичних даних є побудова діаграм розподілу по кожному з показників якості прокату з встановленням, в залежності від процесу, обмежень у відповідності до Правил 3 σ або 6 σ . Встановлені обмеження повинні відповідати наявним нормативним документам або бути більш жорсткими. На другому кроці обробки накопиченої статистичної інформації для кожного з встановлених технологічних параметрів, які впливають на даний показник якості прокату, необхідно побудувати діаграми розподілу та встановити обмеження, які забезпечують отримання продукції необхідної якості. При цьому слід уникати окремого встановлення обмежень для взаємозалежних технологічних параметрів, а також встановлення різних обмежень для одного й того ж технологічного параметра, який впливає на різні показники якості прокату. Для визначення обмежень технологічних параметрів

доцільно використовувати статистичні моделі, які можна побудувати на підставі обробки отриманих масивів даних за допомогою, наприклад, програмних додатків типу Statistica або пакету аналізу Microsoft Excel [15].

Для візуальної оцінки стану й визначення рівнів технологічного процесу при встановленні обмежень технологічних параметрів рекомендується застосовувати кольорові маркери. Зокрема, червоний маркер можна встановлювати, коли технологічний параметр відхиляється від меж, які забезпечують отримання даного показника якості прокату у відповідності зі стандартом (це відповідає порушенню технологічного процесу). Жовтий маркер можливо застосовувати, коли технологічний параметр відхиляється від меж, які забезпечують підвищені вимоги, встановлені в межах керування системою якості, при цьому даний показник якості прокату ще знаходиться у межах відповідності стандарту (це означає, що технологічний процес потребує уваги). Зелений маркер слід використовувати, коли технологічний параметр відповідає межам встановлених (підвищених) вимог до якості прокату, при цьому, технологічний процес є стабільним. Використання цього підходу в межах поєднання систем ISO та Lean дає можливість не тільки стабілізувати технологічний процес та підвищити якість продукції, але й знизити виробничі витрати шляхом застосування обмежень в отриманні надвисоких рівнів показників якості. Наприклад, стабільне отримання на середньому рівні вимог показників механічних властивостей товстолистого прокату для магістральних трубопроводів дозволяє економити мікролегуючі елементи при виплавці сталі.

Для відстеження результату та контролю за дотриманням встановлених обмежень по технологічних параметрах можуть бути використані безпосередній контроль співробітником відділу контролю якості на місці фіксації технологічного параметра, системи візуалізації (контролю) технологічних параметрів або автоматична система контролю технологічного процесу. Також широко застосовуються контрольні карти Шухарта, які являють собою графік зміни параметрів вибірки, зазвичай середнього значення і стандартного відхилення який розраховується в процесі накопичування даних. У разі невідповідності допустимому рівню відхилення технологічним персоналом приймаються рішення щодо забезпечення входження даного технологічного параметра у необхідні межі.

Отримання інформації по відхиленням дозволяє керувати подальшою долею такої продукції відповідно до вимог ISO 9001. Так, продукція, що виробляється партією, для кожної одиниці якої всі показники знаходяться в межах зеленого маркеру, вважається відповідною. Якщо по окремих одиницях партії є показники, які знаходяться в межах жовтого маркеру, то призначається додатковий контроль якості для зазначених одиниць продукції. Продукція з жовтими маркерами вважається відповідною тільки після підтвердження по результатах додаткового контролю. У випадку, коли для окремих одиниць партії є показники, що знаходяться в межах червоного маркеру, продукція, якщо це не узгоджено із Замовником, вважається невідповідною та переводиться в нижчу якість або в брак. Партія прокату може містити набір одиниць продукції з комбінацією будь яких маркерів, якщо це узгоджено із Замовником, або відокремлюватися в різні партії відповідно до маркерів.

Нижче виконана оцінка ефективності запропонованої Методології для встановлення поточного рівня якості та напрямків покращення таких показників якості, як межа плинності σ_T , тимчасовий опір σ_B та відносне подовження δ при виробництві товстолистого прокату зі сталі марки К60, товщиною 14 мм, що вироблявся по режимах термомеханічної прокатки з прискореним охолодженням на стані 3600 «МК «АЗОВСТАЛЬ» (м. Маріуполь).

Перелік технологічних параметрів, які впливають на рівень зазначених показників якості прокату, визначений по практичних даних. Цей перелік включає хімічний склад сталі з такими елементами, які впливають на механічні характеристики металу (С, Мп, Nb, V, Мо, Cr, Ni, Cu), а також температуру початку прокатки в чорновій кліті (ТППч), температуру початку другої стадії прокатки в чорновій кліті, яка обумовлена початком гальмування рекристалізації (ТГР), температуру початку та закінчення прокатки в чистовій кліті (ТПП, ТЗП), температуру металу на початку та закінченні контрольованого охолодження (ТПО, ТЗО) [16-18].

Для визначення технологічних параметрів, які впливають на показники якості, що досліджувались, були побудовані діаграми Парето по кожному показнику. Підставою для побудови діаграм Парето є величина вірогідності апроксимації R^2 та величина коефіцієнта кореляції Пірсона (за модулем), які були отримані при визначенні залежності між кожним показником якості та технологічним параметром. На рис. 2, в якості прикладу, представлені діаграми Парето, які побудовано для межі плинності σ_T . Для масиву даних що використовувався в розрахунках, критичне значення коефіцієнта кореляції Пірсона становить 0,17 для рівня значимості $p = 0,05$ (див. рис. 2, б). Технологічні параметри коефіцієнт кореляції Пірсона яких до відповідного показника якості прокату є меншим за 0,17 не є значимими.

В табл. 1 наведені технологічні параметри, які по результатах статистичної обробки даних встановлені як значимі. Дії щодо вдосконалення технології та підвищення якості прокату розроблялись тільки для значимих технологічних параметрів, а незначимі параметри були залишені на рівні, який встановлено технологічним процесом.

Таблиця 1

Показники, які є значимими при визначенні відповідного параметру якості прокату

Показник	Значення кореляції Пірсона за показниками якості прокату		
	σ_T	σ_B	δ
ТГР	0,316	0,379	-
V	0,236	0,252	-
ТПО	- 0,224	- 0,334	-
Ni	- 0,213	- 0,219	-
Мо	- 0,196	-	-
Cu	- 0,188	- 0,202	-
C	0,178	0,246	-
ТЗО	-	- 0,241	0,412

У відповідності до запропонованої методології керування якістю прокату були також побудовані діаграми розподілу по зазначених показниках якості товстих листів.

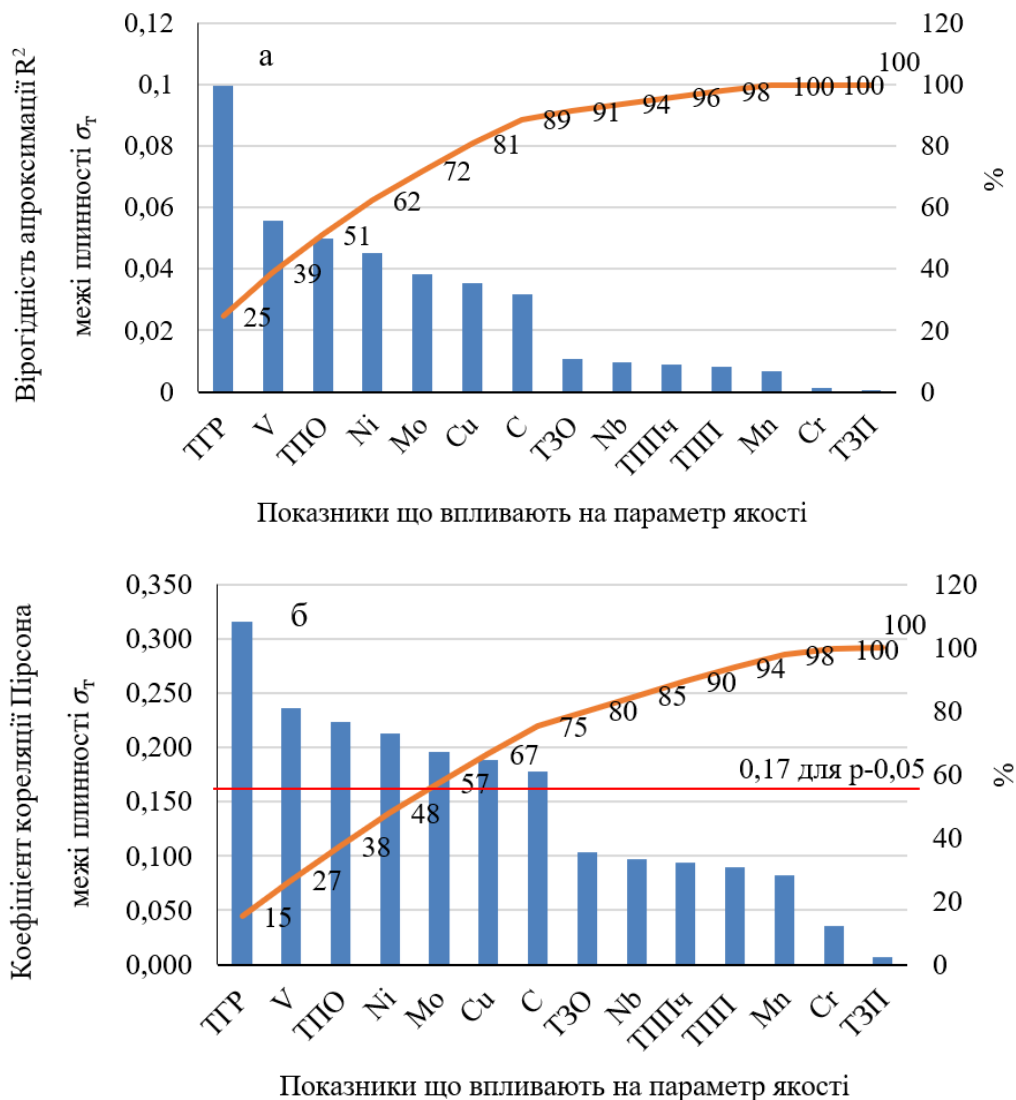
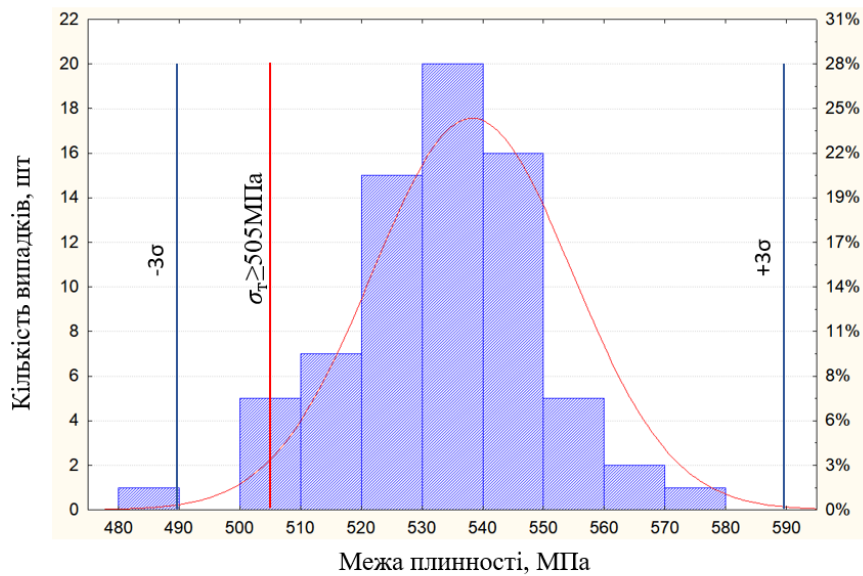


Рис. 2 – Діаграма розподілу вірогідності апроксимації (а) та коефіцієнта кореляції Пірсона (б) по параметрах, які впливають на межу плинності прокату зі сталі марки К60

На рис. 3 в якості прикладу представлений розподіл межі плинності прокату. Аналіз побудованих діаграм дозволив встановити, що розподіл межі плинності має випадки отримання нижчого за нормативний рівень та граничного з мінімальним нормативним рівнем вимог. По відношенню до розподілу тимчасового опору також є випадки отримання нижчого за нормативний рівень вимог. Розподіл відносного подовження має суттєву кількість випадків отримання нижчого за нормативний рівень вимог, що свідчить про нестабільність технологічного процесу щодо отримання даного показника якості листового металопрокату.

Для стабілізації технології прокатки та підвищення якості прокату по показниках, що досліджувались, були встановлені обмеження та за допомогою кольорових маркерів визначені рівні процесу, представлені в табл. 2.

Для отримання необхідного рівня параметрів технології по встановлених обмеженнях показників якості прокату в масиві даних, що досліджувався, за допомогою фільтрів залишали тільки ті дані, які відповідають стабільному рівню процесу (позначений зеленим маркером у табл. 2), та встановлювали їх межі.



Нормативні параметри	—	$\sigma_T \geq 505 \text{ МПа}$
Статистичні параметри:		середнє значення 537,99 МПа
		стандартне відхилення 16,35 МПа
Розраховані параметри	—	$3\sigma = 489\text{-}587 \text{ МПа}$

Рис. 3 – Початковий розподіл межі плинності прокату товщиною 14 мм зі сталі марки К60

Фільтрацію починали з найбільш нестабільного показника якості, яким у даному випадку є відносне подовження. При цьому перелік значимих технологічних параметрів для всіх трьох показників якості листів був однаковий. При встановленні жовтого та червоного маркерів та відповідних до них рівнів технологічного процесу враховували значення кореляції Пірсона по показниках якості прокату (див. табл. 1). Визначення меж порушення технології прокатки (позначені червоним маркером у табл. 2) здійснювали по даним, які відповідають межах нормативних вимог до показників якості товстолистого металопрокату.

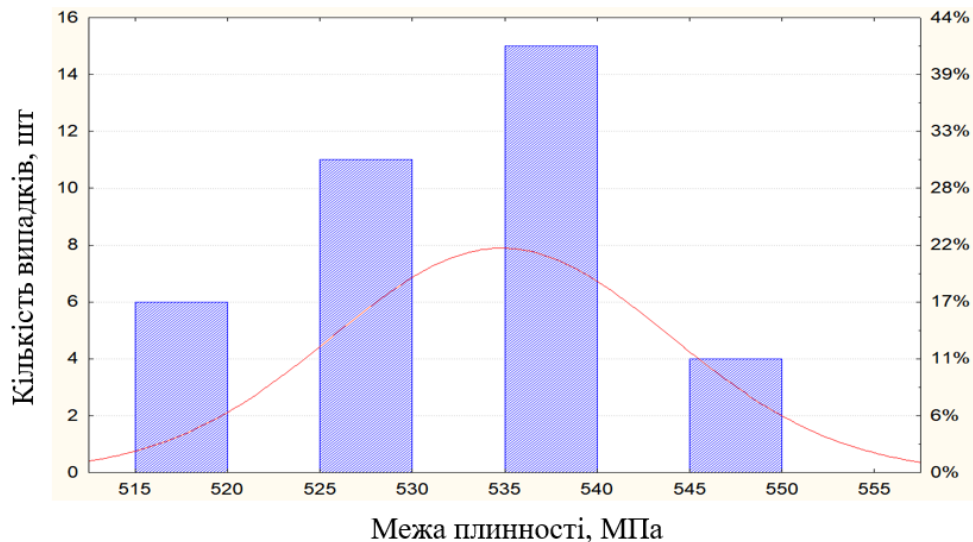
Слід зазначити, що важливу роль при використанні запропонованої методології для встановлення рівнів технологічного процесу відіграє якість первинно розробленої (базової) технології.

У випадку, що аналізується, був розроблений помилковий базовий технологічний процес термомеханічної прокатки товстих листів, який не дозволив отримати необхідні показники механічних властивостей прокату за допомогою прискореного охолодження, що видно по негативних кореляціях параметрів охолодження. Потрібний рівень властивостей товстих листів досягався здебільшого за допомогою параметрів процесу прокатки.

Після встановлення рівнів технологічних параметрів (див. табл. 2), необхідних для отримання стабільних показників якості товстолистого металопрокату, були побудовані діаграми розподілу межі плинності, тимчасового опору та відносного подовження металу. На рис. 4 в якості прикладу представлена діаграма розподілу межі плинності прокату товщиною 14 мм зі сталі марки К60 для зеленого рівня технологічного процесу.

Встановлені обмеження технологічних параметрів та показників якості прокату

Показник якості/ технологічний параметр	Рівні процесу				
	порушення процесу	потребує уваги	стабільний	потребує уваги	порушення процесу
Межа плинності, МПа	<505	505–510	511–570	571–580	>710
Тимчасовий опір, МПа	<590	590–600	600–660	661–710	>710
Відносне подовження, %	<22	22,0–22,4	22,5–25,0	25,1–26,0	>26,0
ТТР, °С	<876	876–908	909–1008	-	>1008
V, %	<0,055	0,056–0,059	0,06–0,08	-	>0,08
ТПО, °С	<717	718–720	721–737	-	>737
Ni, %	-	-	0–0,29	-	>0,29
Mo, %	-	-	0–0,07	-	>0,07
Cu, %	-	-	0–0,28	-	>0,28
C, %	-	-	0,08–0,11	-	>0,11
ТЗО, °С	<541	542–595	596–640	-	>640



Нормативні параметри	—	$\sigma_T \geq 505 \text{ МПа}$
Статистичні параметри:		середнє значення 534,72 МПа стандартне відхилення 9,10 МПа
Розраховані параметри	—	$3\sigma = 507\text{-}562 \text{ МПа}$

Рис. 4 – Розподіл межі плинності прокату товщиною 14 мм зі сталі марки К60 для зеленого рівня технологічного процесу

Аналіз отриманих результатів показав, що зелений рівень технологічного процесу забезпечує отримання показників механічних властивостей товстолистового прокату у межах нормативних вимог. При цьому зменшилося стандартне відхилення по межі плинності,

тимчасовому опору та відносному подовженню прокату на 44 %, 31 % та 46 % відповідно, що свідчить про підвищення стабільності технології.

Висновки

Вдосконалена методологія керування якістю продукції та виконана оцінка ефективності її застосування стосовно до умов отримання товстолистового прокату товщиною 14 мм та вище зі сталі категорії міцності К60. Результати цієї оцінки показали, що запропонована Методологія дозволяє забезпечити отримання показників механічних властивостей товстих листів відповідно до вимог, встановлених нормативними документами, а також керувати рівнем даних показників для отримання економічного ефекту в межах поєднання систем ISO та Lean.

Список використаних джерел

1. Johansson C. *Welding Processes Handbook (Second edition)* / Curt Johansson // Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies. – 2012. – Pp. 245-258. DOI: <https://doi.org/10.1533/9780857095183.245>
2. Backman J. *Methods and Tools of Improving Steel Manufacturing Processes: Current State and Future Methods* / Jere Backman, Vesa Kyllönen, Heli Helaakoski // IFAC PapersOnLine. – 2019. – Vol. 52, Iss. 13. – Pp. 1174-1179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.355>
3. Grudzien Łukasz. *Information quality in design process documentation of quality management systems* / Łukasz Grudzien, Adam Hamrol // International Journal of Information Management. – 2016. – [Vol. 36, Iss. 4](#). – Pp. 599-606. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.03.011>
4. Hung-Chunga Su. *Where in the supply chain network does ISO 9001 improve firm productivity?* / Su Hung-Chunga, Kao Ta-Wei, Kevin Linderman // European Journal of Operational Research. – 2020. – [Vol. 283, Iss. 2](#). – Pp. 530-540. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.042>
5. Singh J. P. *Modern quality management systems. Woven Terry Fabrics* / J.P. Singh, S. Verma // Manufacturing and Quality Management. – 2017. – Pp. 179-216. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100686-3.00012-8>
6. Martínez-Costa Micaela. *ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited* / Micaela Martínez-Costa, Thomas Y. Choi, Jose A. Martínez, Angel R. Martínez-Lorente // Journal of Operations Management. – 2009. – [Vol. 27, Iss. 6](#). – Pp. 495-511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.04.002>
7. Antsev V.Yu. *Improvement in Production Process for Pipelines Manufacturing Based on Quality Management Method* / V.Yu. Antsev, N.A. Vitchuk, V.V. Miroshnikov // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 206. – Pp. 950-957. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.577>
8. Priede Jānis. *Implementation of Quality Management System ISO 9001 in the World and Its Strategic Necessity* / Jānis Priede // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2012. – Vol. 58. – Pp. 1466-1475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1133>
9. Синго С. *Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства* / С. Синго ; пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2010. – 312 с.
10. Оно Т. *Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства* / Т. Оно ; пер. с англ. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2013. – 208 с.
11. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9001:2015, IDT) : ДСТУ ISO 9000:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 45 с.
12. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT) : ДСТУ ISO 9001:2015. – [Чинний від 2016-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 22 с.
13. Воробйова Н. П. *Бенчмаркінг як інструмент підвищення конкурентоспроможності організації* / Н. П. Воробйова // Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку. – 2018. – № 14. – С. 13–20.
14. Статистичний контроль. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT) : ДСТУ ISO 8258-2001. – [Чинний від 2003-07-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2003. – 32 с.
15. Вуколов Э. А. *Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL* : учеб. пособие / Э. А. Вуколов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2008. – 464 с.
16. Kurpe O. *Implementation of Pipe Steel Grade X52M Manufacturing according to API-5L Requirements Applied to Hot Rolling Mills "1700"* / O. Kurpe, V. Kukhar, E. Klimov, S. Chernenko, E. Balalayeva // The Innovation Exchange : 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing / Springer Nature Switzerland AG : Ukraine. Lutsk, 2020. – Pp. 418-429. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_42
17. Kurpe O. *Thermomechanical Controlled Rolling of Hot Coils of Steel Grade S355MC at the Wide-Strip Rolling Mill 1700* / O. Kurpe, V. Kukhar, E. Klimov, A. Prisyazhnyi // Materials Properties and Technologies of Processing, Solid State Phenomena. – 2018. – Vol. 291. – Pp. 63-71. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.291.63>

18. Mastering high-strength shipbuilding steel plate production using thermo-mechanical controlled process (TMCP) at the rolling mill 3600. *Engineering sciences: Development prospects in countries of Europe at the beginning of the third Millennium* : collective monograph / O. Kurpe, V. Kukhar. – Poland : Stalowa Wola, 2018. – Vol. 1. – Pp. 281-298.

References

1. Johansson, C 2012, 'Welding Processes Handbook (Second edition)', *Woodhead Publishing Series in Welding and Other Joining Technologies*, pp. 245-258, viewed 10.06.2020, <<https://doi.org/10.1533/9780857095183.245>>.
2. Backman, J, Kyllönen, V & Helaakoski, H 2019, 'Methods and Tools of Improving Steel Manufacturing Processes: Current State and Future Methods', *IFAC PapersOnLine*, vol. 52, iss. 13, pp. 1174-1179, viewed 10.06.2020, <<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.355>>.
3. Grudzien, Ł & Hamrol, A 2016, 'Information quality in design process documentation of quality management systems', *International Journal of Information Management*, vol. 36, iss. 4, pp. 599-606, viewed 10.06.2020, <<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.03.011>>.
4. Hung-Chunga, S, Ta-Wei, K & Linderman, K 2020, 'Where in the supply chain network does ISO 9001 improve firm productivity?', *European Journal of Operational Research*, vol. 283, iss. 2, pp. 530-540, viewed 05.05.2020, <<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.042>>.
5. Singh, JP & Verma, S 2017, 'Modern quality management systems. Woven Terry Fabrics', *Manufacturing and Quality Management*, pp. 179-216, viewed ???, <<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100686-3.00012-8>>.
6. Martínez-Costa, M, Choi, TY, Martínez, JA & Martínez-Lorente, AR 2009, 'ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited', *Journal of Operations Management*, vol. 27, iss 6, pp. 495-511, viewed 01.06.2020, <<https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.04.002>>.
7. Antsev, VYu, Vitchuk, NA & Miroshnikov, VV 2017, 'Improvement in Production Process for Pipelines Manufacturing Based on Quality Management Method', *Procedia Engineering*, vol. 206, pp. 950-957, viewed 01.06.2020, <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.577>>.
8. Priede, J 2012, 'Implementation of Quality Management System ISO 9001 in the World and Its Strategic Necessity', *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 58, pp. 1466-1475, viewed 05.05.2020, <<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1133>>.
9. Singo, S 2010, *Izuchenie proizvodstvennoj sistemy Tojoty s točki zrenija organizacii proizvodstva*, Institut kompleksnyh strategicheskikh issledovanij, Moskva.
10. Ono, T 2013, *Proizvodstvennaja sistema Tojoty. Uhodja ot massovogo proizvodstva*, Institut kompleksnyh strategicheskikh issledovanij, Moskva.
11. *Systemy upravlinnja jakistju. Osnovni polozhennja ta slovnyk terminiv (ISO 9001:2015, IDT) : DSTU ISO 9000:2015* 2015, Chynnyj vid 2016-07-01, Derzhavne pidpriemstvo Ukrainyski naukovo-doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakost, Kyiv.
12. *Systemy upravlinnja jakistju. Vymoghy (ISO 9001:2015, IDT) : DSTU ISO 9001:2015* 2015, Chynnyj vid 2016-07-01, Derzhavne pidpriemstvo Ukrainyski naukovo-doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakost, Kyiv.
13. Vorobjova, NP 2018, 'Benchmarking jak instrument pidvyshhennja konkurentospromozhnosti orghanizacii', *Problemy innovacijno-investycijnogho rozvytku*, no. 14, pp. 13-20.
14. *Statystychnyj kontrolj. Kontroljni karty Shukharta (ISO 8258:1991, IDT) : DSTU ISO 8258-2001* 2001, Chynnyj vid 2003-07-01, Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyjiv.
15. Vukolov, JeA 2008, *Osnovy statisticheskogo analiza. Praktikum po statisticheskim metodam i issledovaniju operacij s ispolzovaniem paketov STATISTICA i EXCEL*, 2nd. edn, FORUM, Moskva.
16. Kurpe, O, Kukhar, V, Klimov, E, Chernenko, S & Balalayeva, E 2020, 'Implementation of Pipe Steel Grade X52M Manufacturing according to API-5L Requirements Applied to Hot Rolling Mills 1700', *The Innovation Exchange : 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing*, Springer Nature Switzerland AG, Lutsk, pp. 418-429, viewed 01 June 2020, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_42>.
17. Kurpe, O, Kukhar, V, Klimov, E & Prysiaznyi, A 2018, 'Thermomechanical Controlled Rolling of Hot Coils of Steel Grade S355MC at the Wide-Strip Rolling Mill 1700', *Materials Properties and Technologies of Processing, Solid State Phenomena*, vol. 291, pp. 63-71, viewed 05 May 2020, <<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.291.63>>.
18. Kurpe, O & Kukhar, V 2018, 'Mastering high-strength shipbuilding steel plate production using thermo-mechanical controlled process (TMCP) at the rolling mill 3600', *Engineering sciences, Development prospects in countries of Europe at the beginning of the third Millennium*, Collective monograph, Stalowa Wola, vol. 1, pp. 281-298.

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2020 р.