



УДК 669.18:331.45

**WORKING OUT OF SAFETY MEASURES OF THE PROCESS OF HOT ROLLING THIN SHEET****РОЗРОБКА ЗАСОБІВ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПРОЦЕСУ ГАРЯЧОЇ ПРОКАТКИ ТОНКОГО ЛИСТА****Tarasov V.K. / Тарасов В.К.***Corresponding Member of the Academy of Technical Sciences of Ukraine, c.t.s./ к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4404-3454

**Kuris Y.V. / Куріс Ю.В.***d.t.s., prof./ д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0001-7169-9187

**Tkalich I.O. / Ткалич І.О.***as./ас.*

ORCID: 0000-0002-6371-1788

**Novokshchonova O.V. / Новокщонова О.В.***as./ас.*

ORCID: 0000-0001-5684-7997

*Запорізький інженерний інститут ЗНУ, Запоріжжя, пр. Соборний 226, 69006*

**Анотація.** *Визначено небезпечні чинники технологічного процесу гарячої прокатки тонкого листа. Розроблено апаратурно-технологічну схему небезпек виробництва. Виконано розрахунки рівня безпеки при обслуговуванні агрегатів прокатки з урахуванням порушень основних параметрів безпеки, екстремальних відхилень процесу та негативного впливу зовнішніх чинників. Розраховано небезпечну відстань персоналу до джерела випромінювання та відповідні площі небезпечних зон. Представлено засоби і заходи захисту від небезпек і аварій.*

**Ключові слова:** *технологія, гаряча прокатка, небезпечні чинники, рівень безпеки, інфрачервоне випромінювання, шум, розрахунки, пропозиції.*

**Вступ.**

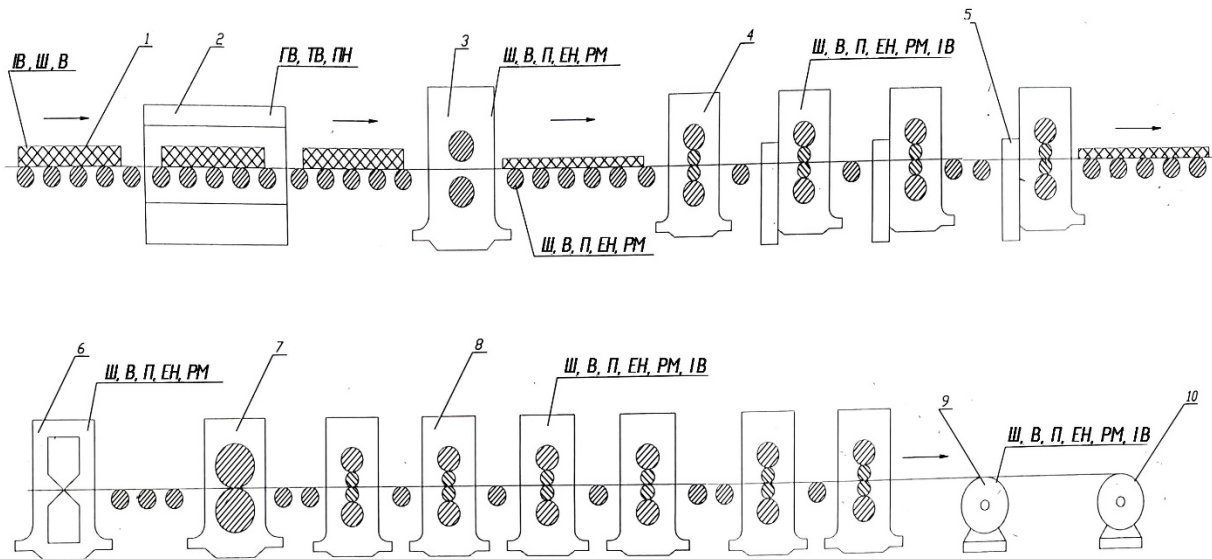
Прокатне виробництво, в тому числі гаряча прокатка тонкого листа, характеризується складністю і різноманітністю технологічного процесу та, відповідно, механічного устаткування [1]. Наявність численних рухомих механізмів (рольганги, валки станів, установки проміжного поворотного устрою - ППУ «Coilbox», моталки, сляби або заготівки МНЛЗ, готовий прокат, деталі приводів), зон з високою температурою металу, значною швидкістю переміщення прокату і ударними навантаженнями приводить до виникнення виробничих небезпек для обслуговуючого персоналу [2]. Спостерігається погіршення умов праці та порушення нормативних вимог України і Європейського союзу з охорони праці, що може спричинити соціальну напругу на виробництві. Трапляються нещасні випадки навіть зі смертельними результатами, що взагалі зумовлює невиробничі зупинки процесу, зниження його ефективності [3,4]. У зв'язку з цим представляється актуальним проведення аналізу та оцінки рівня небезпек фізичних і технологічних чинників процесу гарячої прокатки, визначення раціональних засобів захисту працівників [5,6].

**Основний текст**

Для визначення зон дії шкідливих і небезпечних чинників прокатки



розроблено апаратурно-технологічну схему процесу (рис.1).

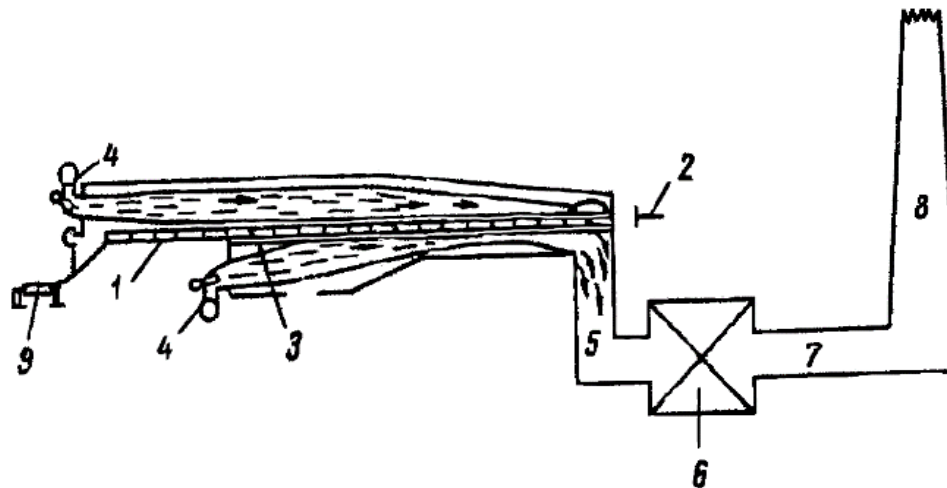


*ІВ-інфрачервоне випромінювання; ТВ- тепловиділення, ГВ-газовиділення; ПН-пожежна небезпека; ЕН-електробезпека; РМ-рухомі механізми; В – вібрація; Ш-шум; П-пил.*

**Рис.1. Апаратурно-технологічна схема процесу гарячої прокатки тонкого листа з визначенням шкідливих і небезпечних чинників**  
Авторська розробка

У виробничому процесі гарячої прокатки в основному мають місце небезпечні фізичні чинники, що можуть негативно впливати на працівників. Фізико-хімічні чинники є основними тільки при нагріві металу перед плющенням, вогневій зачистці поверхні прокату і термообробці. Наявність шкідливих чинників (перевищення допустимої температури повітря робочої зони, виділення пилу та газу ) контролюється витяжною вентиляцією і системою охолодження. Проте в аварійних ситуаціях шкідливі чинники значно перевищують допустимі параметри і перетворюються на небезпечні, спричиняючи пожежі, вибухи тощо.

Наприклад, при нагріві слябів в методичних печах для визначення небезпек необхідно враховувати особливості технології (рис.2). Метал за допомогою штовхача переміщується по подовим трубам, що охолоджуються водою. Паливо згоряє в пальниках, розташованих у верхній та нижній камерах печі. Продукти згоряння двома потоками (верхнім – над заготівками та нижнім – під ними) переміщуються вздовж робочого простору печі назустріч руху металу і через димові канали поступають до рекуператора, де підігрівають повітря, яке подають до горілок печі, а потім через боров і димову трубу викидаються в атмосферу. Видача слябів з печі проходить із її торця штовхачем з шагом в ширину одного слябу, далі сляби потрапляють на рольганг подачі.



1-метал; 2-штовхач; 3-подові труби; 4-пальники; 5-димові канали; 6-рекуператор; 7-боров; 8- димова труба; 9-рольганг подачі

**Рис.2. Схема методичної печі**

*Авторська розробка*

За умови недостатності повітря для горіння палива виникає підсос повітря через вікно і завантажувальний отвір. При недостатньому тиску повітря в печі будуть ймовірними вибухи і викиди гарячого повітря через нещільності, що може призвести до опіків, небажаних падінь і травмування персоналу. У разі надмірного тиску в печі відбувається згорання газу поза робочим простором і вибивання полум'я з-під кришок вікон. Для цього необхідно вдосконалити конструкцію нагрівальних печей для підвищення герметичності отворів для подачі і видачі слябів. Подання вихідних матеріалів від нагрівальних пристроїв до прокатних станів є в основному безпечною операцією.

Певну небезпеку представляє операція видалення окалини і шлаку з нагрівальних печей, ймовірний розліт розжарених частинок окалини і шлаку при попаданні води із охолоджувальної системи печі. З технологічної точки зору рідке шлаковидалення є прийнятним, проте воно не забезпечує повної безпеки цього процесу. Можливі екстремальні відхилення, які обумовлені наявністю розплавлених часток металу або шлаку [7].

При різанні металу на ножицях гарячого різання небезпечними є локальні зони частин механізму, що рухаються і обертаються. У разі різання металу дисковими пилами площа небезпечної зони різко зростає. Значно підвищує фактори безпеки виробничого процесу використання в потоці машин вогневої зачистки металу із-за можливого вибуху горючих газів. Проте в той же час цей процес суттєво впливає на поліпшення умов праці, сприяючи ліквідації небезпечних і шкідливих чинників на інших стадіях процесу.

При відхиленні параметрів процесу плющення від заданих, наприклад, нерівномірному нагріві слябів, неправильному калібруванні або розточуванні валків, різної швидкості їх обертання, виникає нерівномірність деформації з різними проявами - викривлення смуги в горизонтальній і вертикальній площині, руйнування металу. Викривлення кінців смуги може привести до



виникнення ударів, поломки устаткування і травмування персоналу.

Такі шкідливі чинники як висока температура, надмірний шум, вібрація, можуть опосередковано впливати на безпеку праці, знижуючи увагу і зосередженість працівників, що може призвести до нещасних випадків.

Рівень безпеки процесу прокатки можна визначити з урахуванням різноманітного характеру порушень [7].

Долю часу безперервної роботи стану гарячої прокатки тонкого листа визначають без порушень параметрів безпеки (1):

$$U_{\sigma} = \frac{\sum t_i + \sum \tau_i + \sum u_i}{T}, \quad (1)$$

де  $\sum t_i$ ;  $\sum \tau_i$ ;  $\sum u_i$  - відповідно загальна тривалість часу порушень параметрів безпеки, загальна тривалість часу екстремального відключення виробництва та загальна тривалість часу порушення процесу під впливом зовнішніх факторів, год.

Для аналізу рівня безпеки використано дані з дефектних відомостей типового стану ШСГП 1680 (на прикладі комбінату Запоріжсталь).

Рівень безпеки технологічного процесу прокату злитків розраховано для таких параметрів стану: швидкість прокату 10-12 м/с з перспективою збільшення до 20 м/с; температура на вході до 1000<sup>0</sup>С; лист – ширина 860-1500мм, товщина 2,0-8,0мм; рулон масою до 16т. Машинний час впродовж одного місяця складає 680 год. Основні порушення і екстремальні відхилення параметрів безпеки процесу прокату злитків на блюмінгу і їх тривалість наведено нижче, год.:

1) порушення параметрів  $t$ :

- викид частинок окалини металу і шлаку на окалинозламувачі 18,4;
  - вигинання металу при прокатці із-за нерівномірного нагріву 12,9;
  - ударні навантаження на ролики рольгангів з пошкодженням опор 8;
- $\sum t_i = 39,3$ ;

2) екстремальні відхилення параметрів  $\tau$ :

- пошкодження валків із-за низької температури прокатки або високих обтиснень 1,8;
  - часткові пошкодження систем гідропроводу моталок установок Coilbox і чистової групи стану 5,1;
  - порушення герметичності нагрівальних печей для слябів 14,9;
- $\sum \tau_i = 21,8$ ;

3) порушення процесу прокатки під впливом зовнішніх чинників  $u$ :

- зниження швидкості руху полоси внаслідок коливань енергопостачання 14;
  - затримку часу нагріву заготовок із-за низької якості газу 6,5;
- $\sum u_i = 20,5$ .

Таким чином, рівень безпеки технологічного процесу гарячої прокатки складає:



$$U_6 = 1 - (39,3 + 21,8 + 20,5) / 680 = 0,88$$

Результати розрахунків показали, що безпека процесу є відносно високою. Проте при порушеннях технології процесу можлива дія небезпечних чинників на допоміжний персонал, що не часто або випадково попадає в небезпечну зону та не має спеціальних засобів захисту, як у основного обслуговуючого персоналу. Проте для останніх небезпеки можуть виникати при порушеннях технології процесу, чи інструкцій з охорони праці.

При прокатці заготовок температура коливається від 500 до 1000 °С і тому на персонал негативно впливає інфрачервоне випромінювання (ІЧВ), яке діє на функціональний стан людини, його центральну нервову і серцево-судинну системи. При тривалому перебуванні людини в зоні ІЧВ, як і при систематичному впливові високої температури, відбувається порушення водно-сольового балансу, що викликає хворобливий стан з появою різких судом.

При тривалому порушенні температурного режиму можливо виникнення захворювань типу теплової гіпотермії або перегріву [5]. Різде погіршення самопочуття працівника може призвести до нещасних випадків: падінь або травм. Для визначення небезпечних зон розглянуто інтенсивність поверхневого випромінювання (2):

$$q = \frac{0,91 \cdot S \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r^2}, \quad (2)$$

де  $T$  - температура поверхні, приймаємо  $T=500^\circ\text{C} = 773 \text{ K}$ ;  $S$  - поверхня випромінювання,  $\text{m}^2$ ;  $r$  - відстань до джерела, м;  $A=110$  для спецодягу з сукна;  $q$  - інтенсивність поверхневого випромінювання приймаємо згідно з допустимими нормами  $q = 360 \text{ Вт/м}^2$ .

Відповідно до даної формули знаходимо відстань до джерела випромінювання:

$$r = \sqrt{\frac{0,91 \cdot S \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{q}} = \sqrt{\frac{0,91 \cdot 3 \left[ \left( \frac{773}{100} \right)^4 - 110 \right]}{360}} = 2,71 \text{ м}$$

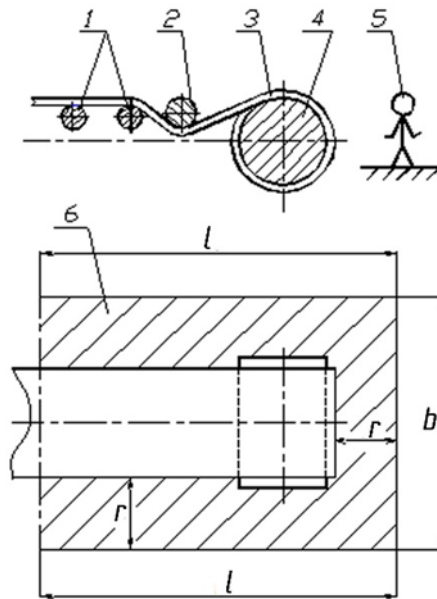
Знаходимо площу небезпечної зони:

$$S = r(l + b) = 2,71(3+10) = 35,23 \text{ м}^2.$$

Схема визначення небезпечної зони представлена на рисунку 3.

Проведені розрахунки дозволяють обмежити такі небезпечні зони з урахуванням різної величини температур прокату та ІЧВ впродовж всього циклу процесу.

Особливу увагу для підвищення техногенної безпеки необхідно приділяти ймовірності аварій. Більша частина аварій в прокатному цеху трапляється внаслідок поломок валків, роликів рольгангу, вибухів газу в нагрівальній печі. Причиною аварій також може бути низький технічний рівень виробництва, використання застарілих технологій, пошкодженого і зношеного обладнання [8].



1 - рольганги; 2 - обвідний ролик; 3 - гарячий метал; 4 - моталка;  
5 - людина (робітник); 6 - небезпечна зона

**Рис. 3. Схема визначення площі небезпечної зони**

*Авторська розробка*

В таблиці 1 в систематизованому вигляді подано алгоритм необхідних заходів при ліквідації розриву газопроводу і попередження можливих вибухів.

**Таблиця 1**

**Заходи з ліквідації аварії при пошкодженні газопроводу в приміщенні прокатного цеху**

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварії	Особи відповідальні за виконання	Дії газорятувального підрозділи і пожежників	Місця знаходження засобів порятунку людей
1. По гучному зв'язку попередити всіх про аварію, а при його пошкодженні окриком	Газовик або хто перший помітив аварію	Обстежити місце аварії і надати допомогу постраждалим	Газозахисна апаратура знаходиться в газовій будці
2. Видалити усіх людей із небезпечної зони	Начальник зміни, майстер печі і старший газовик	Майстер доменної печі зобов'язаний вивести людей з робочих місць в безпечне місце	Відкрита територія біля цеху
3. Виставити попереджувальні знаки або людей для обмеження загазованої зони	Майстер, бригадир	Не допускати людей в небезпечну зону	За межами приміщення цеху
4. Визвати рятувальників, працівників медпункту і пожежну частину	Майстер стану	При необхідності надавати допомогу	На об'єкті аварії



Заходи з порятунку людей і ліквідації аварії	Особи відповідальні за виконання	Дії газорятувального підрозділи і пожежників	Місця знаходження засобів порятунку людей
5. Припинити транспортування полоси на прокатку	Майстер, диспетчер цеху	Забезпечувати контроль	В підготовчому відділенні
6. Відключити форсунки з режиму "нагрів"	Старший газовик, газовик	Не допускати порушень	На території газового господарства
7. Повідомити про аварію начальника цеху або його заступників	Бути на зв'язку	Виконувати розпорядження	За межами місця аварії

*Джерело: [8]*

### **Висновки.**

Робота має суттєве значення для підвищення безпеки прокатного виробництва. Отримано наступні результати:

- розроблено апаратно-технологічну схему процесу гарячої прокатки тонкого листа з визначенням характеру і типу небезпечних чинників технологічного обладнання;

- проведено аналіз причин і виду порушень параметрів безпеки впродовж процесу, екстремальних відхилень і впливу зовнішніх факторів, визначено ймовірний рівень безпеки і шляхи його підвищення;

- визначено площі небезпечних зон основних чинників, ймовірних пожеж і вибухів, запропоновано заходи і засоби захисту.

### **Література:**

1. Николаев В.А. Совершенствование технологии прокатки полос на ШСПП/ В.А.Николаев // Металургія. Випуск 1(31), 2014.- С.151-157.

2. Веренев В.В. Динамические процессы в широкополосных станах горячей прокатки [Текст]. Монография.-Д.: Літограф.,2018.-158с.

3. Охорона праці та промислова безпека. Монографія / К.Н.Ткачук, Л.Д.Третьякова, Д.В.Зеркалов, О.І.Полукаров, С.Ф.Каштанов / - К.:Основа,2014.- 823с.

4. Директива Ради Європейських співтовариств 89/391/ЄЕС «Про впровадження заходів, що сприяють поліпшенню безпеки й гігієни праці працівників» Люксембург, 12.06.1989. - 8с.

5. НПАОП 27.1-1.04.09 Правила охорона праці у прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу.

6. Ткачук К.Н. Моніторинг небезпечних факторів виробничої системи /К.Н.Ткачук, В.В.Калінчик // Енергетика. - 2013.-№2.- С.66-70.

7. Тарасов В. К. Безпека технологічних процесів і обладнання [Текст] / В. К. Тарасов; навч. посібник. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2005. – 164 с.

8. Тарасов В.К., Рижков В.Г. Охорона праці в галузі: навчально-

**References:**

1. Nykolaev V.A. (2014). Perfection of technology of rolling of stripes / Metallurgy, issue 1(31), - pp. 151-157.
2. Verenev V.V. (2018). Dynamic processes in the wide stripe flattening mill of the hot rolling. Monograph – Litograf -158 p.
3. Tkachuk K.N., Tretyakova L.D., Zerkalov D.V., Polukarov O.I., Kashtanov S. F. (2014). Labour protection and industrial safety. Monograph. Kyiv: Osnova – 823 p.
4. Directive of Advice of the European concords 89/391/ECC "About introduction of measures that assist the improvement of safety and occupational of worker's health" Luxemburg, 12.06.1989. – 8p.
5. NALP 27.1-1.04.09 A labour protection governed in the flattening mill production of metallurgical complex.
6. Tkachuk K.N.(2013). Monitoring of dangerous factors of the productive system. Energy. - №2.- pp. 66-70.
7. Tarasov V.K. (2005). Safety of technological processes and equipment: workbook. Zaporizhzhya: ZDIA, – 164 p.
8. Tarasov V.K., Ryzhkov V.G. (2015). Labour protection in industry: workbook. Zaporizhzhya: ZDIA, – 144 p/

**Abstract.** *The dangerous factors of the process of hot rolling of thin sheet were investigated. The instrument-technological scheme of the process with determination of the type of existing hazards in the chain of elements of production equipment was developed. It is taken into account the variety and complexity of the equipment: roller-blinds, heating furnaces, roughing and finishing cages, rotary mechanism (Coilbox). The reasons of violations of technological process safety parameters and the causes of emergency situations were analyzed. The calculations of strength of process safety were done taking into account unproductive stops, damages, accidents. The dangerous distance of the personnel from the source of radiation and corresponding area of dangerous zones was calculated. Rescue measures were developed in case of gas system accidents. Protective means were offered for improvement of the process safety status.*

**Key words:** *technology, hot rolling, dangerous factors, safety level, infra-red radiation, noise, calculations.*

Статья отправлена: 16.10.2019 г.

© Тарасов В.К.