

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2026.01.059

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТА ОЦІНКА ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ КОЛОНИ ПОВОРОТНОЇ ТУРЕЛІ МБЛЗ

Кононов Д.О.¹ [ORCID], Ціколія А. З.² [ORCID]

¹Український державний університет науки і технологій, к.т.н., доцент, України

²Український державний університет науки і технологій, аспірант, України

Анотація. Робота присвячена актуальному питанню продовження експлуатаційного ресурсу критичного обладнання сталеплавильного виробництва — головної колони поворотної турелі МБЛЗ. На основі технічної документації компанії Primetals Technologies [4,5] для заводу Voestalpine виконано дослідження напружено-деформованого стану колони при її відновленні до ремонтних розмірів. Особливу увагу приділено специфіці роботи вузла як демпфуючого пристрою, що піддається циклічним навантаженням під час підйому та опускання стальковшів. Обґрунтовано можливість використання переточування колони замість виготовлення нового дороговартісного виробу, що забезпечує значний економічний ефект при збереженні нормативних запасів втомної міцності.

Ключові слова: МБЛЗ, поворотна турель, втомна міцність, продовження ресурсу, МСЕ-аналіз.

Мета роботи: Оцінка технічної можливості продовження експлуатаційного ресурсу колони поворотної турелі МБЛЗ шляхом механічного відновлення її поверхонь та обґрунтування безпеки експлуатації при змінених геометричних параметрах на основі аналізу НДС та втомної міцності [1,2].

Постановка проблеми. Поворотний вал (Ladle Turret) є ключовою ланкою в ланцюгу безперервного лиття, що працює в умовах екстремальних навантажень. Конструктивна особливість даного вузла полягає в тому, що колона разом із повними сталь-ковшами здійснює вертикальні переміщення, виконуючи роль демпфуючого пристрою. Внаслідок такого режиму роботи в зоні підшипників ковзання виникають задири та дефекти поверхні глибиною до 1,0 мм.

Після напрацювання проектного ресурсу у 200 000 циклів виникає альтернатива: повна заміна колони або її відновлення шляхом механічної обробки. Виготовлення нової деталі таких габаритів є складним та фінансово витратним процесом, тому обґрунтування безпеки експлуатації колони після переточування до ремонтних діаметрів є критично важливим для виробництва.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилося на основі робочої документації поворотної турелі типу TSC 4. Для аналізу використано сталь марки 25CrMo4, що пройшла покращення (гартування з відпуском), з мінімальною межею плинності 400 МПа.

Моделювання виконано в середовищі Solid Edge Simulation [6] для двох сценаріїв: стан турелі на початку експлуатації (\varnothing 1027/1030 мм) та варіанту після переточування до ремонтних розмірів (\varnothing 1025/1028 мм). Розрахунок проводився для найбільш несприятливого випадку одностороннього навантаження повним ковшем, що створює максимальні згинальні моменти.

Результати чисельного моделювання (Рис. 1) показали, що після зняття пошкодженого шару металу в зонах концентрації напружень еквівалентні напруження становлять близько 200 МПа. Хоча дане значення є вагомим для умов втомного навантаження, порівняння з допустимими напруженнями для даного класу сталі та врахування фактичного стану металу вказують на можливість безпечної подальшої експлуатації.

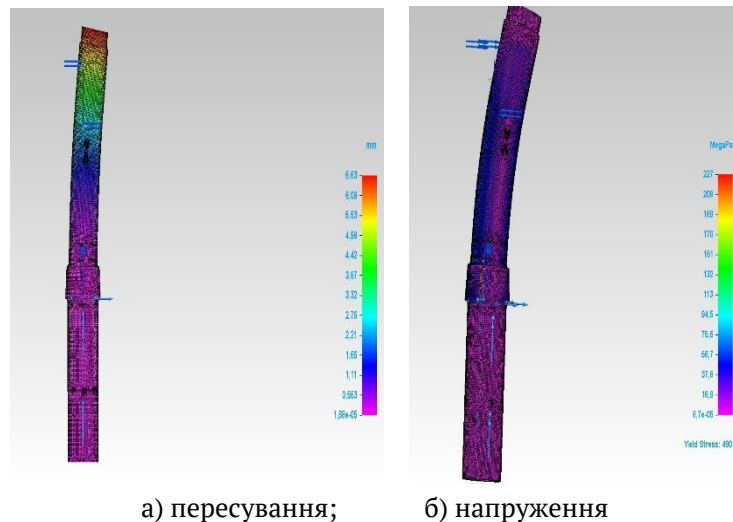


Рисунок 1 — Максимальне переміщення та напруження

Аналітична перевірка втомної міцності підтвердила, що навіть при зменшенні перерізу колони, розрахунковий запас залишається вищим за нормативні вимоги для даного класу обладнання. Це дозволяє впевнено стверджувати про можливість безпечного напрацювання додаткового ресурсу за умови забезпечення шорсткості поверхні Ra 1,6 та відсутності гострих переходів у зонах обробки.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує технічну та економічну доцільність відновлення ресурсу головної колони поворотної турелі МБЛЗ через переточування її поверхонь. Основним перевагою запропонованого підходу є відсутність потреби у виготовленні нової колони, що суттєво скорочує витрати та час на ремонтні роботи. За результатами МСЕ-аналізу встановлено, що ремонтні діаметри забезпечують достатню жорсткість та міцність конструкції. Ключовою рекомендацією для практичної реалізації є проведення обов'язкового NDT-контролю (УЗК) перед початком робіт для підтвердження відсутності втомних тріщин, які могли утворитися протягом перших 200 000 циклів експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCE

1. Bilodidenko, S., et al. (2023). Residual life extension of metallurgical equipment. Springer. doi.org/10.1007/s44245-023-00017-4

2. Yue, H. L., Zou, J. X., & Lu, Q. (2012). Stress Analysis and Structure Improvement on Arm of Ladle Turret. *Advanced Materials Research*, 597, 336–339. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.433-440.5896
3. Shigley, J. E., & Budynas, R. G. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill Education. Tenth edition. ISBN 978-0-07-339820-4. https://www.academia.edu/41819063/Shigleys_2015_Mechanical_Engineering_Design_10th_Ed
4. Primetals Technical Documentation: Column Unit Support Column VKD.CV.2111-M1001/DLZ001.
5. [Electronic resource] – URL:<https://www.primetals.com/en/>
6. [Electronic resource] – URL:<https://solidedge.siemens.com>

RESEARCH OF STRESS-STRAIN STATE AND FATIGUE STRENGTH EVALUATION OF A LADLE TURRET COLUMN

Dmytro Kononov, Anzor Tsikolia

Abstract. *The paper addresses the urgent issue of extending the operational life of critical steelmaking equipment — the main column of a Continuous Casting Machine (CCM) ladle turret. Based on the actual technical documentation of Primetals Technologies for the Voestalpine plant, a study of the column's stress-strain state during its restoration to repair dimensions was performed. Particular attention is paid to the specifics of the unit's operation as a damping device subjected to cyclic loads during the lifting and lowering of steel ladles. The feasibility of using column re-machining instead of manufacturing a new expensive product is justified, which provides a significant economic effect while maintaining normative fatigue strength reserves.*

Keywords: *CCM, ladle turret, fatigue strength, life extension, FEA-analysis, Primetals.*

Objective: Evaluation of the technical feasibility of extending the operational life of a ladle turret column by mechanical restoration of its surfaces and justification of operational safety with changed geometric parameters based on stress-strain state and fatigue strength analysis.