

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕТОДАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Гречаний О.М., Васильченко Т.О., Виприжкін П.О., Якимчук Д.

Запорізький національний університет, Україна

Анотація. *Зношеність основних виробничих засобів підприємств металургійного комплексу потребує не тільки оновлення, а й постійної модернізації морально застарілого обладнання в умовах діючого виробництва. До основного обладнання поточкових ліній широкоштабових прокатних станів відносяться моталки, від якісної роботи яких залежить як ритмічність роботи прокатного обладнання, так і якість відвантаженого матеріалу споживачеві. Імітаційне моделювання процесу намотки гарячекатаної штаби дозволило встановити можливість виникнення в приводі барабана моталки крутильних коливань. Подальший аналіз форми виникаючих коливань дозволить створити передумови для дослідження вимушених коливань, що виникають в приводі барабана моталки та визначити найбільш несприятливий технологічний режим з точки зору динамічних складових навантажень.*

Ключові слова: *моталка, штаба, імітаційне моделювання, пружні деформації, вільні коливання*

Вступ. Більшість обладнання металургійного комплексу України сконструювано та запущено у виробництво у другій половині минулого сторіччя [1-2]. Тому перед конструкторами-механіками гостро постає питання модернізації існуючого обладнання, з акцентом на розробку достатньо надійної конструкції, яка може забезпечити швидке та легке регулювання під час перетікання технологічного процесу [3,4].

В умовах невизначеності під час воєнного стану в країні досить важко провести натурні експерименти, які б дозволили підтвердити або спростувати ті чи інші аспекти технологічного процесу, тому набуває актуальності використання імітаційного моделювання та експерименту при конструюванні металургійного обладнання [5].

Імітаційне моделювання дозволяє досліджувану модель замінювати математичною і над нею вже проводити дослідження шляхом статистичного моделювання чисельними методами в спеціалізованих програмах обчислювальних експериментів [6].

Основний матеріал. Враховуючи важливість технологічного процесу намотування гарячекатаної штаби, метою дослідження була розробка імітаційної моделі намотування штаби в рулон в залежності від зміни технологічних параметрів, для подальшого її використання в умовах діючого виробництва з метою оптимізації не тільки технологічного циклу, а й при модернізації конструктивних елементів технологічного оснащення.

Характер руху барабана моталки при намотуванні гарячекатаної штаби – обертальний, тобто динамічні процеси при цьому, будуть характеризуватися моментом інерції.

Зосереджені маси, які при обертovому русі в різні моменти часу, або випереджають або відстають по відношенню одна до одної, створюють крутні коливання. З точки зору міцності вузлів машини це може бути дуже небезпечно, тому що при цьому явищі моменти сил пружності можуть значно перевищувати розрахункові навантаження, особливо якщо додається циклічність технологічних навантажень [7].

При складанні розрахункової схеми для розрахунку на коливання багатомасової системи варто враховувати, що чим більше елементів в системі тим складніше розрахунок, тому варто переходити від багатомасових до двомасових розрахункових схем (рисунок 1) [8].

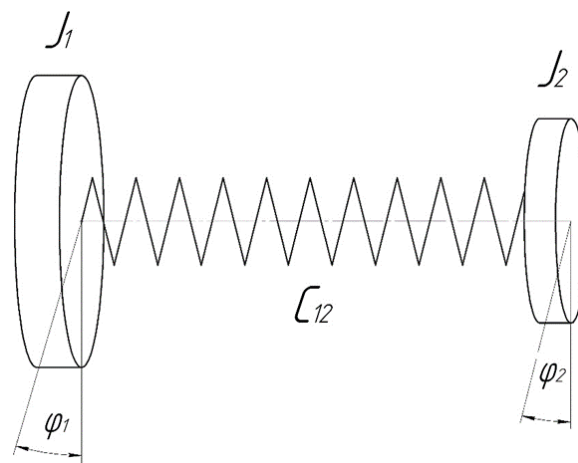


Рисунок 1 – Схема до розрахунку вільних коливань, що виникають в приводі моталки гарячекатаної штаби: J_1 – момент інерції рулону з барабаном моталки, J_2 – момент інерції якоря електродвигуна привода, C_{12} – приведена жорсткість промвалу

Задачею розрахунків на коливання є знаходження, в першу чергу, спектра власних частот і форми коливань, для знаходження яких у випадку механічних систем з обмеженою кількістю степенів вільності застосовують рівняння руху Лагранжа другого роду [8].

Після необхідних перетворень рівнянь руху отримуємо формули для визначення відповідно спектра власних частот (1) і форми коливань (2) для розрахункової схеми рис.1:

$$p^2 = \frac{C_0(j_1 + j_2)}{j_1 j_2} \quad (1)$$

або

$$p = \sqrt{\frac{C_0(j_1 + j_2)}{j_1 \times j_2}} \quad (2)$$

$$\mu = \frac{C_0 - j_1 p^2}{C_0} \quad (3)$$

де $C_0 = C_{12}$ – приведена жорсткість проміжного вала:

$$C_{12} = \frac{\pi \times G \times d^4}{64 \times g \times l} \quad (4)$$

де l – довжина проміжного вала;

G – модуль пружності другого роду;

d – діаметр валу;

g – прискорення вільного падіння.

Далі знаходимо амплітуду коливань:

$$A_1 = \frac{\omega}{p(1 - \mu)} \quad (5)$$

де ω – кутова швидкість барабана;

Коли відома частота, амплітуда і форма коливань, можна визначити пружні деформації, що виникають в процесі намотування штаби, у функції часу, а використовуючи відомі параметри технологічного процесу будуємо графіки вільних коливань, що виникають в приводі моталки гарячекатаної штаби

Висновки. Аналіз побудованих графіків вільних коливань, що виникають в приводі моталки під час технологічного процесу намотування штаби, дозволяє зробити висновок, про синхронізацію пружних деформацій від сил

опору електродвигуна та обертових частин барабана моталки, а отже дає конструкторам уявлення про можливість виникнення резонансних коливань, та розробки заходів, щодо їхнього уникнення. Отримані результати створюють передумови для дослідження вимушених коливань, що виникають в приводі барабана моталки та дозволить визначити найбільш несприятливий технологічний режим з точки зору динамічних складових навантажень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shapurov O. O. Research methods for production & business activity of machine-building enterprises. Actual Problems of Economics. 2009. No. 7. P. 168–174.
2. Shapurov O. O. State and trends of machine-building development. Actual Problems of Economics. 2009. No. 3. P. 57–63.
3. Гречаний О. М. Обґрунтування вибору технічних параметрів гільйотинних ножиць прокатного стану. *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії*. 2017. Т. 38, № 2. С. 126–130.
4. Використання частотних моделей в технічній діагностиці несправностей металургійного обладнання / О. Гречаний та ін. *Металургія*. 2019. № 1. С. 95–100.
5. Мурашко В., Кулік Д., Гречаний О. М. Перспектива використання імітаційного моделювання при конструюванні металургійного обладнання. *Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2023» Запоріжжя: ЗНУ, 2023. Т. 5 С. 363-365.*
6. Неруш В. Б., Курдеча В. В. Імітаційне моделювання систем та процесів: електронне навчальне видання : конспект лекцій. К. : НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. 115 с.
7. Жук А. Я., Желябіна Н. К., Малишев Г. П. Основи наукових досліджень. Книга 1. Теоретичні дослідження : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 195 с.
8. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 1996. 145 с.

RESEARCH WORKS OF METALLURGICAL EQUIPMENT USING SIMULATION METHODS

Hrechanyi Oleksii, Vasilchenko Tetyana, Vypryzhkin Pavlo, Yakymchuk Denys

Abstract. *The wear and tear of the main production facilities of enterprises of the metallurgical complex requires not only renewal, but also constant modernization of morally outdated equipment in the conditions of active production. The main equipment of the flow lines of wide-scale rolling mills include winders, the quality of which depends on both the rhythm of the rolling equipment and the quality of the material shipped to the consumer. Simulation modeling of the winding process of the hot-rolled staff made it possible to establish the possibility of torsional oscillations in the winding drum drive. Further analysis of the form of the resulting oscillations will allow to create prerequisites*

for the study of forced oscillations occurring in the winding drum drive and to determine the most unfavorable technological mode from the point of view of dynamic component loads.

Keywords: *coiler, strip, simulation modeling, elastic deformations, free oscillations*

REFERENCE

1. Shapurov O. O. Research methods for production & business activity of machine-building enterprises. *Actual Problems of Economics*. 2009. No. 7. P. 168–174.
2. Shapurov O. O. State and trends of machine-building development. *Actual Problems of Economics*. 2009. No. 3. P. 57–63.
3. Hrechanyi O. M. Rationale for the choice of technical parameters of guillotine shears rolling mill. *Metallurgy: scientific works of the Zaporizhia State Engineering Academy*. 2017. Vol. 38, no. 2. P. 126–130.
4. Vykorystannya chastotnykh modeley v tekhnichnyy diahnostytsi nespravnostey metalurhiynoho obladnannya / O. Hrechanyi ta in. *Metalurhiya*. 2019. № 1. С. 95–100.
5. Murashko V., Kulik D., Hrechanyy O. M. Perspektyva vykorystannya imitatsiynoho modelyuvannya pry konstruyuvanni metalurhiynoho obladnannya. *Zbirnyk naukovykh prats' studentiv, aspirantiv, doktorantiv i molodykh vchenykh «MOLODA NAUKA-2023» Zaporizhzhia: ZNU, 2023. Vol. 5 С. 363-365.*
6. Nerush V. B., Kurdecha V. V. *Imitatsiynе modelyuvannya system ta protsesiv: elektronne navchal'ne vydannya : konspekt leksiy. K.: NN ITS NTUU "KPI", 2012. 115 c.*
7. Zhuk A. YA., Zhelyabina N. K., Malyshev H. P. *Osnovy naukovykh doslidzhen'. Knyha 1. Teoretychni doslidzhennya : navch. posib. Zaporizhzhia: ZDIA, 2008. 195 c.*
8. Zhuk A. YA., Zhelyabina N. K. *Osnovy rozrakhunkiv pryvodiv mashyn : navch. posib. Zaporizhzhia: ZDIA, 1996. 145 c.*